



**T.C.  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSK ANALİZİ İÇİN  
KARARSIZ BULANIK DİLSEL TERİM SETLERİ  
YAKLAŞIMI: KALDIRMA EKİPMANLARI/MOBİL VİNÇ  
UYGULAMASI**

**MUSTAFA DEMİRBİLEK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman: Doç. Dr. Vugar Ali TÜRKSÖY**

**AĞUSTOS – 2024  
YOZGAT**

**T.C.**  
**YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSK ANALİZİ İÇİN**  
**KARARSIZ BULANIK DİLSEL TERİM SETLERİ**  
**YAKLAŞIMI: KALDIRMA EKİPMANLARI/MOBİL VİNÇ**  
**UYGULAMASI**

**MUSTAFA DEMİRBİLEK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman: Doç. Dr. Vugar Ali TÜRKSOY**

**AĞUSTOS – 2024**  
**YOZGAT**



**YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU**

**T.C.**

**YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Enstitümüzün İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans/Doktora Programı öğrencisi Mustafa DEMİRBİLEK'in hazırladığı “İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analizi İçin Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri Yaklaşımı: Kaldırma Ekipmanları/Mobil Vinç Uygulaması” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 07/08/2024 Çarşamba günü saat 14:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği ile karar verilmiştir.

**Başkan** : .....

**Jüri Üyesi** : Doç. Dr. Vugar Ali TÜRKSÖY

**(Danışman)**

**Jüri Üyesi** : .....

**Jüri Üyesi** : .....

**ONAY:**

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ..... sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

...../...../.....

**Prof. Dr. Ümit BUDAK**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü**

## TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğini beyan ederim.

Mustafa DEMİRBİLEK

07/08/2024

## ÖN SÖZ

Bir tezin yolculuğu, bilimsel bir keşiften çok daha fazlasını ifade eder; kişisel bir gelişim serüveni, zihinsel sınırların zorlandığı bir süreç ve en önemlisi, destekleyici bir toplulukla paylaşılan bir deneyimdir. Bu nedenle, "İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analizi İçin Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri Yaklaşımı: Kaldırma Ekipmanları/Mobil Vinç Uygulaması" isimli tez çalışmamın hazırlanmasında bana katkıda bulunan herkese en içten teşekkürlerimi sunmak istiyorum.

Öncelikle, bilgi birikimi, yönlendirmeleri ve değerli önerileriyle bu çalışmanın şekillenmesinde önemli bir rol oynayan tez danışmanım Değerli Doç. Dr. Vugar Ali TÜRKSÖY'a minnettarlığımı ifade etmek isterim. Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, bu akademik yolculuğumda da yanımda olan ve sabırla desteklerini esirgemeyen değerli eşim Dr. Öğr. Üyesi Sevim ÖZULUKALE DEMİRBİLEK'e en derin sevgi ve takdirlerimi sunuyorum. Yazım sürecindeki katkıları ve anlayışı, bu çalışmanın tamamlanmasında büyük bir güç kaynağı olmuştur. Veri toplama aşamasında canla başla yardımcı olan ve çalışmamın saha uygulamalarına değerli katkılar sunan arkadaşım Ömür SALBAŞ'a da özel bir teşekkür borç bilirim.

Bu tez, iş sağlığı ve güvenliği alanında önemli bir katkı sağlama amacı taşımakta ve risk analizlerinin daha etkili bir şekilde yapılmasını hedeflemektedir. Umarım, bu çalışma, alandaki diğer araştırmacılara ve uygulayıcılara ilham verir ve gelecekteki çalışmalar için sağlam bir temel oluşturur. Bu çalışmayı mümkün kılan ve bu süreçte yanımda olan herkese şükranlarımı sunarım.

Mustafa DEMİRBİLEK

07/08/2024

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

### İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ RİSK ANALİZİ İÇİN KARARSIZ BULANIK DİLSEL TERİM SETLERİ YAKLAŞIMI: KALDIRMA EKİPMANLARI/MOBİL VİNÇ UYGULAMASI

MUSTAFA DEMİRBİLEK

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. VUGAR ALİ TÜRKSOY

İnşaat sektörü, yüksek riskler barındıran ve sürekli değişen dinamiklere sahip bir alandır, bu yüzden İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) ve risk değerlendirmesi bu sektörde çok önemli bir yere sahiptir. Çalışanların güvenliğini sağlamak, kazalardan kaynaklanabilecek maliyetleri ve projenin gecikmesini önlemek, hukuki yükümlülükleri yerine getirmek, firmanın reputasyonunu korumak ve çevresel etkileri minimize etmek için risk değerlendirmesi zorunludur. Bu araştırma, karar verme süreçlerinde yaygın olarak başvurulmuş Çok Kriterli – Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri (ÇK-KBDTS) metodolojisini temel alarak, inşaat projelerinde "Kaldırma Ekipmanları/Mobil Vinç" operasyonlarına odaklanan bir risk değerlendirme analizi yapmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda alandaki üç İSG uzmanından, önceden belirlenen tehlikelerin KBDTS yöntemi kullanılarak birbirleriyle karşılaştırmaları istenmiş, sonrasında ise veriler analiz edilerek tehlikeler için önem ağırlıkları hesaplanmış ve sıralama yapılmıştır. Bu sıralamaya göre, zeminin vincin sabitlenmesi için uygun olmaması yaklaşık %16 ağırlıkla en büyük tehlike olarak öne çıkmaktadır. Diğer taraftan, kaldırma alanına yetkisiz kişilerin izinsiz girmesi, uygun şeritleme ve kati barikatların kullanılmaması %7 ağırlıkla en önemsiz tehlike olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda uzman görüşlerine başvurularak her risk için koruyucu tedbirler önerilmiştir.

2024, xii + 64 Sayfa

**Anahtar Kelimeler:** İş Sağlığı ve Güvenliği, Risk Analizi, Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri, Çok Kriterli Karar Verme, Fine Kinney Yöntemi

# **ABSTRACT**

## **MASTER THESIS**

### **RISK ANALYSIS IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY WITH HESITANT FUZZY LINGUISTIC TERM SETS: LIFTING EQUIPMENT/MOBILE CRANE OPERATION**

**MUSTAFA DEMİRBİLEK**

**YOZGAT BOZOK UNIVERSITY**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY**

**SUPERVISOR: ASSOC. PROF. VUGAR ALİ TÜRKSOY**

The construction sector is an area that harbors high risks and has constantly changing dynamics, which is why Occupational Health and Safety and risk assessment hold a very important place in this sector. Risk assessment is mandatory to ensure the safety of employees, prevent costs and delays that may arise from accidents, fulfill legal obligations, protect the company's reputation, and minimize environmental impacts. This research aims to conduct a risk assessment analysis focusing on "Lifting Equipment/Mobile Crane" operations in construction projects, based on the widely used methodology of Multi-Criteria – Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets in decision-making processes. Within this scope, three Occupational Health and Safety experts in the field were asked to compare previously identified hazards using the Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets method, after which the data were analyzed to calculate the importance weights and rankings of the hazards. According to this ranking, the unsuitability of the ground for stabilizing the crane emerged as the most significant hazard with approximately 16% weight. On the other hand, unauthorized persons entering the lifting area, and the lack of proper striping and solid barriers were identified as the least significant hazards with 7% weight. At the end of the study, protective measures for each risk were suggested based on expert opinions.

2024, xii + 64 Pages

**Keywords:** Occupational Health and Safety, Risk Analysis, Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets, Multi-Attribute Decision Making, Fine Kinney Method

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| LİSANSÜSTÜ TEZ ONAY FORMU.....                                         | ii  |
| TEZ BEYANI.....                                                        | iii |
| ÖN SÖZ.....                                                            | iv  |
| ÖZET .....                                                             | v   |
| ABSTRACT .....                                                         | vi  |
| İÇİNDEKİLER.....                                                       | vii |
| TABLolar LİSTESİ .....                                                 | x   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....                                                  | xi  |
| SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ .....                                  | xii |
| 1. GİRİŞ.....                                                          | 1   |
| 1.1. Araştırmanın amacı.....                                           | 1   |
| 1.2. Araştırmanın önemi .....                                          | 1   |
| 1.3. Varsayımlar / Sayıtlar / Araştırmanın Hipotezleri / Soruları..... | 2   |
| 1.4. Sınırlılıklar .....                                               | 2   |
| 2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE KAVRAMLAR .....                          | 3   |
| 2.1. İSG'nin Tanımı ve Kapsamı .....                                   | 3   |
| 2.2. İSG'nin Tarihsel Gelişimi.....                                    | 5   |
| 2.2.1. İSG'nin Dünya Çapında Gelişimi .....                            | 5   |
| 2.2.2. İSG'nin Türkiye'de Gelişimi .....                               | 7   |
| 2.2.2.1. Dilaver Paşa Nizamnamesi.....                                 | 7   |
| 2.2.2.2. Umumi Hıfzıssıhha Kanunu .....                                | 8   |
| 2.2.2.3. 3008 Sayılı İş Kanunu .....                                   | 8   |
| 2.2.2.4. 1475 Sayılı İş Kanunu .....                                   | 9   |
| 2.2.2.5. 4857 Sayılı İş Kanunu .....                                   | 9   |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2.6. 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu.....   | 10 |
| 2.2.6.7. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu .....                      | 10 |
| 2.3. İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları.....                                   | 11 |
| 2.3.1. İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarına İlişkin Tanımlar .....             | 11 |
| 2.3.2. İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarının Nedenleri .....                   | 12 |
| 2.4. Türkiye’de İnşaat Sektöründe İSG .....                                    | 13 |
| 2.5. Risk Analizi ve Değerlendirmesi .....                                     | 18 |
| 2.6. Risk Değerlendirme Yöntemleri .....                                       | 20 |
| 2.6.1. Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP) .....                       | 21 |
| 2.6.2. Ön Tehlike Analizi (PHA) .....                                          | 21 |
| 2.6.3. Kontrol Listeleri Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi (PRA)..... | 22 |
| 2.6.4. Olursa Ne Olur Yöntemi (What If) .....                                  | 23 |
| 2.6.5. İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis, JSA) .....                    | 23 |
| 2.6.6. Hata Türleri ve Etki Analizi (FMEA) .....                               | 23 |
| 2.6.7. Fine-Kinney Yöntemi .....                                               | 25 |
| 2.6.8. ETA (Olay Ağacı Analizi Yöntemi) .....                                  | 27 |
| 2.6.9. FTA (Hata Ağacı Analizi Yöntemi).....                                   | 27 |
| 2.6.10. Neden-Sonuç Analizi .....                                              | 28 |
| 2.6.11. Risk Değerlendirme Karar Matrisi (RADM) .....                          | 28 |
| 2.7. Çok Kriterli Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri Yöntemi .....          | 28 |
| 2.7.1. Karar Verme.....                                                        | 28 |
| 2.7.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) .....                                   | 29 |
| 2.7.3. Bulanık Mantık .....                                                    | 30 |
| 2.7.4. Dilsel Karar Verme .....                                                | 31 |
| 2.7.5. Çok Kriterli Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri (ÇK-KBDTS).....      | 33 |
| 3. LİTERATÜR TARAMASI .....                                                    | 36 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. İnşaat Sektöründe Risk Analizi Çalışmaları .....                   | 36 |
| 3.2. Karar Vermede KBDTS ile İlgili Çalışmalar .....                    | 39 |
| 3.3. KBDTS Yönteminin İSG Risk Analizi Çalışmalarında Kullanılması..... | 40 |
| 4. UYGULAMA, BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                 | 42 |
| 4.1. Fine-Kinney Faktör Ağırlıklarının Hesaplanması .....               | 43 |
| 4.2. Tehlikelerin Değerlendirilmesi .....                               | 45 |
| 4.3. Tehlikelerin ve Risklerin Önceliklendirilmesi.....                 | 56 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                              | 57 |
| 6. KAYNAKLAR.....                                                       | 59 |

## TABLÖLER LİSTESİ

| <b><u>Tablo</u></b>                                                                                              | <b><u>Sayfa</u></b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Tablo 2.1.</b> Fine-Kinney olasılık skalası. ....                                                             | 26                  |
| <b>Tablo 2.2.</b> Fine-Kinney sıklık skalası. ....                                                               | 26                  |
| <b>Tablo 2.3.</b> Fine-Kinney şiddet skalası. ....                                                               | 26                  |
| <b>Tablo 2.4.</b> Fine-Kinney RÖS skalası. ....                                                                  | 27                  |
| <b>Tablo 2.5</b> Backus-Naur formuna göre parametrelerin tanımları.....                                          | 34                  |
| <b>Tablo 4.1.</b> Çalışma kapsamında incelenen tehlikeler ve bunlara bağlı riskler.....                          | 42                  |
| <b>Tablo 4.2.</b> Faktörler için üç uzmanın ikili karşılaştırma sonuçları .....                                  | 43                  |
| <b>Tablo 4.3.</b> Faktörler için zarf ifadeleri .....                                                            | 44                  |
| <b>Tablo 4.4.</b> Kötümser ortak tercihler.....                                                                  | 45                  |
| <b>Tablo 4.6.</b> Dilsel aralıklar ve faktör ağırlıkları .....                                                   | 45                  |
| <b>Tablo 4.7.</b> Tehlikeler için uzman görüşlerinin olasılık faktörü baz alınarak ikili karşılaştırmaları. .... | 46                  |
| <b>Tablo 4.8.</b> Olasılık faktörü bazında tehlikelerin karşılaştırılmasını içeren zarflar .....                 | 47                  |
| <b>Tablo 4.9.</b> Olasılık faktörü için iyimser ortak tercihler .....                                            | 48                  |
| <b>Tablo 4.10.</b> Olasılık faktörü için kötümser ortak tercihler.....                                           | 48                  |
| <b>Tablo 4.11.</b> Olasılık faktörü için tehlikeler bazında dilsel aralıklar ve ağırlıklar .....                 | 49                  |
| <b>Tablo 4.12.</b> Tehlikeler için uzman görüşlerinin sıklık kriteri bazında ikili karşılaştırmaları .....       | 50                  |
| <b>Tablo 4.13.</b> Sıklık faktörü bazında tehlikelerin karşılaştırılmasını içeren zarflar.....                   | 51                  |
| <b>Tablo 4.14.</b> Sıklık faktörü için iyimser ortak tercihler.....                                              | 52                  |
| <b>Tablo 4.15.</b> Sıklık faktörü için kötümser ortak tercihler.....                                             | 52                  |
| <b>Tablo 4.16.</b> Sıklık faktörü için tehlikeler bazında dilsel aralıklar ve ağırlıklar. ....                   | 52                  |
| <b>Tablo 4.17.</b> Tehlikeler için uzman görüşlerinin şiddet faktörü bazında ikili karşılaştırmaları .....       | 53                  |
| <b>Tablo 4.18.</b> Şiddet faktörü bazında tehlikelerin karşılaştırılmasını içeren zarflar.....                   | 54                  |
| <b>Tablo 4.19.</b> Şiddet faktörü için iyimser ortak tercihler.....                                              | 55                  |
| <b>Tablo 4.20.</b> Şiddet faktörü için kötümser ortak tercihler.....                                             | 55                  |
| <b>Tablo 4.21.</b> Şiddet faktörü için tehlikeler bazında dilsel aralıklar ve ağırlıklar .....                   | 55                  |
| <b>Tablo 4.22.</b> Tehlikelerin olasılık, sıklık ve şiddet faktörleri düşünülerek nihai ağırlıkları              | 56                  |
| <b>Tablo 4.23.</b> Her bir risk için kontrol tedbirleri.....                                                     | 56                  |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

| <u>Şekil</u>                                                                     | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.1. 2020 yılı inşaat faaliyet alanı işyeri sayıları .....                 | 13           |
| Şekil 2.2. 2020 yılı inşaat faaliyet alanı çalışan sayıları. ....                | 14           |
| Şekil 2.3. 2020 yılı inşaat faaliyet alanı iş kazası sayıları.....               | 15           |
| Şekil 2.4. 2020 yılı inşaat faaliyet alanı iş kazası sayıları .....              | 15           |
| Şekil 2.5. Yıllara göre iş kazaları sayıları .....                               | 16           |
| Şekil 2.6. Yıllara göre iş kazalarına bağlı ölüm sayıları .....                  | 17           |
| Şekil 2.7. Risk analizi akışı. ....                                              | 18           |
| Şekil 2.8. RÖS'ün deterministik olarak ifade edilmesi ve üyelik fonksiyonu. .... | 32           |
| Şekil 2.9. RÖS'ün bulanık olarak ifade edilmesi ve üyelik fonksiyonu. ....       | 33           |
| Şekil 3.1. Literatürdeki çalışmaların doküman tiplerine göre sayıları. ....      | 37           |
| Şekil 3.2. Literatürdeki çalışmaların yıllara sayıları .....                     | 37           |
| Şekil 3.3. Literatürdeki çalışmaların WOS'ta ki alanlara göre dağılımları.....   | 38           |
| Şekil 3.4. Literatürdeki çalışmaların ülkelere göre dağılımları.....             | 39           |
| Şekil 3.5. Literatürdeki çalışmaların doküman tiplerine göre sayıları .....      | 39           |
| Şekil 3.6. Literatürdeki çalışmaların yıllara sayıları .....                     | 40           |
| Şekil 3.7. Literatürdeki çalışmaların WOS'ta ki alanlara göre dağılımları.....   | 40           |

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Kısaltmalar | Açıklamalar                                                            |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|
| ABD         | : Amerika Birleşik Devletleri                                          |
| ÇK- KBDTS   | : Çok Kriterli-Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri                   |
| ETA         | : Olay Ağacı Analizi Yöntemi                                           |
| FTA         | : Hata Ağacı Analizi Yöntemi                                           |
| ILO         | : Uluslararası Çalışma Örgütü                                          |
| ÇKKV        | : Çok Kriterli Karar Verme                                             |
| FMEA        | : Olası Hata Türleri ve Etki Analizi                                   |
| HAZOP       | : Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Analizi                           |
| İSG         | : İş Sağlığı ve Güvenliği                                              |
| KBDTS       | : Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri                                |
| NACE        | :Avrupa Topluluğu Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiksel Sınıflandırması |
| OSHA        | : Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi                                   |
| PHA         | : Ön Tehlike Analizi Metodu                                            |
| PRA         | : Birincil Risk Analizi                                                |
| RADM        | : Risk Değerlendirme Karar Matrisi                                     |
| RÖS         | : Risk Öncelik Skoru                                                   |
| SGK         | : Sosyal Güvenlik Kurumu                                               |
| SSCB        | : Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği                               |
| SWOT        | : Güçlü-Zayıf-Fırsat-Tehdit                                            |
| WHO         | : Dünya Sağlık Örgütü                                                  |

# 1. GİRİŞ

İnşaat alanı, sürekli evrilen dinamiklere ve yüksek risk düzeylerine sahip olmasıyla dikkat çekmekte, bu bağlamda iş sağlığı ve güvenliği (İSG) ve özelinde risk değerlendirmesi, sektördeki başarı için kritik unsurlardan biri olmaktadır. Çalışan güvenliğini temin etmek, olası kazaların yol açabileceği mali ve zaman kayıplarını engellemek, yasal sorumlulukları yerine getirmek, işletmenin itibarını korumak ve çevreye olan zararları azaltmak amacıyla risk değerlendirmesi yapmak önem arz etmektedir. Risk değerlendirmesi, olası tehlike ve riskleri erkenden tespit edip uygun tedbirleri alma imkanı sunar, bu sayede inşaat projeleri güvenli, ekonomik ve çevreye duyarlı biçimde gerçekleştirilebilir. Risk değerlendirme süreçlerinde tercih edilen kalitatif ve kantitatif metotlar arasında, bulanık mantık ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinin entegrasyonu, mevcut yaklaşımlara önemli katkılar sunmaktadır. Risk değerlendirmesi yapan İSG uzmanlarının, değerlendirmelerini nümerik olarak ifade etmeleri kısıtlılıklara sebebiyet vermekte, özellikle geçmiş verilere göre değerlendirilebilecek hususlarda yeterli veri bulunmaması hatalara yol açmaktadır. Bu yeni yaklaşım, risk değerlendirme sürecindeki belirsizliklerin daha efektif yönetilmesine olanak tanımakta ve daha kesin sonuçlara erişilmesini sağlayarak, uzmanların ifade edebilme kapasitelerini genişletmesine olanak sağlamaktadır.

## 1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı karar problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan Çok Kriterli – Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setlerini (ÇK-KBDTS) kullanarak, inşaat sahasında “Kaldırma ekipmanları/Mobil Vinç” faaliyeti kapsamında bir risk değerlendirme çalışması gerçekleştirmektir.

## 1.2. Araştırmanın Önemi

İSG kapsamında risk değerlendirme çalışmalarında kalitatif, kantitatif ve karma olmak üzere birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunların hem kullanım alanlarına hem de çalışma prensiplerine göre avantajlı ve dezavantajlı oldukları noktalar bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en çok tercih edilenlerden biri olan Fine Kinney risk değerlendirme metodu Olasılık, Sıklık ve Şiddet olmak üzere üç faktörün sayısal olarak değerlendirilmesi ve bunlara bağlı olarak hesaplanan risk önem skorunun derecelendirilmesini temel alarak çalışmaktadır. Buradaki sorun sayısal değerlendirmenin İSG uzmanlarını kısıtlaması ve Olasılık ve Sıklık gibi faktörlerin değerlendirilmesinin önemli oranda geçmiş verilere göre yapılması gerekliliğidir. Eğer bu faktörlerin değerlendirilmesine dair geçmiş veri yoksa ya

da yeterli değilse, yapılan çalışmada kısıtlılıklara yol açmakta veya hatalı sonuçlara neden olmaktadır. Bu çalışmanın onemi, yukarıdaki sınırlılıkları ortadan kaldırmak, uzmanların fikir ve tecrübelerini değerlendirme sırasında daha iyi bir şekilde ortaya koymalarını sağlamak ve ikili karşılaştırmalar yardımıyla elde veri olmasa da bazı faktörlerle ilgili değerlendirme yapabilmelerini sağlamak için yeni bir yöntem ile risk değerlendirme çalışması ortaya koymaktır.

### **1.3. Varsayımlar / Sayıtlılar / Araştırmanın Hipotezleri / Soruları**

Araştırmanın yapılmasını gerektiren temel sorular aşağıdaki gibidir:

1. İSG uzmanları risk değerlendirmeleri sırasında nümerik ifadeler yerine günlük hayattaki dile daha yakın ifadeleri nasıl kullanabilir?
2. Uzmanların kullanacağı dilsel ifadeler ile nasıl değerlendirme yapılabilir? Bu ifadelerle tehlikeler, olasılık, sıklık ve şiddet faktörlerine göre nasıl karşılaştırılabilir?
3. Farklı uzmanların görüşleri birbirlerini etkilemeden nasıl alınıp, sonra birleştirilebilir?

### **1.4. Sınırlılıklar**

Bu çalışmanın sınırlılıklarında biri K-KBDTS yönteminin diğer yöntemlere göre daha fazla işlem adımı ve hesaplama gerektirmesi, bu bağlamda değerlendiren tehlike ve değerlendiren uzman sayısı arttıkça işlemlerin uzaması ve hata yapma olasılığının yükselmesidir. Bir diğer sınırlılık ise, diğer risk değerlendirme yöntemlerinde olduğu gibi ulaşılan sonuçların kalitesini değerlendirme durumunun olmamasıdır.

## 2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNDE KAVRAMLAR

### 2.1. İSG'nin Tanımı ve Kapsamı

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), BM'nin ilk uzmanlık kuruluşu olarak 1946 yılında yayımlanan başlangıç metninde, çalışanların iş kazalarına ve mesleki hastalıklara karşı korunması gerektiğine vurgu yapmıştır. 1950 yılında ILO ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından düzenlenen İş Sağlığı Ortak Komitesi toplantısında ise iş sağlığı kavramı aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (Karakaş, 2015): "Her sektörde çalışanların fiziksel, psikolojik ve sosyal açıdan tam bir iyilik haline erişmeleri, çalışma şartları nedeniyle sağlıklarını kaybetmelerinin önlenmesi, çalışma faaliyetleri sırasında sağlıklarını olumsuz etkileyebilecek faktörlerden korunmaları; kısacası, işin işçiye uygun olması ve işçinin de işe uyumlu olmasının sağlanması."

İş sağlığı ve iş güvenliği teknik olarak farklı kapsamlara sahiptir. İş güvenliği genel olarak, işçilerin çalışma ortamında karşılaşılabilecekleri tehlikeleri belirlemeyi ve bu tehlikeleri ortadan kaldırmak veya azaltmak için teknik kuralların tamamını ele alan bir bilim dalıdır. İş sağlığı ise işyerlerinde sağlıklı bir ortam oluşturmak için gerekli olan sağlık kurallarını ifade eder (Akkaya, 2007).

İş sağlığının amaçları, işçilerin sağlık düzeylerini en üst düzeye çıkarmak, çalışma ortamının olumsuz koşulları sebebiyle sağlığın kaybedilmesinin önüne geçmek, çalışanları fiziksel ve ruhsal durumlarına uygun işlerde çalıştırmak ve asgari yorgunlukla optimal randıman elde etmektir. Bu bağlamda, iş sağlığı ve güvenliği önlemleri, çalışanların fiziksel, zihinsel ve sosyal refahını korumayı, işyerlerinde sağlıklı ve güvenli bir ortamın oluşturulmasını, tehlikelerin belirlenmesini ve bunların önlenmesini hedefler. İş sağlığı ve güvenliği, işçi sağlığının korunması, çalışma şartlarının iyileştirilmesi, işçi haklarının korunması ve verimli bir işgücü oluşturulması için önemli bir disiplindir. Bu nedenle, iş sağlığı ve güvenliği politikaları ve uygulamaları, işverenler, çalışanlar, hükümetler, sendikalar ve diğer ilgili paydaşlar arasında işbirliği ve uyum gerektirir. Sürekli olarak gözden geçirilerek iyileştirilen iş sağlığı ve güvenliği önlemleri, hem çalışanların sağlığını ve refahını korurken hem de işyerlerinde verimlilik, kalite ve sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sağlar (Akkaya, 2007; Selim, 2021).

WHO, İş Sağlığı ve Güvenliği kavramını dört temel konuyu hedef alan çok disiplinli bir faaliyet olarak tanımlamaktadır. Bu konular (Kenya Ministries of Health and IntraHealth International, 2013; Victorian Auditor-General's Report, 2013):

*İşçi sağlığının korunması ve geliştirilmesi:* İş sağlığı ve güvenliği önlemleri, iş kazalarını önlemek ve meslek hastalıklarını kontrol altına almak suretiyle çalışanların sağlığını korumayı hedefler. Bu, çalışma ortamındaki potansiyel risklerin tanımlanması, değerlendirilmesi ve bunlara uygun önlemlerin alınmasıyla gerçekleştirilir. Ayrıca işçilerin sağlık kontrolleri ve periyodik taramalarla takibi de sağlanır.

*Sağlıklı ve güvenli iş, çalışma ortamları ve iş organizasyonlarının geliştirilmesi ve desteklenmesi:* İşyerlerinde sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için çeşitli önlemler alınır. Bu, ergonomik düzenlemelerin yapılması, iş ekipmanlarının ve makinelerin güvenli kullanımının sağlanması, tehlikeli maddelerin doğru şekilde depolanması ve işyeri düzenlemelerinin yapılmasıyla gerçekleştirilir. İş organizasyonları, çalışma saatleri, iş yükü ve iş dengesi gibi konularda da destekleyici politikalar geliştirilir.

*İşçilerin fiziksel, zihinsel ve sosyal refahının arttırılması:* İş sağlığı ve güvenliği çabaları, işçilerin genel refahını desteklemeyi amaçlar. Bu, stres yönetimi, psikososyal risklerin azaltılması, işyerinde destekleyici bir sosyal ortamın oluşturulması, çalışanların kişisel gelişimini teşvik eden eğitimlerin sağlanması ve sağlık programlarına erişimin kolaylaştırılması gibi önlemleri içerir. Aynı zamanda çalışanların işyerinde haklarının korunması ve adil çalışma koşullarının sağlanması da önemlidir.

*Çalışanların toplumsal ve ekonomik olarak verimli yaşamlar sürdürmelerini sağlama:* İş sağlığı ve güvenliği, çalışanların sağlıklı ve güvenli bir iş ortamında çalışarak topluma katkıda bulunmalarını sağlamayı amaçlar. Bu, işçi haklarının korunması, eşitlik ve adaletin sağlanması, iş gücü ile ilgili politikaların ve düzenlemelerin geliştirilmesine katkıda bulunur. Aynı zamanda işyerinde eğitim ve gelişim fırsatları sunarak çalışanların yeteneklerini artırır ve kariyer ilerlemelerini destekler.

İş sağlığı ve güvenliği, işverenler, çalışanlar, hükümetler, sendikalar ve diğer paydaşlar arasında işbirliği ve uyum gerektiren bir süreçtir. İş sağlığı ve güvenliği politikaları ve uygulamaları, sürekli olarak gözden geçirilmeli ve iyileştirilmelidir. Çünkü sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı, çalışanların refahını artırırken aynı zamanda işyerlerinde verimlilik, kalite ve sürdürülebilirlik açısından da önemli bir faktördür (Ak, 2017).

## 2.2. İSG'nin Tarihsel Gelişimi

### 2.2.1. İSG'nin Dünya Çapında Gelişimi

M.Ö. 2600'lerde, Antik Mısır'da mimar ve mühendislik yapmasının yanı sıra hekimlik ve rahiplik de yapan İmhotep, insanların çalıştıkları işler ve bu işlerin sağlık sorunlarına yol açtığı konusunda farkındalık yaratan ilk kişi olarak bilinir. İmhotep, özellikle Mısır piramitlerinin inşası sırasında meydana gelen kazalarda birçok kişinin ölmesi ve çalışanlarda sıklıkla bel problemlerinin görülmesi gibi sorunları tespit etmiştir. Bu tespitler, modern tıbbın babası olarak kabul edilen Hipokrat'tan yüzyıllar önce yapılmış önemli gözlemlerdir. Bu bulgular, işçi sağlığı ve güvenliği konularında erken dönem farkındalığın bir örneğini sunmaktadır (Çiçek & Öçal, 2016).

İSG ile ilgili bilinen ilk yazılı kaynaklar ise Herodot tarafından ortaya konmuştur. Herodot, işçilerin verimliliği için enerjilerini yüksek tutacak besinlerle beslenmeleri gerektiği fikrini savunmuştur. Aristo ise gladyatörlere özel bir diyet uygulanması gerektiğini önermiştir. Platon, bazı meslek gruplarında çalışmaya bağlı duruş bozukluklarından bahsetmiştir. Hipokrat, tarihte ilk kez kurşunun zararlı olduğunu ve insanlar üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Bernardino Ramazzini ise iş sağlığının babası olarak adlandırılmıştır ve detaylı çalışma örneklerine odaklanmıştır, hastalara meslekleri hakkında sorular sorulması gerektiği fikrini ortaya atmıştır. 1713 yılında yayınladığı "De Morbis Artificum Diatriba" adlı kitabında meslek hastalıklarına ilişkin ayrıntılı çalışmalarından bahsetmiştir (Selim, 2021; Şahin, 2016). Sanayi devrimi öncesi dönemde, işyerlerinde işçi sağlığı ve güvenliği konuları genellikle dikkate alınmamıştır. İşçilerin çalışma koşullarının kötü, çalışma sürelerinin çok uzun, ücretlerinin düşük ve sağlıklarını tehdit eden risklere maruz kaldıkları bilinmektedir.

Sanayi Devrimi, 18. yüzyılın ilk yarısında İngiltere'de ortaya çıkmış ve üretim sürecinde köklü bir değişime yol açmıştır. Küçük el sanatları atölyelerinden başlayarak, ilerleyen teknolojiyle birlikte büyük fabrikalara yer alan makinelerin kullanıldığı sistemlere geçiş, tarihte eşi görülmemiş ölçüde ürün miktarındaki artışları beraberinde getirmiştir. Bu üretim teknolojisi gelişmeleriyle birlikte, işverene bağımlı ve ücret karşılığında çalışan işçi sınıfı büyümüş ve çalışma koşulları, işlerinin neden olduğu riskler ve kazalar sonucunda sağlık ve güvenlik sorunları ortaya çıkmıştır. Bu dönemde çalışma sürelerinin uzaması, çocuk ve kadın işçilerin zorlu ve ağır koşullarda çalıştırılması gibi birçok faktör, devletin çalışma hayatına müdahalesi gerekliliğini tartışmaya açmıştır (Yılmaz, 2012). "Sağlık ve Ahlakın

Korunması” Kanunu, 1802 yılında kabul edilmiş ve çocuk işçilerin çalışma sürelerini günlük 12 saat ve haftalık 58 saat ile sınırlandırılmıştır. Bu kanun, aynı zamanda "Çırakların Sağlığı ve Morali" adıyla da anılır. Ancak, uygulama süreci, 1833 yılında kabul edilen Fabrikalar Kanunu'na kadar tam anlamıyla gerçekleştirilememiştir (Erkul, 1983).

İngiltere’de uygulanan bu düzenlemeler zinciri zamanla birinci endüstri devrimlerini gerçekleştiren diğer Avrupa devletlerini de örnek olmuştur. Almanya’da 1849, İsviçre’de 1840, Fransa’da 1842 (Villerme Raporu) yılında iş sağlığı ve iş güvenliğiyle ilgili kanunlar yürürlüğe girmiştir (Gençler, 2007). Bu gelişmelere paralel olarak Avrupa’da, ABD’de ise farklı ilerlemeler kaydedilmiştir. 1919 yılında Harvard Üniversitesi’nde görev yapan ve ilk kadın öğretim üyesi olan Alice Hamilton, mesleki zararlar konusundaki araştırmalara hayatının 40 yılını adanmıştır. O dönemdeki çalışmaları, bakır madenlerindeki silikoz vakaları, suni ipek üretiminde karbon sülfür zehirlenmeleri ve civa madenlerinde civa kaynaklı sağlık sorunları gibi çeşitli meslek hastalıklarının incelenmesine odaklanmıştır. Aynı zamanda, Sovyetler Birliği’nin sağlık politikalarının öncü isimlerinden Alexander Semashko, sağlık hizmetlerini bağımsız bir alan olarak ele almanın ve koruyucu sağlık önlemlerini ön plana çıkaran stratejiler geliştirmenin önemini vurgulamıştır. Özellikle 1920’lerde, bu vizyon doğrultusunda birçok araştırma merkezi ve enstitünün kuruluşuna öncülük etmiştir. (Fişek, 2014).

1919 yılında Cenevre’de kurulan Birleşmiş Milletler’e bağlı olarak kurulan ILO, sosyal adaletin sağlanması ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi yoluyla işçi haklarının korunmasını teşvik etmek ve uluslararası düzeyde işçi standartlarının belirlenmesini desteklemektir (ILO, 2023). ILO, dünya çapında iş sağlığı ve güvenliği standartları belirlemek ve yaymak için çeşitli sözleşmeler ve yönergeler yayınlamıştır.

OSHA (Occupational Safety and Health Administration), ABD’de federal düzeyde İSG konularından sorumlu olan bir kurumdur. OSHA 29 Aralık 1970 tarihinde kurulmuştur. OSHA’nın kuruluşu, ABD’de işçi sağlığını ve güvenliğini korumak için federal bir düzenleyici ve denetleyici kurumun oluşturulmasını sağlamıştır. OSHA, kuruluşundan bu yana iş sağlığı ve güvenliği konularında politika geliştirme, standartlar belirleme, denetimler yapma ve eğitimler düzenleme gibi faaliyetlerde bulunmaktadır. OSHA, ABD merkezli bir örgüt olmasına rağmen dünya çapında iş sağlığı ve güvenliği konusunda önemli bir rol oynamaktadır. OSHA, uluslararası düzeyde iş sağlığı ve güvenliği alanında bilgi ve deneyim paylaşımını teşvik etmektedir. Diğer ülkeler, OSHA ile işbirliği yaparak en iyi uygulamaları öğrenebilir, bilimsel araştırmalardan faydalanabilir ve iş sağlığı ve

güvenliği konularında daha etkili politikalar geliştirebilir. OSHA'nın çalışmaları, uluslararası standartların belirlenmesi ve yaygınlaştırılması açısından da önemlidir. OSHA'nın standartları ve düzenlemeleri, diğer ülkelerin iş sağlığı ve güvenliği politikalarını yönlendirmiş ve uluslararası düzeyde uyum sağlanmasına katkıda bulunmuştur.

Bugün, birçok ülke iş sağlığı ve güvenliği konusunda kapsamlı yasal düzenlemelere sahiptir. İşverenler, işyerlerinde çalışanların sağlığını ve güvenliğini korumakla yükümlüdür ve çeşitli önlemler alarak riskleri en aza indirmeye çalışırlar. İSG, dünya genelinde önemli bir endüstriyel ve sosyal sorumluluk olarak kabul edilmekte ve çalışanların korunması için sürekli olarak geliştirilmektedir.

### **2.2.2. İSG'nin Türkiye'de Gelişimi**

Dünyada İSG alanında yaşanan gelişmelere paralel olarak Osmanlı Devleti'nin son zamanlarında ve Türkiye Cumhuriyeti döneminde İSG ile ilgili çeşitli kanunlar çıkarılmış ve düzenlemeler yapılmıştır. Bu kanunların kronolojik sıralaması aşağıdaki gibidir (Çiçek ve Öçal, 2016; Selim, 2021):

1. 1867 tarihli Dilaver Paşa Nizamnamesi
2. 1930 tarihli 1593 Sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu
3. 1936 tarihli 3008 Sayılı İş Kanunu
4. 1971 tarihli 1475 Sayılı İş Kanunu
5. 2003 tarihli 4857 Sayılı İş Kanunu
6. 2006 tarihli 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu
7. 2012 tarihli 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu

#### **2.2.2.1. Dilaver Paşa Nizamnamesi**

Dilaver Paşa Nizamnamesi, 8 Mayıs 1867 tarihinde Osmanlı İmparatorluğu'nun Ereğli Kömür Havzası'nda çıkarılan kömür madenlerini işleten şirkete yönelik olarak çıkarılan bir nizamnamedir. Nizamname, işçilerin çalışma koşullarını ve ücretlerini düzenlemekle birlikte, madencilik faaliyetlerinin güvenliğini de sağlamaktadır. Nizamnamede, işçilerin çalışma koşullarını iyileştirmek için bazı önemli düzenlemeler getirmiştir. Buna göre, işçilerin çalışma süresi 12 saat olarak sınırlandırılmıştır ve işçilere her gün en az 2 saat dinlenme süresi verilmiştir. Ayrıca, işçilere haftada bir gün izin verilmiştir. Nizamname,

işçilerin ücretlerini de iyileştirmek için bazı düzenlemeler getirmiştir. Buna göre, işçilere günlük en az 12 kuruş ücret ödenmesi zorunlu kılınmıştır. Dilaver Paşa Nizamnamesi, madencilik faaliyetlerinin güvenliğini sağlamak için de bazı önemli düzenlemeler getirmiştir. Buna göre, madenlerde yangın ve patlama risklerini azaltmak için bazı önlemler alınmıştır. Ayrıca, işçilerin kazalara karşı korunması için bazı güvenlik ekipmanları zorunlu kılınmıştır (Yüksel, 2017).

Dilaver Paşa Nizamnamesi, Osmanlı İmparatorluğu'nda işçi hakları ve iş güvenliği alanında önemli bir adım olarak kabul edilmektedir. Nizamname, işçilerin çalışma koşullarını iyileştirmek ve madencilik faaliyetlerinin güvenliğini sağlamak için önemli düzenlemeler getirmiştir.

#### **2.2.2.2. Umumi Hıfzıssıhha Kanunu**

1930 tarihli Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti'nde halk sağlığını korumak amacıyla çıkarılan bir kanundur. Kanun, 24 Nisan 1930 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Kanunun amacı, "memleketin sıhhi şartlarını ıslah ve milletin sıhhatine zarar veren bütün hastalıklar veya sair muzır amillerle mücadele etmek ve müstakbel neslin sıhhatli olarak yetişmesini temin ve halkı tıbbî ve içtimai muavenete mazhar eylemek" olarak belirtilmiştir. Kanun, 10 bölüm ve 135 maddeden oluşmaktadır. Kanunda, halk sağlığının korunması için gerekli olan tüm hususlar düzenlenmiştir. Buna göre, kanunda, su ve hava gibi temel yaşam kaynaklarının temizliği, çevre sağlığı, yiyecek ve içeceklerin güvenliği, insan sağlığını tehdit eden hastalıklarla mücadele, sağlık hizmetlerinin sunulması ve sağlık eğitimi gibi konular yer almaktadır (Demir, 2019).

Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti'nde halk sağlığının korunması için önemli bir araçtır. Kanun, halk sağlığını korumak ve geliştirmek için gerekli olan tüm hususları düzenlemektedir.

#### **2.2.2.3. 3008 Sayılı İş Kanunu**

1936 tarihli ve 3008 sayılı İş Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti'nde çıkarılan ilk iş kanunudur. Kanun, 15 Haziran 1936 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Kanunun amacı, işçi ve işveren arasındaki ilişkileri düzenlemek, işçilerin hak ve menfaatlerini korumak ve çalışma hayatının verimliliğini artırmaktır. Kanun, 11 bölüm ve 100 maddeden oluşmaktadır. Kanunda, işçi ve işveren arasındaki ilişkiler, iş sözleşmesi, çalışma süresi, ücret, iş sağlığı ve güvenliği, işverenin hak ve yükümlülükleri, işçinin hak ve yükümlülükleri, iş kazaları

ve meslek hastalıkları, iş uyuşmazlıkları ve iş mahkemeleri gibi konular yer almaktadır (Güzel, 1986).

3008 sayılı İş Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti'nde çalışma hayatının düzenlenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Kanun, işçilerin hak ve menfaatlerini korumak ve çalışma hayatının verimliliğini artırmak için önemli düzenlemeler getirmiştir.

#### **2.2.2.4. 1475 Sayılı İş Kanunu**

1475 sayılı İş Kanunu, 25 Ağustos 1971 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından kabul edilmiş ve 1 Eylül 1971 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Kanun, işçi ve işveren arasındaki ilişkileri düzenlemek, işçilerin hak ve menfaatlerini korumak ve çalışma hayatının verimliliğini artırmak amacıyla çıkarılmıştır. 1475 sayılı İş Kanunu, 11 bölüm ve 314 maddeden oluşmaktadır. Kanunda, işçi ve işveren arasındaki ilişkiler, iş sözleşmesi, çalışma süresi, ücret, iş sağlığı ve güvenliği, işverenin hak ve yükümlülükleri, işçinin hak ve yükümlülükleri, iş kazaları ve meslek hastalıkları, iş uyuşmazlıkları ve iş mahkemeleri gibi konular yer almaktadır (Yılmaz, 2010).

1475 sayılı İş Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti'nde çalışma hayatının düzenlenmesinde önemli bir rol oynamıştır. Kanun, işçilerin hak ve menfaatlerini korumak ve çalışma hayatının verimliliğini artırmak için önemli düzenlemeler getirmiştir.

#### **2.2.2.5. 4857 Sayılı İş Kanunu**

4857 sayılı İş Kanunu, Türkiye'de 10 Haziran 2003 tarihinde yürürlüğe giren ve işçi haklarını, işverenlerin yükümlülüklerini ve iş ilişkilerini düzenleyen temel yasalardan biridir. Bu kanun, önceki iş kanunlarından olan 1475 sayılı İş Kanunu'nun yerine geçmiştir. 4857 sayılı İş Kanunu, Türkiye'deki çalışma hayatına ilişkin önemli düzenlemeler içerir ve işçilerin sosyal haklarını korurken işverenlerin de çalışma koşullarını düzenlemesine yardımcı olur. Kanun, işçilerin çalışma saatleri, ücret, yıllık izin, iş güvencesi, işyeri kuralları, iş sağlığı ve güvenliği gibi birçok konuda haklarını ve güvencelerini belirler. İş Kanunu, işveren ve işçi ilişkilerini adil ve dengeli bir şekilde düzenlemeyi hedeflerken, işçilerin çalışma koşullarını ve işverenlerin de işletme ihtiyaçlarını dikkate alır. Ayrıca, toplu iş sözleşmeleri ve iş uyuşmazlıklarının çözümü gibi konularda da düzenlemeler içerir (Seratlı, 2004).

#### **2.2.2.6. 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu**

5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, Türkiye'de 31 Mayıs 2006 tarihinde yürürlüğe giren ve sosyal güvenlik sistemi ile genel sağlık sigortasını düzenleyen önemli bir yasadır. Bu kanun, daha önceki sosyal güvenlik düzenlemelerini bir araya getirerek, sosyal sigortaları ve genel sağlık sigortasını bütünleştirme amacı taşır. 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, iş sağlığı ve güvenliğini işverenin birincil yükümlülüğü olarak kabul etmektedir. Kanun, işverenin işyerinde iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için gerekli önlemleri almasını ve çalışanların iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgilendirilmesini zorunlu tutmaktadır (Çiçek & Öçal, 2016; Selim, 2021). Kanun, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak işverene aşağıdaki yükümlülükler yüklemektedir:

- ✓ İşyerinde İSG'yi sağlamak için gerekli önlemleri almak,
- ✓ Çalışanları İSG konusunda bilgilendirmek ve eğitmek,
- ✓ İSG konusunda gerekli araç ve gereci sağlamak,
- ✓ İSG konusunda çalışanların görüşlerini almak ve katılımlarını sağlamak,
- ✓ İSG konusunda gerekli denetimleri yapmak,
- ✓ İSG konusunda gerekli kayıtları tutmak.

Kanun, iş sağlığı ve güvenliği yükümlülüklerini yerine getirmeyen işverenlere idari para cezası, işyeri kapatma ve faaliyet durdurma gibi yaptırımlar uygulamaktadır. 5510 sayılı Kanun, sosyal güvenlik sisteminde önemli değişiklikler getirmiş ve daha kapsayıcı ve adil bir sosyal güvenlik yapısı oluşturmayı amaçlamıştır. Böylece, sosyal güvenlik primleri ödemesi yapılarak çalışanların ve ailelerinin sağlık ve emeklilik güvencesi altında olması hedeflenmiştir.

#### **2.2.6.7. 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu**

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012 yılında Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından kabul edilmiş ve 2013 yılında yürürlüğe girmiştir. Kanun, işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için işveren ve çalışanların görev ve sorumluluklarını düzenlemektedir. Kanun, iş sağlığı ve güvenliğini, "işyerinde çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için işverenin yükümlülüğünü" olarak tanımlamaktadır (Alpaut, 2014). Kanun, iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için işverene aşağıdaki yükümlülükler yüklemektedir:

- ✓ İşyerinde risk değerlendirmesi yapmak,

- ✓ Riskleri ortadan kaldırmak veya riskleri azaltmak için gerekli önlemleri almak,
- ✓ Çalışanları iş sağlığı ve güvenliği konusunda bilgilendirmek ve eğitmek,
- ✓ İSG konusunda gerekli araç ve gereci sağlamak,
- ✓ İSG konusunda çalışanların görüşlerini almak ve katılımlarını sağlamak,
- ✓ İSG konusunda gerekli denetimleri yapmak,
- ✓ İSG konusunda gerekli kayıtları tutmak.

Kanun, iş sağlığı ve güvenliği yükümlülüklerini yerine getirmeyen işverenlere idari para cezası, işyeri kapatma ve faaliyet durdurma gibi yaptırımlar uygulamaktadır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti'nde iş sağlığı ve güvenliği alanında önemli bir adım olarak kabul edilmektedir. Kanun, işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için işveren ve çalışanların görev ve sorumluluklarını düzenlemektedir.

### **2.3. İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları**

#### **2.3.1. İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarına İlişkin Tanımlar**

İş kazası, genellikle çalışanlarda aniden meydana gelen ve maddi ve manevi zarara neden olan olaylar olarak tanımlanabilir. Bu tür kazalar, makine ve teçhizatın zarar görmesine veya üretimin geçici olarak durmasına yol açabilir (Yılmaz, 2013). 5510 Sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun 13. Maddesi, iş kazası ve meslek hastalığı sigortası kapsamındaki hak ve yükümlülükleri düzenlemektedir. Bu maddeye göre, iş kazası ve meslek hastalığı sigortası, işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme, yaralanmaya veya meslek hastalığına yol açan olayları kapsamaktadır. Bu maddeye göre aşağıdaki olaylar iş kazası olarak tanımlanmaktadır (Akboğa vd., 2015):

- a) Sigortalı iş yerinde iken meydana gelen kazalar,
- b) İşverenin devam eden işi nedeniyle işçi kendi adına bağımsız olarak çalışıyorsa bu çalışma sırasında gerçekleşen kazalar,
- c) Çalışanın işveren tarafından iş yeri dışında görevlendirildiği zamanlarda asıl işini yapmaksızın meydana gelen kazalar,
- d) Doğum yapmış kadınların çocuklarına süt vermek için ayrılan zamanlarda meydana gelen kazalar,
- e) İşçilerin işveren tarafından temin edilen bir araçla çalışma alanına getirilip götürülmesi sırasında meydana gelen kazalar.

Bir iş kazasından bahsedebilmek için aşağıdaki durumların gerçekleşmesi gerekmektedir (Yılmaz, 2017):

- Bir kaza meydana gelmesi,
- Kaza mağdurunun sigortalı olması,
- Kaza sonucunda sigortalı çalışanın ruhsal ya da fiziksel olarak engelli hale gelmesi,
- Kazayla meydana gelen zarar arasında illiyet bağının bulunması,
- Kazanın, 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu'nun 13. Maddesi'nin (a) bendinden (e) bendine kadar sayılan hallerden birine uygun olarak meydana gelmesi.

Meslek hastalığı, çalışma ortamında maruz kalınan risk faktörleri veya çalışma koşulları nedeniyle ortaya çıkan hastalıklardır. Bir meslek hastalığı, çalışanın yaptığı meslek veya işle ilişkilendirilir ve işin doğasından kaynaklanır. Çalışma koşullarındaki zararlı etmenler, meslek hastalıklarının gelişimine katkıda bulunur (Mil & Güvercin, 2016). Meslek hastalıkları, genellikle yükümlülük süresi içinde ortaya çıkar. Ancak, yükümlülük süresi aşıldığında bile, meslek hastalıkları listelerinde yer alan hastalıklar, klinik belirtilerine ve işyerinde yapılan denetlemelere dayanarak Sosyal Sigorta Yüksek Sağlık Kurulu tarafından onaylanarak meslek hastalığı olarak kabul edilebilir. Meslek hastalıkları, çalışanların sağlığını korumak için önemli bir konudur ve doğru tespit ve tanı önemlidir (Bingöl, 2020). Meslek hastalık kendi içerisinde beş sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar (Bingöl, 2020; Bingölbalı, 2020):

A Grubu: Kimyasal maddelerle oluşan meslek hastalıkları,

B Grubu: Mesleki deri hastalıkları,

C Grubu: Pnömokonyoz ve diğer mesleki solunum sistemi hastalıkları,

D Grubu: Mesleki bulaşıcı hastalıklar,

E Grubu: Fiziki etkenlerle oluşan hastalıklar.

### **2.3.2. İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarının Nedenleri**

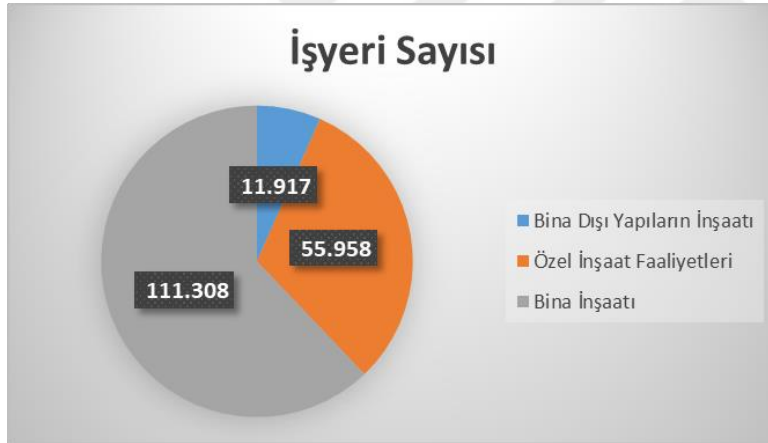
İş kazalarını sebebini “4M” olarak da bilinen insan (man), makine (machine), ortam (media) ve yönetim (management) olarak sıralama mümkündür. İş kazalarının önemli bir kısmı insan hataları nedeniyle meydana gelmektedir. Heinrich'in 1930'larda ortaya attığı "Domino Yaklaşımı", meydana gelen iş kazalarının %88'inin hatalı davranışlardan,

%10'unun hatalı koşullardan ve %2'sinin ise genellikle kader olarak adlandırılan bilinmeyen faktörlerden kaynaklandığını varsaymaktadır (Demir & Öz, 2018).

Çalışanların meslek hastalıklarına yol açan faktörler, kimyasal faktörler (ağır metaller, solventler, gazlar), fiziksel faktörler (radyasyon, yüksek ve düşük basınç, gürültü, titreşim), biyolojik faktörler (virüsler, bakteriler, biyoteknoloji kaynaklı), psikolojik faktörler ve ergonominin ihmal edilmesinden kaynaklanan faktörler olarak beş grupta toplanabilir (MEB, 2017).

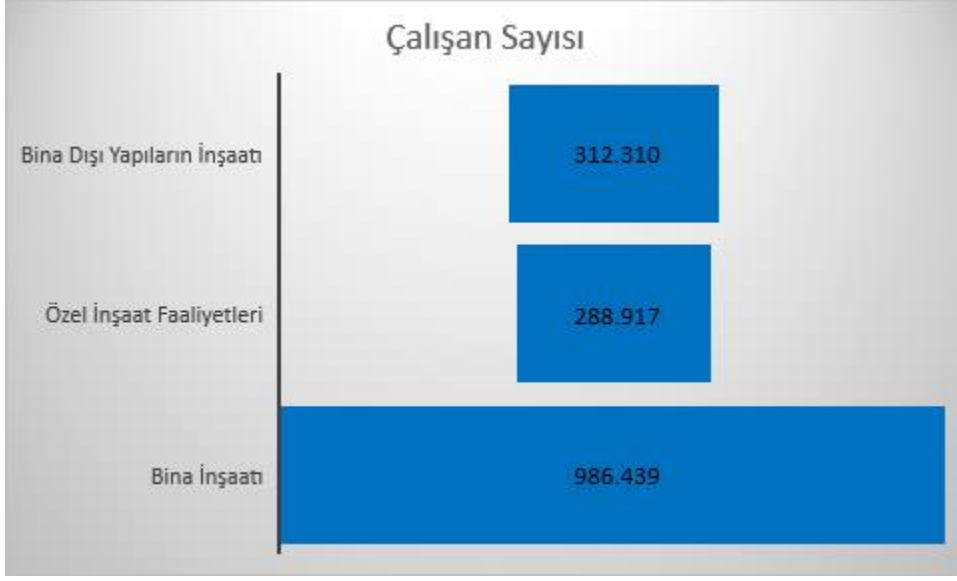
#### 2.4. Türkiye’de İnşaat Sektöründe İSG

SGK meslek kazaları ve meslek hastalıkları istatistik yıllıklarında, Avrupa Topluluğu Ekonomik Faaliyetler İstatistiksel Sınıflandırması (NACE) sistemi doğrultusunda oluşturulan inşaat sektörü, 3 alt sektöre ayrılmaktadır: 41, "Yapı İnşaatı"; 42, "Yapı Dışı Strüktürlerin İnşası"; ve 43, "Özel İnşaat Faaliyetleri". 2020 yılı itibariyle Türkiye'deki inşaat sektöründe faaliyet gösteren 179.183 işletme bulunmaktadır (Topuz, 2022). İnşaat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin dağılımı Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. 2020 yılı inşaat faaliyet alanı işyeri sayıları (Kaynak: SGK İstatistik, 2020).

2020 yılı itibariyle, inşaat sektöründe toplamda 1.587.666 çalışan bulunmaktadır. İnşaat sektöründeki istihdam dağılımı alt sektörlere göre incelendiğinde, sektördeki çalışanların %62'si yapı inşaatında, %20'si yapı dışı strüktürlerin inşasında ve %18'i özel inşaat faaliyetlerinde çalışmaktadır (Şekil 2.2). İnşaat sektöründeki en büyük çalışan sayısı yapı inşaatında yer almaktadır. Araştırmalara göre, yapı inşaatı aynı zamanda en yüksek risk taşıyan inşaat faaliyetidir (Güvel, 2016).

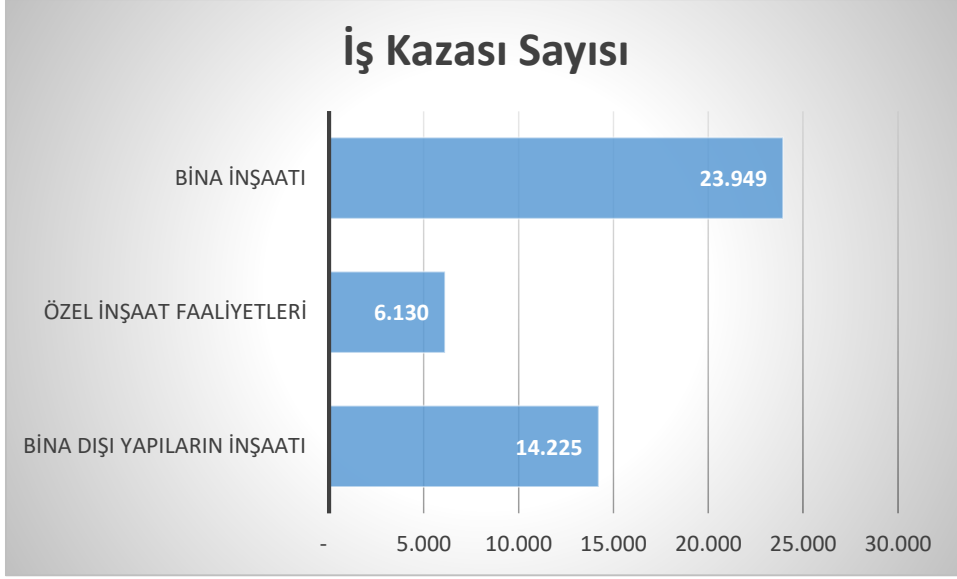


**Şekil 2.2.** 2020 yılı inşaat faaliyet alanı çalışan sayıları (Kaynak: SGK İstatistik, 2020).

2011'den 2020'ye kadar Türkiye'deki iş gücünün yaklaşık yüzde on üçü inşaat sektöründe yer almıştır. Aynı zamanda, işletmelerin yaklaşık onda biri inşaat alanında hizmet vermektedir. (Topuz, 2022).

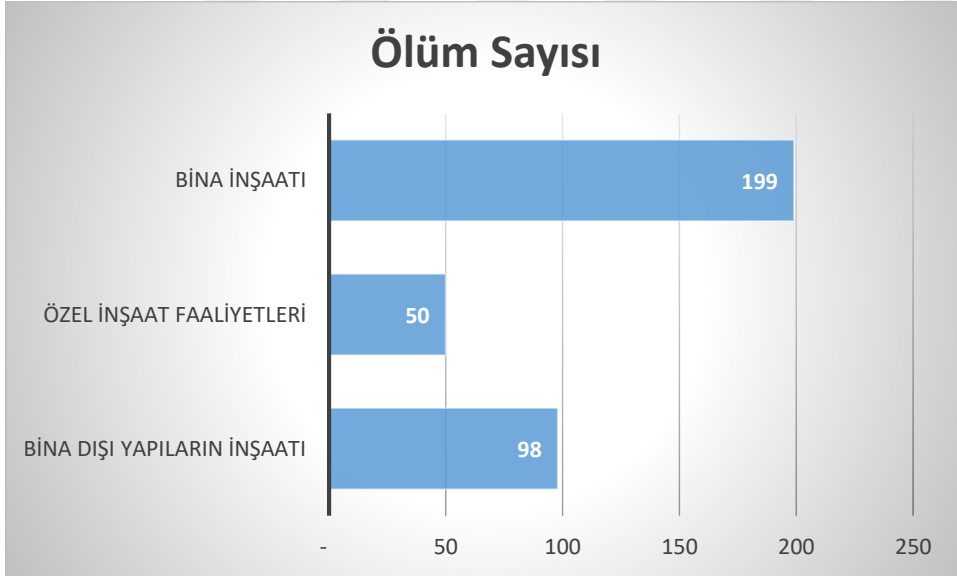
Araştırmalar, Türkiye'de her sekiz dakikada bir iş kazası gerçekleştiğine işaret etmektedir. Ortalama olarak her iki buçuk saatte bir işçinin yaralanmasına sebebiyet veren bir olay yaşanırken, her altı saatte bir iş kazası maalesef bir işçinin hayatını kaybetmesine neden olmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin, yönetmeliklere uygun şekilde alınmasıyla işçiler, işyerinde karşılaşabilecekleri tehlikelerden korunabilir ve iş kazaları azaltılabilir (Ergin, 2016).

Şekil 2.3, 2020 yılında inşaat sektöründe meydana gelen kazaların sayısını göstermektedir. 2020 yılında, inşaat sektöründe meydana gelen iş kazası sayısı 44.304'tür. Yapı inşaatındaki çalışan sayısının fazlalığı nedeniyle, iş kazalarının sayısı diğer sektörlerle göre daha yüksektir (Topuz, 2022).



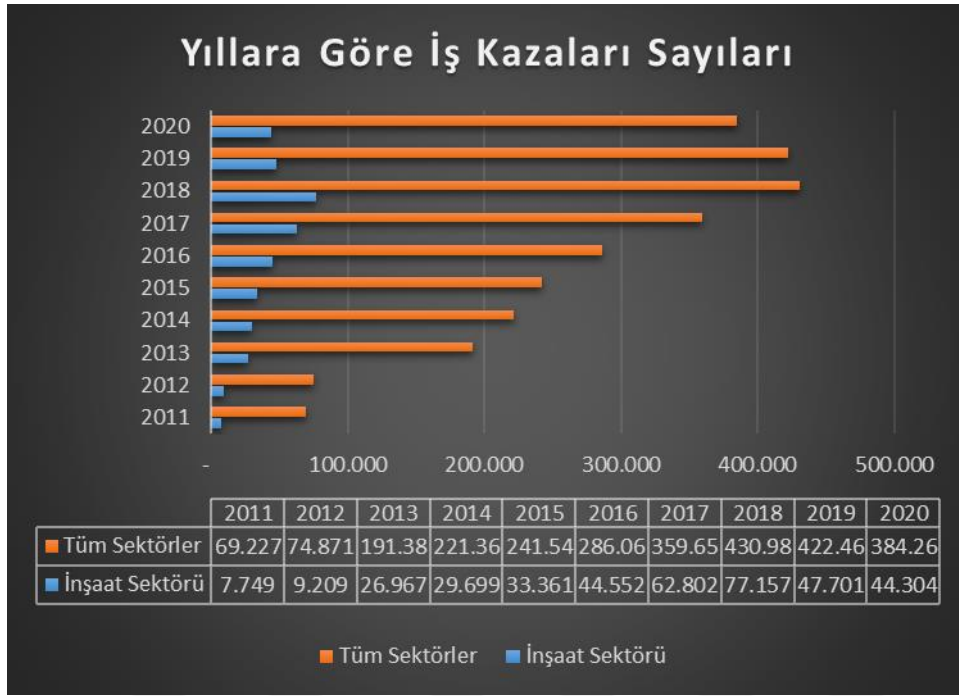
**Şekil 2.3.** 2020 yılı inşaat faaliyet alanı iş kazası sayıları (Kaynak: SGK İstatistik, 2020).

Şekil 2.4'te, ülke genelinde inşaat sektöründe meydana gelen iş kazalarına bağlı ölüm sayısı verilmektedir. Bu kazalarda yaşamını yitiren kişi sayısı 347'dir. 2020 verileri, ülkedeki iş kazalarının %11,53'ünün ve iş kazalarına bağlı ölümlerin %28,19'unun inşaat sektöründe meydana geldiğini göstermektedir.



**Şekil 2.4.** 2020 yılı inşaat faaliyet alanı iş kazası sayıları (Kaynak: SGK İstatistik, 2020).

Geçmiş on yılın verilerine (2011-2020) dayanarak, inşaat sektöründeki iş kazalarının Türkiye'deki kazaların %14,3'ünü oluşturduğu görülmektedir (Şekil 2.5). Aynı dönemde Türkiye'de faaliyet gösteren işletmelerin yaklaşık %13'ü ve istihdam edilen kişilerin yaklaşık %10'u bu sektörde olduğunu göz önüne alarak, meydana gelen kazaların önemli olduğu görülmektedir.



**Şekil 2.5.** Yıllara göre iş kazaları sayıları (Kaynak: SGK İstatistik, 2020).

2011-2020 verilerine göre, inşaat sektöründeki iş kazalarından sonra meydana gelen ölüm sayısı, Türkiye genelindeki iş kazalarına bağlı ölümlerin %34,5'ini oluşturmaktadır (Şekil 2.6).

İnşaat sektöründeki yüksek ölüm oranları, inşaat sektörü işlerinin tehlikeli işler olarak sınıflandırılmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, bu iş sektöründe tedbirler almak ve iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarını dikkatlice sürdürmek ve takip etmek gereklidir.



**Şekil 2.6.** Yıllara göre iş kazalarına bağlı ölüm sayıları (Kaynak: SGK İstatistik, 2020).

Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verilerine göre, kazaların en sık meydana geldiği sektörler madencilik, taşımacılık, inşaat ve makine/metal sektörleridir. Türkiye'de inşaat faaliyetleri genel yüklenici ve alt yüklenici olarak yürütülmektedir. Ayrıca, inşaat projelerinde birden fazla işveren olabilir. Bu faktörler, İSG önlemlerinin uygulanmasını ve izlenmesini zorlaştırmaktadır (Hacıbektaşoğlu, 2018).

Müngen'in gerçekleştirdiği kapsamlı bir araştırmada, 5.239 inşaat kazası detaylı bir şekilde analiz edilmiş ve kazaların türüne göre ölüm ile yaralanma istatistikleri toplanmıştır (Müngen, 2010). Bu vaka analizleri, büyük ölçüde Sosyal Güvenlik Kurumu Genel Müdürlüğü'nün kaydettiği kaza verileri ve mahkemeye intikal etmiş dava dosyalarından elde edilmiştir. Araştırmaya göre, işçilerin düşmesi, incelenen kazalar arasında en ölümcül neden olarak öne çıkmış ve bu tür kazaların oranı %42,9 olarak belirlenmiştir. Elektrik çarpması %12,2 oranıyla ölümcül kazaların ikinci en büyük nedeni, ardından %10,5 ile malzeme düşmesi ve %8,6 ile inşaat makinesi kazaları gelmektedir. Elektrik çarpmasının ölüme neden olan kazalarda ikinci en büyük faktör olması, elektrik çarpmalarına karşı önlemlerin artırılması gerektiğini vurgulamaktadır (Müngen, 2010). Yaralanmaların toplam oranında ise, yüksekten düşme kazaları ilk sırayı almaktadır. Yaralanma tipleri arasında, %21,3 ile eklem kaybı yaralanmaları ikinci en yaygın türdür. Araştırmada, eklem kaybının tek bir ölüm vakasına yol açtığı belirtilmiş olsa da bu tür kazalar genellikle eklem

fonksiyonlarının kaybına ve dolayısıyla kişinin iş göremez hale gelmesine sebep olmaktadır (Müngen, 2010).

## 2.5. Risk Analizi ve Değerlendirmesi

İş yerlerinde mevcut olan veya dışarıdan ortaya çıkabilecek tehlikelerin tespiti, bu tehlikelerin risklere dönüşümüne neden olan etmenlerin ve tehlikelerden kaynaklanan risklerin sistematik bir şekilde analiz edilip sıralanması ve alınacak kontrol önlemlerinin belirlenmesi için yapılan düzenli çalışmalardır. (Vartikoğlu, 2020).

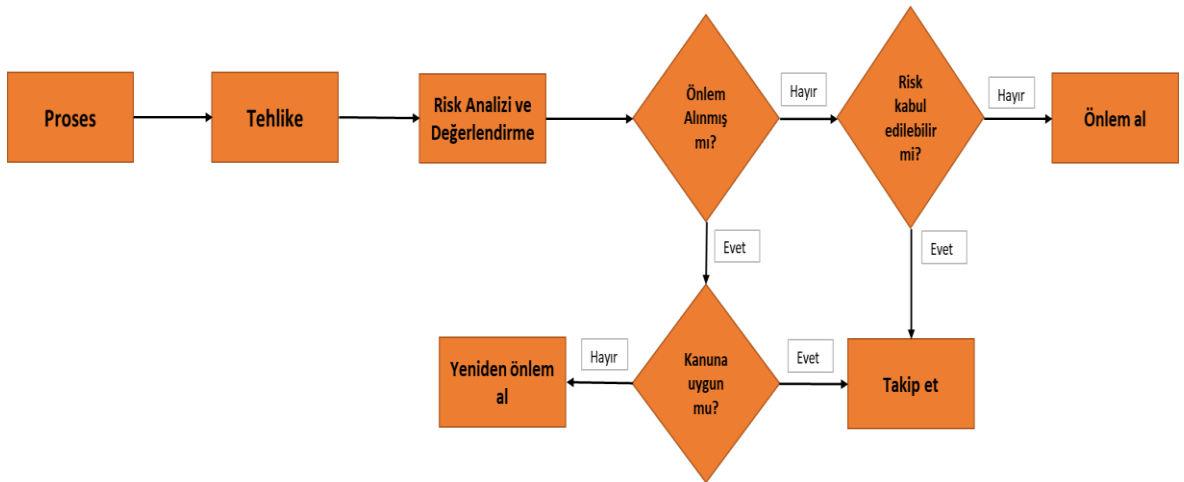
Risk analizi, riskin senaryosunu, meydana gelme olasılığını ve etkisini (şiddeti ve büyüklüğünü) değerlendirerek risklerin önceliğini belirleme sürecidir. Risk analizi, tehlikelerin tanımlanması ve bunların risk oluşturma ihtimalinin hesaplanması ile başlar. Ardından, risk değerlendirmesi yapılır ve risklerin derecelendirilmesi sonucunda alınacak önlemler ile risklerin tamamen ortadan kaldırılması ya da "kabul edilebilir risk" seviyesine çekilmesi beklenir (Şekil 2.7). Risk analizinin üç bileşeni:

**Senaryo:** Riskin gerçekleşmesi durumunda meydana gelecek olaydır.

**Meydan gelme olasılığı:** Riskin gerçekleşme olasılığıdır.

**Etki:** Riskin gerçekleşmesi durumunda yaratacağı zararın büyüklüğüdür.

Risk analizi, işletmelerin riskleri azaltarak faaliyetlerini sürdürmelerini ve hedeflerine ulaşmalarını sağlamak için önemli bir araçtır. Risk analizinin etkin bir şekilde yapılması, işletmelerin riskleri daha iyi anlamalarına ve buna göre önlem almalarına yardımcı olur (Vartikoğlu, 2020).



Şekil 2.7. Risk analizi akışı.

Risk analizinin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

1. İşletmelerde organizasyonel yapının kurulmasını destekler (Organizasyon yapısı, İş Sağlığı ve Güvenliği el kitabı, prosedürler, talimatlar, politikalar gibi).
2. Çalışanların İSG hakkında bilgilendirilmesini ve bu sürece aktif olarak katılımını teşvik eder.
3. İşverenler, dolaylı çalışanlar ve diğer ilgili tarafların İSG konularında farkındalık kazanmasına yardımcı olur.
4. Risk analizi sürecinin başlangıcında elde edilen bulgular, işletmede karşılaşılabilecek olası tehlikeleri ve alınması gereken önlemleri tanımlar.
5. İş yerinde uygulanacak düzeltici ve önleyici eylemlerin belgelenmesi, sonuçların takip edilmesi ve değerlendirilmesi için gerekli bilgilerin toplanmasını sağlar.

İşletme açısından;

1. İşletmenin sağlık ve tazminat giderlerinin azaltılmasına,
2. İş kayıplarının azaltılmasına,
3. Verimliliğin artmasına,
4. Çalışanların motivasyonlarının artmasına,
5. Aidiyet duygusunun gelişmesine,
6. İşletmenin itibarının artmasına,
7. Üretimde kalitenin yükselmesine ve işletmenin güçlenmesine yardımcı olur.

Ülke açısından;

1. Çalışanlardan hastalanan ve iş göremez durumda olanların sayısının düşmesine,
  2. Gayrisafi milli hasılanın yükselmesine,
  3. Sağlık harcamalarının azalmasına,
  4. Bir bütün olarak toplum sağlığının iyileşmesine,
  5. Çalışma barışına katkı sağlanmasına,
  6. Refah toplumuna dönüşümün hızlanmasına,
- katkı sağlamaktadır (Vartikoğlu, 2020).

## 2.6. Risk Değerlendirme Yöntemleri

İSG risk değerlendirmesinde, riskleri sayısal olarak ifade eden kantitatif, riskleri daha genel olarak ifade eden kalitatif ve bu yöntemlerin belirli özelliklerini buluşturan karma yöntemler olmak üzere üç temel yöntem kullanılmaktadır. Kantitatif yöntemler, risklerin olasılık ve şiddetini belirlemek için matematiksel hesaplamalar kullanır. Kalitatif yöntemler, riskleri olasılık, şiddet ve önem gibi faktörlere göre sınıflandırmak için daha genel bir yaklaşım kullanır (Özkılıç, 2005).

Literatürde yaygın olarak kullanılan bazı kalitatif İSG risk değerlendirme yöntemleri şunlardır:

1. Ön Tehlike Analizi Metodu (PHA)
2. Kontrol listeleri (Çeklist) Kullanılarak Birincil Risk Analizi (PRA)
3. Olursa Ne Olur Analizi (What if...?)
4. İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis)
5. Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Analizi (HAZOP)

Sık kullanılan kantitatif yöntemlere ise:

1. Olası Hata Türleri ve Etki Analizi, (FMEA)
2. Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi
3. John-Ridley risk değerlendirme yöntemi
4. Risk Değerlendirme Karar Matrisi (RADM)
  - a) 3x3 Tipi Matris Metodu
  - b) L-Tipi Matris Metodu
  - c) X-Tipi Matris Metodu

örnek olarak gösterilebilir. Karma risk değerlendirme yöntemleri hem kalitatif hem de kantitatif yöntemleri içerebilir. Üç farklı karma risk değerlendirme metodu kullanılmaktadır:

1. ETA (Olay Ağacı Analizi Yöntemi)
2. FTA (Hata Ağacı Analizi Yöntemi)
3. Neden-Sonuç Analizi (Sebeup-Sonuç Analizi)

Bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağı, işyerinin büyüklüğü ve karmaşıklığı, mevcut riskler ve mevcut kaynaklar gibi faktörlere bağlıdır.

### **2.6.1. Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi (HAZOP)**

Bir sistemin veya sürecin tehlikelerini ve işletilebilirliğini sistematik olarak tanımlamak ve değerlendirmek için kullanılan bir tekniktir. HAZOP analizi, 1960'ların sonlarında British Petroleum tarafından geliştirilmiştir. HAZOP analizi, ilk olarak petrol ve gaz endüstrisinde kullanılmıştır, ancak günümüzde diğer endüstrilerde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

HAZOP analizi, bir işlemin tehlikelerini ve kaza risklerini belirlemek için kullanılan bir tekniktir. Çok disiplinli bir ekip, bir olayın gerçekleşme olasılığını veya olmama durumunun potansiyel sonuçlarını değerlendirir. Bu değerlendirme, "daha az, daha fazla, hiç, kısmen" gibi anahtar kelimeler kullanılarak yapılır. Bu anahtar kelimeler, kimyasal süreçleri etkileyen faktörlerle birlikte kullanılır. Kabul edilebilir ve kabul edilemez riskler tanımlanır ve bu risklere karşı gerekli önlemler belirlenir. HAZOP analizi, işyerinde bulunan tüm riskleri değerlendirmek için tek başına yeterli değildir. Bu nedenle, HAZOP analizinin yanı sıra diğer risk değerlendirme yöntemlerine de başvurulmalıdır. (Crawley & Tyler, 2015).

HAZOP analizi, bir ekip tarafından gerçekleştirilir ve ekip, sistemin işleyişini adım adım gözden geçirir. Her adımda, ekip, tehlikelerin ve işletilebilirlik sorunlarının olası nedenlerini ve sonuçlarını tanımlar. HAZOP analizi, tehlikeleri ve işletilebilirlik sorunlarını erken tespit etmek ve bunlara karşı önlem almak için etkili bir araçtır (Kabakulak, 2019).

### **2.6.2. Ön Tehlike Analizi (PHA)**

Ön tehlike analizi, tehlikeleri belirlemek ve bunlara karşı önlem almak için kullanılan bir risk değerlendirme yöntemidir. Bu yöntem, kalitatif yani sayısal olmayan bir yaklaşım kullanır. PHA, bir işletmenin ilk kurulum aşamasında veya mevcut bir işletmenin herhangi bir çalışma veya uygulamasının detaylı bir değerlendirmesinde kullanılabilir (Demirel & Sert, 2018).

PHA, yalnız başına yeterli olmayan bir risk analiz yöntemidir. Ancak, diğer risk değerlendirme yöntemlerine temel veri sağlamak amacıyla kullanılabilir. Bu yöntem, daha detaylı çalışmalar için hızlı ve faydalı bir başlangıç noktası sunar. PHA, geçmiş deneyimleri inceleyerek gerçekleştirilir. İşletmedeki geçmişte yaşanmış tehlikeli durumlar

ve olaylar veri olarak kullanılır. Bu sayede işletmenin belirlediği tehlikelerin ne sıklıkla meydana geldiği ve potansiyel zararların boyutları değerlendirilebilir. Eğer işletme yeni kuruluyorsa ve kendi geçmiş kayıtlarında bu bilgiler mevcut değilse, aynı sektörde faaliyet gösteren başka bir firmanın geçmiş kayıtları, risk değerlendirmesi için veri olarak kullanılabilir. (Hyatt, 2018).

PHA tamamlandıktan sonra belirlenen tehlikeler öncelik sırasına konur ve önlemler bu doğrultuda alınır.

### **2.6.3. Kontrol Listeleri Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi (PRA)**

Kontrol listeleri temelli birincil risk analizi (PRA), belirli bir sürecin, projenin veya işlemin potansiyel risklerini sistematik bir yaklaşımla ele almak ve değerlendirmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. Bu yöntem, önceden oluşturulmuş bir kontrol listesi veya denetim listesi kullanarak, süreç veya işlem içerisindeki olası tehlikeleri ve riskleri tespit etmeyi amaçlar. PRA'nın temel aşamaları, bir analiz ekibi tarafından yürütülür. Bu ekip, genellikle farklı uzmanlık alanlarından gelen üyelerden oluşur ve sürecin veya işlemin her yönünü kapsayacak şekilde düzenlenir. İlk adımda, ilgili sürecin veya işlemin özel gereksinimleri ve önemli aşamaları dikkate alınarak bir kontrol listesi oluşturulur. Bu liste, potansiyel riskleri belirlemeye yönelik soruları, denetim maddelerini ve inceleme adımlarını içerir.

Daha sonra, analiz ekibi kontrol listesini kullanarak süreci veya işlemi ayrıntılı olarak gözden geçirir. Her bir madde veya soru, potansiyel tehlikeleri ve riskleri tanımlamak için bir temel oluşturur. Ekibin, her bir riskin olasılığını ve etkisini değerlendirdiği aşamada, risklerin ciddiyeti ve öncelikleri belirlenir. Analiz sonuçlarına dayanarak, en yüksek öncelikli riskler belirlenir ve bu riskleri azaltmak veya önlemek için öneriler geliştirilir. Bu öneriler, sürecin güvenliğini artırmak ve riskleri en aza indirmek için çeşitli önlemleri içerebilir. Sonuçlar raporlanır ve ilgili paydaşlara iletilirken, önerilen önlemlerin uygulanması ve etkilerinin izlenmesi için bir takip planı da oluşturulur (Yılmaz, 2017).

Kontrol listeleri tabanlı birincil risk analizi, organizasyonların veya projelerin daha önce fark edilmemiş veya göz ardı edilmiş riskleri tanımlamak, ele almak ve yönetmek için yapılandırılmış bir yaklaşım sunar. Bu yöntem, riskleri erken aşamalarda tespit etmeye yardımcı olarak, daha güvenli ve sorunsuz iş süreçleri sağlamak amacıyla kullanılır. (Ayyub, 2003).

#### **2.6.4. Olursa Ne Olur Yöntemi (What If)**

Bu yöntem, işletme hakkında çok az tarihsel bilgi ve belge kullanılarak uygulanabilen nitel bir yöntemdir. Bu açıdan, uzman bir kişi veya ekip tarafından geliştirilen sorular, risk değerlendirmesi sırasında küçük değişikliklerle kullanılabilir. Bu yöntem özel teknik veya hesap araçları gerektirmez. Örneğin, "Bir gaz sızıntısı olursa ne olur?" ve "Basınç düşerse ne olur?" gibi soruların cevapları, işletme için potansiyel tehlikeleri belirlemek için kullanılır. Bu yöntem, laboratuvar deneyleri gibi basit küçük ölçekli uygulamalar için kullanılır (Ostrom & Wilhelmsen, 2019).

Diğer tüm analiz yöntemleri gibi, bu yöntemde doğru soruları geliştirmek için deneyimli ve uzman bireyler veya ekiplerden danışmanlık alınmalıdır. Sonuç olarak, bu risk değerlendirmesinin sonuçları nitel olacak ve sayısal bir değer sunmayacaktır. Bu yöntemin formal olmayan bir yöntem olduğu unutulmamalıdır.

#### **2.6.5. İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis, JSA)**

İş Güvenliği Analizi (JSA), işletmedeki işler ve görevler açıkça belirlendiğinde uygulanabilen bir kalitatif yöntemdir. Bu analiz, iş yerindeki bireylerin ve ekiplerin üstlendiği görevlere yönelik riskleri ve tehlikeleri detaylı bir şekilde değerlendirir. Tanımlanmış görevlerle ilişkili tehlikelerin detaylarını inceleyerek, bu yöntemle, güvenlik seviyesinin ne ölçüde sağlandığı, çalışanlara yönelik farklı konularda sorular sorularak değerlendirilir. Bu sorular genellikle iş yerinde kullanılan ekipmanların ergonomisine, uygunluğuna, çalışma ortamının şartlarına ve işçilerin çalışma pozisyonlarına odaklanır (Rozenfeld vd., 2010).

Çalışanların iyi tanımlanmış iş tanımlarıyla başarı oranı artırılabilir. Bu yöntemin dezavantajı, tüm çalışanların değerlendirmeye dahil edilmesi gerekliliği ve risk değerlendirmesinin başarılı olabilmesi için çok sayıda belgeye ihtiyaç duyulmasıdır. Bunların dışında, her sektöre uygulanabilme avantajı bulunmaktadır. Bu yöntem için işin konusuna dair geniş deneyim ve bilgiye sahip uzman bir kişi veya ekip gereklidir.

#### **2.6.6. Hata Türleri ve Etki Analizi (FMEA)**

Hata Türleri ve Etki Analizi (FMEA), olası hata türlerini tanımlayan ve bunların sistem üzerindeki etkilerini analiz eden yaygın bir nicel yöntemdir. Bir iş veya iş bölümünün tamamını dikkate alarak, bu alandaki malzemeler ve ekipmanlardan kaynaklanabilecek kazaların ve arızaların tüm sistem üzerindeki etkisini ve potansiyel sonuçlarını

değerlendirir. Özellikle otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. FMEA, riskleri tahmin eden ve hataları önlemeyi amaçlayan sağlam bir analiz tekniğidir. Bu sayede işletmelerin proaktif bir yaklaşım benimsemesine yardımcı olur. Klasik risk değerlendirme yöntemlerinden en önemli farkı, olasılık ve şiddet faktörlerinin çarpımının yanı sıra saptanabilirlik faktörünün de eklenmiş olmasıdır (Sharma & Srivastava, 2018).

FMEA, ilk kez ABD ordusu tarafından geliştirilerek risk değerlendirme süreçlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Ardından FMEA, NASA'nın Ay'a seyahat programları, ABD'nin havacılık endüstrisi, Ford Motor Company tarafından otomotiv alanında, bilgisayar üretiminde ve Japon NEC şirketinde endüstriyel kullanıma sunuldu. 1988 yılında Chrysler, Ford ve General Motors gibi Amerika'nın önde gelen üç otomobil üreticisi tarafından benimsenerek yaygın bir standart olarak kabul edildi (Wu vd., 2021). Bugünlerde, FMEA, QS 9000, ISO/TS 16949, ISO 9001:2000 gibi kalite yönetim sistemlerinde zorunlu bir eleman olmuştur. Özellikle son dönemlerde sağlık sektöründe de geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Chiozza & Ponzetti, 2009).

Burada "hata türleri" terimi, bir ürünün veya sistemin çalışmasını etkileyebilecek herhangi bir hatayı ifade eder. "Etki analizi" terimi, bir hatanın sistemin işleyişine nasıl ve ne ölçüde zarar verebileceğini değerlendirmeyi ifade eder. FMEA, bir ürünün veya sistemin tasarımı, üretimi, montajı, kullanımı veya bakımı sırasında ortaya çıkabilecek olası hataları tanımlamak ve analiz etmek için kullanılır. Bu, hataları önlemek veya en aza indirmek için önlemlerin alınmasına yardımcı olur. FMEA, bir ürünün veya sistemin tasarımını, üretimini, montajını, kullanımını veya bakımını iyileştirmek için çok etkili bir araçtır. Hataları önlemek veya en aza indirmek, maliyetleri düşürür, kaliteyi ve müşteri memnuniyetini artırır (Bouti & Kadi, 1994).

FMEA analizi esnasında, ilk adım olarak potansiyel tehlikeler ve hatalar tanımlanır; ardından bu hataların meydana gelme ihtimali, olası etkilerinin şiddeti, öncelik sıralamaları ve tespit edilme zorlukları değerlendirilir. Bu faktörlerin değerlendirilmesinde çeşitli yöntemler mevcuttur, genellikle sayısal değerlerin kullanılması tercih edilir. Risk Öncelik Skoru (RÖS), kritiklik seviyesini belirleyen bir göstergedir (Ostrom & Wilhelmsen, 2019).

RÖS, her bir hata tipi veya sebebi için, olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik gibi üç ana risk faktörüne dayalı olarak hesaplanan bir sayısal değerdir. RÖS hesaplaması yapılırken, risk faktörlerine, belirlenen bir sayısal aralıkta sözel ya da olasılıksal ifadelerle verilen değerler kullanılır. Bu sayede, her hata tipine özgü riskler belirlenmiş olur ve en yüksek RÖS

değerine sahip olan hatalara yönelik, kısa vadeli iyileştirmeler ve uzun vadeli düzeltici aksiyonlar planlanır (Yılmaz, 2017). FMEA metodolojisinde RÖS değeri Denklem 2.1'deki gibi hesaplanır.

Olasılık (O): Bir tehlike veya hatanın meydana gelme şansı,

Ağırlık (A): Tehlike veya hatanın önemi, etkisinin ciddiyeti,

Tespit (T): Bir tehlike veya hatanın ortaya çıkış sebeplerinin belirlenmesinin ne kadar zor olduğunun ölçümü

$$RÖS=O*A*T$$

**Denklem 2.1.** FMEA metoduna göre RÖS'ün hesaplanması

### 2.6.7. Fine-Kinney Yöntemi

Fine-Kinney yöntemi, tehlikelerin kontrolü için matematiksel bir değerlendirme yöntemi olarak William T. Fine ve G. F. Kinney tarafından 1971 yılında sunulmuştur (Fine & Kinney, 1971). Önerilen yöntem, Kinney ve Wiruth tarafından 1976 yılında geliştirilmiş ve uygulaması matematiksel bir yaklaşımdan grafiksel bir yaklaşıma dönüştürülmüştür (Kinney & Wiruth, 1976). Fine-Kinney, "Olasılık", "Sıklık" ve "Şiddet" faktörlerini dikkate alan üç boyutlu bir yöntemdir. Sıklık faktörü göz önünde bulundurulduğundan, iş yerlerindeki geçmiş verilerin kullanılması nedeniyle daha güvenilir sonuçlar sunar. Yöntem, riskleri önceliklendirerek hangi tehlikelere daha erken müdahale edilmesi gerektiğini ve sınırlı kaynağın nereye ilk yönlendirilmesi gerektiğini gösterir (Erzurumluoğlu vd., 2015). Fine-Kinney, risk değerlendirmesi ve risk yönetimi için güçlü bir araçtır. Riskleri belirlemek ve önceliklendirmek, risk azaltma stratejileri geliştirmek ve uygulamak için kullanılabilir.

Fine-Kinney yönteminde RÖS değeri; Olasılık (O), Sıklık (S) ve Şiddet (Ş) faktörlerinin çarpımıyla Denklem 2.2'deki gibi hesaplanmaktadır (Oturakçı ve Dağsuyu, 2017):

RÖS: Risk öncelik sayısı

$$RÖS = O * Ş * S$$

**Denklem 2.2.** Fine-Kinney Metoduna göre RÖS'ün hesaplanması

Fine-Kinney yöntemine göre, olasılık, sıklık ve şiddet skalaları sırasıyla Tablo 2.1, Tablo 2.2 ve Tablo 2.3'te; RÖS değerleri ve bu değerlere karşılık gelen durumlar ise Tablo 2.4'te sunulmaktadır (Selim, 2021).

**Tablo 2.1.** Fine-Kinney olasılık skalası.

| Olasılık               | Değeri |
|------------------------|--------|
| Neredeyse kesin        | 10     |
| Oldukça Mümkün         | 6      |
| Nadir fakat olabilir   | 3      |
| Oldukça düşük olasılık | 1      |
| Zayıf olasılık         | 0,5    |
| Pratik olarak imkânsız | 0,2    |
| Neredeyse imkânsız     | 0,1    |

**Tablo 2.2.** Fine-Kinney sıklık skalası.

| Sıklık                           | Değeri |
|----------------------------------|--------|
| Sürekli                          | 10     |
| Sık (Günde bir)                  | 6      |
| Ara sıra (Haftada bir)           | 3      |
| Nadir (Ayda bir)                 | 2      |
| Oldukça nadir /Yılda birkaç kez) | 1      |
| Çok nadir (Yılda bir)            | 0,5    |

**Tablo 2.3.** Fine-Kinney şiddet skalası.

| Şiddet                                               | Değeri |
|------------------------------------------------------|--------|
| Felaket (Birden fazla ölüm ya da $>10^7$ \$ zarar)   | 100    |
| Çok kötü (Birkaç ölüm ya da $>10^6$ \$ zarar)        | 40     |
| Çok ciddi (Ölüm ya da $>10^5$ \$ zarar)              | 15     |
| Ciddi (Ciddi yaralanma ya da $>10^4$ \$ zarar)       | 7      |
| Önemli (Yaralanma ya da $>10^3$ \$ zarar)            | 3      |
| Dikkate değer (Küçük yaralanma ya da $>10$ \$ zarar) | 1      |

**Tablo 2.4.** Fine-Kinney RÖS skalası.

| RÖS Değeri | Durum                                                                        |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|
| RÖS>400    | Çok yüksek risk; çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalı              |
| 200<R<400  | Yüksek risk; kısa vadeli eylem planına alınarak giderilmeli                  |
| 70<RÖS<200 | Önemli risk; dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına alınarak giderilmeli |
| 20<RÖS<70  | Olası risk; eylem planına alınmalı                                           |
| RÖS<20     | Kabul edilebilir risk; acil tedbir gerekmebilir                              |

#### 2.6.8. ETA (Olay Ağacı Analizi Yöntemi)

Hem niteliksel hem de niceliksel olan ve indüktif mantığa dayanan bir risk değerlendirme yöntemidir. Bu yöntemde önce bir olay tasarlanır ve ardından bu olayın sonuçları değerlendirilir. Sonuçlara uygun olarak alınacak önlemler planlanır.

Bu yöntem, nükleer enerji santrallerinin işletilebilirlik analizi gibi çok sayıda süreç ve koruma sistemine sahip işletmelerde kullanılır. Sürekli çalışan sistemler veya bekleme modundaki sistemlerde, sistem başarısı ve hata olasılığı değerlendirmeleri, herhangi bir risk durumuna yanıtını inceleyerek yapılabilir. Bu yöntem, risk değerlendirmesinde uzman bir kadro gerektirir ve doğru senaryoların üretilmesi ile sonuçlarının uygun şekilde değerlendirilmesi için zaman gerektirir (Çepin & Çepin, 2011).

#### 2.6.9. FTA (Hata Ağacı Analizi Yöntemi)

Hata ağacı analizi (FTA), olayların nedenlerini ve sonuçlarını hem nitel hem de nicel olarak inceleyen ve çıkarımsal mantığa dayalı bir risk değerlendirme tekniğidir. Bu teknik, bir olayın - örneğin patlama, yaralanma, ekipman arızası veya yangın - sonuçlarından yola çıkarak değerlendirme yapar (Yılmaz, 2017). Tehlike analizinde kritik bir rol oynar, zira karmaşık teknik sistemlerin ciddi sonuçlar doğurabilecek durumlarında ve önemli mali kaynakların tahsis edildiği tehlike analizlerinde tercih edilir. Bu analiz yöntemi, uygulanması uzmanlık gerektiren karmaşık bir süreçtir ve deneyimli bir ekip tarafından yürütülmelidir. Literatürde bu yöntemin birçok uygulaması mevcuttur (Ruijters ve Stoelinga, 2015). Analiz süreci, potansiyel tehlikeli sonuçların belirlenmesiyle başlar, ardından bu sonucun gerçekleşebileceği alan veya süreç seçilir ve her bir risk için, kök neden belirlenene dek detaylı bir şekilde incelenir.

### **2.6.10. Neden-Sonuç Analizi**

Neden-sonuç analizi, ETA ve FTA yöntemlerinin birleşik kullanımına dayanan bir risk değerlendirme yöntemidir. Bu nedenle bir hibrid yöntem olarak ifade edilebilir. Bu yöntem istenmeyen sonuçların nedenlerini belirlerken olay zincirini tanımlar. Başka bir deyişle, neden-sonuç analizi, bir durumun meydana gelmesiyle ortaya çıkabilecek tehlikeleri ve sonuçları değerlendirerek uygulanan bir yöntemdir. Detaylı bir neden-sonuç diyagramı balık kılçığı şeklinde olduğundan, balık kılçığı diyagramı olarak da adlandırılır. Bu teknik, Danimarka'daki RISO laboratuvarlarında nükleer enerji santrali risk analizi için kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Nükleer enerji reaktörlerinin tasarım aşamasında kullanılır. Ancak aynı zamanda diğer endüstriyel sistemlerde de risk değerlendirmesinde kullanılabilir. Neden-sonuç diyagramında çeşitli olayların olasılıkları ve çeşitli sonuçların olasılıkları hesaplanabilir. Böylece sistem risk seviyesi belirlenir (Yılmaz, 2017).

### **2.6.11. Risk Değerlendirme Karar Matrisi (RADM)**

Risk değerlendirme karar matrisi, kullanımının kolaylığı sayesinde en popüler ve kapsamlı olarak tercih edilen risk değerlendirme aracıdır. Bu metot, birçok farklı yöntemin temel altyapısını sağlar. Bu süreçte, iki ya da daha çok değişkenin birbiriyle olan ilişkisi incelenir (Domínguez vd., 2019).

L-Tipi Matris Analizi, çoklu değişkenler arasındaki bağlantıyı değerlendirerek neden ve sonuç ilişkilerini belirginleştirmek amacıyla kullanılan bir tekniktir. Basitliği sayesinde, özellikle küçük işletmelerde risk değerlendirmesi yapmayı tercih eden bağımsız uzmanlar için uygundur. Bu metodun başarısı, risk değerlendirme takımının bilgi ve deneyim düzeyine doğru orantılı olarak yükselir. Acil ve hızlı risk değerlendirme kararlarının alınması gereken durumlar için işletmelerde etkili bir şekilde kullanılabilir. L-tipi matris analizinde, özellikle 5x5 matris modeli, anlaşılabilirliği sebebiyle sıklıkla kullanılır. Bu modelde, potansiyel bir kazanın oluşma ihtimali öncelikle belirlenir (Koltan vd., 2010).

## **2.7. Çok Kriterli Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri Yöntemi**

### **2.7.1. Karar Verme**

Karar verme, bir bireyin ya da grubun, belirli bir durum veya sorun karşısında bir tercih yapma sürecidir. Bu süreç, genellikle belirli bir hedefe ulaşma, bir sorunu çözme veya bir seçenek arasında seçim yapma ihtiyacını içerir (Eisenhardt ve Zbaracki, 1992). Karar verme süreci genellikle şu adımları içerir:

- a) Sorunu Tanımlama: Karar verme süreci genellikle bir sorunun veya ihtiyacın tanımlanması ile başlar. Bu, bir kararın alınmasını gerektiren belirli bir durumu belirleme sürecidir.
- b) Amaç Belirleme: Karar veren kişi veya grup, belirli bir hedefe ulaşma veya bir sonuç elde etme amacını belirler.
- c) Seçenekleri Belirleme: Karar veren kişi veya grup, sorunu çözmek veya hedefe ulaşmak için çeşitli seçenekleri belirler.
- d) Değerlendirme ve Analiz: Belirlenen seçenekler değerlendirilir ve analiz edilir. Bu süreçte, seçeneklerin avantajları, dezavantajları, riskleri ve fırsatları değerlendirilir.
- e) Karar Alma: Değerlendirme ve analiz sonucunda en uygun seçenek seçilir ve karar alınır.
- f) Uygulama: Alınan kararın uygulanması için gerekli adımlar atılır.
- g) Değerlendirme ve Geri Bildirim: Kararın uygulanması sonrasında sonuçlar değerlendirilir ve geri bildirim alınır. Bu aşama, gelecekteki karar verme süreçlerine ders çıkarmak için önemlidir.

### **2.7.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)**

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), birden fazla çatışan kriter veya hedef dikkate alındığında, bir dizi seçenek arasından en iyi alternatifi seçmek için kullanılan sistemli bir yaklaşımdır. Gerçek dünya senaryolarında, karar verenler genellikle kararların farklı kriterler arasında dengelemeler içerdiği karmaşık durumlarla karşılaşır. ÇKKV, böyle karmaşıklıklarla başa çıkmak için yapılandırılmış bir çerçeve sağlar ve rasyonel seçimler yapmaya yardımcı olur (Bozorg-Haddad vd., 2021).

ÇKKV'nin temel fikri, birden fazla kriteri aynı anda değerlendirmek ve bu kriterlere dayalı olarak alternatifleri seçmektir. Kriterler ekonomik, çevresel, sosyal ve teknik gibi çeşitli olabilir. Amaç, bu kriterleri karar verenlerin tercihleri ve önceliklerine göre en iyi dengeleyen bir çözüm bulmaktır (Yoon & Hwang, 1995). ÇKKV süreci genellikle aşağıdaki ana adımları içerir:

- a) Problem Tanımı: Karar problemi net bir şekilde tanımlanır, kriterler ve alternatifler belirlenir. Bu adım, tüm ÇKKV sürecinin temelini oluşturur.

b) Kriter Belirleme ve Ağırlıklandırma: Her bir kriterin karar verme sürecindeki önemine göre ağırlıklar atanır. Ağırlıklar, farklı kriterlerin karar hedeflerini gerçekleştirmedeki göreceli önemini yansıtır.

c) Alternatifleri Belirleme: Problem için seçim yapılacak adayların belirlenme sürecini kapsar. AHP ve ANP gibi yöntemlerde daha çok ikili karşılaştırma matrisleri tercih edilirken, TOPSIS, VIKOR, ARAS gibi yöntemlerde alternatiflerin kriterlere göre gerçek değerleri kullanılır.

d) Normalleştirme: Kriter değerlerini karşılaştırılabilir hale getirmek için normalleştirme adımı uygulanır. Bu adım, kriterler farklı ölçeklerde veya birimlerde ölçülüyorsa önemlidir.

e) Sıralama ve Seçim: Alternatifleri toplam puanlarına göre sıralama işlemidir. En yüksek puana sahip olan alternatif en uygun seçenek olarak kabul edilir. Bu adım, karar kriterlerine göre tercih edilen seçenekleri açıkça belirler.

ÇKKV için 70'e yakın yöntem önerilmiştir. Bunlar arasında en çok kullanılan yöntemler arasında AHP, ANP, Entropi, TOPSIS, DEMATEL, ELECTRE, VIKOR, MACBETH, PROMETHEE yöntemleri söylenebilir. Sağlıktan üretime, tedarik zinciri yönetiminden eğitime, savunma sanayinden finansa kadar pek çok alanda ortaya çıkan problemlerin çözümünde ÇKKV'den yararlanılmıştır (Arslan, 2018).

Sonuç olarak, ÇKKV, birden fazla çatışan kriter içeren karmaşık karar problemleriyle başa çıkmak için değerli bir araçtır. Çeşitli faktörleri sistemli bir şekilde düşünerek ve tartarak, ÇKKV karar vericilere hedeflerine uygun ve öncelikli seçimler yapmalarında yardımcı olur. ÇKKV'nin esnekliği ve uyarlanabilirliği, geniş bir alanda karar verme zorluklarıyla başa çıkmak için güçlü bir yaklaşım sağlar.

### **2.7.3. Bulanık Mantık**

Bulanık mantık, günlük hayatımızda sıkça karşılaştığımız belirsizlikleri açıklamak ve net tanımlamalarda bulunmak zor olduğu durumlarda devreye giren bir matematiksel disiplindir. Yaşadığımız olaylarda, sıklıkla belirsizlikle karşılaşırız ve bu belirsizliklerin kesin bir tanımlamayla açıklanması olanaksızdır. Bu durum, bulanık mantığın hayatımızın her düzeyinde etkili olan kaçınılmaz bir kavram haline gelmesine neden olmaktadır (Selim, 2021).

Günlük hayatta, sıcaklık gibi nümerik olmayan dilsel ifadelerle karşılaşırız. Bir oda sıcak mı, soğuk mu, yoksa ılık mı; bu tür sorular genellikle kesin sayısal değerle ifade edilemez. İşte bu noktada bulanık mantık devreye girer. Bulanık mantık, nümerik olmayan ifadelerle verilen kararları işleyerek, belirsiz durumları çözme çabası içinde olan bir matematiksel disiplindir. İnsanlar, günlük hayatta sıklıkla "çok sıcak," "sıcak," "ılık," "soğuk," "çok soğuk" gibi terimleri kullanarak kararlar alır ve bu kararlar belirsizlik içerir. Bulanık mantık, bu tür dilsel ifadeleri matematiksel bir çerçeve içinde ele alarak, akıl yürütme mantığıyla çeşitli işlemler yapmayı mümkün kılar. Bu da insanların karşılaştığı belirsiz durumları daha etkili bir şekilde çözmelerine olanak tanır (Yılmaz & Şahin, 2023).

Bulanık mantık aslında bir düşünce yapısı olarak da tanımlanabilir. İnsanlar, belirsizlik içeren durumlarla karşılaştıklarında, bulanık mantığın akıl yürütme sürecini kullanarak problemlerini çözebilirler. Bu, sadece matematiksel bir disiplin değil, aynı zamanda günlük hayatta kararlar almak için kullanılan bir düşünce biçimidir. Ayrıca, bulanık mantık kavramı bilgisayar sistemlerine de uygulanır. Makineler, insanların dilsel ifadelerle verdiği kararları anlama ve çözme yeteneğine sahip olmak için bulanık mantığı kullanabilirler. Bu, yapay zeka alanında ve otomasyon sistemlerinde sıklıkla karşılaşılan belirsizlikleri ele almada etkili bir araçtır.

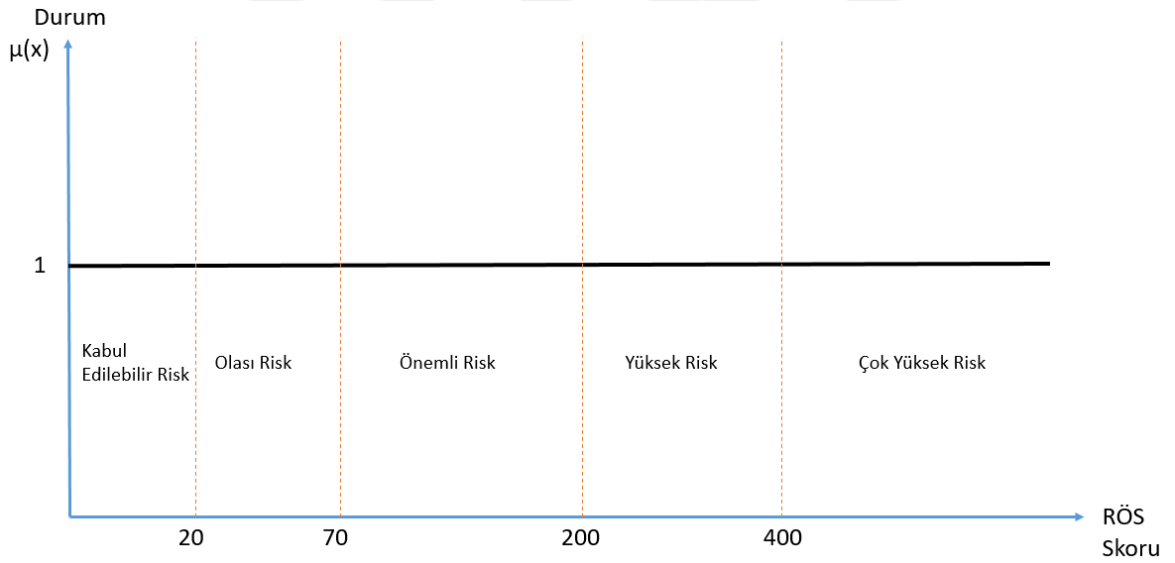
Bulanık mantık, kesin sınırların olmadığı ve belirsizliğin daha iyi ifade edilebildiği bir mantık sistemidir. Bu sistemin temelini bulanık kümeler oluşturur. Bulanık kümeler, belirli bir özellik veya durumu sınıflandırmak için kullanılan matematiksel bir araçtır. Bu kümeler, sistemin en temel elemanıdır ve bulanık mantığın esasını oluşturur. Bulanık kümelerle ilgili ilk açıklama, Azerbaycan kökenli Prof. Dr. Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında yapılmıştır (Zadeh, 1965). Zadeh'in "Bulanık Kümeler" makalesi, bu yeni mantık sistemini tanıtmış ve belirli olmayan durumları daha iyi modelleme potansiyeli sunmuştur.

Klasik mantık sistemleri genellikle evet-hayır, doğru-yanlış gibi kesin bilgilerle ilgilenirken, bulanık mantık kesin sınırları aşar. Bu yeni yaklaşımda, doğruluk değerleri  $[0, 1]$  aralığından çıkarak sonsuz derecede değer alabilir. Bu, belirsizlik, karmaşıklık ve belirli olmayan durumları daha iyi ele alabilme yeteneği sağlar. Bulanık mantık, klasik mantığın sınırlarını genişleterek gerçek dünya problemlerine daha etkili çözümler sunar. Bu nedenle, bulanık mantık, özellikle belirsizlik içeren sistemlerin modellenmesi ve kontrolü gibi birçok uygulama alanında başarıyla kullanılmaktadır (Altaş, 1999).

#### **2.7.4. Dilsel Karar Verme**

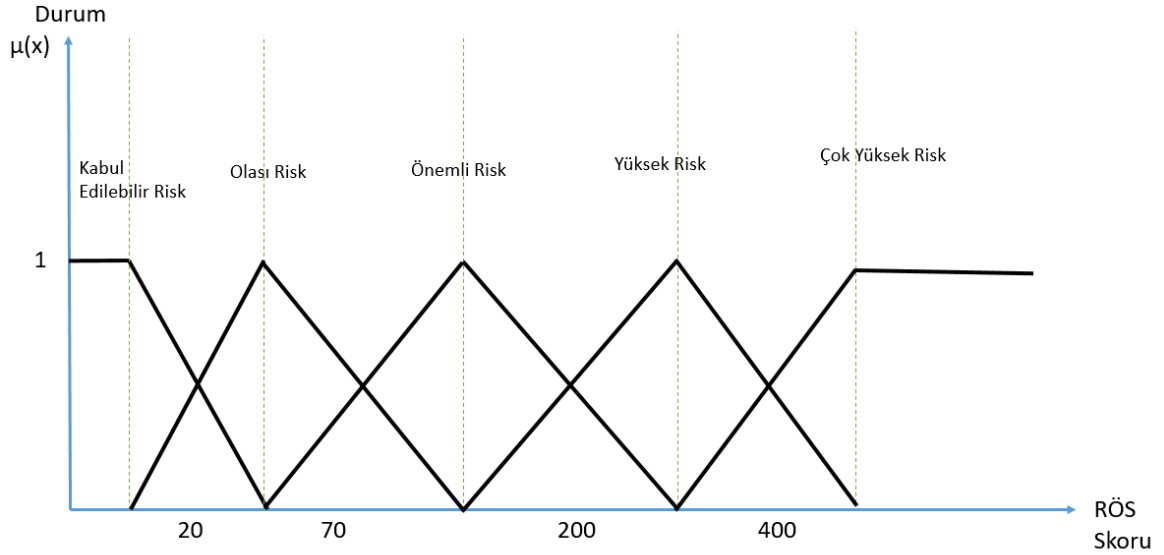
Sözel değişkenler, klasik küme teorisinde sınır koşullarını belirgin bir şekilde ifade edemeyen kelimeleri içerir ve bu kelimeler, belirsizlik veya karmaşıklık içerebilir. Bu bağlamda, sözel değişkenlerin tanımlanması için bulanık kümeler kullanılır (Zadeh, 1975). Bulanık mantık, net sınırların olmadığı durumlarda sözel değişkenleri daha etkili bir şekilde modelleme olanağı sağlar. Sözel değişkenler, belirli kavramları kesin bir şekilde ifade etme güçlüğü çeken durumları yaklaşık olarak nitelendirmek için kullanılır (Selim, 2021). Bu, günlük yaşamda karşılaşılan bazı karmaşık veya belirsiz problemleri daha iyi anlamamıza yardımcı olur. Sayısal değişkenlerle yapılan basit hesaplamalar bazı durumlarda yetersiz kalabilir. Ancak dilsel değişkenler, bir dildeki kelimeleri değişken değeri olarak alarak, bulanık kümeler üzerinden tanımlanabilir (Karakaşoğlu, 2008). Dilsel değişkenlerin bulanık mantıkla tanımlanması, net bir şekilde ifade edilemeyen kavramların daha yaklaşık bir şekilde anlaşılmasına olanak sağlar.

Konumuzla ilgili olarak bir örnek vermek gerekirse Şekil 2.8'te RÖS aralıkları deterministik olarak ifade edilmiştir. Eğer RÖS 45 olarak hesaplanmışsa bunun olası risk; 350 olduğunda yüksek risk olduğunu kesin olarak belirleyebiliriz.



**Şekil 2.8.** RÖS'ün deterministik olarak ifade edilmesi ve üyelik fonksiyonu.

Ancak Şekil 2.9'da gösterildiği üzere RÖS bulanık küme olarak ifade edildiğinde birçok skor değeri için artık kesin bir tanımlamaya varamayız. Örnek olarak RÖS'ün 5 veya 500 olması durumunda sırayla kabul edilebilir ve çok yüksek risk kategorisine sokabilirken, RÖS, 20, 50, 200, vs. gibi değerler aldığında artık hangi kategoriye gireceğini üyelik fonksiyonlarına göre olasılıksal olarak hesaplayabiliriz.



Şekil 2.9. RÖS'ün bulanık olarak ifade edilmesi ve üyelik fonksiyonu.

### 2.7.5. Çok Kriterli Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri (ÇK-KBDTS)

Bulanık mantık ve bulanık küme teorisinin, belirsiz ve net olmayan bilgileri işlemekte oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Ancak, çoklu belirsizlik kaynaklarının eş zamanlı olarak ortaya çıkması durumunda, bu yöntemlerin bazı sınırlamalara sahip olduğu görülmüştür (Selim, 2021). İlk kez Rodríguez ve arkadaşları tarafından 2012 yılında geliştirilen KBDTS, belirsizlik koşulları altında uzmanların tereddütlerini ele aldığından geleneksel bulanık mantık ve bulanık kümelerden önemli bir avantaja sahiptir (Rodríguez vd., 2012). KBDTS ile uzmanlar, klasik bulanık dilsel yaklaşımlarda olduğu gibi tek bir ifadeyle sınırlı kalmak yerine, birkaç dilsel ifade arasında seçim yapabilirler. Bu esneklik, daha katı bir değerlendirme çerçevesinde kaybolabilecek uzman görüşlerinin inceliklerini daha nüanslı bir şekilde temsil etmeye ve matematiksel olarak çözümlemeye olanak tanır (Rodríguez vd., 2012; Onar vd., 2016). Yavuz ve arkadaşları KBDTS'yi ÇKKV problemi için kullanarak uygulama alanını artırmışlardır (Yavuz vd., 2015). Bu çalışmada kullanılacak ÇK-KBDTS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Yavuz vd., 2015; Selim, 2021).

#### Adım 1. Semantik ve sentaks tanımlama

Semantik ve sentaks, genellikle dilbilimde kullanılan ve dillerdeki kelimelerin, ifadelerin ve işaretlerin anlamını ve anlam değişikliklerini inceleyen bir terimdir. Bir başka deyişle, semantik, bir dilin sözcüklerinin, cümlelerinin ve metinlerinin ne anlama geldiğini ve nasıl anlamlandırıldığını araştıran bilim dalıdır. Bu alan, kelimelerin ve ifadelerin anlamlarının

nasıl oluşturulduğunu, nasıl değişebileceğini ve dil içinde nasıl ilişkilendirildiğini inceler. S dilsel terim seti için semantik ve sentaks, *önemsiz* (ö), *çok düşük önem* (çdö), *düşük önem* (dö), *orta önem* (oö), *yüksek önem* (yö), *çok yüksek önem* (çyö), *mutlak önem* (mö), olarak ifade edilmektedir.

### Adım 2. İçerikten bağımsız gramer ( $G_H$ ) tanımlama

İçerikten bağımsız gramer,  $G_H = \{V_N, V_T, I, P\}$  biçiminde gösterilmekte olup Backus-Naur formu olarak bilinir. Verilen parametreler Tablo 2.5’te açıklanmıştır.

**Tablo 2.5** Backus-Naur formuna göre parametrelerin tanımları.

|       |                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $V_N$ | Terminal Olmayan Semboller | $\langle tek\ terim \rangle, \langle bileşik\ terim \rangle, \langle tek\ bağıntı \rangle, \langle ikili\ bağıntı \rangle, \langle bağlaç \rangle$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| $V_T$ | Terminal Semboller         | -den daha az, -den daha fazla, en az, en fazla, arasında, ve, $s_0, s_1, \dots, s_g$ ,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| $I$   | Başlangıç Sembolü          | $I \in V_N$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| $P$   | Üretim Kuralları           | $I = \langle tek\ terim \rangle   \langle bileşik\ terim \rangle, \langle bileşik\ terim \rangle :$<br>$:= \langle tek\ terim \rangle \langle tek\ bağıntı \rangle   \langle ikili\ bağıntı \rangle \langle tek\ terim \rangle \langle bağlaç \rangle$<br>$\langle tek\ terim \rangle, \langle tek\ terim \rangle ::= s_0   s_1 \dots   s_g, \langle tek\ bağıntı \rangle ::= -den$<br>$daha\ az,   -den\ daha\ fazla  ,   en\ az  , en\ fazla,$<br>$\langle ikili\ bağıntı \rangle ::= arasında, \langle bağlaç \rangle ::= ve$ |

### Adım 3. Uzmanlar tarafından tercih ilişkilerinin belirlenmesi

Bu adımda, z sayıda uzman tarafından  $z \in \{1, 2, \dots, t\}$  her bir alternatif ve kriter için tercih ilişkilerinin ( $r^z$ ) belirlenmesidir.

### Adım 4. Tercih ilişkilerinin KBDTS’ye dönüştürülmesi

$E_{G_H}$  dönüştürme fonksiyonu ile belirlenen ilişkiler KBDTS’ye ne aşağıdaki gibi dönüştürülür:

$$E_{G_H}(\text{düşük önem}) = \{\text{düşük önem}\}$$

$$E_{G_H}(\text{çok düşük ve orta önem arasında}) = \{\text{çok düşük önem, düşük önem, orta önem}\}$$

$$E_{G_H}(\text{en yüksek düşük önem}) = \{\text{önemsiz, çok düşük önem, düşük önem}\}$$

### Adım 5. KBDTS için zarfların belirlenmesi

Bu adımda, her bir KBDTS için alt ve üst sınırı olan bir zarf ( $[p_{ij}^{z-}, p_{ij}^{z+}]$ ) elde edilmektedir. Örneğin  $\{\text{çok düşük önem, düşük önem, orta önem}\}$  seti için  $[\text{çdö}, oö]$  şeklinde bir zarf belirlenir.

***Adım 6. Dilsel birleştirme operatörünün seçilmesi ve iyimser/kötümser ortak tercihlerin hesaplanması***

Bu çalışmada dilsel birleştirme operatörü olarak diğer çalışmalarda da sıklıkla kullanılan aritmetik ortalama operatörü seçilmiştir. Aritmetik ortalama operatörü ile her bir alternatif için iyimser ve kötümser ortak tercihler hesaplanır.

***Adım 7. Her bir alternatif için aralık vektörlerinin elde edilmesi***

Alternatifler ( $p_i^T = [p_i^-, p_i^+]$ ) için ortak tercihlerin aralık vektörü ( $V_R = [p_1^T, p_2^T, \dots, p_n^T]$ ) olarak ifade edilir.

***Adım 8. Aralık değerlerinin normalize edilmesi ve nihai sıralama***

Son aşamada elde edilen aralık değerleri normalize edilerek alternatifler arasında sıralama işlemine geçilir.

### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde çalışmamızın ana bileşenleri düşünülerek, bunlarla ilgili literatürdeki çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmamızın ana konusu inşaat sektörü ve risk analizi olduğundan öncelikle bu iki konunun kesişiminde yer alan çalışmalar sistematik olarak bibliometrik analiz şeklinde sunulacaktır. Sonrasında ise çözüm yöntemimiz olan kararsız bulanık dilsel setlerle ilgili yapılan çalışmalar verilecektir.

Bibliyometrik analiz, bilimsel yayınların incelenmesine yönelik nicel bir yaklaşımdır ve yayın, atıf ve yazarlık kalıplarının analizini içerir. "Bibliometri" terimi, Yunanca "biblio" yani kitap ve "metri" yani ölçüm kelimelerinden türetilmiştir. Bibliyometrik analizin amacı, istatistiksel ve matematiksel yöntemler kullanarak bilimsel literatürün üretimi, yayımı ve etkisindeki kalıpları ortaya çıkarmaktır.

Bibliyometrik analiz, makaleler, kitaplar, konferans bildirileri, patentler ve hatta sosyal medya gönderileri gibi geniş bir yelpazedeki bilimsel çıktıları incelemek için kullanılabilir. Bibliyografik verileri analiz ederek, araştırmacılar araştırma faaliyetlerinin kalıplarını, etkili yazarları ve yayınları ve ortaya çıkan araştırma alanlarını tanımlayabilirler (Bornmann & Leydesdorff, 2014).

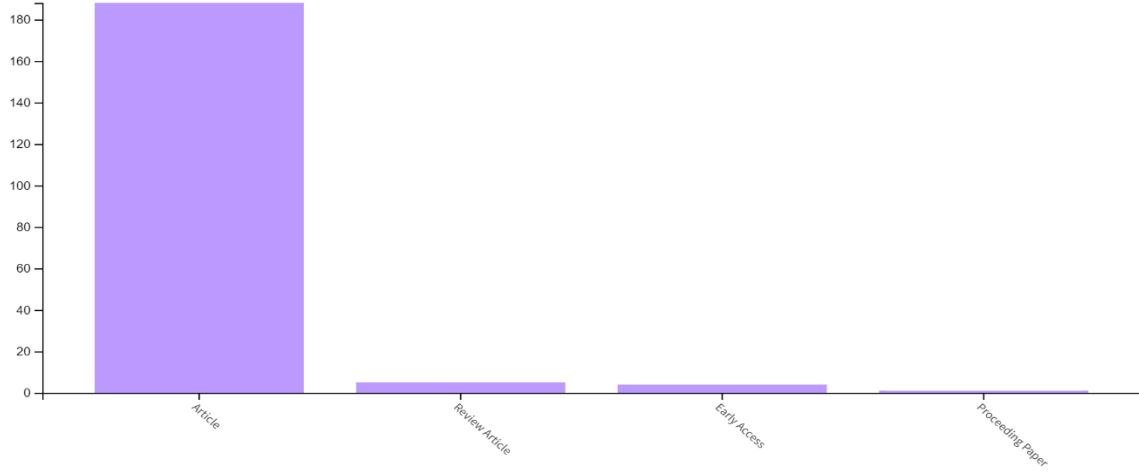
Bibliyometrik analiz, araştırma programlarının etkisini değerlendirmek, potansiyel işbirlikçileri veya rakipleri tanımlamak veya araştırma faaliyetlerinin trendlerini zaman içinde izlemek gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Araştırmacılar, yöneticiler ve kurumlar için, bilimsel iletişimin manzarasını anlamak ve araştırma finansmanı, iş birliği ve yayımı hakkında bilinçli kararlar vermek için değerli bir araçtır (Kumar & Rathi, 2019).

#### 3.1. İnşaat Sektöründe Risk Analizi Çalışmaları

İnşaat sektöründe yapılan risk analizi çalışmaları, Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılarak Eylül 2023'de araştırılmıştır. WoS, bilimsel araştırmaların izlenmesi, atıf analizi yapılması ve akademik kaynakların taraması için yaygın olarak kullanılan bir veri tabanı ve analitik araçtır. Clarivate Analytics tarafından sunulan WoS, araştırmacılar, bilim insanları ve akademisyenler için temel bir kaynak oluşturmakta ve multidisipliner bir literatürü kapsamaktadır (Mongeon & Paul-Hus, 2015; Zhu & Liu, 2020).

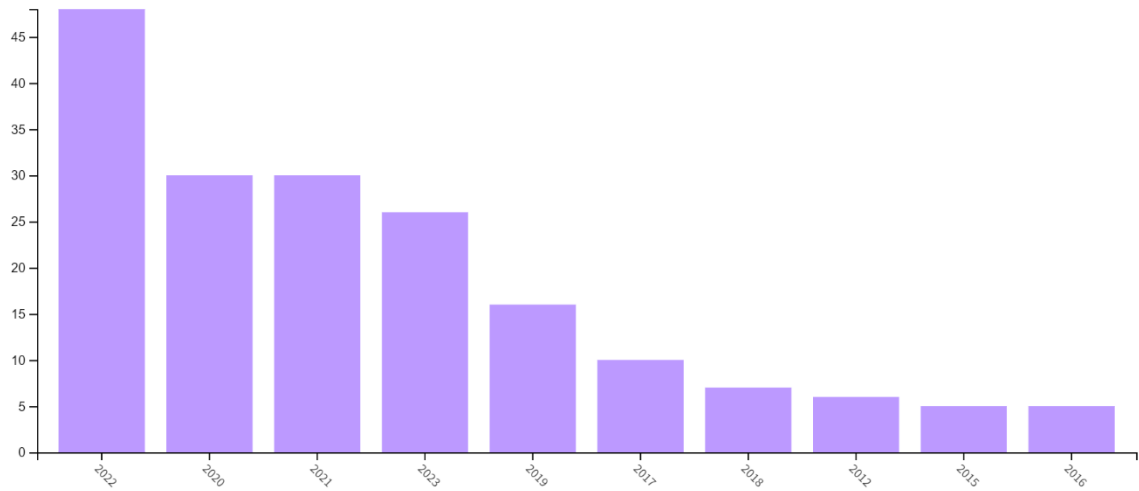
Yapılan araştırma için ("Construction" AND "Risk Evaluation") OR ("Construction" AND "Risk Assessment") OR ("Construction" AND "Risk Analysis") anahtar kelimeleri, çalışmaların başlıklarında geçecek şekilde arama yapılmıştır. Yapılan aramalar WoS'un

sağladığı literatür analiz özelliği ile değerlendirilmiştir. Yukarıda belirtilen arama kriterlerine uyan toplamda 193 çalışma bulunmuştur. Bunlardan 188 tanesi araştırma makalesi, 5 tanesi ise literatür tarama makalesidir (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Literatürdeki çalışmaların doküman tiplerine göre sayıları.

Şekil 3.2’de ise yapılan çalışmaların son 10 yıla ait dağılımları gösterilmiştir. WoS’ta arama kriterlerine uyan ilk çalışma 2007 yılında yapılmış, 2016 yılına kadar toplamda 17 çalışmaya rastlanmıştır. Özellikle 2018 yılından sonra inşaat sektöründe risk analizi çalışmalarının artan bir trende girdiği söylenebilir. 2023 yılı Eylül ayına kadar yayınlanan makalelerin sayısı, 2007-2016 yılını kapsayan dönemde yayınlanan makalelerin sayısını önemli ölçüde geçmiştir.



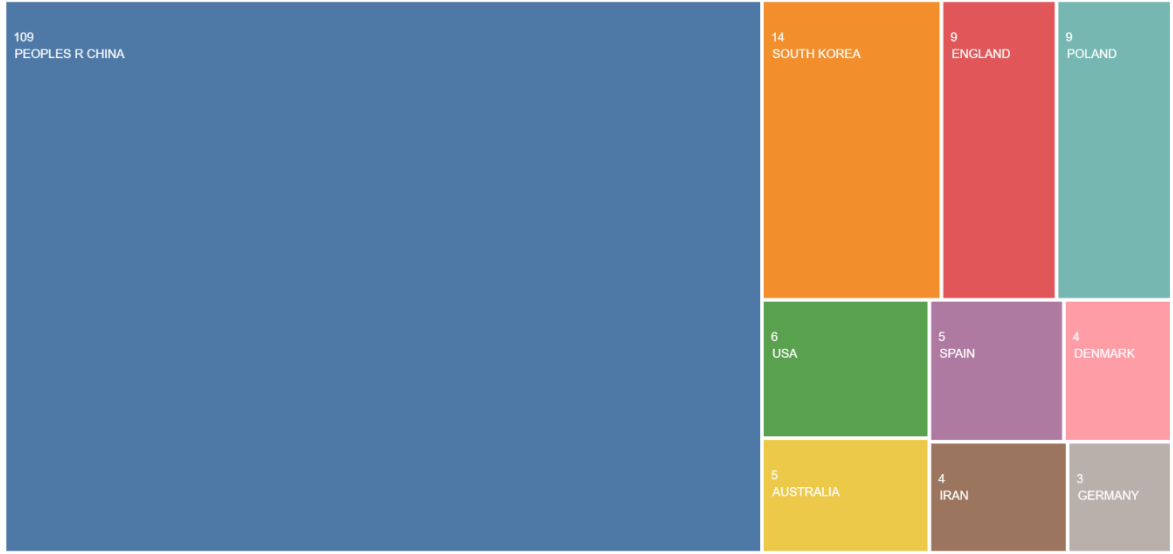
**Şekil 3.2.** Literatürdeki çalışmaların yıllara sayıları

Şekil 3.3'te yapılan çalışmaların WoS'ta belirlenmiş olan alanlara göre dağılımı gösterilmiştir. 193 çalışmanın 57 tanesi inşaat mühendisliği (civil engineering) ve inşaat teknolojileri (construction building technology) alanlarında yapılmıştır. 25 tanesi ise multidisipliner mühendislik alanlarına girmiştir. Kısaca WoS'ta inşaat sektöründe risk analiziyle ilgili yapılan çalışmaların neredeyse yarısı mühendislik alanlarında yayınlanmıştır. İSG'nin daha çok yer aldığı çevre bilimleri (environmental sciences), çevre çalışmaları (environmental studies), iş sağlığı (occupational health) gibi alanlarda yayınlanmış makale sayısı ise 47 olmuştur.



**Şekil 3.3.** Literatürdeki çalışmaların WoS'ta ki alanlara göre dağılımları

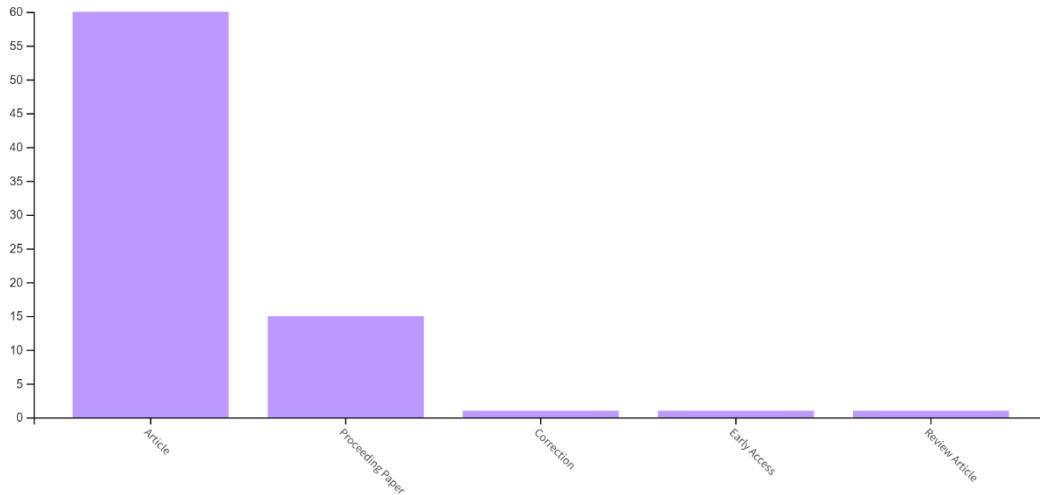
Şekil 3.4'te yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımları verilmiştir. 109 çalışma ile Çin Halk Cumhuriyeti bu alanda en fazla çalışma yapılan ülke olmuştur. Çin'in son yıllarda ekonomik büyümeyle beraber inşaat sektörünün de olağanüstü büyümesi, bu alanda yapılan çalışmaların diğer ülkelere göre yüksek olmasının sebebi olabilir.



Şekil 3.4. Literatürdeki çalışmaların ülkelere göre dağılımları

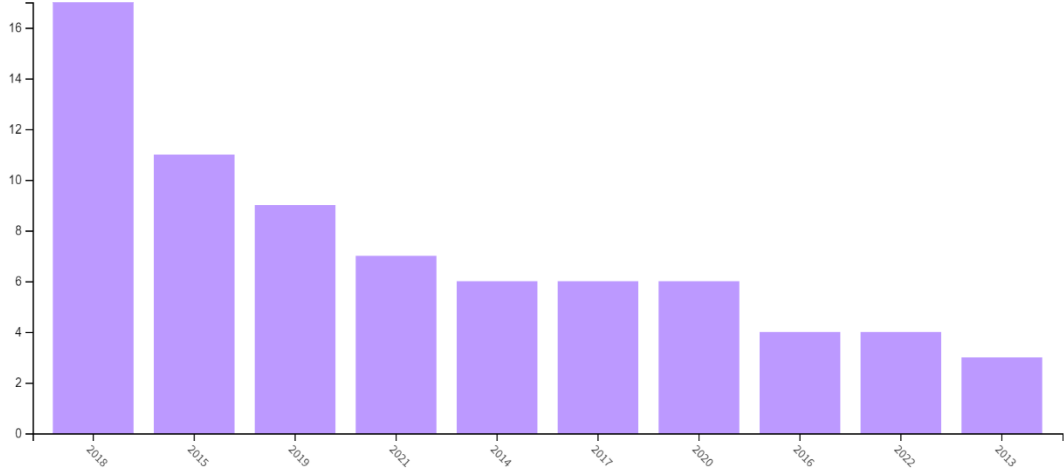
### 3.2. Karar Vermede KBDTS ile İlgili Çalışmalar

Çalışmamızda risk analizinde KBDTS yöntemi kullanılacaktır. Yukarıda yapılan literatür taramasına benzer şekilde bu konuyla ilgili çalışmalar WoS veri tabanında araştırılmıştır. Anahtar kelime olarak “hesitant fuzzy linguistic term set AND decision” ifadesi kullanılmıştır. Belirli bir tarih aralığı olmadan yapılan aramada toplam 76 çalışma bulunmuştur. Bu çalışmaların 61 tanesi araştırma makale, 15 tanesi konferans tam metni ve bir tanesi de derleme makalesidir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Literatürdeki çalışmaların doküman tiplerine göre sayıları

Yıllara göre çalışmaların dağılımına baktığımızda en çok 2018 yılında çalışma yayınlandığı, ilerleyen yıllar da ise bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmaların azaldığı gözlenmiştir (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** Literatürdeki çalışmaların yıllara sayıları

Yapılan çalışmalar WoS'taki alanlara göre değerlendirildiğinde ekserisinin Bilgisayar Bilimleri (Computer Science) altında, Yapay Zekâ (Artificial Intelligence), Bilgi Sistemleri (Information Systems), Teori, İnterdisipliner Uygulamalar (Interdisciplinary Applications) alanlarında yapıldığı görülmektedir (Şekil 3.7).



**Şekil 3.7.** Literatürdeki çalışmaların WOS'ta ki alanlara göre dağılımları

### 3.3. KBDTS Yönteminin İSG Risk Analizi Çalışmalarında Kullanılması

Literatüre bakıldığında KBDTS yönteminin risk analizlerinde kullanıldığı çalışma sayısının çok az olduğu görülmüştür. Boyacı & Selim (2022), Fine-Kinney ve ÇK-KBDTS yöntemlerini birleştirerek sağlık sektöründeki İSG risklerini değerlendirmek için iki aşamalı bir yaklaşım önermiştir. Önerilen yöntem, Türkiye'deki bir kamu hastanesinin ameliyathane bölümündeki İSG risklerine uygulanmıştır. Sorunun bir çözümü olarak, ilk

olarak ameliyathane içindeki potansiyel tehlikeler ve ilgili riskler uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Ardından, ÇK-KBDTS yöntemi kullanılarak parametre ağırlıkları belirlenmiştir. ÇK-KBDTS yöntemi, parametre ağırlıklarını dikkate alarak Fine-Kinney yöntemine göre önemli-risk veya daha yüksek olarak belirlenen yedi tehlikeyi değerlendirmek için kullanılmıştır. Son olarak, riskleri azaltmak için önlemler alınmıştır. Boyacı vd. (2018), ÇK-KBDTS ve Fine-Kinney yöntemlerini kullanarak plastik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin kalıphane biriminde risk analizi çalışması yapmışlardır. Fine-Kinney yönteminde “Olasılık”, “Şiddet” ve “Sıklık” faktörlerinin yanında “Maliyet” faktörünü de düşünmüşlerdir. Çalışma sonunda en yüksek ağırlığa sahip faktör “Şiddet”, en yüksek öneme sahip tehlike türü ise “Yangın ve patlamaya neden olabilecek tehlikeler” olarak belirlenmiştir. Adem vd. (2018) çalışmalarında, rüzgar türbini ömrünün üretim aşamasında doğal olarak mevcut olan risklere odaklanmışlardır. Amaçları rüzgar türbini üretim aşamalarında mesleki riskleri değerlendirmek için yeni bir yöntem önermek ve bu metodolojiyi sadece bu sektörde değil, aynı zamanda farklı sektörlerde ve işlemlerde de kullanılabilir hale getirmek olarak belirtilmiştir. Güçlü-Zayıf-Fırsat-Tehdit (SWOT) analizi ile şirkete yönelik risklerin AB tarafından belirlenen risklerle uygun olup olmadığını değerlendirmişlerdir. Daha sonra kararsız bulanık dil setleri kullanılarak Ankara’da faaliyet gösteren bir rüzgar türbini üretim firmasının risk değerlendirmesini yapmışlardır. Firma, önerilen önlemleri yaklaşık altı ay süreyle uyguladıktan sonra, risk puanı yeniden değerlendirilmiş; risk azaltma önlemlerinin uygulanmasından önce ve sonra karşılaştırmalı analizler yapılmıştır.

#### 4. UYGULAMA, BULGULAR VE TARTIŞMA

Önerilen yöntemin uygulanması kapsamında inşaat sahasında “Kaldırma ekipmanları/Mobil Vinç” faaliyeti kapsamında yapılan bir risk analizi çalışması ele alınmıştır. A, B ve C sınıfı üç İSG uzmanı bu faaliyet alanı için tehlike ve riskleri Tablo 4.1’deki gibi belirlemiştir.

**Tablo 4.1.** Çalışma kapsamında incelenen tehlikeler ve bunlara bağlı riskler

| Tehlike                                                                                                       | Risk                                 | Riskin Etkisi               | Riskten Etkilenenler |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Vincin Periyodik kontrollerin yapılmaması (T1)                                                                | Malzemenin düşmesi                   | Maddi Hasarlar/Yaralanmalar | Sahada Çalışanlar    |
| Zeminin vinci sabitlemeye uygun olmaması (T2)                                                                 | Vincin devrilmesi                    |                             |                      |
| Halat boşalmaları, makara kapasitesi aşımı (T3)                                                               | Malzemenin düşmesi, Yaralanma, Ölüm  |                             |                      |
| Vinç çevresinde kısıtlı görüş alanı (T4)                                                                      | Çevredeki bina ve ekipmanlara çarpma |                             |                      |
| Yetkisiz vinç operatörü (T5)                                                                                  | Yetkisiz operatör yüzünden kazalar   |                             |                      |
| Kaldırma alanına yetkisiz kişilerin izinsiz girmesi, uygun şeritleme ve kati barikatların kullanılmaması (T6) | Yaralanma, Ölüm                      |                             |                      |
| Yetkisiz ve eğitimsiz sapanıcı kullanmak (T7)                                                                 | Yetkisiz operatör yüzünden kazalar   |                             |                      |
| Eski ve yıpranmış halat kullanmak (T8)                                                                        | Halat kopması                        |                             |                      |
| Vincin kontrolsüz manevraları (T9)                                                                            | Çarpma                               |                             |                      |

Çalışma kapsamında uzman görüşleri alınarak öncelikle “olasılık”, “sıklık” ve “şiddet” faktörleri ağırlıklandırılmış, daha sonra tehlikelerin bu faktörlere göre uzmanlar tarafından

ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Sonrasında ise tehlikeler en çok tehlikeliden en az tehlikeliye doğru ÇK-KBDTS yöntemi ile sıralanmıştır.

#### 4.1. Fine-Kinney Faktör Ağırlıklarının Hesaplanması

Fine-Kinney metodolojisinde, riskin değerlendirilmesi Olasılık (O), Sıklık (S) ve Şiddet (Ş) ölçütlerinin çarpımıyla yapılır ve bu üç faktörün eşit öneme sahip kabul edilir. Ancak, pratikte bu ölçütlerin her birinin ağırlığı farklı olabilir. Bu kısımda, ÇK-KBDTS yaklaşımı ile O, S, ve Ş kriterlerine ait ağırlıkların belirlenmesi ele alınmaktadır. Bu amaçla, uzmanlardan alınan ikili karşılaştırmalı görüşler ve bu görüşlerin dilbilimsel ifadeleri Tablo 4.2’de, bu ifadelerin KBDTS formatına dönüştürülmesiyle oluşturulan bilgiler ise Tablo 4.3’de yer almaktadır.

**Tablo 4.2.** Faktörler için üç uzmanın ikili karşılaştırma sonuçları

|                 | Olasılık    | Sıklık   | Şiddet |
|-----------------|-------------|----------|--------|
| <b>Uzman 1</b>  |             |          |        |
| <b>Olasılık</b> | -           | oö       | çdö    |
| <b>Sıklık</b>   | oö          | -        | oö     |
| <b>Şiddet</b>   | çyö         | oö       | -      |
| <b>Uzman 2</b>  |             |          |        |
| <b>Olasılık</b> | -           | yö       | dö     |
| <b>Sıklık</b>   | dö          | -        | dö     |
| <b>Şiddet</b>   | yö          | yö       | -      |
| <b>Uzman 3</b>  |             |          |        |
| <b>Olasılık</b> | -           | en az yö | oö     |
| <b>Sıklık</b>   | en fazla dö | -        | dö     |
| <b>Şiddet</b>   | oö          | yö       | -      |

Örnek vermek gerekirse üçüncü uzman olasılık faktörünün sıklık faktörüne göre en az yüksek önemli olduğunu belirtmiştir. Bu görüş ayırık set olarak {yüksek önem, çok yüksek önem, mutlak önem} olarak ifade edilir. Setin en büyük ve en küçük değerlerini içeren zarf ise Tablo 4.3’te gösterildiği gibi [yö, mö] olacaktır.

**Tablo 4.3.** Faktörler için zarf ifadeleri

|                 | Olasılık  | Sıklık   | Şiddet    |
|-----------------|-----------|----------|-----------|
| <b>Uzman 1</b>  |           |          |           |
| <b>Olasılık</b> | -         | [oö,oö]  | [çdö,çdö] |
| <b>Sıklık</b>   | [oö,oö]   | -        | [oö,oö]   |
| <b>Şiddet</b>   | [çyö,çyö] | [oö,oö]  | -         |
| <b>Uzman 2</b>  |           |          |           |
| <b>Olasılık</b> | -         | [yö,yö]  | [dö,dö]   |
| <b>Sıklık</b>   | [dö,dö]   | -        | [dö,dö]   |
| <b>Şiddet</b>   | [yö,yö]   | [yö,yö]  | -         |
| <b>Uzman 3</b>  |           |          |           |
| <b>Olasılık</b> | -         | [yö, mö] | [oö,oö]   |
| <b>Sıklık</b>   | [ö,dö]    | -        | [dö,dö]   |
| <b>Şiddet</b>   | [oö,oö]   | [yö,yö]  | -         |

Tablo 4.3'de detaylandırılan zarfları, uzman görüşlerinin kolektif bir karar şekline dönüştürmek için bir dilsel birleştirme operatörü kullanılarak işlenir. Bu çalışmada, basitliği ve veri kaybını önleme yeteneği nedeniyle aritmetik ortalama, birleştirme operatörü olarak seçilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan dilsel terimlerin ölçeği {ö:0, çdö:1, dö:2, oö:3, yö:4, çyö:5, mö:6} olarak verilmiştir (Boyacı vd., 2018). Bu terimler ölçeği, uzman görüşlerinden türetilen değer aralıklarına dayanarak ortak seçimler oluşturmak için kullanılır.

Kötümser ortak tercihler için aritmetik operatör kullanılarak olasılık, sıklık ve şiddet karşılaştırılmasına örnek aşağıdaki gibidir:

$$P_{12}^- = \Delta \left( \frac{1}{3} (\Delta^{-1}(oö, 3) + \Delta^{-1}(yö, 4) + \Delta^{-1}(yö, 4)) \right) = \Delta \left( \frac{1}{3} ((3) + (4) + (4)) \right) = \Delta(3.67) = (yö, -0.33)$$

İyimser ortak tercihler için aritmetik operatör kullanılarak olasılık, sıklık ve şiddet karşılaştırılmasına örnek aşağıdaki gibidir:

$$P_{12}^+ = \Delta \left( \frac{1}{3} (\Delta^{-1}(oö, 3) + \Delta^{-1}(yö, 4) + \Delta^{-1}(mö, 6)) \right) = \Delta \left( \frac{1}{3} ((3) + (4) + (6)) \right) = \Delta(4.33) = (yö, +0.33)$$

Sonuç olarak, paylaşılan kötümser ve iyimser seçimler Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'te gösterildiği gibi elde edilir.

**Tablo 4.4.** Kötümser ortak tercihler

|          | Olasılık   | Sıklık     | Şiddet     |
|----------|------------|------------|------------|
| Olasılık | -          | (yö,-0.33) | (dö,0)     |
| Sıklık   | (dö,-0.33) | -          | (dö,+0.33) |
| Şiddet   | (yö,0)     | (yö,-0.33) | -          |

**Tablo 4.5.** İyimser ortak tercihler

|          | Olasılık   | Sıklık     | Şiddet     |
|----------|------------|------------|------------|
| Olasılık | -          | (yö,+0.33) | (dö,0)     |
| Sıklık   | (dö,+0.33) | -          | (dö,+0.33) |
| Şiddet   | (yö,0)     | (yö,-0.33) | -          |

Bundan sonraki adımda, her bir faktör için iyimserlik ve kötümserlik tercihleri bir aralığa dönüştürülecektir. Sıklık faktörü için aşağıdaki biçimde hesaplanmaktadır:

$$[((dö,-0.33)+(dö,+0.33))/2,((dö,+0.33)+(dö,+0.33))/2]=[(dö,0),(dö,+0.33)]$$

Bu dilsel aralığa karşılık gelen nümerik aralık ise [2, 2.33] olarak hesaplanabilir. Aynı biçimde diğer faktörler içinde hesaplama yapıldığında Tablo 4.6'daki sonuçlar elde edilmektedir. Orta noktalara göre hesaplanan ağırlıklar, üç uzmanın yapılan işe göre en fazla şiddet faktörünü önemli bulduğunu ve önem düzeyi en düşük faktörün sıklık olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.6.** Dilsel aralıklar ve faktör ağırlıkları

|          | Dilsel Aralıklar        | Aralık Değerleri | Orta Noktalar | Ağırlıklar |
|----------|-------------------------|------------------|---------------|------------|
| Olasılık | [(oö,-0.17),(oö,+0.17)] | [2.83, 3.17]     | 3             | 0.33       |
| Sıklık   | [(dö,0),(dö,+0.33)]     | [2, 2.33]        | 2.17          | 0.24       |
| Şiddet   | [(yö,-0.17),(yö,-0.17)] | [3.83, 3.83]     | 3.83          | 0.43       |

## 4.2. Tehlikelerin Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu aşamasında yukarıda faktörler için yapılan karşılaştırmalar ve hesaplamalar, Tablo 4.1'de gösterilen tehlikeler için de yapılacaktır. Tehlikeler arasında yapılan karşılaştırmalar olasılık, sıklık ve şiddet faktörleri düşünülerek ayrı ayrı yapılacaktır. İlk olarak Tablo 4.7'de tehlikeler için uzman görüşlerinin olasılık faktörü baz alınarak ikili karşılaştırmaları gösterilmiştir.

**Tablo 4.7.** Tehlikeler için uzman görüşlerinin olasılık faktörü baz alınarak ikili karşılaştırmaları.

|                | T1                 | T2           | T3                  | T4                  | T5                 | T6                  | T7                  | T8                  | T9                 |
|----------------|--------------------|--------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| <b>Uzman 1</b> |                    |              |                     |                     |                    |                     |                     |                     |                    |
| <b>T1</b>      | -                  | çdö          | çdö                 | çdö                 | en az dö           | oö                  | en az çdö           | en az çdö           | en az çdö          |
| <b>T2</b>      | çyö                | -            | mö                  | mö                  | en az yö           | mö                  | mö                  | mö                  | en az çyö          |
| <b>T3</b>      | çyö                | ö            | -                   | en az çyö           | en az oö           | mö                  | mö                  | yö ile çyö arasında | en az çdö          |
| <b>T4</b>      | çyö                | ö            | en fazla çdö        | -                   | en az dö           | mö                  | en az çyö           | yö ile çyö arasında | en az çdö          |
| <b>T5</b>      | en fazla yö        | en fazla dö  | en fazla oö         | en fazla yö         | -                  | mö                  | mö                  | mö                  | mö                 |
| <b>T6</b>      | oö                 | ö            | ö                   | ö                   | ö                  | -                   | yö ile çyö arasında | oö ile yö arasında  | dö ile oö arasında |
| <b>T7</b>      | en fazla çyö       | ö            | ö                   | en fazla çdö        | ö                  | çdö ile dö arasında | -                   | mö                  | mö                 |
| <b>T8</b>      | en fazla çyö       | ö            | çdö ile dö arasında | çdö ile dö arasında | ö                  | dö ile oö arasında  | ö                   | -                   | mö                 |
| <b>T9</b>      | en fazla çyö       | en fazla çyö | en fazla çyö        | en fazla çyö        | ö                  | oö ile yö arasında  | ö                   | ö                   | -                  |
| <b>Uzman 2</b> |                    |              |                     |                     |                    |                     |                     |                     |                    |
| <b>T1</b>      | -                  | çyö          | çyö                 | çyö                 | çyö                | çyö                 | çyö                 | çyö                 | çyö                |
| <b>T2</b>      | çdö                | -            | oö                  | yö                  | yö                 | yö                  | oö                  | oö                  | yö                 |
| <b>T3</b>      | çdö                | oö           | -                   | yö                  | yö                 | yö                  | yö                  | oö                  | yö                 |
| <b>T4</b>      | çdö                | dö           | dö                  | -                   | dö                 | çdö                 | dö                  | dö                  | dö                 |
| <b>T5</b>      | çdö                | dö           | dö                  | yö                  | -                  | oö                  | dö                  | oö                  | oö                 |
| <b>T6</b>      | çdö                | dö           | dö                  | çyö                 | oö                 | -                   | dö                  | dö                  | dö                 |
| <b>T7</b>      | çdö                | oö           | dö                  | yö                  | yö                 | yö                  | -                   | dö                  | dö                 |
| <b>T8</b>      | çdö                | oö           | oö                  | yö                  | oö                 | yö                  | yö                  | -                   | dö                 |
| <b>T9</b>      | çdö                | dö           | dö                  | yö                  | oö                 | yö                  | yö                  | yö                  | -                  |
| <b>Uzman 3</b> |                    |              |                     |                     |                    |                     |                     |                     |                    |
| <b>T1</b>      | -                  | en az yö     | en fazla oö         | oö ile yö arasında  | en fazla oö        | en az yö            | en az oö            | en az yö            | en fazla dö        |
| <b>T2</b>      | en fazla dö        | -            | en fazla dö         | en az oö            | en fazla oö        | en az yö            | en az oö            | en az yö            | en fazla oö        |
| <b>T3</b>      | en az oö           | en az yö     | -                   | en az oö            | en az yö           | en az yö            | en az yö            | en az çyö           | dö ile oö arasında |
| <b>T4</b>      | dö ile oö arasında | en fazla oö  | en fazla oö         | -                   | en fazla oö        | en az oö            | en az oö            | en az yö            | en az oö           |
| <b>T5</b>      | en az oö           | en az oö     | en fazla dö         | en az oö            | -                  | en az yö            | en az yö            | en az yö            | dö ile oö arasında |
| <b>T6</b>      | en fazla dö        | en fazla dö  | en fazla dö         | en fazla oö         | en fazla dö        | -                   | oö ile yö arasında  | oö ile yö arasında  | en fazla oö        |
| <b>T7</b>      | en fazla oö        | en fazla oö  | en fazla dö         | en fazla oö         | en fazla dö        | dö ile oö arasında  | -                   | oö ile yö arasında  | en fazla oö        |
| <b>T8</b>      | en fazla dö        | en fazla dö  | en fazla çdö        | en fazla dö         | en fazla dö        | dö ile oö arasında  | dö ile oö arasında  | -                   | en fazla oö        |
| <b>T9</b>      | en az yö           | en az oö     | oö ile yö arasında  | en fazla oö         | oö ile yö arasında | en az oö            | en az oö            | en az oö            | -                  |

Bundan sonraki aşamada bu karşılaştırmalar KBDS zarflarına dönüştürülecektir. Örneğin üçüncü uzman olasılık faktörünü düşünerek T4 tehlikesini T5 tehlikesi ile karşılaştırdığında “en fazla orta önemli” olduğunu belirtmiştir. Buna göre ayrık set

{önemsiz, çok düşük önem, düşük önem, orta önem} şeklinde ifade edilecektir. Bu ayrık seti Tablo 4.8’de alt ve üst değerleriyle ifade edildiği gibi [ö,oö] zarfı olarak yazılır.

**Tablo 4.8.** Olasılık faktörü bazında tehlikelerin karşılaştırılmasını içeren zarflar

|                | T1        | T2        | T3        | T4        | T5        | T6        | T7        | T8        | T9        |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Uzman 1</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| T1             | -         | [çdö,çdö] | [çdö,çdö] | [çdö,çdö] | [dö,mö]   | [oö,oö]   | [çdö,mö]  | [çdö,mö]  | [çdö,mö]  |
| T2             | [çyö,çyö] | -         | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [yö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [çyö,mö]  |
| T3             | [çyö,çyö] | [ö,ö]     | -         | [çyö,mö]  | [oö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [yö,çyö]  | [çdö,mö]  |
| T4             | [çyö,çyö] | [ö,ö]     | [ö,çdö]   | -         | [ö,oö]    | [mö,mö]   | [çyö,mö]  | [yö,çyö]  | [çdö,mö]  |
| T5             | [ö,yö]    | [ö,dö]    | [ö,oö]    | [ö,yö]    | -         | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   |
| T6             | [oö,oö]   | [ö,ö]     | [ö,ö]     | [ö,ö]     | [ö,ö]     | -         | [yö,çyö]  | [oö,yö]   | [dö,oö]   |
| T7             | [ö,çyö]   | [ö,ö]     | [ö,ö]     | [ö,çdö]   | [ö,ö]     | [çdö,dö]  | -         | [mö,mö]   | [mö,mö]   |
| T8             | [ö,çyö]   | [ö,ö]     | [çdö,dö]  | [çyö,dö]  | [ö,ö]     | [dö,oö]   | [ö,ö]     | -         | [mö,mö]   |
| T9             | [ö,çyö]   | [ö,çyö]   | [ö,çyö]   | [ö,çyö]   | [ö,ö]     | [oö,yö]   | [ö,ö]     | [ö,ö]     | -         |
| <b>Uzman 2</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| T1             | -         | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] |
| T2             | [çdö,çdö] | -         | [oö,oö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   |
| T3             | [çdö,çdö] | [oö,oö]   | -         | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   |
| T4             | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | -         | [dö,dö]   | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [dö,dö]   |
| T5             | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [yö,yö]   | -         | [oö,oö]   | [dö,dö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   |
| T6             | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [çyö,çyö] | [oö,oö]   | -         | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [dö,dö]   |
| T7             | [çdö,çdö] | [oö,oö]   | [dö,dö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | -         | [dö,dö]   | [dö,dö]   |
| T8             | [çdö,çdö] | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | -         | [dö,dö]   |
| T9             | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | -         |
| <b>Uzman 3</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| T1             | -         | [yö,mö]   | [ö,oö]    | [oö,yö]   | [ö,oö]    | [yö,mö]   | [oö,mö]   | [yö,mö]   | [ö,dö]    |
| T2             | [ö,dö]    | -         | [ö,dö]    | [oö,mö]   | [ö,oö]    | [yö,mö]   | [oö,mö]   | [yö,mö]   | [ö,oö]    |
| T3             | [oö,mö]   | [yö,mö]   | -         | [oö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [çyö,mö]  | [dö,oö]   |
| T4             | [dö,oö]   | [ö,oö]    | [ö,oö]    | -         | [ö,oö]    | [oö,mö]   | [oö,mö]   | [yö,mö]   | [oö,mö]   |
| T5             | [oö,mö]   | [oö,mö]   | [ö,dö]    | [oö,mö]   | -         | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [dö,oö]   |
| T6             | [dö,mö]   | [ö,dö]    | [ö,dö]    | [ö,oö]    | [ö,dö]    | -         | [oö,yö]   | [oö,yö]   | [ö,oö]    |
| T7             | [ö,oö]    | [ö,oö]    | [ö,dö]    | [ö,oö]    | [ö,dö]    | [dö,oö]   | -         | [oö,yö]   | [ö,oö]    |
| T8             | [ö,dö]    | [ö,dö]    | [ö,çdö]   | [ö,dö]    | [ö,dö]    | [dö,oö]   | [dö,oö]   | -         | [ö,oö]    |
| T9             | [yö,mö]   | [oö,mö]   | [oö,yö]   | [ö,oö]    | [oö,yö]   | [oö,mö]   | [oö,mö]   | [oö,mö]   | -         |

Sıradaki aşamada üç uzman görüşünün grup kararı şeklinde birleştirilmesi gerekecektir. Birleştirme operatörü olarak aritmetik ortalama kullanıldığından daha önce bahsedilmişti. Her bir tehlike için dilsel terim ölçütü kullanılarak iyimserlik ve kötümserlik durumlarını içeren değerler hesaplanacaktır. T2’nin, T4 ile karşılaştırılmasından meydana gelecek kötümser ortak tercih aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned}
 P_{24}^- &= \Delta \left( \frac{1}{3} (\Delta^{-1}(mö, 6) + \Delta^{-1}(yö, 4) + \Delta^{-1}(oö, 3)) \right) = \Delta \left( \frac{1}{3} ((6) + (4) + (3)) \right) \\
 &= \Delta(4.33) = (yö, +0.33)
 \end{aligned}$$

Diğer taraftan T2'nin, T4 ile karşılaştırılmasından meydana gelecek iyimser ortak tercih aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$P_{24}^+ = \Delta \left( \frac{1}{3} (\Delta^{-1}(m\ddot{o}, 6) + \Delta^{-1}(y\ddot{o}, 4) + \Delta^{-1}(m\ddot{o}, 6)) \right) = \Delta \left( \frac{1}{3} ((6) + (4) + (6)) \right) \\ = \Delta(5.33) = (\text{çy}\ddot{o}, +0.33)$$

Olasılık faktörü baz alınarak tüm tehlike karşılaştırmaları için üç uzmanın iyimser ortak görüşleri Tablo 4.9'da, kötümser ortak tercihleri ise Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.9.** Olasılık faktörü için iyimser ortak tercihler

|    | T1        | T2       | T3        | T4        | T5        | T6        | T7        | T8        | T9        |
|----|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | -         | yö 0     | oö 0      | oö +0.33  | çyö -0.33 | çyö -0.33 | mö -0.33  | mö -0.33  | yö +0.33  |
| T2 | yö +0.33  | -        | yö -0.33  | çyö +0.33 | yö +0.33  | çyö +0.33 | çyö 0     | çyö 0     | yö +0.33  |
| T3 | yö +0.33  | yö 0     | -         | çyö +0.33 | çyö +0.33 | çyö +0.33 | çyö +0.33 | çyö -0.33 | yö +0.33  |
| T4 | çyö -0.33 | oö 0     | dö -0.33  | -         | yö -0.33  | yö +0.33  | çyö -0.33 | yö +0.33  | çyö -0.33 |
| T5 | yö 0      | yö -0.33 | oö +0.33  | dö +0.33  | -         | çyö 0     | çyö -0.33 | çyö 0     | yö 0      |
| T6 | oö -0.33  | dö 0     | çdö +0.33 | çdö +0.33 | oö -0.33  | -         | yö -0.33  | oö +0.33  | oö -0.33  |
| T7 | yö -0.33  | oö 0     | dö 0      | çdö +0.33 | oö -0.33  | dö 0      | -         | yö 0      | yö -0.33  |
| T8 | yö -0.33  | oö -0.33 | dö -0.33  | dö 0      | oö -0.33  | dö -0.33  | oö +0.33  | -         | yö -0.33  |
| T9 | oö +0.33  | yö 0     | yö +0.33  | yö -0.33  | yö 0      | dö +0.33  | çyö -0.33 | oö +0.33  | -         |

**Tablo 4.10.** Olasılık faktörü için kötümser ortak tercihler

|    | T1        | T2        | T3        | T4        | T5        | T6        | T7        | T8       | T9        |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| T1 | -         | oö +0.33  | dö 0      | oö 0      | dö +0.33  | yö 0      | oö 0      | oö +0.33 | dö 0      |
| T2 | oö 0      | -         | oö 0      | yö +0.33  | oö -0.33  | çyö -0.33 | yö 0      | yö +0.33 | oö 0      |
| T3 | yö -0.33  | oö 0      | -         | yö 0      | yö -0.33  | çyö -0.33 | çyö -0.33 | yö 0     | yö -0.33  |
| T4 | oö +0.33  | oö -0.33  | çdö -0.33 | -         | çdö +0.33 | oö +0.33  | oö +0.33  | oö +0.33 | oö +0.33  |
| T5 | yö -0.33  | çdö +0.33 | dö -0.33  | çdö -0.33 | -         | yö +0.33  | yö 0      | yö +0.33 | yö -0.33  |
| T6 | çdö +0.33 | çdö +0.33 | çdö -0.33 | çdö -0.33 | dö -0.33  | -         | oö 0      | oö -0.33 | çdö +0.33 |
| T7 | oö -0.33  | ö +0.33   | çdö 0     | çdö -0.33 | çdö +0.33 | çdö +0.33 | -         | yö -0.33 | oö -0.33  |
| T8 | oö -0.33  | ö +0.33   | çdö 0     | çdö +0.33 | dö -0.33  | çdö 0     | oö -0.33  | -        | oö -0.33  |
| T9 | dö +0.33  | dö -0.33  | dö -0.33  | dö -0.33  | çdö +0.33 | dö 0      | oö +0.33  | dö +0.33 | -         |

Sıradaki işlem ise her bir tehlike için elde edilen iyimser ve kötümser ortak tercihler bir aralığa dönüştürülecektir. T4 tehlikesi için dilsel aralığı:

$$[(((o\ddot{o}, +0.33)+(o\ddot{o}, -0.33)+(\text{çd}\ddot{o}, -0.33)+(\text{çd}\ddot{o}, +0.33)+(o\ddot{o}, +0.33)+(o\ddot{o}, +0.33)+(o\ddot{o}, +0.33)+(o\ddot{o}, +0.33)) / 2), (((\text{çy}\ddot{o}, -0.33),(o\ddot{o}, 0)+(d\ddot{o}, -0.33)+(y\ddot{o}, -0.33)+(y\ddot{o}, +0.33)+(\text{çy}\ddot{o}, -0.33)+(y\ddot{o}, +0.33)+(\text{çy}\ddot{o}, -0.33)) / 2)] = [(d\ddot{o}, +0.33), (y\ddot{o}, -0.46)]$$

şeklinde hesaplanabilir. Her tehlike için hesaplanan dilsel aralıklar, aralık değerleri ve ağırlıklar Tablo 4.11'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde T2 (Zeminin vinci sabitlemeye

uygun olmaması) ve T3 (Halat boşalmaları, makara kapasitesi aşımı) tehlikelerinin olasılık faktörü baz alındığında en önemli tehlikeler olduğu sonucuna ulaşılabilir. Burada önem derecesi, kazanın olma olasılığının büyüklüğü olarak ifade edilebilir. Bu durumda diğer tehlikelerle karşılaştırıldığında, T2 ve T3 tehlikelerinin gerçekleşme olasılığı yaklaşık birbirlerine eşit ve diğer tehlikelerden büyük olduğu sonucuna varılabilir. Olasılık faktörü açısından en önemsiz tehlike ise Tablo 4.11’de görüleceği üzere T8 (Eski ve yıpranmış halat kullanmak) tehlikesidir.

**Tablo 4.11.** Olasılık faktörü için tehlikeler bazında dilsel aralıklar ve ağırlıklar

|           | <b>Dilsel Aralıklar</b>  | <b>Aralık Değerleri</b> | <b>Orta Noktalar</b> | <b>Ağırlıklar</b> |
|-----------|--------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------|
| <b>T1</b> | [(oö,-0.13),(yö,+0.42)]  | [2.87, 4.42]            | 3.65                 | 0.13              |
| <b>T2</b> | [(oö,+0.5),(yö,+0.46)]   | [3.5, 4.46]             | 3.98                 | 0.15              |
| <b>T3</b> | [(yö,-0.25),(çyö,-0.33)] | [3.75, 4.67]            | 4.21                 | 0.15              |
| <b>T4</b> | [(dö,+0.33),(yö,-0.46)]  | [2.33, 3.54]            | 2.94                 | 0.11              |
| <b>T5</b> | [(oö,-0.21),(yö,+0.08)]  | [2.79, 4.08]            | 3.44                 | 0.13              |
| <b>T6</b> | [(dö,-0.46),(dö,+0.33)]  | [1.54, 2.33]            | 1.94                 | 0.07              |
| <b>T7</b> | [(dö,-0.33),(oö,-0.29)]  | [1.67, 2.71]            | 2.19                 | 0.08              |
| <b>T8</b> | [(dö,-0.42),(dö,+0.50)]  | [1.58, 2.5]             | 2.04                 | 0.07              |
| <b>T9</b> | [(dö,+0.04),(yö,-0.29)]  | [2.04, 3.71]            | 2.88                 | 0.11              |

Tehlikelerin olasılık faktörüne göre ikili karşılaştırmalarından sonra benzer hesaplama adımları kullanılarak aynı tehlikeler sıklık ve şiddet faktörlerine göre de karşılaştırılacaktır. Yukarıda hesaplamalarla ilgili detaylı bir anlatım verildiği için sıklık ve şiddet faktörüne göre hesaplamaların sadece değerleri verilecektir. Tablo 4.12’de tehlikeler için uzman görüşlerinin sıklık kriteri bazında ikili karşılaştırmaları verilmiş; Tablo 4.13’de ise tehlikelerin karşılaştırılmasını içeren zarflar gösterilmiştir.

**Tablo 4.12.** Tehlikeler için uzman görüşlerinin sıklık kriteri bazında ikili karşılaştırmaları

|                | <b>T1</b>           | <b>T2</b>          | <b>T3</b>           | <b>T4</b>          | <b>T5</b>          | <b>T6</b>           | <b>T7</b>           | <b>T8</b>           | <b>T9</b>           |
|----------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Uzman 1</b> |                     |                    |                     |                    |                    |                     |                     |                     |                     |
| <b>T1</b>      | -                   | çdö                | mö                  | çdö                | ö ile çdö arasında | ö ile çdö arasında  | ö ile çdö arasında  | ö ile çdö arasında  | en az çdö           |
| <b>T2</b>      | çyö                 | -                  | en az çyö           | mö                 | mö                 | en az çyö           | ö ile çdö arasında  | mö                  | mö                  |
| <b>T3</b>      | ö                   | en fazla çdö       | -                   | en az çyö          | en az oö           | mö                  | mö                  | yö ile çyö arasında | en az çdö           |
| <b>T4</b>      | çyö                 | ö                  | en fazla çdö        | -                  | en az dö           | mö                  | en az çyö           | oö ile yö arasında  | en az çdö           |
| <b>T5</b>      | çyö ile mö arasında | ö                  | en fazla oö         | en fazla yö        | -                  | mö                  | mö                  | mö                  | mö                  |
| <b>T6</b>      | çyö ile mö arasında | en fazla çdö       | ö                   | ö                  | ö                  | -                   | yö ile çyö arasında | oö ile yö arasında  | dö ile oö arasında  |
| <b>T7</b>      | çyö ile mö arasında | çyö ve mö arasında | ö                   | en fazla çdö       | ö                  | çdö ile dö arasında | -                   | mö                  | mö                  |
| <b>T8</b>      | çyö ile mö arasında | ö                  | çdö ile dö arasında | dö ile oö arasında | ö                  | dö ile oö arasında  | ö                   | -                   | mö                  |
| <b>T9</b>      | en fazla çyö        | ö                  | en fazla çyö        | en fazla çyö       | ö                  | oö ile yö arasında  | ö                   | ö                   | -                   |
| <b>Uzman 2</b> |                     |                    |                     |                    |                    |                     |                     |                     |                     |
| <b>T1</b>      | -                   | çyö                | yö                  | çyö                | çyö                | çyö                 | çyö                 | yö                  | yö                  |
| <b>T2</b>      | çdö                 | -                  | yö                  | yö                 | yö                 | yö                  | yö                  | yö                  | yö                  |
| <b>T3</b>      | dö                  | dö                 | -                   | oö                 | oö                 | oö                  | oö                  | oö                  | oö                  |
| <b>T4</b>      | çdö                 | dö                 | oö                  | -                  | dö                 | çdö                 | dö                  | dö                  | dö                  |
| <b>T5</b>      | çdö                 | dö                 | oö                  | yö                 | -                  | oö                  | dö                  | dö                  | oö                  |
| <b>T6</b>      | çdö                 | dö                 | oö                  | çyö                | oö                 | -                   | dö                  | çdö                 | çdö                 |
| <b>T7</b>      | çdö                 | dö                 | oö                  | yö                 | yö                 | yö                  | -                   | dö                  | dö                  |
| <b>T8</b>      | dö                  | dö                 | oö                  | yö                 | yö                 | çyö                 | yö                  | -                   | dö                  |
| <b>T9</b>      | dö                  | dö                 | oö                  | yö                 | oö                 | çyö                 | yö                  | yö                  | -                   |
| <b>Uzman 3</b> |                     |                    |                     |                    |                    |                     |                     |                     |                     |
| <b>T1</b>      | -                   | en az yö           | en fazla oö         | oö ile yö arasında | en fazla oö        | en az yö            | en az oö            | en az yö            | en fazla dö         |
| <b>T2</b>      | en fazla dö         | -                  | en fazla dö         | en az oö           | en fazla oö        | en az yö            | en az oö            | en az yö            | en fazla oö         |
| <b>T3</b>      | dö ile oö arasında  | en az yö           | -                   | en az oö           | en az yö           | en az yö            | en az yö            | en az çyö           | yö ile çyö arasında |
| <b>T4</b>      | en az oö            | en fazla oö        | en fazla oö         | -                  | en fazla oö        | en az oö            | en az oö            | en az yö            | en az oö            |
| <b>T5</b>      | en fazla dö         | en az oö           | en fazla dö         | en az oö           | -                  | en az yö            | en az yö            | en az yö            | oö ile yö arasında  |
| <b>T6</b>      | en fazla dö         | en fazla dö        | en fazla dö         | en fazla oö        | en fazla dö        | -                   | oö ile yö arasında  | oö ile yö arasında  | en fazla oö         |
| <b>T7</b>      | en fazla oö         | en fazla oö        | en fazla dö         | en fazla oö        | en fazla dö        | dö ile oö arasında  | -                   | oö ile yö arasında  | en fazla oö         |
| <b>T8</b>      | en fazla dö         | en fazla dö        | en fazla çdö        | en fazla dö        | en fazla dö        | dö ile oö arasında  | dö ile oö arasında  | -                   | en fazla oö         |
| <b>T9</b>      | en az yö            | en az oö           | çdö ile dö arasında | en fazla oö        | dö ile oö arasında | en az oö            | en az oö            | en az oö            | -                   |

**Tablo 4.13.** Sıklık faktörü bazında tehlikelerin karşılaştırılmasını içeren zarflar

|                | T1        | T2        | T3       | T4        | T5        | T6        | T7        | T8        | T9        |
|----------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Uzman 1</b> |           |           |          |           |           |           |           |           |           |
| <b>T1</b>      | -         | [çdö,çdö] | [mö,mö]  | [çdö,çdö] | [ö,çdö]   | [ö,çdö]   | [ö,çdö]   | [ö,çdö]   | [çdö,mö]  |
| <b>T2</b>      | [çyö,çyö] | -         | [çyö,mö] | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [çyö,mö]  | [ö,çdö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   |
| <b>T3</b>      | [ö,ö]     | [ö,çdö]   | -        | [çyö,mö]  | [oö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [yö,çyö]  | [çdö,mö]  |
| <b>T4</b>      | [çyö,çyö] | [ö,ö]     | [ö,çdö]  | -         | [dö,mö]   | [mö,mö]   | [çyö,mö]  | [oö,yö]   | [çdö,mö]  |
| <b>T5</b>      | [çyö,mö]  | [ö,ö]     | [ö,oö]   | [ö,yö]    | -         | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   |
| <b>T6</b>      | [çyö,mö]  | [ö,çdö]   | [ö,ö]    | [ö,ö]     | [ö,ö]     | -         | [yö,çyö]  | [oö,yö]   | [dö,oö]   |
| <b>T7</b>      | [çyö,mö]  | [çyö,mö]  | [ö,ö]    | [ö,çdö]   | [ö,ö]     | [çdö,dö]  | -         | [mö,mö]   | [mö,mö]   |
| <b>T8</b>      | [çyö,mö]  | [ö,ö]     | [çdö,dö] | [dö,oö]   | [ö,ö]     | [dö,oö]   | [ö,ö]     | -         | [mö,mö]   |
| <b>T9</b>      | [ö,çyö]   | [ö,ö]     | [ö,çyö]  | [ö,çyö]   | [ö,ö]     | [oö,yö]   | [ö,ö]     | [ö,ö]     | -         |
| <b>Uzman 2</b> |           |           |          |           |           |           |           |           |           |
| <b>T1</b>      | -         | [çyö,çyö] | [yö,yö]  | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [yö,yö]   | [yö,yö]   |
| <b>T2</b>      | [çdö,çdö] | -         | [yö,yö]  | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   |
| <b>T3</b>      | [dö,dö]   | [dö,dö]   | -        | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   |
| <b>T4</b>      | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [oö,oö]  | -         | [dö,dö]   | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [dö,dö]   |
| <b>T5</b>      | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [oö,oö]  | [yö,yö]   | -         | [oö,oö]   | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [oö,oö]   |
| <b>T6</b>      | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [oö,oö]  | [çyö,çyö] | [oö,oö]   | -         | [dö,dö]   | [çdö,çdö] | [çdö,çdö] |
| <b>T7</b>      | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [oö,oö]  | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | -         | [dö,dö]   | [dö,dö]   |
| <b>T8</b>      | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [oö,oö]  | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [çyö,çyö] | [yö,yö]   | -         | [dö,dö]   |
| <b>T9</b>      | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [oö,oö]  | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [çyö,çyö] | [yö,yö]   | [yö,yö]   | -         |
| <b>Uzman 3</b> |           |           |          |           |           |           |           |           |           |
| <b>T1</b>      | -         | [yö,mö]   | [ö,oö]   | [oö,yö]   | [ö,oö]    | [yö,mö]   | [oö,mö]   | [yö,mö]   | [ö,dö]    |
| <b>T2</b>      | [dö,mö]   | -         | [ö,dö]   | [oö,mö]   | [ö,oö]    | [yö,mö]   | [oö,mö]   | [yö,mö]   | [ö,oö]    |
| <b>T3</b>      | [dö,oö]   | [yö,mö]   | -        | [oö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [çyö,mö]  | [yö,çyö]  |
| <b>T4</b>      | [oö,mö]   | [ö,oö]    | [ö,oö]   | -         | [ö,oö]    | [oö,mö]   | [oö,mö]   | [yö,mö]   | [oö,mö]   |
| <b>T5</b>      | [ö,dö]    | [oö,mö]   | [ö,dö]   | [oö,mö]   | -         | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [oö,yö]   |
| <b>T6</b>      | [ö,dö]    | [ö,dö]    | [ö,dö]   | [ö,oö]    | [ö,dö]    | -         | [oö,yö]   | [oö,yö]   | [ö,oö]    |
| <b>T7</b>      | [ö,oö]    | [ö,oö]    | [ö,dö]   | [ö,oö]    | [ö,dö]    | [dö,oö]   | -         | [oö,yö]   | [ö,oö]    |
| <b>T8</b>      | [ö,dö]    | [ö,dö]    | [ö,çdö]  | [ö,dö]    | [ö,dö]    | [dö,oö]   | [dö,oö]   | -         | [ö,oö]    |
| <b>T9</b>      | [yö,mö]   | [oö,mö]   | [çdö,dö] | [ö,oö]    | [dö,oö]   | [oö,mö]   | [oö,mö]   | [oö,mö]   | -         |

Tablo 4.14 ve 4.15’te sıklık faktörü bazında iyimser ve kötümser ortak tercihler gösterilmiştir. Bu ortak tercihlere bağlı olarak her bir tehlike için hesaplanan dilsel aralıklar, aralık değerleri ve ağırlıklar Tablo 4.16 içerisinde gösterilmiştir. Olasılık faktörüne benzer şekilde, sıklık faktörü için en önemli tehlikenin T2 olduğu, T3 tehlikesinin de ağırlığı itibariyle önemli bir tehlike olarak nitelenebileceği söylenebilir. Sıklık faktörü açısından ağırlık değerini baz alarak en önemsiz tehlikenin T6 (Kaldırma alanına yetkisiz kişilerin izinsiz girmesi, uygun şeritleme ve kati barikatların kullanılmaması) olduğu söylenebilir.

**Tablo 4.14.** Sıklık faktörü için iyimser ortak tercihler.

|    | T1        | T2       | T3        | T4        | T5       | T6        | T7        | T8        | T9        |
|----|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | -         | yö, 0    | yö +0.33  | oö +0.33  | oö 0     | yö 0      | yö 0      | yö -0.33  | yö 0      |
| T2 | yö +0.33  | -        | yö, 0     | çyö +0.33 | yö +0.33 | çyö +0.33 | yö -0.33  | çyö +0.33 | yö +0.33  |
| T3 | çyö -0.33 | dö -0.33 | -         | çyö 0     | çyö 0    | çyö 0     | çyö 0     | çyö -0.33 | çyö -0.33 |
| T4 | çyö -0.33 | yö, 0    | dö -0.33  | -         | yö -0.33 | yö +0.33  | çyö -0.33 | yö 0      | çyö -0.33 |
| T5 | yö +0.33  | oö 0     | oö -0.33  | oö -0.33  | -        | çyö 0     | çyö -0.33 | çyö -0.33 | yö +0.33  |
| T6 | dö +0.33  | oö 0     | dö -0.33  | dö -0.33  | oö -0.33 | -         | yö -0.33  | oö 0      | dö +0.33  |
| T7 | yö -0.33  | oö +0.33 | yö -0.33  | dö -0.33  | oö -0.33 | dö 0      | -         | yö 0      | yö -0.33  |
| T8 | yö -0.33  | oö +0.33 | çdö +0.33 | dö 0      | oö 0     | dö 0      | yö -0.33  | -         | yö -0.33  |
| T9 | oö +0.33  | yö +0.33 | oö -0.33  | oö +0.33  | yö, 0    | dö 0      | çyö 0     | oö +0.33  | -         |

**Tablo 4.15.** Sıklık faktörü için kötümser ortak tercihler.

|    | T1       | T2        | T3        | T4        | T5        | T6        | T7       | T8        | T9       |
|----|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| T1 | -        | oö +0.33  | oö +0.33  | oö 0      | dö -0.33  | oö 0      | oö -0.33 | oö -0.33  | dö -0.33 |
| T2 | oö +0.33 | -         | oö 0      | yö +0.33  | oö +0.33  | yö +0.33  | dö +0.33 | çyö -0.33 | oö +0.33 |
| T3 | oö -0.33 | çdö +0.33 | -         | yö -0.33  | oö +0.33  | yö +0.33  | yö +0.33 | yö 0      | oö -0.33 |
| T4 | dö 0     | oö 0      | çdö -0.33 | -         | çdö +0.33 | oö +0.33  | oö +0.33 | oö 0      | dö 0     |
| T5 | yö 0     | dö 0      | dö -0.33  | çdö 0     | -         | yö +0.33  | yö 0     | yö 0      | yö 0     |
| T6 | çdö 0    | dö 0      | çdö -0.33 | çdö 0     | dö -0.33  | -         | oö 0     | dö +0.33  | çdö 0    |
| T7 | oö -0.33 | dö 0      | dö +0.33  | çdö 0     | çdö +0.33 | çdö +0.33 | -        | yö -0.33  | oö -0.33 |
| T8 | oö -0.33 | dö +0.33  | çdö -0.33 | çdö +0.33 | dö 0      | çdö +0.33 | oö 0     | -         | oö -0.33 |
| T9 | dö +0.33 | dö 0      | dö -0.33  | çdö +0.33 | çdö +0.33 | dö -0.33  | yö -0.33 | dö +0.33  | -        |

**Tablo 4.16.** Sıklık faktörü için tehlikeler bazında dilsel aralıklar ve ağırlıklar.

|    | Dilsel Aralıklar        | Aralık Değerleri | Orta Noktalar | Ağırlıklar |
|----|-------------------------|------------------|---------------|------------|
| T1 | [(oö,-0.33),(yö,-0.21)] | [2.67, 3.79]     | 3.23          | 0.12       |
| T2 | [(oö,+0.42),(yö,+0.37)] | [3.42, 4.37]     | 3.9           | 0.15       |
| T3 | [(oö,+0.21),(yö,+0.25)] | [3.21, 4.25]     | 3.73          | 0.14       |
| T4 | [(dö,+0.21),(yö,-0.33)] | [2.21, 3.67]     | 2.94          | 0.11       |
| T5 | [(oö,-0.08),(yö,-0.04)] | [2.92, 3.96]     | 3.44          | 0.13       |
| T6 | [(dö,-0.42),(dö,+0.46)] | [1.58, 2.46]     | 2.02          | 0.08       |
| T7 | [(dö,+0.08),(oö,0)]     | [2.08, 3.0]      | 2.54          | 0.09       |
| T8 | [(dö,-0.08),(oö,-0.33)] | [1.92, 2.67]     | 2.29          | 0.09       |
| T9 | [(dö,+0.04),(oö,+0.50)] | [2.04, 3.5]      | 2.77          | 0.1        |

Tablo 4.17’de tehlikeler için uzman görüşlerinin şiddet kriteri bazında ikili karşılaştırmaları verilmiş; Tablo 4.18’de ise tehlikelerin karşılaştırılmasını içeren zarflar gösterilmiştir.

**Tablo 4.17.** Tehlikeler için uzman görüşlerinin şiddet faktörü bazında ikili karşılaştırmaları

|                | T1                   | T2                   | T3                   | T4                   | T5                   | T6                   | T7                   | T8                   | T9                    |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Uzman 1</b> |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
| <b>T1</b>      | -                    | çdö                  | mö                   | en fazla<br>çdö      | ö ve çdö<br>arasında | dö ve oö<br>arasında | ö ve çdö<br>arasında | oö ve yö<br>arasında | mö                    |
| <b>T2</b>      | çyö                  | -                    | en az yö             | mö                   | çyö ve<br>mö         | en az çyö            | mö                   | mö                   | en az çyö             |
| <b>T3</b>      | ö                    | en fazla<br>dö       | -                    | en az çdö            | en az oö             | mö                   | mö                   | yö ve<br>çyö         | en az çdö             |
| <b>T4</b>      | en az çyö            | ö                    | en fazla<br>çyö      | -                    | en fazla<br>oö       | mö                   | en az çyö            | oö ve yö<br>arasında | en az çdö             |
| <b>T5</b>      | çyö ve<br>mö         | çdö ve ö<br>arasında | en fazla<br>oö       | en az oö             | -                    | mö                   | mö                   | mö                   | en az çdö             |
| <b>T6</b>      | oö ve yö<br>arasında | en fazla<br>çdö      | ö                    | ö                    | ö                    | -                    | yö ve<br>çyö         | oö ve yö<br>arasında | dö ve oö<br>arasında  |
| <b>T7</b>      | çyö ve<br>mö         | ö                    | ö                    | en fazla<br>çdö      | ö                    | çdö ve<br>dö         | -                    | mö                   | mö                    |
| <b>T8</b>      | dö ve oö<br>arasında | ö                    | çdö ve<br>dö         | dö ve oö<br>arasında | ö                    | dö ve oö<br>arasında | ö                    | -                    | mö                    |
| <b>T9</b>      | ö                    | en fazla<br>çdö      | en fazla<br>çyö      | en fazla<br>çyö      | en fazla<br>çyö      | oö ve yö<br>arasında | ö                    | ö                    | -                     |
| <b>Uzman 2</b> |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
| <b>T1</b>      | -                    | çyö                  | çyö                  | çyö                  | çyö                  | çyö                  | çyö                  | çyö                  | çyö                   |
| <b>T2</b>      | çdö                  | -                    | oö                   | yö                   | yö                   | yö                   | oö                   | oö                   | yö                    |
| <b>T3</b>      | çdö                  | oö                   | -                    | yö                   | yö                   | yö                   | yö                   | oö                   | yö                    |
| <b>T4</b>      | çdö                  | dö                   | dö                   | -                    | oö                   | oö                   | dö                   | dö                   | dö                    |
| <b>T5</b>      | çdö                  | dö                   | dö                   | oö                   | -                    | oö                   | dö                   | oö                   | oö                    |
| <b>T6</b>      | çdö                  | dö                   | dö                   | oö                   | oö                   | -                    | dö                   | dö                   | dö                    |
| <b>T7</b>      | çdö                  | oö                   | dö                   | yö                   | yö                   | yö                   | -                    | dö                   | dö                    |
| <b>T8</b>      | çdö                  | oö                   | oö                   | yö                   | oö                   | yö                   | yö                   | -                    | dö                    |
| <b>T9</b>      | çdö                  | dö                   | yö                   | yö                   | oö                   | yö                   | yö                   | yö                   | -                     |
| <b>Uzman 3</b> |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                       |
| <b>T1</b>      | -                    | oö                   | en az yö             | en az yö             | çyö ile<br>mö        | çyö ile<br>mö        | çyö ile<br>mö        | çyö ile<br>mö        | en az yö              |
| <b>T2</b>      | oö                   | -                    | en az yö             | en az yö             | en az yö             | en az yö             | en az yö             | en az yö             | en az yö              |
| <b>T3</b>      | en fazla<br>dö       | en fazla<br>dö       | -                    | oö                   | dö                   | en az oö             | oö ve yö<br>arasında | oö ve yö<br>arasında | oö ve yö<br>arasında  |
| <b>T4</b>      | en fazla<br>dö       | en fazla<br>dö       | oö                   | -                    | en fazla<br>dö       | oö                   | dö                   | en fazla<br>oö       | en fazla<br>dö        |
| <b>T5</b>      | ö ve çdö<br>arasında | en fazla<br>dö       | yö                   | en az yö             | -                    | yö                   | oö ve yö<br>arasında | oö                   | en az yö              |
| <b>T6</b>      | ö ve çdö<br>arasında | en fazla<br>dö       | en fazla<br>oö       | oö                   | dö                   | -                    | dö                   | en fazla<br>dö       | en fazla<br>dö        |
| <b>T7</b>      | ö ve çdö<br>arasında | en fazla<br>dö       | dö ve oö<br>arasında | yö                   | dö ve oö<br>arasında | yö                   | -                    | yö                   | oö ile yö<br>arasında |
| <b>T8</b>      | ö ve çdö<br>arasında | en fazla<br>dö       | dö ve oö<br>arasında | en az oö             | oö                   | en az yö             | dö                   | -                    | oö                    |
| <b>T9</b>      | en fazla<br>dö       | en fazla<br>dö       | dö ve oö<br>arasında | en az dö             | en fazla<br>dö       | en az yö             | dö ve oö<br>arasında | oö                   | -                     |

**Tablo 4.18.** Şiddet faktörü bazında tehlikelerin karşılaştırılmasını içeren zarflar

|                | <b>T1</b> | <b>T2</b> | <b>T3</b> | <b>T4</b> | <b>T5</b> | <b>T6</b> | <b>T7</b> | <b>T8</b> | <b>T9</b> |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Uzman 1</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>T1</b>      | -         | [çdö,çdö] | [mö,mö]   | [ö,çdö]   | [ö,çdö]   | [dö,oö]   | [ö,çdö]   | [oö,yö]   | [mö,mö]   |
| <b>T2</b>      | [çyö,çyö] | -         | [yö,mö]   | [mö,mö]   | [çyö,mö]  | [çyö,mö]  | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [çyö,mö]  |
| <b>T3</b>      | [ö,ö]     | [ö,dö]    | -         | [çdö,mö]  | [oö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [yö,çyö]  | [çdö,mö]  |
| <b>T4</b>      | [çyö,mö]  | [ö,ö]     | [ö,çyö]   | -         | [ö,oö]    | [mö,mö]   | [çyö,mö]  | [oö,yö]   | [çdö,mö]  |
| <b>T5</b>      | [çyö,mö]  | [ö,çdö]   | [ö,oö]    | [oö,mö]   | -         | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [mö,mö]   | [çdö,mö]  |
| <b>T6</b>      | [oö,yö]   | [ö,ö]     | [yö,çyö]  | [ö,ö]     | [ö,ö]     | -         | [yö,çyö]  | [oö,yö]   | [dö,oö]   |
| <b>T7</b>      | [çyö,mö]  | [ö,ö]     | [ö,ö]     | [ö,çdö]   | [ö,ö]     | [çdö,dö]  | -         | [mö,mö]   | [mö,mö]   |
| <b>T8</b>      | [dö,oö]   | [ö,ö]     | [çdö,dö]  | [dö,oö]   | [ö,ö]     | [dö,oö]   | [ö,ö]     | -         | [mö,mö]   |
| <b>T9</b>      | [ö,ö]     | [ö,çdö]   | [ö,çyö]   | [ö,çyö]   | [ö,çyö]   | [oö,yö]   | [ö,ö]     | [ö,ö]     | -         |
| <b>Uzman 2</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>T1</b>      | -         | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] | [çyö,çyö] |
| <b>T2</b>      | [çdö,çdö] | -         | [oö,oö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   |
| <b>T3</b>      | [çdö,çdö] | [oö,oö]   | -         | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   |
| <b>T4</b>      | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | -         | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [dö,dö]   |
| <b>T5</b>      | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [oö,oö]   | -         | [oö,oö]   | [dö,dö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   |
| <b>T6</b>      | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   | -         | [dö,dö]   | [dö,dö]   | [dö,dö]   |
| <b>T7</b>      | [çdö,çdö] | [oö,oö]   | [dö,dö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | -         | [dö,dö]   | [dö,dö]   |
| <b>T8</b>      | [çdö,çdö] | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | -         | [dö,dö]   |
| <b>T9</b>      | [çdö,çdö] | [dö,dö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [oö,oö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | [yö,yö]   | -         |
| <b>Uzman 3</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>T1</b>      | -         | [oö,oö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [çyö,mö]  | [çyö,mö]  | [çyö,mö]  | [çyö,mö]  | [yö,mö]   |
| <b>T2</b>      | [oö,oö]   | -         | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   | [yö,mö]   |
| <b>T3</b>      | [ö,dö]    | [ö,dö]    | -         | [oö,oö]   | [dö,dö]   | [oö,mö]   | [oö,yö]   | [oö,yö]   | [oö,yö]   |
| <b>T4</b>      | [ö,dö]    | [ö,dö]    | [oö,oö]   | -         | [ö,dö]    | [oö,oö]   | [dö,dö]   | [ö,oö]    | [ö,dö]    |
| <b>T5</b>      | [ö,çdö]   | [ö,dö]    | [yö,yö]   | [yö,mö]   | -         | [yö,yö]   | [oö,yö]   | [oö,oö]   | [yö,mö]   |
| <b>T6</b>      | [ö,çdö]   | [ö,dö]    | [ö,oö]    | [oö,oö]   | [dö,dö]   | -         | [dö,dö]   | [ö,dö]    | [ö,dö]    |
| <b>T7</b>      | [ö,çdö]   | [ö,dö]    | [dö,oö]   | [yö,yö]   | [dö,oö]   | [yö,yö]   | -         | [yö,yö]   | [oö,yö]   |
| <b>T8</b>      | [ö,çdö]   | [ö,dö]    | [dö,oö]   | [oö,oö]   | [oö,oö]   | [yö,mö]   | [dö,dö]   | -         | [oö,oö]   |
| <b>T9</b>      | [ö,dö]    | [ö,dö]    | [dö,oö]   | [dö,mö]   | [ö,dö]    | [yö,mö]   | [dö,oö]   | [oö,oö]   | -         |

Tablo 4.19 ve 4.20’de şiddet faktörü bazında iyimser ve kötümser ortak tercihler gösterilmiştir. Bu ortak tercihlere bağlı olarak her bir tehlike için hesaplanan dilsel aralıklar, aralık değerleri ve ağırlıklar Tablo 4.21 içerisinde gösterilmiştir. Olasılık ve sıklık faktörlerine benzer şekilde, şiddet faktörü için en önemli tehlikenin T2 olduğu, T1 tehlikesinin de ağırlığı itibariyle önemli bir tehlike olarak nitelenebileceği söylenebilir. Diğer faktörlerin durumundan farklı olarak, T2 tehlikesinin ağırlığı düşünüldüğünde diğer tehlikelerden ayrımının daha net olduğu sonucunu varılabilir. Şiddet faktörü açısından ağırlık değerini baz alarak en önemsiz tehlikenin yine T6 olduğu söylenebilir.

**Tablo 4.19.** Şiddet faktörü için iyimser ortak tercihler

|    | T1        | T2       | T3        | T4        | T5        | T6        | T7        | T8       | T9        |
|----|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| T1 | -         | oö 0     | mö -0.33  | yö 0      | yö 0      | çyö -0.33 | yö 0      | çyö 0    | mö -0.33  |
| T2 | çyö +0.33 | -        | çyö 0     | çyö +0.33 | çyö +0.33 | çyö +0.33 | çyö 0     | çyö 0    | çyö +0.33 |
| T3 | çyö -0.33 | çdö 0    | -         | yö +0.33  | yö 0      | çyö +0.33 | çyö -0.33 | yö 0     | çyö -0.33 |
| T4 | oö +0.33  | oö 0     | çdö +0.33 | -         | oö -0.33  | yö 0      | oö +0.33  | oö 0     | oö +0.33  |
| T5 | çyö 0     | oö -0.33 | çdö +0.33 | oö 0      | -         | yö +0.33  | yö 0      | yö 0     | çyö 0     |
| T6 | dö +0.33  | dö 0     | dö -0.33  | dö -0.33  | dö 0      | -         | oö 0      | oö -0.33 | dö +0.33  |
| T7 | yö 0      | oö -0.33 | dö -0.33  | dö -0.33  | oö 0      | dö +0.33  | -         | yö 0     | yö 0      |
| T8 | yö -0.33  | dö -0.33 | dö -0.33  | oö -0.33  | yö +0.33  | dö 0      | yö +0.33  | -        | yö -0.33  |
| T9 | dö +0.33  | çdö 0    | dö -0.33  | yö 0      | çyö 0     | oö +0.33  | çyö -0.33 | dö +0.33 | -         |

**Tablo 4.20.** Şiddet faktörü için kötümser ortak tercihler

|    | T1        | T2        | T3        | T4        | T5       | T6       | T7       | T8       | T9        |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| T1 | -         | oö 0      | çyö 0     | oö 0      | oö +0.33 | yö 0     | oö +0.33 | yö +0.33 | çyö 0     |
| T2 | yö +0.33  | -         | yö -0.33  | çyö -0.33 | yö +0.33 | yö +0.33 | yö +0.33 | yö +0.33 | yö +0.33  |
| T3 | oö -0.33  | ö +0.33   | -         | oö -0.33  | oö 0     | yö +0.33 | yö +0.33 | oö +0.33 | oö -0.33  |
| T4 | çdö 0     | dö 0      | çdö -0.33 | -         | çdö 0    | yö 0     | oö 0     | dö -0.33 | çdö 0     |
| T5 | oö -0.33  | dö 0      | çdö 0     | dö 0      | -        | yö +0.33 | yö -0.33 | yö 0     | oö -0.33  |
| T6 | çdö +0.33 | çdö +0.33 | çdö -0.33 | çdö -0.33 | dö 0     | -        | oö -0.33 | dö -0.33 | çdö +0.33 |
| T7 | yö -0.33  | dö 0      | çdö 0     | çdö +0.33 | oö -0.33 | dö 0     | -        | yö 0     | yö -0.33  |
| T8 | yö -0.33  | çdö 0     | çdö 0     | dö 0      | oö 0     | dö 0     | oö +0.33 | -        | yö -0.33  |
| T9 | dö +0.33  | ö +0.33   | çdö -0.33 | dö 0      | dö 0     | çdö 0    | yö -0.33 | dö 0     | -         |

**Tablo 4.21.** Şiddet faktörü için tehlikeler bazında dilsel aralıklar ve ağırlıklar

|    | Dilsel Aralıklar         | Aralık Değerleri | Orta Noktalar | Ağırlıklar |
|----|--------------------------|------------------|---------------|------------|
| T1 | [(yö,-0.13),(yö,+0.50)]  | [3.87, 4.5]      | 4.19          | 0.15       |
| T2 | [(yö,+0.12),(çyö,-0.08)] | [4.12, 4.92]     | 4.52          | 0.17       |
| T3 | [(oö,-0.29),(yö,-0.21)]  | [2.71, 3.79]     | 3.25          | 0.12       |
| T4 | [(dö,-0.12),(oö,0)]      | [1.88, 3.0]      | 2.44          | 0.09       |
| T5 | [(oö,-0.12),(yö,-0.33)]  | [2.88, 3.67]     | 3.27          | 0.12       |
| T6 | [(dö,-0.5),(dö,+0.13)]   | [1.5, 2.13]      | 1.81          | 0.07       |
| T7 | [(dö,+0.46),(oö,-0.17)]  | [2.46, 2.83]     | 2.65          | 0.1        |
| T8 | [(dö,+0.25),(oö,-0.21)]  | [2.25, 2.79]     | 2.52          | 0.09       |
| T9 | [(dö,-0.25),(oö,+0.04)]  | [1.75, 3.04]     | 2.4           | 0.09       |

#### 4.3. Tehlikelerin ve Risklerin Önceliklendirilmesi

Faktör ağırlıklarına göre, faktörler bazında ağırlıklandırılan tehlikelerin nihai sıralaması Tablo 4.22’de verilmiştir. Buna göre ÇK-KBDTS yöntemi sonucunda tehlikelerin önem sıralaması  $T2>T1>T3>T5>T4>T9>T7>T8>T6$  şeklinde olmaktadır. Buna göre yaklaşık %16 ağırlıkla en yüksek tehlike zeminin vinci sabitlemeye uygun olmamasıdır. Periyodik kontrollerin yapılmaması ve halat boşalması/makara kapasitesi aşımı tehlikeleri yaklaşık %14 önem düzeyleriyle ikinci ve üçüncü sıralarda yer almaktadır.

**Tablo 4.22.** Tehlikelerin olasılık, sıklık ve şiddet faktörleri düşünülerek nihai ağırlıkları

| Faktörler        | Ağırlık | Tehlikeler   |              |              |              |              |              |              |              |              |
|------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                  |         | T1           | T2           | T3           | T4           | T5           | T6           | T7           | T8           | T9           |
| Olasılık         | 0,33    | 0,13         | 0,15         | 0,15         | 0,11         | 0,13         | 0,07         | 0,08         | 0,07         | 0,11         |
| Sıklık           | 0,24    | 0,12         | 0,15         | 0,14         | 0,11         | 0,13         | 0,08         | 0,09         | 0,09         | 0,1          |
| Şiddet           | 0,43    | 0,15         | 0,17         | 0,12         | 0,09         | 0,12         | 0,07         | 0,1          | 0,09         | 0,09         |
| Nihai Ağırlıklar |         | <b>0,136</b> | <b>0,159</b> | <b>0,135</b> | <b>0,101</b> | <b>0,126</b> | <b>0,072</b> | <b>0,091</b> | <b>0,083</b> | <b>0,099</b> |

Bu sıralama doğrultusunda uzmanların deneyimleri ve geçmiş verileri de göz önüne alarak düzeltici ve önleyici kontrol tedbirleri Tablo 4.23’te verilmiştir.

**Tablo 4.23.** Her bir risk için kontrol tedbirleri

| Tehlike                                                                                                       | Risk                                 | Kontrol Tedbirleri                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zeminin vinci sabitlemeye uygun olmaması (T2)                                                                 | Vincin devrilmesi                    | Zemin uygun bir şekilde düzlenmeli ve desteklenmeli                                                               |
| Vincin Periyodik kontrollerin yapılmaması (T1)                                                                | Malzemenin düşmesi                   | İş başlamadan periyodik kontrollerin yetkili mühendis tarafından yapılması                                        |
| Halat boşalmaları, makara kapasitesi aşımı (T3)                                                               | Malzemenin düşmesi, Yaralanma, Ölüm  | Taşıma ve kaldırma işlemleri sırasında asılı yükün altında kimsenin durmaması                                     |
| Yetkisiz vinç operatörü (T5)                                                                                  | Yetkisiz operatör yüzünden kazalar   | Bütün operatörlerin uygun sertifikaları olmalı                                                                    |
| Vinç çevresinde kısıtlı görüş alanı (T4)                                                                      | Çevredeki bina ve ekipmanlara çarpma | İşaretçinin vinç operatörünü yönlendirmesi                                                                        |
| Vincin kontrolsüz manevraları (T9)                                                                            | Çarpma                               | İşaretçinin vincin hareket bölgesinde her zaman hazır bulunması ve operatöre rehberlik etmesi                     |
| Yetkisiz ve eğitimsiz sapanca kullanmak (T7)                                                                  | Yetkisiz operatör yüzünden kazalar   | Kaldırılacak malzeme yetkili personel tarafından kaldırma noktasında uygun bir şekilde bağlanmalı/sabitlenmelidir |
| Eski ve yıpranmış halat kullanmak (T8)                                                                        | Halat kopması                        | Halatlar kaldırma operasyonundan önce kontrol edilmelidir                                                         |
| Kaldırma alanına yetkisiz kişilerin izinsiz girmesi, uygun şeritleme ve kati barikatların kullanılmaması (T6) | Yaralanma, Ölüm                      | Yetkisiz ve izinsiz personelin kaldırma sahasından uzaklaştırılması ve cezalandırılması                           |

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnşaat sektörü, yüksek riskler barındıran ve sürekli değişen dinamiklere sahip bir alandır, bu yüzden İSG ve risk değerlendirmesi bu sektörde hayati bir öneme sahiptir. Çalışanların güvenliğini sağlamak, kazalardan kaynaklanabilecek maliyetleri ve projenin gecikmesini önlemek, hukuki yükümlülükleri yerine getirmek, firmanın reputasyonunu korumak ve çevresel etkileri minimize etmek için risk değerlendirmesi zorunludur. Bu süreç, potansiyel tehlikeleri ve riskleri önceden belirleyerek gerekli önlemlerin alınmasını sağlar, böylece inşaat projeleri daha güvenli, maliyet etkin ve çevre dostu bir şekilde yürütülebilir.

Kalitatif, kantitatif ve karma olmak üzere çeşitli yöntemler, risk değerlendirme süreçlerinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu alanda, bulanık mantık ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinin bir araya getirilmesi, mevcut risk değerlendirme metodolojilerinin üzerine önemli iyileştirmeler sağlamaktadır. Geleneksel olarak, bulanık mantığın dilsel yaklaşımları, uzmanların yalnızca tek bir terimi seçmelerini gerektirdiğinde bazen tereddütlere yol açabilir. Uzmanların daha esnek ve ifade gücü yüksek değerlendirmeler yapabilmesi için Karasız Bulanık Dilsel Terim Setleri (KBDTS) gibi yenilikçi bir yaklaşım öne sürülmüştür. Bu yöntem sayesinde, risk değerlendirme sürecindeki belirsizlikler daha etkin bir şekilde yönetilebilir ve daha doğru sonuçlara ulaşılabilir, böylece uzmanların karşılaştıkları ifade sınırlamaları aşılabılır.

Bu çalışma kapsamında inşaat sahasında “Kaldırma ekipmanları/Mobil Vinç” faaliyeti kapsamında yapılan bir risk analizi çalışması ele alınmıştır. A, B ve C sınıfı üç İSG uzmanı bu faaliyet alanı için dokuz tehlike ve risk belirlemiştir. Daha sonra bu üç uzmana KBDTS kullanarak hem Fine-Kinney yönteminde kullanılan Olasılık, Sıklık ve Şiddet faktörlerini kendi aralarında karşılaştırmaları hem de her faktöre göre dokuz tehlikeyi birbirleriyle karşılaştırmaları istenmiştir. Bu karşılaştırmalar öncelikle zarflara, daha sonra ise uzmanların ortak görüşünü yansıtacak iyimserlik ve kötümserlik dilsel aralıklarına dönüştürülmüştür. Bir sonraki aşamada ise iyimserlik ve kötümserlik aralıkları tek bir aralığa indirgenerek, her bir tehlikenin dilsel aralığı ve ağırlığı hesaplanmıştır. Sonuç olarak faktörlerin ve her faktöre göre tehlike ağırlıklarının yer aldığı matrisler elde edilmiştir. Tehlikelerin nihai ağırlıklarının belirlenmesi için ise faktör ağırlıkları tehlikeler için hesaplanan ağırlıklar ile vektörel olarak çarpılmıştır. ÇK-KBDTS yöntemiyle yapılan değerlendirme sonucunda, tehlikelerin önem derecesi  $T2 > T1 > T3 > T5 > T4 > T9 > T7 > T8 > T6$  olarak belirlenmiştir. Bu sıralamaya göre, zeminin vincin sabitlenmesi için uygun

olmaması yaklaşık %16 ağırlıkla en büyük tehlike olarak öne çıkmaktadır. İkinci ve üçüncü en önemli tehlikeler ise, sırasıyla, periyodik kontrollerin yapılmaması ve halat boşalması ya da makara kapasitesinin aşılması olup, her biri yaklaşık %14 önem ağırlığına sahip olduğu görülmüştür. Uzmanların görüşü alınarak yukarıdaki sıralamaya bağlı olarak her bir risk için düzeltici tedbirler çalışmamız kapsamında ortaya konulmuştur.

Çalışmanın en önemli kısıtlılığı, ÇK-KBDTS yönteminin ikili karşılaştırmalara dayandığından değerlendirilecek tehlike sayısı arttıkça karşılaştırma sayısı da artmaktadır. Çok fazla karşılaştırmanın yapılması sırasında tutarlılığa dikkat edilmesi gittikçe zorlaşmaktadır. Ayrıca zarfların belirlenmesi ve gerekli hesaplamaların yapılması artan sayıya bağlı olarak zorlaşmakta ve zaman almaktadır. Son olarak İSG uzmanları ÇK-KBDTS yöntemine aşina olmadığından, karşılaştırmalardan önce kısa bir bilgilendirme yapılması gerekmektedir.

Yukarıda bahsedilen kısıtlamaları aşmak ve ÇK-KBDTS yönteminin risk değerlendirme çalışmalarında daha sık kullanılmasını sağlamak adına bir karar destek sistemi tasarlanabilir. Bu sistemle uzmanlardan alınan karşılaştırma bilgileri bir yazılım sayesinde işlenip kullanıcılara tehlikelerle ilgili sıralamalar döndürülebilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Adem, A., Çolak, A., & Dağdeviren, M. (2018). An integrated model using SWOT analysis and Hesitant fuzzy linguistic term set for evaluation occupational safety risks in life cycle of wind turbine. *Safety science*, 106, 184-190.
- Ak, F. M. (2017). *İş sağlığı ve güvenliğinde sinirsel bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak risk değerlendirmesi*. (Yayın No.478603) [Doktora Tezi, İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi].
- Akboğa, Ö., Baradan, S., Uzun, M. & Bayram, İ. (2015). *İş Kazası Bildirim Sürecinde Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri*. İş Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.
- Akkaya, G. (2007). *Avrupa Birliği ve Türk mevzuatı açısından sağlık kuruluşlarında iş sağlığı, iş güvenliği, meslek hastalıkları ve bir araştırma*. (Yayın No. 215512) [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi].
- Alpagut, G. (2014). 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun genel esasları. *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 72(2), 31-45.
- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: bulanıklılık kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62, 80-85.
- Arslan, R. (2018). *Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılması ve bütünleştirilmesi: OECD verileri üzerine bir uygulama*. (Yayın No.513157) [Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi].
- Ayyub, B. M. (2003). *Risk analysis in engineering and economics*. Chapman and Hall/CRC.
- Bingöl, S. (2020). *İş kazası ve meslek hastalığı sigortalarında işverenin sorumluluğu*. (Yayın No.633234) [Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi].
- Bingölbali, A. (2020). *Hemşirelerin meslek hastalığı ve iş kazası geçirme durumlarının iş sağlığı ve güvenliği açısından incelenmesi*. (Yayın No. 638516), [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi].
- Bouti, A., & Kadi, D. A. (1994). A state-of-the-art review of FMEA/FMECA. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 1(04), 515-543.

- Bornmann, L., & Leydesdorff, L. (2014). Scientometrics in a changing research landscape: bibliometrics has become an integral part of research quality evaluation and has been changing the practice of research. *EMBO Reports*, 15(12), 1228-1232.
- Bozorg-Haddad, O., Zolghadr-Asli, B., & Loaiciga, H. A. (2021). *A handbook on multi-attribute decision-making methods*, John Wiley & Sons.
- Chiozza, M. L., & Ponzetti, C. (2009). FMEA: a model for reducing medical errors. *Clinica Chimica Acta*, 404(1), 75-78.
- Crawley, F., & Tyler, B. (2015). *Hazop: Guide to best practice*. Elsevier.
- Čepin, M., & Čepin, M. (2011). Event tree analysis. *Assessment of Power System Reliability: Methods and Applications*, 89-99.
- Çalış Boyacı, A., & Selim, A. (2022). Assessment of occupational health and safety risks in a Turkish public hospital using a two-stage hesitant fuzzy linguistic approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(24), 36313-36325.
- Çiçek, Ö., & Öçal, M. (2016). Dünyada ve Türkiye’de iş sağlığı ve iş güvenliğinin tarihsel gelişimi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 5(11), 106-129.
- Demir, M. (2019). Umumi Hıfzıssıhha Kanunu Üzerine Bir İnceleme. *Çalışma ve Toplum*, 62(3), 2015-2030.
- Demir, A. & Ali, Ö. Z. (2018). Teolojik Açıdan İş Kazalarının İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 189-197.
- Demirel, S. & Sert, N. (2018). Bir plastik geri dönüşüm tesisinde ön tehlike analizi (pha) ile risk değerlendirmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 572-580.
- Domínguez, C. R., Martínez, I. V., Peña, P. M. P., & Ochoa, A. R. (2019). Analysis and evaluation of risks in underground mining using the decision matrix risk-assessment (DMRA) technique, in Guanajuato, Mexico. *Journal of Sustainable Mining*, 18(1), 52-59.
- Eisenhardt, K. M., & Zbaracki, M. J. (1992). strategic decision making, *Strategic Management Journal*, 13(S2), 17-37.

- Ergin, H. (2016). *Hazır giyim mağazacılık sektöründe iş kazaları ve çözüm önerileri: Örnek bir uygulama*, (Yayın No.450885), [Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi].
- Erkul, İ. (1983). *Sosyal Politika Dersleri*, C.1, Eskişehir.
- Erzurumluoğlu, K., Köksal, K. N. & Gerek, İ. H. (2015). *İnşaat Sektöründe Fine-Kinney Metodu Kullanılarak Risk Analizi Yapılması*. İş Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, 137-146.
- Fine, W. T. & Kinney, W. D. (1971). *Mathematical Evaluations For Controlling Hazards* (pp. 2-15). White Oak: Naval Ordnance Laboratory.
- Gençler, A. (2007). İşçi sağlığı ve iş güvenliğine ilişkin uygulamaların tarihi gelişimi, *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 7(35), 16-29.
- Güvel, Ş. T., (2016). *İş sağlığı ve güvenliği sisteminin yapım işlerinde uygulanmasında yaşanan sıkıntılar ve çözüm önerileri*, (Yayın No.438008), [Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi].
- Güzel, A. (1986). 3008 Sayılı İş Yasasının Önemi ve Başlıca Hükümleri. *Sosyal Politika Konferansları Dergisi*, 35-36.
- Hacıbektasoğlu, S. E., (2018). İnşaat sektöründe yaşanan iş kazalarının analizi ve bu kazalara neden olan etkenlerin incelenmesi, *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 2, Sayı 3.
- Hyatt, N. (2018). *Guidelines For Process Hazards Analysis (Pha, Hazop)*, Hazards Identification, and Risk Analysis. CRC press.
- Fişek, A.G. (2014). *Çalışma yaşamında sağlık güvenlik*, Fişek Enstitüsü Çalışan Çocuklar Bilim ve Eylem Merkezi Vakfı Yayınları, Yayın No: 3/2, Ankara.
- ILO (2023). <https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/history/lang--en/index.htm>,
- Kabakulak, T. (2019). Bir tekstil işletmesinde risk değerlendirme uygulaması: 5x5 Matris ve Hazop. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 3(2), 97-111.
- Karakaş, O. M. (2015). *İşverenin sağlık personeli çalıştırma yükümlülüğü*. (Yayın No.414458), [Doktora Tezi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi].
- Karakaşoğlu, N. (2008). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama*. (Yayın No.226810), [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi].

- Kenya Ministries of Health and IntraHealth International, (2013). *Report of the Occupational Safety and Health Risk Assessment*, Nairobi, Kenya: MsOH.
- Kinney, G.F. & Wiruth, A.D. (1976). *Practical risk analysis for safety management*, Technical Publication 5865, Naval Weapons Center, China Lake CA.
- Koltan, A., Orhon, H. Y., Yılmaz, S., Altay, M., Yılmaz, S., & Çay, İ. (2010). Risk değerlendirmede kullanılan 1 tipi karar matrisi yönteminin işçi sağlığına uygunluğunun değerlendirilmesi. *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, 10(38), 38-43.
- Kumar, S., & Rathi, S. (2019). Bibliometric analysis of open access journal articles published in the field of library and information science during 2008-2017. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 39(1), 26-31.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) (2017). *Mesleki Gelişim, İş Sağlığı ve Güvenliği*, Ankara.
- Mil, H. İ. & Güvercin, A. (2016). İş kazası ve meslek hastalığı sigortasının meslek hastalığı boyutunun analizi. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(3), 83-100.
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106, 213-228.
- Müngen, U. (2003). *Türkiye’de inşaat iş kazalarının analizi ve iş güvenliği sorunu*, (Yayın No.39240), [Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Müngen, U. (2010). *İş Güvenliği Kurs Notları*, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Onar, S. Ç., Büyüközkan, G., Öztayşı, B. & Kahraman, C. (2016). A new hesitant fuzzy QFD approach: an application to computer workstation selection. *Applied Soft Computing*, 46, 1-16.
- Ostrom, L. T., & Wilhelmsen, C. A. (2019). *Risk assessment: tools, techniques, and their applications*. John Wiley & Sons.
- Oturakçı, M. & Dağsuyu, C. (2017). Risk Değerlendirmesinde Bulanık Fine-Kinney Yöntemi ve Uygulaması. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 1(1), 17–25.
- Özkılıç, Ö. (2005). *İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri*, TİSK Yayınları, Ankara, Türkiye, 2005.

- Rodríguez, R. M., Martínez L. & Herrera F. (2012). Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets for Decision Making, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20(1), 109-119.
- Rozenfeld, O., Sacks, R., Rosenfeld, Y., & Baum, H. (2010). Construction job safety analysis. *Safety science*, 48(4), 491-498.
- Ruijters, E., & Stoelinga, M. (2015). Fault tree analysis: A survey of the state-of-the-art in modeling, analysis and tools. *Computer Science Review*, 15, 29-62.
- Selim, A. (2021). *Kararsız bulanık dilsel terim setleri ile iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme süreci için model önerisi ve bir uygulama*. (Yayın No.688503) [Yüksek Lisans Tezi, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi].
- Seratlı, B. (2004). 4857 Sayılı İş Kanunu'na göre iş sağlığı ve güvenliği. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 53(2).
- SGK İstatistik Yıllıkları (2011-2020, 2020),  
[<https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4>]
- Sharma, K. D., & Srivastava, S. (2018). Failure mode and effect analysis (FMEA) implementation: a literature review. *J Adv Res Aeronaut Space Sci.*, 5(1-2), 1-17.
- Sousa, R. L., & Einstein, H. H. (2012). Risk analysis during tunnel construction using Bayesian Networks: Porto Metro case study. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 27(1), 86-100.
- Şahin, S. (2016). Sendikaların iş sağlığı ve güvenliğindeki rolü ve önemi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 28(4), 327-343.
- Topuz, D. K. (2022). *Türkiye'de inşaat sektöründe iş sağlığı ve güvenliği algısının araştırılması*, (Yayın No.770683), [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi].
- Wu, Z., Liu, W., & Nie, W. (2021). Literature review and prospect of the development and application of FMEA in manufacturing industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 112, 1409-1436.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053-1070.
- Vartikoğlu, M. (2020), *Teorik ve Pratik İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analizleri*, Litap Yurdu Doğrudan Yayıncılık, İstanbul.

- Victorian Auditor-General's Report, (2013). *Occupational Health and Safety Risk in Public Hospitals*, Melbourne, Australia.
- Yavuz M., Öztayşı B., Onar S. Ç. & Kahraman C. (2015). Multicriteria evaluation of Alternative-Fuel vehicles via a hierarchical hesitant fuzzy linguistic model, *Expert Syst. Application*, 42, 2835-2848.
- Yılmaz, A. (2017). Sosyal güvenlik hukukunda iş kazası kavramı: kıta avrupası ve anglosakson hukuk istemlerinden birer örnek ile türk hukuku karşılaştırması. *Sosyal Güvence*, (11), 107-127.
- Yılmaz, A. E. (2017). *Risk değerlendirmesi*. İş Sağlığı ve Güvenliği, 430-451, AUZEF, İstanbul.
- Yılmaz, A. İ. (2013). İş sağlığı ve güvenliğinde kaza zinciri teorisinin önemi ile açık işletmelerdeki tehlikeli hareket ve tehlikeli durumlar. *Mt Bilimsel*, 2(3), 27-39.
- Yılmaz, F. (2010). Avrupa birliği ülkeleri ve türkiye'de iş sağlığı ve güvenliği kurulları: türkiye'de kurulların etkinliği konusunda bir araştırma. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(1), 149-192.
- Yılmaz, H. & Şahin, M. E. (2023). Bulanık Mantık Kavramına Genel Bir Bakış. *Takvim-i Vekayi*, 11(1), 94-129.
- Yılmaz, Ö. H. (2012). *İşyeri hekimliğinde insan gücü planlaması için iş analizi ve simülasyon yaklaşımı*, (Yayın No. 293096), [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi].
- Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction*, Sage publications.
- Yüksel, B. (2017). Çalışma ilişkilerine yönelik ilk düzenleme: dilaver paşa nizamnamesi ve çalışma hayatına etkileri. *İş ve Hayat*, 3(6), 155-178.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.
- Zhu, J., & Liu, W. (2020). A tale of Two Databases: The Use of Web of Science and Scopus in Academic Papers. *Scientometrics*, 123(1), 321-335.