



**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**BULANIK ÇKKV TABANLI YENİ BİR  
RİSK ANALİZİ (f-SC) UYGULAMASI:  
BOYA SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ**

SÜLEYMAN ENES HACİBEKTAŞOĞLU

**DOKTORA TEZİ**

İş Güvenliği Anabilim Dalı

İş Güvenliği Programı

**DANIŞMAN**

Prof. Dr. Bülent MERTOĞLU

**EŞ-DANIŞMAN**

Prof. Dr. Hakan TOZAN

İSTANBUL, 2022



**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**BULANIK ÇKKV TABANLI YENİ BİR  
RİSK ANALİZİ (f-SC) UYGULAMASI:  
BOYA SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ**

**SÜLEYMAN ENES HACİBEKTAŞOĞLU**  
(726415701)

**DOKTORA TEZİ**

İş Güvenliği Anabilim Dalı  
İş Güvenliği Programı

**DANIŞMAN**

Prof. Dr. Bülent MERTOĞLU

**EŞ-DANIŞMAN**

Prof. Dr. Hakan TOZAN

İSTANBUL, 2022

# İÇİNDEKİLER

|                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------|------|
| TEŞEKKÜR .....                                                 | iii  |
| ÖZET .....                                                     | iv   |
| ABSTRACT .....                                                 | vi   |
| YENİLİK BEYANI.....                                            | viii |
| SEMBOLLER .....                                                | ix   |
| KISALTMALAR .....                                              | x    |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                            | xi   |
| TABLO LİSTESİ .....                                            | xii  |
| 1 GİRİŞ .....                                                  | 1    |
| 1.1 İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı ve Tanımlar .....          | 1    |
| 1.2 Karar Verme Süreci ve Unsurları .....                      | 3    |
| 1.3 İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi.....       | 5    |
| 1.4 Risk Değerlendirmesinde ÇKKV Yöntemlerinin Kullanımı ..... | 6    |
| 1.5 Çalışmanın Amacı.....                                      | 7    |
| 1.6 Çalışmanın Kapsam ve Sınırlılıkları.....                   | 8    |
| 2 LİTERATÜR TARAMASI.....                                      | 9    |
| 3 MATERYAL VE YÖNTEM .....                                     | 16   |
| 3.1 Fine-Kinney Risk Analizi Yöntemi .....                     | 16   |
| 3.2 Bulanık Küme Teorisi.....                                  | 18   |
| 3.3 SWARA Yöntemi .....                                        | 19   |
| 3.4 VIKOR Yöntemi.....                                         | 21   |
| 3.5 COPRAS Yöntemi .....                                       | 23   |
| 3.6 f-SWARA&f-VIKOR Risk Analizi Yöntemi.....                  | 24   |

|     |                                                                              |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.7 | Yeni Hibrit f-SC Risk Analizi Yöntemi .....                                  | 27 |
| 4   | BULGULAR .....                                                               | 34 |
| 4.1 | Geleneksel Fine-Kinney Yöntemi Risk Analizi Uygulaması .....                 | 34 |
| 4.2 | f-SWARA Yöntemiyle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.....                   | 37 |
| 4.3 | f-SWARA&f-VIKOR Yöntemiyle Risk Analizi Uygulaması.....                      | 39 |
| 4.4 | Yeni Hibrit f-SC Yöntemiyle Risk Analizi Uygulaması .....                    | 43 |
| 4.5 | Üç Farklı Yöntemle Yapılan Risk Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması ..... | 50 |
| 5   | TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME .....                                              | 54 |
| 6   | SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                      | 57 |
|     | KAYNAKÇA .....                                                               | 59 |
|     | ÖZGEÇMİŞ.....                                                                | 67 |

## TEŞEKKÜR

Bu zorlu tez dönemi süresince çalışmalarına ivme kazandırarak beni yönlendiren, sıkıntıya düştüğüm zamanlarda bilgi birikimiyle tezime kıymetli katkılarını sunan değerli hocalarım I. danışmanım Prof. Dr. Bülent MERTOĞLU ve II. danışmanım Prof. Dr. Hakan TOZAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın başlangıcından bitişine kadar yapmış olduğumuz tez izleme toplantılarında değerli görüş ve düşüncelerini benimle paylaşan, kritik noktalarda önemli katkılar sunan tez izleme komitesinde yer alan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Emin ARCA ve Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI'ya teşekkür ederim.

Tezin yazılması ve düzenlenmesi aşamasında teknik desteğiyle yanımda olan değerli hocam Dr. Kerim ÖZBEYAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteği benden esirgemeyen, dertlerime ortak olan kıymetli babam Hasan HACIBEKTAŞOĞLU ve kıymetli annem Kamuran HACIBEKTAŞOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Yine sıkıntılı zamanlarımda her türlü destek için yanımda olan kız kardeşim Büşra Nur ÜNAL ve erkek kardeşim Muhammet Emin HACIBEKTAŞOĞLU'na da teşekkür ederim.

En zor zamanlarımda hep yanımda olan, karşılaştığımız her türlü güçlükte benimle birlikte emek veren, hiçbir konuda benden desteğini esirgemeyen oğullarım Selim Kaan ve Ali Uras'ın annesi biricik eşim ve meslektaşım Rukiye HACIBEKTAŞOĞLU'na en kalbi duygularıyla teşekkür ederim.

## ÖZET

### BULANIK ÇKKV TABANLI YENİ BİR RİSK ANALİZİ (f-SC)

#### UYGULAMASI: BOYA SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) temel faaliyetlerinden birisi olan risk analizi; işyerlerinde bulunan tehlikelerin ve bu tehlikelerin neden olacağı potansiyel risklerin tespiti ve bu riskler için alınacak önlemlerin belirlenmesindeki en önemli aşamadır. Bu aşamada yapılan bir hata işyerlerinde geri dönüşü olmayan ve istenmeyen iş kazalarının yaşanmasına neden olabilir. Bu sebeple işyerlerindeki İSG ekipleri bu süreci çok dikkatli ve hassas bir şekilde yönetmelidir. Özellikle kullanacakları risk analizi yöntemi mevcut işyerine uygun olmalıdır. Bu çalışma kapsamında yeni hibrit bir risk analizi yöntemi önerilerek daha anlaşılır, sade ve hassasiyeti yüksek bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ülkemizde boya endüstrisinde yer alan bir işletme örneklem olarak seçilmiştir. Bu işletmenin boya üretim prosesinin gerçekleştirildiği kısımda bulunan tehlikeler ve bu tehlikelerden kaynaklanacak risklerin tespiti yapılarak üç farklı yöntemle karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiştir. Önerilen yöntem, f-SC olarak adlandırdığımız, bulanık mantık tabanlı çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden f-SWARA ve f-COPRAS yöntemlerinin geleneksel Fine-Kinney yöntemine entegrasyonundan oluşmaktadır. Fine-Kinney yöntemi ülkemizde KOBİ'lerden büyük kurumsal şirketlere kadar birçok işyerinde yaygın olarak kullanıldığı için bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir. Öncelikle çalışma kapsamında risklerin değerlendirilmesi için seçilen Fine-Kinney yöntemi kriterleri, olasılık ( $O$ ), frekans ( $F$ ) ve şiddet ( $S$ ), f-SWARA yöntemi yardımıyla ağırlıklandırılmıştır. Mevcut yöntemde kriterler eşit ağırlıklara sahip olduğu için risk öncelik sıralarının belirlenmesinde çeşitli hatalar ortaya çıkmaktadır. Bu hataları minimize etmek için kriterler ilgili yöntemle ağırlıklandırılmış olup  $O$ ,  $F$  ve  $S$  kriterleri için sırasıyla 0.196, 0.285 ve 0.518 değerleri elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen kriter ağırlık değerleri f-COPRAS yöntemine entegre edilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda tehlikelerin öncelik sıralamaları yapılmış ve risk grupları belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın geçerliliğini göstermek için kullandığımız f-SWARA yöntemi literatürde daha önce risk analizi için kullanılan VIKOR ÇKKV yöntemine entegre edilerek analizler tekrarlanmıştır. Böylece geleneksel Fine-Kinney, f-SWARA&f-VIKOR ve

önerilen f-SC yöntemi ile risk analizleri yapılarak üçlü karşılaştırma yapılmıştır. Çalışma sonucunda literatüre tespit edilen şu katkılar sunulmuştur: (1) risk analizi uygulamalarında kriterler ağırlıklandırılmalıdır, (2) risk skoru belirlenirken yapılan kriter değerlendirilmesinde sözel terimlerin kullanılması analizi daha duyarlı ve uygun hale getirmektedir, (3) risk analizlerinde geleneksel yöntemler yerine ÇKKV yöntemlerinin kullanılması mevcut belirsizliklerin giderilmesine yardımcı olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İş sağlığı ve güvenliği, risk analizi, bulanık mantık, f-SWARA, f-COPRAS, f-SC



## **ABSTRACT**

### **APPLICATION OF A NOVEL FUZZY MCDM BASED RISK ANALYSIS ( f-SC): THE CASE OF PAINT INDUSTRY**

Risk analysis, which is one of the basic activities of Occupational Health and Safety (OHS) is the most important step in determining the hazards and the potential risks occurring from them in the workplace and determining the measures to be taken for these risks. A mistake made at this stage can cause irreversible and unwanted work accidents in the workplace. For this reason, the OHS teams in the workplaces have to manage this process very carefully and sensitively. Especially, the chosen risk analysis method should be suitable for the current workplace. In this study, it is aimed to develop a more understandable, simple and sensitive method by proposing a new hybrid risk analysis method. For this purpose, a company in the paint industry in our country has been selected. The hazards in the environment where the paint production process of this enterprise is carried out and the risks that may arise from these hazards were determined and analyzed comparatively with three different methods. The proposed method consists of the integration of f-SWARA and f-COPRAS methods, which are fuzzy logic based multi-criteria decision making (MCDM) methods, which we call the f-SC method, into the traditional Fine-Kinney method. The Fine-Kinney method was preferred within the scope of this study as it is widely used in many workplaces from SMEs to large corporate companies in our country. First of all, the Fine-Kinney method criteria, probability ( $O$ ), exposure ( $F$ ) and severity ( $\$$ ), were selected for the evaluation of risks within the scope of the study. Then, they were weighted with the help of f-SWARA method. In the current method, since the criteria have equal weights, various errors occur in the determination of risk priority orders. In order to minimize these errors, the criteria were weighted with the relevant method and the values of 0.196, 0.285 and 0.518 were obtained for the  $O$ ,  $F$  and  $\$$  criteria, respectively. Then, the obtained criterion weight values were integrated into the f-COPRAS method and the analysis was performed. As a result of the analysis, priority rankings of the hazards were made and risk groups were determined. In addition, the f-SWARA method used for the criteria weighting was integrated with the VIKOR MCDM method which was used for risk analysis in the literature to show the validation of the study, and the

analyses were repeated. Thus, a triple comparison was made by performing risk analyses with the traditional Fine-Kinney, f-SWARA&f-VIKOR and the proposed f-SC method. As a result of the study, the following contributions were made to the literature: (1) the criteria should be weighted in risk analysis applications, (2) while determining the risk score, using of linguistic terms in the evaluation of the criteria makes the analysis more sensitive and convenient, (3) the use of MCDM methods instead of traditional methods in risk analysis helps to eliminate existing uncertainties.

**Keywords:** Occupational health and safety, risk analysis, fuzzy logic, f-SWARA, f-COPRAS, f-SC



## **YENİLİK BEYANI**

### **BULANIK ÇKKV TABANLI YENİ BİR RİSK ANALİZİ (f-SC) UYGULAMASI: BOYA SEKTÖRÜ ÖRNEĞİ**

Bu tez çalışması kıymetli danışman hocalarımın danışmanlığında ve tez izleme komitesinde yer alan hocalarımın destek ve katkılarıyla tarafımda hazırlanmıştır. Bu çalışmanın hazırlık süreci de dâhil olmak üzere hiçbir aşmasında herhangi bir etik ihlali yapılmamıştır. Tezin yazımında harici kaynaklardan elde edilen tüm bilgilere metin içinde atıfta bulunularak kaynakça başlığı altında ilgili eserlere yer verilmiştir. Bu çalışma kapsamında herhangi bir etik ihlalim olmadığını beyan ederim.

Bu çalışmada İSG faaliyetlerinden birisi olan risk analizi işlemi için yeni bir yöntem önerisinde bulunulmuştur. Çalışma kapsamında literatürde mevcut olan geleneksel risk analizlerine alternatif olarak yeni bir risk analizi önerisinde bulunularak mevcut yöntemlerdeki belirsizliklerin ve dezavantajların giderilmesi amaçlanmıştır. Bunun için karar verme süreçlerinde yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemleri tercih edilmiştir. Ülkemizde işyerlerinde uygulanan risk analizlerinde çok fazla kullanım alanı olan geleneksel Fine-Kinney yöntemi bu çalışmada geliştirilen f-SWARA ve f-COPRAS bulanık mantık tabanlı ÇKKV yöntemlerine entegre edilerek “f-SC” olarak adlandırdığımız yeni hibrit bir risk analizi yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntem geleneksel yöntemlerin yerine daha uygun, sade ve kullanışlı bir yöntem olarak tüm işyerlerine uygulanabilir.

Süleyman Enes HACİBEKTAŞOĞLU

## SEMBOLLER

|                |                                                     |
|----------------|-----------------------------------------------------|
| $O$            | : Olasılık                                          |
| $F$            | : Frekans                                           |
| $\$$           | : Şiddet                                            |
| $RS$           | : Risk Skoru                                        |
| $f_i^*$        | : En iyi kriter değeri                              |
| $f_i^-$        | : En kötü kriter değeri                             |
| $S_j$          | : Ortalama grup değeri                              |
| $R_j$          | : En kötü grup değeri                               |
| $w_j$          | : Kriter ağırlık değeri                             |
| $Q_j$          | : Maksimum grup fayda değeri                        |
| $C_1$          | : Kabul edilebilir avantaj kümesi                   |
| $C_2$          | : Kabul edilebilir istikrar kümesi                  |
| $BNP$          | : En iyi bulanık olmayan performans değeri          |
| $\bar{X}$      | : Karar matrisi normalize değeri                    |
| $\hat{x}_{ij}$ | : Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi değeri |
| $P_i$          | : Kriterlerin büyük öznitelik değerleri toplamı     |
| $R_i$          | : Kriterlerin küçük öznitelik değerleri toplamı     |
| $R_{min}$      | : En küçük $R_i$ değeri                             |
| $Q_i$          | : Alternatiflerin göreceli ağırlık değeri           |
| $K$            | : En iyilik ölçütü değeri                           |
| $N_i$          | : Öncelik değeri                                    |
| $T$            | : Tehlike                                           |

## KISALTMALAR

|               |                                                                                                                           |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>İSG</b>    | : İş Sağlığı ve Güvenliği                                                                                                 |
| <b>FMEA</b>   | : Hata Türü Etkileri ve Analizi                                                                                           |
| <b>HAZOP</b>  | : Tehlike ve İşletilebilirlik Analizi                                                                                     |
| <b>FTA</b>    | : Hata Ağacı Analizi                                                                                                      |
| <b>ETA</b>    | : Olay Ağacı Analizi                                                                                                      |
| <b>ÇKKV</b>   | : Çok Kriterli Karar Verme                                                                                                |
| <b>SWARA</b>  | : Step-wise – Weight Assessment Ratio Analysis – Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi                              |
| <b>COPRAS</b> | : Complex Proportional Assessment – Karmaşık Oransal Değerlendirme                                                        |
| <b>VIKOR</b>  | : Vlse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje – Çok Ölçütlü Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm                        |
| <b>f-SC</b>   | : f-SWARA&f-COPRAS                                                                                                        |
| <b>AHP</b>    | : Analitik Hiyerarşi Prosesi                                                                                              |
| <b>TOPSIS</b> | : Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution - İdeal Çözüme Benzerlik Yoluyla Tercih Sıralama Tekniği |
| <b>KV</b>     | : Karar Verici                                                                                                            |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. Üçgensel bulanık sayı .....                                                                                         | 18 |
| Şekil 2. VIKOR yönteminde ideal ve uzlaşık çözüm.....                                                                        | 22 |
| Şekil 3. f-SWARA&f-VIKOR yöntemi aşamaları.....                                                                              | 24 |
| Şekil 4. Önerilen yöntemin şematik gösterimi .....                                                                           | 28 |
| Şekil 5. f-SWARA&f-VIKOR yöntemine göre alternatiflerin/tehlikelerin $Q_j$ değerleri                                         | 42 |
| Şekil 6. f-SWARA&f-VIKOR yöntemine göre tehlikelerin risk grupları .....                                                     | 43 |
| Şekil 7. f-SC yöntemine göre alternatiflerin/tehlikelerin $N_i$ değerleri .....                                              | 47 |
| Şekil 8. f-SC yöntemiyle yapılan analizle belirlenen $N_i$ değerlerine göre tehlikelerin/alternatiflerin risk sınıfları..... | 48 |
| Şekil 9. Alternatiflerin/tehlikelerin yapılan risk analizlerine göre öncelik sırası karşılaştırması.....                     | 52 |
| Şekil 10. Alternatiflerin/tehlikelerin yapılan risk analizlerine göre tehlike grubu karşılaştırması.....                     | 53 |

## TABLO LİSTESİ

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> Olasılık değerleri [6, 17, 45].....                                                                                   | 16 |
| <b>Tablo 2.</b> Frekans değerleri [6, 17, 45].....                                                                                    | 17 |
| <b>Tablo 3.</b> Şiddet değerleri [6, 17, 45] .....                                                                                    | 17 |
| <b>Tablo 4.</b> Risk düzeyi sınıflandırması [6, 17, 45] .....                                                                         | 18 |
| <b>Tablo 5.</b> Üçgensel bulanık sayılar için matematiksel işlemler .....                                                             | 19 |
| <b>Tablo 6.</b> Tehlikeler/alternatifler için kullanılan sözel terimlerin bulanık sayı karşılıkları .....                             | 25 |
| <b>Tablo 7.</b> Kriter değerlendirilmesi için kullanılan sözel terimler.....                                                          | 29 |
| <b>Tablo 8.</b> Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan sözel terimler .....                                                | 30 |
| <b>Tablo 9.</b> Örnek çalışmanın yapıldığı işyerinde yapılan geleneksel Fine-Kinney risk analizi uygulaması .....                     | 35 |
| <b>Tablo 10.</b> Kriterlerin uzmanlar tarafından f-SWARA yöntemiyle ağırlıklandırılması .                                             | 37 |
| <b>Tablo 11.</b> KV1'in değerlendirmesine göre hesaplanan kriter ağırlık değerleri .....                                              | 38 |
| <b>Tablo 12.</b> Karar vericilerin kriterler için belirledikleri kriter ağırlık değerleri.....                                        | 38 |
| <b>Tablo 13.</b> Tehlikelere ait kriterlerin f-SWARA&f-VIKOR yöntemine göre karar vericiler tarafından sözel terimlerle ifadesi ..... | 39 |
| <b>Tablo 14.</b> Durulaştırılmış değerler .....                                                                                       | 40 |
| <b>Tablo 15.</b> f-VIKOR yöntemiyle yapılan hesaplamalar ile elde edilen değerler .....                                               | 40 |
| <b>Tablo 16.</b> Tehlikelere ait $S_j$ , $R_j$ , $Q_j$ değerleri ve tehlikelerin öncelik sıralaması .....                             | 41 |
| <b>Tablo 17.</b> f-SWARA&f-VIKOR yönteminde alternatiflerin/tehlikelerin $Q_j$ değerlerine göre risk sınıfları.....                   | 42 |
| <b>Tablo 18.</b> Tehlikelere ait kriterlerin f-SC yöntemine göre karar vericiler tarafından sözel terimlerle ifadesi .....            | 44 |
| <b>Tablo 19.</b> Alternatifler için belirlenen durulaştırılmış değerler .....                                                         | 44 |
| <b>Tablo 20.</b> Alternatiflerin normalize değerleri .....                                                                            | 45 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 21.</b> Alternatifler için hesaplanan $Q_i$ ve $N_i$ değerleri ve sıralanması.....                  | 46 |
| <b>Tablo 22.</b> Tehlikeler/Alternatifler için belirlenen risk sınıfları ve seviyeleri .....                 | 48 |
| <b>Tablo 23.</b> Mevcut tehlikeler için alınması önerilen tedbirler.....                                     | 49 |
| <b>Tablo 24.</b> Risk analiz yöntemlerine göre tehlikelerin risk öncelik sıralamaları ve risk grupları ..... | 50 |



# 1 GİRİŞ

Teknolojide yaşanan gelişmeler dolayısıyla işyerlerinde makineleşme artmış, bununla birlikte emek yoğun çalışma oranında azalma olmuştur. Buna rağmen İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) alanında makineleşme etkisiyle yeni tehlike kaynakları ortaya çıkmıştır. Bu sebeple işyerlerinde ölüm veya yaralanmayla sonuçlanan birçok iş kazası meydana gelmektedir [1–3]. İSG faaliyetleri işyerlerinde yürütülen proseslerden kaynaklı oluşabilecek tehlikeleri belirleme ve bu tehlikelerin neden olacağı riskleri tespit ederek ortadan kaldırmayı hedeflemektedir [4, 5]. Her işyeri kendisine has farklı ya da diğer işyerleriyle benzer tehlike kaynaklarına sahip olabilir. Bu tehlikelerin eksiksiz ve doğru olarak tespit edilmesi risk değerlendirme sürecinin en önemli adımlarından birisidir. Bu durum işyerlerinde uygulanacak risk analizi yönteminin o işyerinin doğasına uygun olmasının gerekliliğini göstermektedir.

## 1.1 İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı ve Tanımlar

Dünya üzerinde İSG kavramının varlığı her ne kadar eski tarihlere dayansa da ülkemizde son yıllarda önem kazanmış ve gündem olmaya başlamıştır. Özellikle 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile İSG faaliyetlerinin kontrol altına alınması ve işyerlerinde karşılaşılabilecek kazalara karşı çalışan güvenliğinin sağlanması hedeflenmiştir [3, 6]. İlgili kanuna ek olarak yürürlüğe giren çok sayıda yönetmelikle çeşitli iş kollarındaki işyerlerinde hemen her proses için yasal bir sorumluluk oluşturulmuştur. Ayrıca bu kanunla birlikte işyerlerinde İSG faaliyetlerinin belirlenmesi, yürütülmesi ve devamlılığının sağlanması için yeni bir meslek grubu olarak iş güvenliği uzmanlığı ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda iş yerleri sırasıyla az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Bu tehlike sınıflarına göre az tehlikeliden çok tehlikeliye çalışabilecek uzmanlar için sırasıyla C, B ve A sınıfı iş güvenliği uzmanlığı oluşturulmuştur [5, 7]. Bu uzmanlar “İş Güvenliği Uzmanlarının Görev, Yetki, Sorumluluk ve Eğitimleri Hakkında Yönetmelik”inde yer alan belirli koşulları sağlaması kaydıyla bir üst sınıfa terfi edebilmektedir.

6331 sayılı kanunla işyerlerindeki mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının uygulanacak İSG faaliyetleriyle iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kanunla işyerlerinde çalışandan

işverene kadar herkesin görev, yetki ve sorumlulukları belirlenmiştir. Kamu veya özel sektör ayrımı olmaksızın ilgili kanun hükümleri, Türk Silahlı Kuvvetleri gibi birkaç sektör haricinde, tüm işyerleri için uygulanmaktadır. Bu kanunda yer alan bazı kavramlara ait tanımlar şu şekildedir:

- Çalışan: Kendi özel kanunlarındaki statülerine bakılmaksızın kamu veya özel işyerlerinde istihdam edilen gerçek kişidir.
- Çalışan temsilcisi: İSG ile ilgili çalışmalara katılma, izleme, tedbir alınmasını isteme, tekliflerde bulunma ve benzeri konularda çalışanları temsil etmeye yetkili çalışandır.
- Destek elemanı: Asli görevinin yanında İSG ile ilgili önleme, koruma, tahliye, yangınla mücadele, ilk yardım ve benzeri konularda özel olarak görevlendirilmiş uygun donanım ve yeterli eğitime sahip kişidir.
- İş güvenliği uzmanı: İSG alanında görev yapmak üzere Bakanlıkça yetkilendirilmiş, iş güvenliği uzmanlığı belgesine sahip mühendis, mimar veya teknik elemandır.
- İş kazası: İşyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen özre uğratan olaydır.
- İşveren: Çalışan istihdam eden gerçek veya tüzel kişi yahut tüzel kişiliği olmayan kurum ve kuruluşlardır.
- İşyeri: Mal veya hizmet üretmek amacıyla maddi olan ve olmayan unsurlar ile çalışanın birlikte örgütlendiği, işverenin işyerinde ürettiği mal veya hizmet ile nitelik yönünden bağlılığı bulunan ve aynı yönetim altında örgütlenen işyerine bağlı yerler ile dinlenme, çocuk emzirme, yemek, uyku, yıkanma, muayene ve bakım, beden ve mesleki eğitim yerleri ve avlu gibi diğer eklentiler ve araçları da içeren organizasyondur.
- İşyeri hekimi: İSG alanında görev yapmak üzere Bakanlıkça yetkilendirilmiş, işyeri hekimliği belgesine sahip hekimdir.
- İşyeri sağlık ve güvenlik birimi: İşyerinde İSG hizmetlerini yürütmek üzere kurulan, gerekli donanım ve personele sahip olan birimdir.
- Meslek hastalığı: Mesleki risklere maruziyet sonucu ortaya çıkan hastalıktır.

- Önleme: İşyerinde yürütülen işlerin bütün safhalarında İSG ile ilgili riskleri ortadan kaldırmak veya azaltmak için planlanan ve alınan tedbirlerdir.
- Risk: Tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimalidir.
- Risk değerlendirmesi: İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalardır.
- Tehlike: İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyelidir.
- Tehlike sınıfı: İş sağlığı ve güvenliği açısından, yapılan işin özelliği, işin her safhasında kullanılan veya ortaya çıkan maddeler, iş ekipmanı, üretim yöntem ve şekilleri, çalışma ortam ve şartları ile ilgili diğer hususlar dikkate alınarak işyeri için belirlenen tehlike grubudur.
- Teknik eleman: Teknik öğretmen, fizikçi ve kimyager unvanına sahip olanlar ile üniversitelerin iş sağlığı ve güvenliği programı mezunlarıdır.
- İşyeri hemşiresi: 25/2/1954 tarihli ve 6283 sayılı Hemşirelik Kanununa göre hemşirelik mesleğini icra etmeye yetkili, İSG alanında görev yapmak üzere Bakanlıkça yetkilendirilmiş işyeri hemşireliği belgesine sahip hemşire/sağlık memurudur.

## **1.2 Karar Verme Süreci ve Unsurları**

Literatürde çeşitli tanımlamaları olan karar verme kavramı genellikle belirlenen kriterlerin yardımıyla eldeki seçenekler içerisinde en uygun olanın seçilmesi şeklinde ifade edilmektedir. Gerçek hayatta her an karşılaştığımız karar verme eylemi en basitten en karmaşık olaya kadar her problemde kullanılmaktadır. Bu eylem bir çözüm sürecidir. Özellikle yetersiz bilgi ve verilerin bulunduğu karmaşık sözel belirsizlikler içeren faktörlerin yer aldığı durumlarda zorlu bir süreç olmaktadır. Bu belirsizlikler ilgili süreçte bulanık mantık kullanılarak ortadan kaldırılabilir [8–10].

Karar analizi yapılırken şu adımlar dikkatle uygulanmalıdır [8, 11, 12]:

- Problemin tanımlanması
- Bütün muhtemel alternatiflerin listelenmesi
- Karar verme süreci dışındaki potansiyel olayların tespiti
- Bütün alternatiflerin olayların tamamı için elde edeceği sonuçları ifade eden karar tablosunun oluşturulması
- Uygun olan karar modelinin seçimi
- Seçilen modelin uygulanması ve uygun alternatifin seçilmesi

Belirli alternatiflerin bulunduğu durumlarda amaçlara göre yönlendirilmiş insan davranışlarıyla ilgilenen karar teorileri genellikle normatif ve deskriptif olarak iki başlığa ayrılmaktadır [8, 12–14].

- Normatif teoriler: Nasıl karar alınacağı ile ilgilidir. Akıl ve mantık esaslı kararlar verilmesini sağlamaktadır. Kural koyucu olan bu teori sınıfının kullanım alanı oldukça sınırlıdır.
- Deskriptif teoriler: Bu teoride verilen bir kararın gerçekte nasıl alındığının açıklayıcı bir analizi yapılmaktadır. ÇKKV teorileri normatif ya da tanımlayıcı olabilmektedir.

Çok adımlı bir süreç olan karar verme; amaç, hedef ve stratejilerin bir sistem bütünlüğü içerisinde ele alınmasını gerektirmektedir. Karar verme süreçlerinde kararı oluşturan temel unsurların önceden tespit edilmesi gereklidir. Bu unsurları şu şekilde sayabiliriz [8, 12, 15]:

- Karar vericiler
- Amaç
- Karar kriterleri
- Alternatifler
- Olaylar
- Kriter Ağırlığı
- Ölçme
- Sonuç

Herhangi bir durum için alınacak karar amaca ve kimler tarafından alındığına bakılmaksızın çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu faktörleri şöyle özetleyebiliriz [8, 12]:

- İyi karar verememe endişesi
- Karar verme ortamı
- Zaman
- Kararın getirdiği risk
- Psikolojik faktörler
- Karar vericinin özellikleri
- Mevcut bilgi miktarı ve çeşidi
- Daha önce alınan kararlar
- Yazılı kurallar

### **1.3 İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi**

6331 sayılı İSG kanunda da tanımlandığı gibi risk değerlendirmesi; işyerlerinde mevcut olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikeler ve bu tehlikelerden kaynaklı olarak ortaya çıkabilecek risklerin tespit edilmesi işlemidir. Literatürde risk değerlendirmesi prosesinde kullanılan çeşitli risk analiz yöntemleri bulunmaktadır. İşyerlerinde yapılan analizlerde; L Tipi Matris, 5x5 Matris, Fine Kinney, Hata Türü Etkileri ve Analizi (FMEA), HAZOP, Hata Ağacı Analizi (FTA), Olay Ağacı Analizi (ETA) gibi çeşitli nicel ve nitel risk analizi yöntemleri tercih edilmektedir. Kullanılacak analiz yöntemi o işyerinde yürütülen işe uygun olarak seçilmelidir. Bu analiz yapılırken işyerlerinde risklere neden olabilecek tehlikelerin tespiti dikkatle ve özenle yapılmalıdır [6, 16].

Risk analizi yapılırken bir tehlikeye ait risk skorunun belirlenmesi işlemi sürecin önemli aşamalarından birisidir. Çünkü İSG faaliyetleri kapsamında alınacak önlemler ve bu önlemlerin uygulanması için gerekli zaman aralıkları bu risk skoruna göre belirlenmektedir. Bu aşamada yapılacak bir hata öncelikli olarak alınması gereken bir önlemin daha geç alınmasına neden olabilir. Bu durum işyerlerinde istenmeyen ölüm veya yaralanmayla sonuçlanan iş kazalarının yaşanmasına yol açabilir. Bu sebeple risk analizi için potansiyel tehlikelerin ve tehlike kaynaklarının tespitinin çok iyi yapılması gerekmektedir. Ayrıca seçilen risk analizinin işyerine uygun, hassas ve duyarlı bir yöntem olması oldukça önemlidir [17, 18].

#### 1.4 Risk Değerlendirmesinde ÇKKV Yöntemlerinin Kullanımı

Günümüzde karar verme işlemi gerektiren durumlarda çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu yöntemlerle basitten karmaşığa tüm durumlar için doğru kararın alınması hedeflenmektedir. Literatürde ÇKKV yönteminin farklı alanlarda çeşitli amaçlar için kullanıldığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır. Bu bağlamda bu yöntemlerin iş güvenliği alanında da kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir [19].

ÇKKV yöntemlerinde etkili ve doğru bir karar almak için en önemli adım ilgili kriterlerin belirlenmesidir. İşyerlerinde yapılan risk analizleri için kullanılan geleneksel analiz yöntemlerinde genellikle risk skoru kriterlere verilen nümerik değerlerin çarpımı ile elde edilmektedir. Bu sebeple bu yöntemlerle yapılan analizler belirsizlikler ve dezavantajlı durumlar içermektedir. Her ne kadar geleneksel yöntemlerde kriterlere verilen sayısal değerlerin bir anlamı olsa da mevcut belirsizliklerin ve dezavantajların ortadan kaldırılması için bunların yerine sözel terimlerin kullanılması karar vericiler için daha uygun ve anlamlı olacaktır. Bu işlem için en uygun yöntem olarak bulanık mantık kullanılmaktadır. Karar vericilerin ilgili kriterleri sözel terimlerle değerlendirmesiyle hem daha anlamlı sonuçlar alınmış hem de muhtemel insan hatalarının önüne geçilmiş olacaktır [20].

Karar verme analizlerinde kriterler birbirinden farklı önem derecesine sahip olduğundan birbirine göre değerlendirilerek önem seviyeleri belirlenmektedir. Bu durum risk analizleri için de böyle olmalıdır fakat kullanılan geleneksel yöntemlerde kriterler eşit önem derecesine sahipmiş gibi değerlendirilerek eşit ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Örneğin, geleneksel Fine-Kinney yöntemiyle olasılık ( $O$ ), frekans ( $F$ ) ve şiddet ( $\$$ ) değerleri sırasıyla 6, 6 ve 3 olarak belirlenmiş bir tehlike ile bu değerleri sırasıyla 1, 2 ve 40 olarak belirlenen bir tehlike karşılaştırıldığında risk skorunun ilk durum için “108”, ikinci durum için “80” olduğu görülmektedir. Bu durumda şiddet skalasına göre ölümle ya da ağır yaralanmayla sonuçlanması muhtemel bir tehlike basit yaralanmayla sonuçlanabilecek bir tehlikeden daha önemsiz görünmektedir. Bu nedenle ilgili kriterler uygun yöntemler yardımıyla ağırlıklandırılarak bu dezavantajlı durum ortadan kaldırılabılır [6].

Bu çalışmada boya sektöründe yer alan bir işletme için geleneksel Fine-Kinney yöntemi f-SWARA ve f-COPRAS ÇKKV yöntemleri yardımıyla modellenerek bulanık mantık tabanlı yeni hibrit f-SC yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde öncelikle Fine-Kinney yönteminde yer alan *O*, *F*, *Ş* kriterleri f-SWARA yöntemiyle 10 iş güvenliği uzmanı yardımıyla ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra, her bir tehlike f-COPRAS yöntemi yardımıyla değerlendirilerek risk analizi tamamlanmıştır.

### 1.5 Çalışmanın Amacı

Ülkemizde 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile işyerlerinde iş güvenliği uzmanı bulundurulması ya da ilgili birimlerden İSG faaliyetleri için destek alınması zorunlu hale gelmiştir. Buna bağlı olarak *İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği*'ne göre işyerlerinde yapılacak olan risk değerlendirmeleri de iş güvenliği uzmanları tarafından tehlike sınıfına göre sırasıyla az tehlikeli için 6 yılda bir, tehlikeli için 4 yılda bir, çok tehlikeli için de 2 yılda bir olarak uygulanmak zorundadır. Bu sebeple iş yerlerinde uygulanacak olan risk analizlerinin tespiti büyük önem arz etmektedir. Literatürde kullanılan risk analizleri genellikle nümerik hesaplara dayalı yapıldığından belirsizlikler içermektedir. Bu çalışma kapsamında önerdiğimiz bulanık ÇKKV tabanlı f-SC yeni hibrit risk analizi yöntemiyle ülkemizde yaygın kullanılan geleneksel Fine-Kinney risk analizi yönteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bunun için Fine-Kinney'deki olasılık, frekans ve şiddet kriterleri öncelikle sözel terimler kullanılarak bulanık mantık tabanlı SWARA ÇKKV yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Sonrasında ağırlıklandırılmış kriterler yine bulanık mantık tabanlı COPRAS ÇKKV yöntemine entegre edilerek ilgili analizler tamamlanmıştır. Geliştirilen bu yeni hibrit yöntemle işyerlerinde uygulanan risk analizlerinde nümerik değerler yerine karar vericiler/uzmanlar için daha uygun olan sözel terimler kullanılması ve bu değerlerin bulanık mantık yardımıyla tekrar nümerikleştirilmesiyle insan kaynaklı belirsizliklerin ve sınırlılıkların ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Ayrıca bu yöntemle tüm uzmanlar birbirinden bağımsız skora yapabilmektedir. Yine geliştirilen bu yöntem yardımıyla mevcut tehlikelerin ve bu tehlikelerden kaynaklı meydana gelecek risklerin daha doğru ve hassas bir biçimde sınıflandırılması ve sıralanması amaçlanmıştır.

## 1.6 Çalışmanın Kapsam ve Sınırlılıkları

Bu çalışma kapsamında işyerlerindeki İSG faaliyetlerinde İSG ekipleri tarafından kullanılmak üzere karar vericiler için daha uygun ve anlamlı olan yeni bir risk analizi yöntemi önerilmiştir. Önerilen bu yöntem için örneklem olarak ülkemizde boya endüstrisinde faaliyet gösteren bir işyeri seçilmiştir. Kimyasalların yoğun olarak kullanıldığı boya sektörü çok tehlikeli sınıfta yer alan iş kollarındandır. Bu nedenle bu sektör için yapılacak risk analizi çalışmaları işyerine uygun ve hassas olmalıdır. Seçilen bu işyeri büyük entegre bir tesis olduğundan çalışma; ilgili tesisin su bazlı boya üretimi yapılan kısmı ve siloların bulunduğu alan için tespit edilmiş 42 tehlike ile sınırlandırılmıştır. Bu 42 tehlike önerdiğimiz yeni hibrit f-SC risk analizi yöntemi ve literatürde daha önce kullanılmış olan f-VIKOR yöntemiyle analiz edilecektir. İlgili analizler sonrasında f-SC, f-SWARA&f-VIKOR ve geleneksel Fine-Kinney yöntemleri ile elde edilen sonuçlar kıyaslanacaktır.

Bu çalışmanın sınırlılığı önerilen yöntemde Fine-Kinney risk analizi metodunun kriterlerinin esas alınmış olmasıdır. Literatürdeki diğer geleneksel risk analiz yöntemlerinden farklı biri tercih edilseydi farklı sonuçlara ulaşılabilirdi. Çünkü kullanılan kriterler seçilen yöntemle göre değişiklik arz etmektedir. Fine-Kinney'in bu çalışmada tercih edilme sebebiyse ülkemizde çok yaygın olarak kullanılmasıdır.

## 2 LİTERATÜR TARAMASI

Günümüzde ÇKKV yöntemlerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu sebeple işyerlerinde risk değerlendirmesi işlemleri de bir karar verme eylemi gerektirdiğinden İş Güvenliği alanında da bu yöntemlerin kullanımında artış olmuştur. Literatürde ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı yöntem olarak diğer bir kısmı yöntemle birlikte uygulama alanı olarak çalışmamıza örnek teşkil etmektedir. İlgili çalışmaları kronolojik olarak şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Wang ve Xie açık denizlerde meydana gelen bir yangın üzerine örnek bir risk analizi çalışması yapmışlardır. Burada yöntem olarak bulanık mantık tabanlı hata ağacı analizi yöntemini kullanmışlardır. Ayrıca olayların muhakemesini yapma bakımından bulanık mantıktan daha kapsamlı bir yöntem olan Bayes ağlarını bulanık mantığa entegre ederek yeni bir yöntem önermişlerdir. Yaptıkları örnek çalışmada bulanık mantığın doğrudan Bayes ağlarına entegre olabileceğini ve bu ağların marjinal durumun öngörülmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Önerilen bu entegre yöntemin geleneksel hata ağacı analizi yöntemine göre daha esnek ve kullanışlı olduğunu ifade etmişlerdir [21].
- Petrol rafinerilerinde sıklıkla karşılaşılan ve insan hayatının kaybedilmesi, çevre kirliliği ve ekonomik kayıplara yol açan kazalardan birisi olan yağ tankı yangını ve patlaması üzerine Wang ve arkadaşları tarafından 2013 yılında bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada yağ tankı patlamalarına neden olan olaylar belirlenmiş ve bu olaylar için hata ağacı oluşturulmuştur. Ancak yetersiz veriler nedeniyle geleneksel olarak yapılan hata ağacı analizi yönteminde belirsizliklerin var olduğunu belirterek bulanık mantık tabanlı yeni bir analiz yöntemi önermişlerdir. Önerdikleri yeni yöntemin mevcut belirsizliklerin ortadan kalkmasına katkı sağladığını ifade etmişlerdir [22].
- Kou ve arkadaşları 2014 yılında işyerlerindeki mevcut finansal riskler için TOPSIS, DEA, ve VIKOR ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı bir risk analizi yöntemi geliştirmişlerdir. Bu yöntemle finansal riskler için popüler kümeleme algoritmalarının seçimi için bir sıralama yapmışlardır. Ayrıca yöntemin

geçerliliğini göstermek için örnek bir çalışma da uygulamışlardır. Çalışma sonucunda ÇKKV yöntemlerinin kümeleme algoritmalarının değerlendirilmesinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir [23].

- Liu ve arkadaşları 2014 yılında acil durum müdahalesi sırasında karar verme işlemi için hata ağacı analizi yöntemini kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Acil durum senaryolarının tahminini, oluşturdukları hata ağacı yardımıyla gerçekleştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu yöntemi örnek olarak bulaşıcı bir hastalık olan H1N1 için uygulamışlardır [24].
- Lavasani ve arkadaşları yangın, patlama ve toksik gaz salınımı gibi olayların görüldüğü petrokimya sektörü üzerine 2015 yılında bir risk değerlendirmesi çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada yöntem olarak bulanık mantık tabanlı hata ağacı analizi yöntemini kullanmışlardır. Yeterli verinin elde edilmiş olması niceliksel hata ağacı analizi yöntemi için oldukça önemlidir. Bundan dolayı bulanık tabanlı hata ağacı analizi kullanarak kalitatif bir çözüm bulanık mantık yardımıyla nümerikleştirilmiştir [25].
- Rajakarunakaran ve arkadaşları 2015 yılında LPG yakıt ikmal istasyonunda bulunan LPG tankları üzerine hata ağacı risk analizi yöntemini kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışmada oluşturulan hata ağacı, uzmanlardan alınan sözel ifadelerle derecelendirilmiş daha sonra bulanık mantık yardımıyla sayısallaştırılarak skorlanmıştır. Mevcut yöntemdeki belirsizliklerin giderilmesi adına yaptıkları bu çalışmanın literatüre katkı sağladığını ifade etmişlerdir [26].
- 2015 yılında Güneri vd. tarafından küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ) için en uygun risk değerlendirme yönteminin seçilmesi ile ilgili bulanık mantık tabanlı AHP yönteminin kullanıldığı bir çalışma yapılmıştır. Örnek çalışma için dokuma-baskı-karton etiketleme yapan bir işyeri tercih etmişlerdir. Bu çalışma için kapsam, pratiklik, maliyet ve hassasiyet olarak dört kriter belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda karar verme yöntemlerinin şirketler için risk değerlendirme yöntemi seçiminde faydalı olduğunu vurgulamışlardır [27].
- Othman vd. tarafından 2015 yılında yapılan bir çalışmada HAZOP risk analizinde AHP yöntemiyle tehlikelerin önceliklendirilmesi yapılmıştır. Önerilen yöntemle tehlikeler için hem önceliklendirme hem de nicel analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemin etkinliğini göstermek için iki

örnek çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda önerilen yöntemin tehlikelerin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi işlemi için kullanışlı olduğunu tespit etmişlerdir [28].

- Dağsuyu ve arkadaşları 2016 yılında yapmış oldukları çalışmalarında sağlık sektörünün en riskli yerlerinden birisi olan sterilizasyon odalarındaki mevcut tehlikeler ve bu tehlikelerden kaynaklı risklerin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında yapılan risk analizi için Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemini kullanmışlardır. Yapılan risk analizi daha sonra bulanık mantıkla modellenerek yeni bir yöntem olarak sunulmuştur. Ayrıca 5x5 matris yöntemiyle de aynı yer için risk analizi gerçekleştirilerek önerilen yeni yöntemle kıyaslanmıştır. Çalışma sonucunda önerdikleri yöntemin daha etkin olduğunu ifade etmişlerdir [16].
- Gül ve Çelik tarafından 2017 yılında büyük ve kalabalık şehirler için en önemli taşıma sistemlerinden birisi olan demiryolu taşımacılığı üzerine bir risk analizi çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada bulanık mantık tabanlı oluşturdukları Fine-Kinney risk analizi yöntemini kullanmışlardır. Burada geleneksel Fine-Kinney yönteminde yer alan rakamlara dayalı numaralandırma yerine öncelikle sözel ifadelerle risk skoru belirlenmiş ve daha sonra bulanık mantık yardımıyla sayısallaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir [29].
- Muhammet Gül ve arkadaşları 2017 yılında yapmış oldukları bir makale çalışmasında denizcilik sektöründe yer alan balast tankı için hibrit bir risk analizi metodu geliştirmişlerdir. Bu çalışmada yapılan sektöre ait Fine Kinney risk analizinin AHP ve VIKOR yöntemleri kullanarak bulanık mantık modellemesini yapmışlardır. Çalışma sonucunda önerdikleri metodun pratik ve kullanışlı olduğunu söylemişler ve farklı sektörlerle de uyarlanabileceğini belirtmişlerdir [17].
- 2017 yılında Ali Kokangül ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Fine Kinney risk analizini AHP yöntemi ile modellenmiştir. Burada AHP kategorize edilen tehlikelerin belirlenmesinde ve skorlanmasında kullanılmıştır. Yapmış oldukları bu çalışma ile risk analizindeki yorumlama farklarını minimize etmeye çalışmışlardır [30].

- 2017 yılında Yazdi ve Kabir tarafından yapılan çalışmada proses endüstrilerindeki risk değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılan geleneksel hata ağacı analizi yöntemine yeni bir metot önerisinde bulunulmuştur. Yapılan çalışmada bayes ağları kullanılarak hata ağacı analizi bulanık mantıkla modellenmiştir. Geleneksel hata ağacı analizinin hatalardaki belirsizliklerin giderilmesinde zorlandığını, yeni önerilen yöntemin bu konuda daha iyi çalıştığını vurgulamışlardır. Ayrıca önerilen metodu örnek olarak etilen üretim tesisi üzerinde uygulamışlardır [31].
- Gül ve Ak 2018 yılındaki çalışmalarında 5x5 matris ile yapılmış bir risk analizinin hem pisagor bulanık kümeler esaslı Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP) yöntemiyle hem de trapez bulanık kümeler temelli yine ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS metoduyla modellemesini yapmışlar ve yaptıkları bu iki analizin sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma neticesinde her iki metot için benzer sonuçlar elde etmişlerdir [32].
- Fattahi ve Khalilzadeh 2018 yılında yapmış oldukları makale çalışmasında çeşitli endüstrilerde risk değerlendirmesi aşamasında kullanılan analiz metodu olan Hata Türü ve Etkileri Analizi yöntemi ile çelik sektöründe yer alan bir işyeri için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu çalışmada metot olarak hibrit bir yöntem oluşturmuşlar ve geleneksel HTEA yöntemini AHP ile bulanık mantık modellemesi yapmanın yanında zaman, maliyet ve karlılık olarak belirledikleri üç parametre için MULTIMOORA ile bulanık mantık modellemesi yapmışlardır. Bu iki analizin sonuçlarının ağırlıklı ortalamasını alarak elde ettikleri sonuçları değerlendirmişlerdir [33].
- Gül, 2018 yılında ÇKKV risk analiz yöntemlerine dayalı 80 farklı çalışmayı değerlendiren bir derleme çalışması gerçekleştirmiştir. Bu çalışmayla İSG alanındaki güncel konuları ve kullanılan yöntemleri araştırmacılara sunmayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda literatürdeki diğer çalışmalara kıyasla TOPSIS ve VIKOR yöntemleri ile AHP yöntemini kullanan birçok çalışmanın olduğunu tespit etmiştir [34].
- Markowski ve Siuta geleneksel HAZOP yöntemi ve bu yöntemin bulanık tabanlı versiyonunu kullanarak örnek kaza senaryoları üzerinde çalışmışlardır. Sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) depolama tesisi çalışma kapsamında örnek işyeri

olarak seçilmiştir. Kaza senaryolarını belirlemek için kullanılan risk düzeltme indeksini (RCI) geliştirmek için verimlilik indeksi (EI) ve kalite indeksi (QI) kullanmışlardır. Çalışma sonucunda bulanık mantık tabanlı yöntemin geleneksel yönteme göre daha hassas ve avantajlı olduğunu tespit etmişlerdir [35].

- Chen vd. petrol toplama istasyonlarındaki risk seviyelerini düşürmek için 2019 yılında AHP yöntemini bulanık kapsamlı değerlendirme yöntemine entegre ederek örnek bir çalışma yapmışlardır. Örnek işyeri için bir tank birim indeksi, boru birimi indeksi, dijital izleme birim indeksi ve diğer sistemleri içeren bir güvenlik performansı değerlendirme indeks sistemi geliştirmişlerdir. Öncelikle AHP yardımıyla her bir indeksi ağırlıklandırmışlardır. Daha sonra geliştirilen entegre yöntem yardımıyla örnek S işletmesinin risk seviyesinin doğrulamasını yapmışlar ve çalışma sonucunda örnek tesisin düşük risk seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca geliştirdikleri yöntemin petrol toplama istasyonlarındaki risk seviyelerinin geliştirilmesine yardımcı olacağını vurgulamışlardır [36].
- 2020 yılında Simic vd. demiryolu altyapısı için bulanık mantık tabanlı ÇKKV risk analizi çalışması uygulamışlardır. Riskler hakkındaki bilgileri ifade etmek için bulanık kümeleri kullanmışlardır. Ayrıca Tsallis–Havrda–Charvát entropi yardımıyla hibrit bir yöntem uygulamışlardır. Daha sonra alternatiflerin bulanık mantık hesaplamaları ve demiryolu altyapıları için uzlaşık çözüm yöntemi geliştirmişler. Çalışma sonucunda duyarlılık analizi yardımıyla önerilen çalışmanın önemini göstermişlerdir [37].
- Marhavalas vd. 2020 yılında yapmış oldukları çalışmalarında sürdürülebilir mühendislik projeleri için deterministik (DET) ve stokastik (STO) bir sürecin ortak işbirliği ile MCDM-STO/DET olarak adlandırılan yeni bir risk analizi yöntemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada Yunanistan İstihdam Bakanlığı İş Müfettişliği (SEPE) ve Yunanistan Sağlık Bakanlığı Sosyal Sigortalar Kurumu’ndan (IKA) aldıkları 2009-2016 yılları arasındaki gerçek kaza verilerini kullanmışlardır. Çalışma kapsamında örnek uygulama için Yunan inşaat sektörü ve Yunan Telekomünikasyon kurumunu seçmişlerdir. Bu çalışmayla mühendislik projelerinin sürdürülebilirliğinin yanında İSG faaliyetlerinin de geliştirilmesine yardımcı olmayı amaçlamışlardır [38].

- 2020 yılında Marhavilas ve arkadaşları tarafından bir ham petrol işleme tesisinde bulunan potansiyel tehlikelerin belirlenmesi için bulanık mantık tabanlı AHP (f-AHP) ve risk karar matrisiyle (DRMA) entegre edilmiş HAZOP yöntemi önerilmiştir. Önerilen bu yöntemi bu sektörde geliştirmeyi ve uygulamayı amaçlamışlardır. Anormal durumlardaki hata nedenlerini tanımlamak için geleneksel HAZOP yöntemini kullanmışlardır. Ayrıca DRMA yardımıyla risklerin değerlendirmesini yapmışlardır. Daha sonra f-AHP yöntemiyle çalışmayı genişleterek tehlikelerin önceliklendirmesini yapmışlardır [39].
- Marhavilas ve arkadaşları 2020 yılında kükürtlü ham petrol proses endüstrisinin ekonomik, sağlık ve çevresel etkilerine odaklanan geleneksel ve bulanık tabanlı AHP ile entegre bir HAZOP risk analizi uygulamışlardır. Bu çalışmayla geleneksel HAZOP yönteminin uygulanabilirliğini ve önerilen entegre yöntemle tehlike analizinin kullanılabilirliğini göstermeyi amaçlamışlardır. Ayrıca geleneksel HAZOP ile ilgili sektörlerdeki anormal koşullarda potansiyel yıkıcı tehlikeleri belirlemeyi hedeflemişlerdir. Çalışma sonunda önerdikleri bu yöntemin İSG seviyelerini iyileştirmeye yardımcı olduğunu ve karar vericiler için avantajları olduğunu vurgulamışlardır [40].
- Shahri vd. 2021 yılında İran’da bir gaz rafinerisinde risk analizi için kullanılmak üzere Pisagor bulanık mantık tabanlı VIKOR (PF-VIKOR) ÇKKV yöntemini FMEA risk analizi yöntemine entegre ederek yeni bir yöntem önerisinde bulunmuşlardır. Bu çalışmada öncelikle Pisagor bulanık sayılarını kriterleri, Şiddet (Ş), Olasılık (O) ve Fark Edilebilirlik (F) değerlendirmek için kullanmışlardır. Daha sonra bulanık Pisagor sayılarını girdi olarak kabul eden yeni bir yöntem olan k-ortalama kümeleme algoritmasını hata türlerini kümelemek için kullanmışlardır. Son olarak risk kümelerinin analizi için PF-VIKOR yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışma sonunda önerilen yöntemle elde edilen sonuçları geleneksel FMEA yöntemiyle kıyaslamışlardır [41].
- Boral ve Chakraborty tarafından 2021 yılında CNC makineleri için ÇKKV tabanlı bir risk analizi yöntemi uygulanmıştır. Risk analizi için FMEA yöntemini tercih etmişlerdir. Bu çalışmada CNC tezgâhlarında insan hatalarından kaynaklanan arızaları değerlendirmişlerdir. Öncelikle uzmanlar yardımıyla

FMEA yöntemiyle CNC tezgâhlarında işlem uygulanırken karşılaşılan büyük insan hatalarını tanımlamışlardır. Daha sonra, risklerin önceliklendirilmesi için aralıklı tip-2 bulanık küme (IT2FS) ÇKKV yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntemde ÇKKV yöntemi olarak AHP, DEMATEL ve MARCOS yöntemlerini kullanmışlardır. Son olarak riskleri sıralayarak üçlü karşılaştırma yapmışlardır [42].

- 2021 yılında Tabatabaee ve arkadaşları tarafından Bina Bilgi Modellemesi (BIM) tabanlı endüstriyel bina sistemi (IBS) projeleri için risk faktörlerini belirlemek ve değerlendirmek için bulanık mantık tabanlı bir ÇKKV yöntemi geliştirilmiştir. Risk faktörlerini belirlemek ve tanımlamak için Fuzzy Delphi yöntemini kullanmışlardır. Daha sonra, DEMATEL ve Parsimonious-Fuzzy ANP yardımıyla analizleri uygulamışlardır. Bu yöntem anlaşılır bir prosedürle kullanıcılara risk faktörlerinin önceliklendirilmesi için olanak sağlamaktadır [43].
- Wang vd. tarafından 2022 yılında yapılan çalışmada bulanık mantık tabanlı ÇKKV yöntemlerine entegre edilerek yeni bir FMEA yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışmayla geleneksel FMEA yönteminde bulunan dezavantaj ve olumsuzlukları elimine etmeyi amaçlamışlardır. Bu nedenle risk faktörlerini sosyal ağ analizi ve maksimize edici fikir birliği yöntemleriyle subjektif ve objektif olarak ağırlıklandırmışlardır. İdeal çözümü elde etmek için bu faktörlerin ağırlıkları TOPSIS ÇKKV yöntemine entegre edilmiştir. Son olarak önerilen yöntemin etkinliğini göstermek için örnek bir çalışma yapmışlardır [44].

### 3 MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında Türkiye’de boya sektöründe yer alan bir işletme için geleneksel Fine-Kinney yöntemi hibrit f-SC yöntemiyle modellenerek yeni bir risk analiz yöntemi önerisinde bulunulmuştur. Önerilen bu yeni yöntem Fine-Kinney yönteminin bulanık mantık tabanlı SWARA ve COPRAS yöntemlerine entegrasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda analizler için gerekli veriler ilgili işletmeden temin edilmiştir. Veriler kullanılarak geleneksel Fine-Kinney, bulanık mantık tabanlı SWARA&VIKOR ve çalışma kapsamında önerilen yeni f-SC yöntemleriyle üç farklı analiz gerçekleştirilerek kıyaslama yapılmıştır.

#### 3.1 Fine-Kinney Risk Analizi Yöntemi

Fine-Kinney tehlikelerin kontrolü için 1976 yılında Kinney ve Wurth tarafından geliştirilmiş nicel bir risk analizi yöntemidir. Bu yöntemde risk skoru ilgili skaladan belirlenen olasılık ( $O$ ), frekans ( $F$ ) ve şiddet ( $S$ ) kriterlerinin matematiksel çarpımıyla belirlenmektedir [45]. Bu yöntem alınacak önlemlerin sınıflandırılarak öncelik sırasının belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Öncelik sırasına göre belirlenen tehlikeler için risk önleme çalışmaları dâhilinde gerekli tedbirler ve bu tedbirlerin uygulanma süreleri belirlenmektedir [6, 30, 45].

##### Olasılık ( $O$ )

Matematiksel olarak olasılık değerlerinin 0-1 aralığında olması gerekse de Fine-Kinney yönteminde diğer faktörler gibi olasılık için de farklı bir skala geliştirilmiştir. Bu skalada işyerlerinde gerçekleşme ihtimali kesine çok yakın olan ile neredeyse mümkün olmayan tehlikelere karşılık değerler yer almaktadır. Bu değerler Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Olasılık değerleri [6, 17, 45]

| Olasılık durumu        | Değerler |
|------------------------|----------|
| Çok kuvvetli ihtimal   | 10       |
| Kuvvetli ihtimal       | 6        |
| Nadir fakat olabilir   | 3        |
| Oldukça düşük ihtimal  | 1        |
| Zayıf ihtimal          | 0.5      |
| Pratik olarak imkânsız | 0.2      |

### Frekans (F)

Frekans değeri için maruziyet odaklı bir skala belirlenmiştir. Bu skalada devamlı maruziyet ile yılda bir maruziyet aralığına denk gelen değerler yer almaktadır. Bu değerler Tablo 2’de yer almaktadır.

**Tablo 2.** Frekans değerleri [6, 17, 45]

| <b>Maruziyet durumu</b>          | <b>Değerler</b> |
|----------------------------------|-----------------|
| <i>Sürekli</i>                   | 10              |
| <i>Sıklıkla (günlük)</i>         | 6               |
| <i>Ara sıra (haftalık)</i>       | 3               |
| <i>Nadiren (aylık)</i>           | 2               |
| <i>Seyrek (yılda birkaç kez)</i> | 1               |
| <i>Çok seyrek (yıllık)</i>       | 0.5             |

### Şiddet (S)

Şiddet değeri için oluşturulan skalada yaşanabilecek kaza için öngörülen yaralanma ve ölüm durumuna göre ve buna bağlı olarak ortaya çıkacak maddi zarar tablosuna göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu değerler Tablo 3’te yer almaktadır.

**Tablo 3.** Şiddet değerleri [6, 17, 45]

| <b>Muhtemel yaşanacak olaylar</b>                                        | <b>Değerler</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <i>Çevresel felaket (Birçok ölümün yaşandığı durum)</i>                  | 100             |
| <i>Ciddi çevresel etki (Birden fazla ölümün yaşandığı durum)</i>         | 40              |
| <i>Önemli çevresel etki (Kalıcı hasar, sakatlık, uzun süreli tedavi)</i> | 15              |
| <i>Geniş çevresel etki (Önemli hasar, yaralanma, tıbbi tedavi)</i>       | 7               |
| <i>Sınırlı çevresel etki (Küçük hasar, yaralanma, ilkyardım)</i>         | 3               |
| <i>Çevresel zarar yok (Ramak kala)</i>                                   | 1               |

### Risk Skoru (RS)

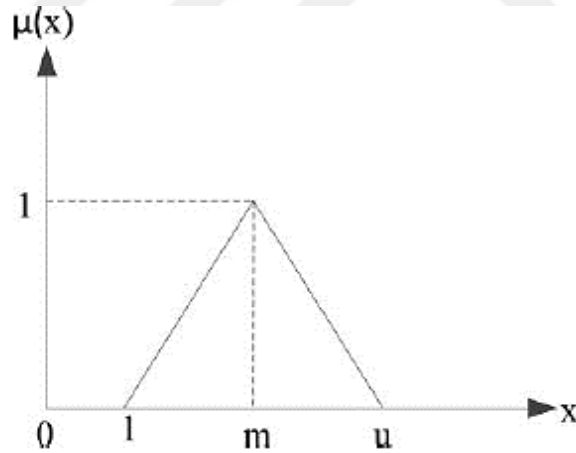
Geleneksel Fine-Kinney yönteminde risk skoru olasılık, şiddet ve frekans değerlerinin matematiksel olarak çarpım işlemi yapılması sonucu belirlenir. Belirlenen bu risk skorları için beş farklı risk durumu ve önlem alma önceliği belirlenmiştir. Bu değerler Tablo 4’te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Risk düzeyi sınıflandırması [6, 17, 45]

| Risk skoru | Risk durumu                                                    |
|------------|----------------------------------------------------------------|
| >400       | <i>Çok yüksek risk; Çalışma derhal durdurulmalıdır</i>         |
| 200 - 400  | <i>Yüksek risk; Acil eylem planına alınarak giderilmelidir</i> |
| 70 - 200   | <i>Önemli risk; Uzun dönemde iyileştirilmelidir</i>            |
| 20 - 70    | <i>Olası risk; Gözetim altında tutulmalıdır</i>                |
| <20        | <i>Önemsiz risk; Kabul edilebilir</i>                          |

### 3.2 Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi Zadeh tarafından dünya üzerindeki problemlerin belirsizliklerinin giderilmesi için geliştirilmiştir. Bu yöntemde problemler dilsel terimler yardımıyla incelenmektedir. Daha sonra bu dilsel terimler karar vericiler yardımıyla bulanık sayılara dönüştürülmektedir. Üçgensel bulanık sayılar  $A=(l,m,u)$  şeklinde gösterilmektedir. Burada sırasıyla “ $l$ ” en düşük “ $m$ ” orta ve “ $u$ ” en yüksek değeri göstermektedir. Şekil 1’de üçgensel bulanık sayı grafiği gösterilmiştir [6, 29, 46–48].

**Şekil 1.** Üçgensel bulanık sayı [19]

Üçgen bulanık sayıların üyelik fonksiyonları aşağıdaki gösterilmiştir.

$$\mu_{\tilde{A}} = \begin{cases} 0, & x < l \\ \frac{(x-l)}{(m-l)}, & l \leq x \leq m \\ \frac{(u-x)}{(u-m)}, & m \leq x \leq u \\ 0 & x \geq u \end{cases} \quad (1)$$

Herhangi iki üçgensel bulanık sayının  $\tilde{A}_1 = (l_1 m_1 u_1)$  ve  $\tilde{A}_2 = (l_2 m_2 u_2)$  matematiksel işlemleri Tablo 5’te gösterilmiştir.

**Tablo 5.** Üçgensel bulanık sayılar için matematiksel işlemler

|         |                                                                                     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Toplama | $\tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$                     |
| Çıkarma | $\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2)$                     |
| Çarpma  | $\tilde{A}_1 \times \tilde{A}_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$ |
| Bölme   | $\tilde{A}_1 / \tilde{A}_2 = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$                     |

### 3.3 SWARA Yöntemi

SWARA yöntemi Kersulienne vd. tarafından 2010 yılında geliştirilmiştir. Günümüzde bu ÇKKV yönteminin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu yöntemde karar vericilerin rolü diğer yöntemlere göre çok önemlidir. Bu yöntem belirlenen kriterler için karar vericilere kendi önceliklerini seçme fırsatı vermektedir [49, 50].

ÇKKV yöntemlerinin birçoğunda kriter ağırlık değerlerinin belirlenmesi en önemli noktalardan birisidir. Literatürde genellikle kriter ağırlıklandırması için uzman yöntemi, özvektör yöntemi, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Analitik Ağ Prosesi (AAP), ENTROPI ve FARE (Factor Relationship) gibi ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır [51–53].

SWARA yöntemi, kriterlerin ve karar seçeneklerinin sözel ifadelerle değerlendirilmesinde karşılaşılan belirsizliklerin ortadan kaldırılması için kullanılmaktadır. Bu yöntem basit göreceli kıyaslamalarla karmaşık problemlerin anlaşılır hale getirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde uzmanların görüş ve düşünceleri kolay bir şekilde işleme dahil edilmektedir. [53, 54]. SWARA yönteminde kriter ağırlık değerlerinin belirlenmesi sürecinde bilgi ve deneyimlerinden faydalandığı için uzmanların yetenekli ve tecrübe sahibi olmaları oldukça önemlidir [55, 56].

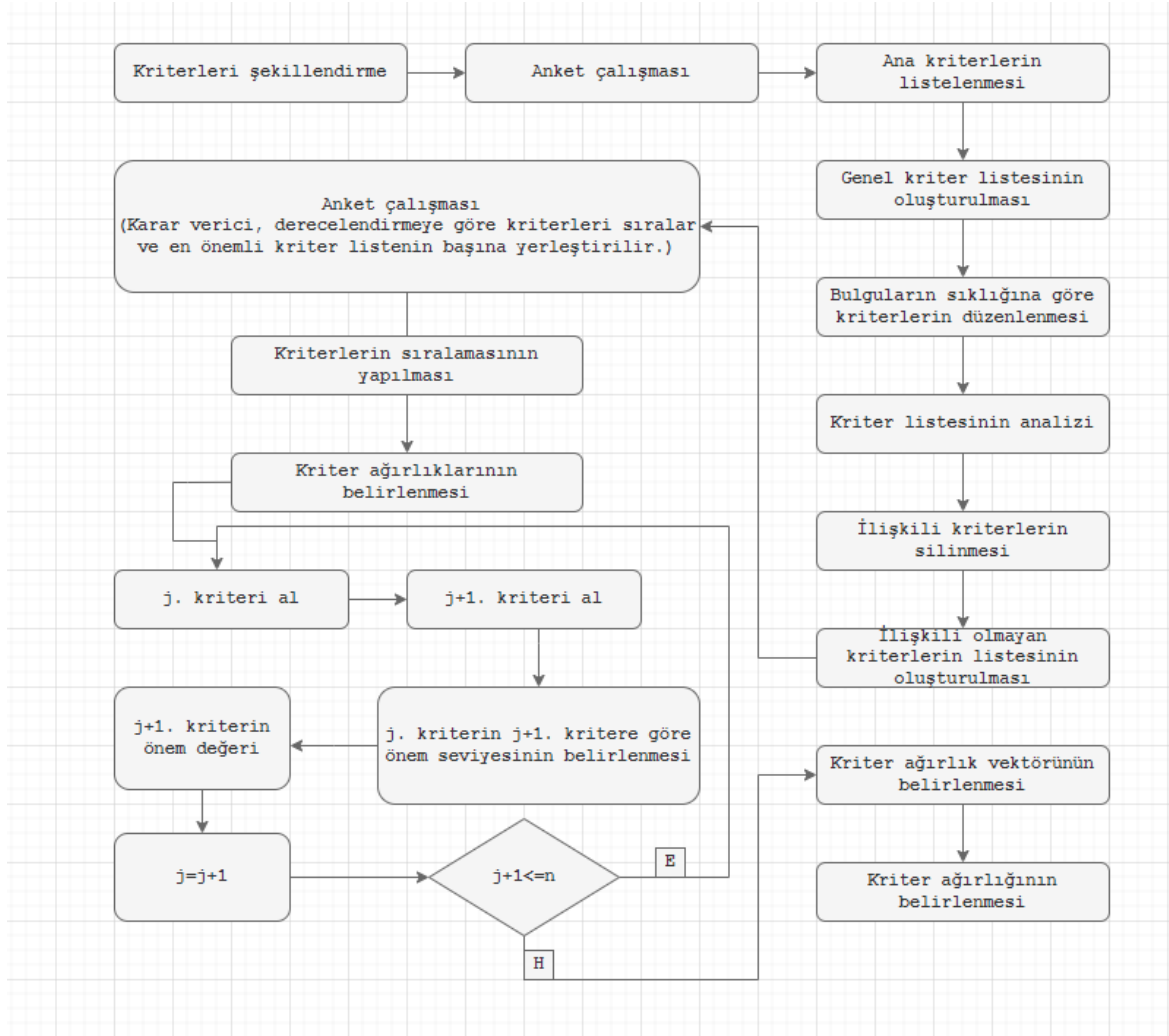
Bu yöntemde öncelikle belirlenen kriterler karar vericiler yardımıyla en çok önemli olandan en az önemli olana doğru sıralanır. Yapılan çalışmada birden fazla karar verici bulunuyorsa her bir karar vericiden kriter sıralaması yapması istenir. Daha sonra karar vericilerin yapmış oldukları sıralamaların geometrik ortalaması alınarak nihai sıralama belirlenir [57].

Literatürde yapılmış olan çalışmalarda yaygın olarak kullanılan AHP yönteminde  $n$  adet kriter için  $\sum_{i=2}^n \sum_{j=2}^i j$  adet karşılaştırma yapılırken SWARA yönteminde  $(n-1)$  adet karşılaştırma yapılmaktadır. Bu sebeple AHP yöntemi uygulanan çalışmalarda çok sayıda kriter bulunması durumunda yapılacak karşılaştırma sayısı oldukça artmış olacağından problemin çözümünde tutarsızlıklar ve belirsizlikler oluşabilmektedir. SWARA yönteminde yapılan karşılaştırma sayısı AHP yöntemine göre daha az olduğu için karar vericilerin verdikleri cevapların doğruluk seviyesi çalışmanın daha tutarlı olmasını sağlamaktadır. SWARA yönteminin en önemli özelliklerinden birisi de karar vericilerin herhangi bir ölçüğe ihtiyaç duymadan kriterleri değerlendirebiliyor olmalarıdır [53, 58].

Genel sıralama işlemi yapıldıktan sonra yine karar vericiler yardımıyla kriterlerin birbiriyle kıyaslaması yapılır. Bu işlem tüm karar vericiler tarafından birbirinden bağımsız olarak yapılmaktadır. İlgili hesaplamalar yardımıyla her bir karar vericinin değerlendirmesi için kriter ağırlık değerleri belirlenir. Daha sonra elde edilen tüm verilerin geometrik ortalaması alınarak genel kriter ağırlık değerleri belirlenir [59].

SWARA yöntemi kullanım açısından şu avantajları sunmaktadır:

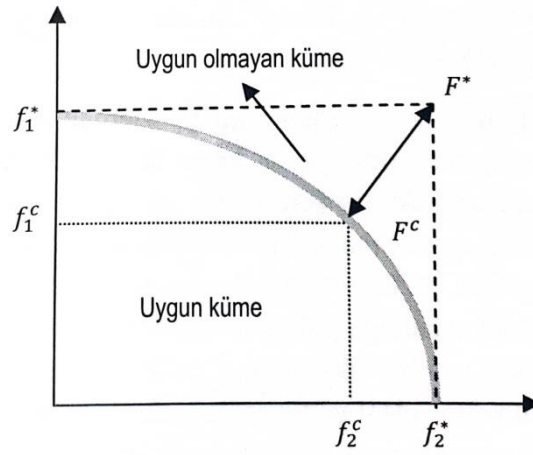
- Kriterlerin ağırlıklandırılması yapılırken kriter önem oranları ile ilgili uzman görüşlerinin tahmin edilebilmesini sağlar.
- Koordinasyona ve uzmanlardan veri toplama sürecine yardımcı olur.
- Karmaşık bir yöntem değildir, kullanıcı dostudur, basittir ve uzmanlar kolayca çalışabilir.



Şekil 2. SWARA yönteminde kriter ağırlıklarının belirlenmesi [53]

### 3.4 VIKOR Yöntemi

VIKOR (VIseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje- Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) yöntemi, 2004 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından ölçümü farklı birimlerle olan, birbiri ile çelişebilen kriterlerden oluşan ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir. Bu yöntem seçeneklerden performansı en iyi olanın seçilmesi ya da karar seçeneklerinin performansına göre sıralanmasıyla en uygun karar seçeneklerinin belirlenmesini sağlamaktadır. Bu yöntemde karar seçeneklerinin sıralanmasıyla ideal çözüme en yakın olan uzlaşık çözümün belirlenmesi amaçlanmaktadır. İdeal çözüme en yakın optimum çözüm olarak tanımlanabilecek olan uzlaşık çözüm için tüm kriterlere göre değerlendirilen her alternatifin, ideal alternatife yakınlık değerleri kıyaslanır [17, 60].



**Şekil 3.** VIKOR yönteminde ideal ve uzlaşık çözüm [53]

VIKOR yönteminin işlem basamaklarında kriterler için ağırlıklandırma seçeneği bulunmamaktadır. Bu sebeple kriterlerin ağırlıklarının önceden bilindiği kabul edilmektedir. Ayrıca karar vericilerin sonuç üzerine etki etmesine de olanak tanımaktadır [60].

Karar verme süreçlerinde yaygın olarak kullanılan ÇKKV yöntemlerinden birisi olan VIKOR yönteminin temel özellikleri şu şekildedir [61–65]:

- VIKOR yönteminde belirlenen kararlar için uzlaşık bir çözüm yapıldığından karar vericilerin ortak noktada buluşmadığı durumlar uzlaşım ile çözülebilmelidir.
- Karar vericilerin ideal çözüme en yakın uzlaşık çözümü kabul ediyor olması gerekmektedir.
- Bu yöntemde her bir kriterle fayda arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır.
- Karar alternatifleri seçilen kriterlere göre değerlendirilmektedir.
- Karar vericilerin tercihleri kriterlerin ağırlık değerleri ile ifade edilmektedir.
- Tecrübesiz karar vericilerin olması ve tercihlerini ifade edememesi durumlarında etkili bir yöntemdir.
- Bu yöntemde karar vericinin etkileşimli katılımı olmadan süreç başlar ancak karar verici nihai çözümü onaylamak durumunda kalmaktadır. Fakat isterse karar vericiler nihai çözüme kendi tercihlerini dâhil edebilir.

- Bu yöntemde çoğunluk için maksimum grup faydası ve karşıt olanların minimum pişmanlığı belirlendiğinden genellikle yapılan çözüm karar vericiler tarafından kabul edilmektedir.

### 3.5 COPRAS Yöntemi

COPRAS (COmplex PROportional ASsesment) yöntemi 1996 yılında Zavadskas ve Kaklauskas tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde alternatifler önem ve fayda değerlerine göre sıralanmaktadır. Yöntem; alternatif değerlendirmesi yaparken fayda değerlerinin en üst düzeye çıkarılmasını ve faydasız değerlerinse en alt düzeye indirilmesini hedeflemektedir. Bu işlem yapılırken karar seçeneklerinin önem derecesi ve önceliğinin doğrudan ve oransal bağımlılığından hareket edilmektedir. 2007 yılında Zavadskas ve Antucheviciene tarafından bulanık COPRAS yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntem Litvanya'nın kırsal alanlarında terk edilmiş binaların yenilenme alternatiflerini belirlemede kullanılmıştır [6, 50, 66].

Geleneksel COPRAS yönteminde alternatifler için numerik değerler verilerek skorelama yapılmaktadır. Bu durum yapılan analizlerde belirsizliklere ve yetersizliklere neden olabilmektedir. Bu sebeple skorelama yapılırken karar vericiler için daha anlamlı ve kullanışlı olan sözel terimlerin tercih edilmesi daha uygun olacaktır. Bulanık COPRAS yönteminde alternatifler karar vericiler tarafından sözel terimlerle değerlendirilmekte ve bulanık mantık yardımıyla nümerikleştirilmektedir. Bu sayede belirsizlikler ortadan kalkmaktadır [66].

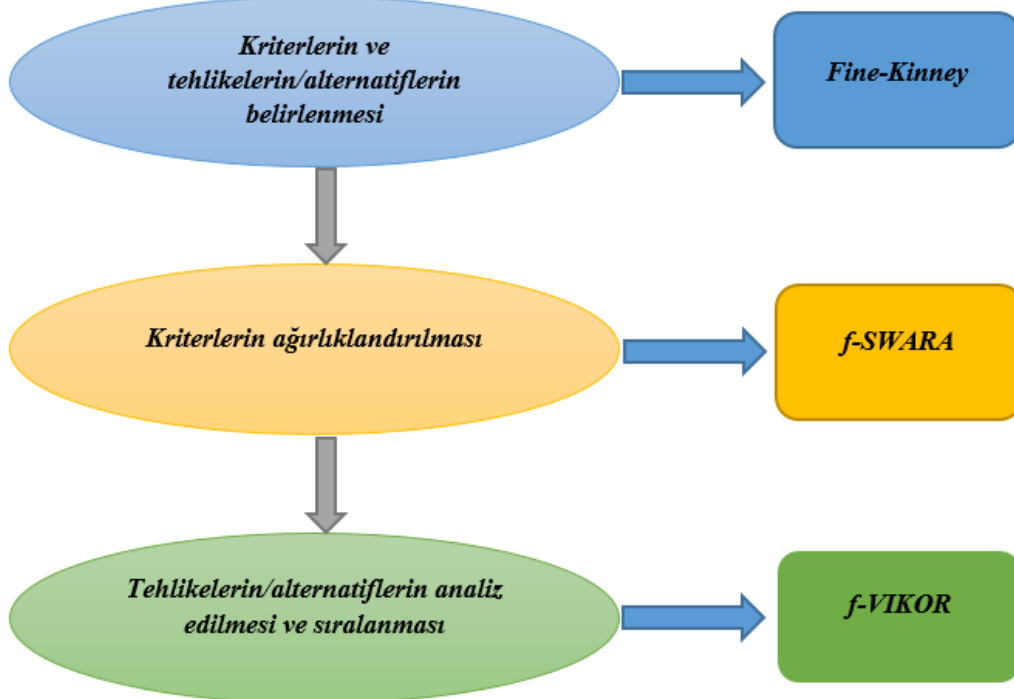
COPRAS yönteminin kullanım avantajları [67–73]:

- AHP, TOPSIS ve VIKOR gibi diğer ÇKKV yöntemlerine göre kullanımı daha kolay ve sadedir.
- Bu yöntemle yapılan karşılaştırmalar için hesaplama süresi diğer yöntemlere göre çok daha azdır.
- Karar seçeneklerinin performanslarına göre azalan yönde sıralaması yapılabilmektedir.
- Bu yöntemle hem nicel hem de nitel kriterler değerlendirilebilmektedir.

- Minimize ve maksimize edilmek istenen kriterlerin her ikisi için de hesaplama yapılabilmektedir. Değerlendirme sürecinde her iki yönlü kriterler ayrı ayrı ele alınmaktadır.
- COPRAS yöntemi karar seçeneklerini birbiriyle kıyaslayarak diğer alternatiflerden ne kadar iyi veya ne kadar kötü olduğunu yüzdesel olarak göstermektedir. Bu durum bu yöntemi diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran en önemli özelliğidir.
- Bu yöntemin hesaplama işlemleri kapsamlı özel yazılımlar gerekmesizin Excel gibi nispeten kullanımı daha kolay programlar ile yapılabilmektedir.

### 3.6 f-SWARA&f-VIKOR Risk Analizi Yöntemi

Bu çalışma kapsamında literatürde daha önce risk analizi çalışması için kullanılmış olan f-VIKOR yöntemi [17], önerdiğimiz f-SC yöntemindeki kriter ağırlıklandırma işlemi için kullanılan f-SWARA yöntemiyle entegre edilerek ikinci bir analiz yöntemi geliştirilmiştir. Aynı analizler bu yöntemle de yapılarak önerilen yöntemin geçerliliği ispatlanmıştır. f-SWARA&f-VIKOR yönteminin aşamaları Şekil 4'te gösterilmiş olup ilgili yöntemin işlem basamakları şu şekildedir:



Şekil 4. f-SWARA&f-VIKOR yöntemi aşamaları

Çalışmanın validasyonu için geliştirilen bu yöntemin 1. ve 2. aşamaları önerilen f-SC yöntemiyle aynıdır. Bu sebeple bu kısım bir sonraki başlıkta, çalışma kapsamında önerilen yeni yöntemin tanımlanmasında, detaylı olarak ele alınmıştır. Bu bölümde yalnızca f-VIKOR (3. aşama) aşaması incelenecektir.

1. *Aşama: Kriterlerin belirlenmesi (Geleneksel Fine-Kinney Yöntemi)*
2. *Aşama: Kriterlerin ağırlıklandırılması (f-SWARA Yöntemi)*
3. *Aşama: Tehlikelerin/alternatiflerin analizi (f-VIKOR Yöntemi)*

1. Adım: Sözel terimlerin belirlenmesi:

Bu aşamada karar vericiler belirlenen alternatifler için bulanık mantık tabanlı sözel ifadelerle kriterleri skorlamaktadır. Kullanılacak olan sözel terimlerin bulanık sayı karşılıkları Tablo 6’da gösterilmiştir.

**Tablo 6.** Tehlikeler/alternatifler için kullanılan sözel terimlerin bulanık sayı karşılıkları

| Sözel Terimler  | Bulanık Sayılar ( $l,m,u$ ) |
|-----------------|-----------------------------|
| Çok Kötü (ÇK)   | (0, 0, 1)                   |
| Kötü (K)        | (0, 1, 3)                   |
| Biraz Kötü (BK) | (1, 3, 5)                   |
| Orta (O)        | (3, 5, 7)                   |
| Biraz İyi (Bİ)  | (5, 7, 9)                   |
| İyi (İ)         | (7, 9, 10)                  |
| Çok İyi (Çİ)    | (9, 10, 10)                 |

2. Adım: Bulanık karar matrisinin oluşturulması:

Bu aşamada, satırlarda  $m$  adet alternatifin sütunlarda ise her alternatifin değerlendirildiği  $n$  adet kriterin ifade edildiği bir  $m \times n$  boyutunda bulanık karar matrisi oluşturulmaktadır. Bu aşamada kullanılan kriterler f-SWARA yöntemi yardımıyla bir önceki aşamada ağırlıklandırılmıştır.

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \\ f_{11} & f_{12} & f_{13} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} & \dots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & f_{m2} & f_{m3} & \dots & f_{mn} \end{bmatrix}$$

3. Adım: Bu aşamada her bir kriter için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri belirlenir. “i” karşılaştırma kriterlerini ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) “j” ise alternatifleri ( $j=1,2,3,\dots,m$ ) göstermektedir. Eşitlik 2 ve 3 yardımıyla her bir kriter için en iyi ve en kötü değerler belirlenir.

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (2)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (3)$$

4. Adım: Her bir kriter için ( $f_i^*$ ) ve ( $f_i^-$ ) değerleri hesaplandıktan sonra tüm alternatifler için  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri hesaplanır. Eşitlik 4’te gösterilen  $S_j$  değeri ortalama grup, Eşitlik 5’te gösterilen  $R_j$  ise en kötü grup değerini gösterir.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_j(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (4)$$

$$R_j = \max \left[ \frac{w_j(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \right] \quad (5)$$

Eşitlik 4 ve Eşitlik 5’te kullanılan  $w_j$  kriter ağırlık değerleri 2. Aşamada f-SWARA yöntemiyle hesaplanmış olan değerlerdir.

5. Adım: Bu aşamada her bir alternatif için  $Q_j$  değeri hesaplanarak maksimum grup faydası belirlenir.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1-v)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (6)$$

Eşitlik 6’daki  $S^*$  ve  $R^*$  değerleri minimum  $S_j$  ve  $R_j$  değerlerini,  $S^-$  ve  $R^-$  değerleri de maksimum  $S_j$  ve  $R_j$  değerlerini göstermektedir. Ayrıca  $v$  değeri maksimum grup faydasının ağırlık değerini ve  $(1-v)$  değeri ise karşıt görüşteki karar vericilerin minimum pişmanlığını göstermektedir.

Literatürde genelde  $v=0,5$  uyuşma değeri kullanılmaktadır [17]. Bu sebeple bu çalışmada  $v=0,5$  varsayılarak hesaplamalar yapılacaktır.

6. Adım: Her bir alternatif için hesaplanan  $S_j$ ,  $R_j$  ve  $Q_j$  değerleri küçükten büyüğe olacak şekilde sıralanır.
7. Adım:  $S_j$ ,  $R_j$  ve  $Q_j$  değerlerinin sıralamasına göre karar vericiler için kabul edilebilir avantaj ( $C_1$ ) ve kabul edilebilir istikrar ( $C_2$ ) kümeleri belirlenir. Herhangi bir alternatifin  $C_1$  (Kabul Edilebilir Avantaj) kümesinde yer alabilmesi için Eşitlik 7’de gösterilen koşulu sağlaması gerekir.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq Q(D) \quad (7)$$

$$Q(D) = \frac{1}{(m - 1)} \quad (8)$$

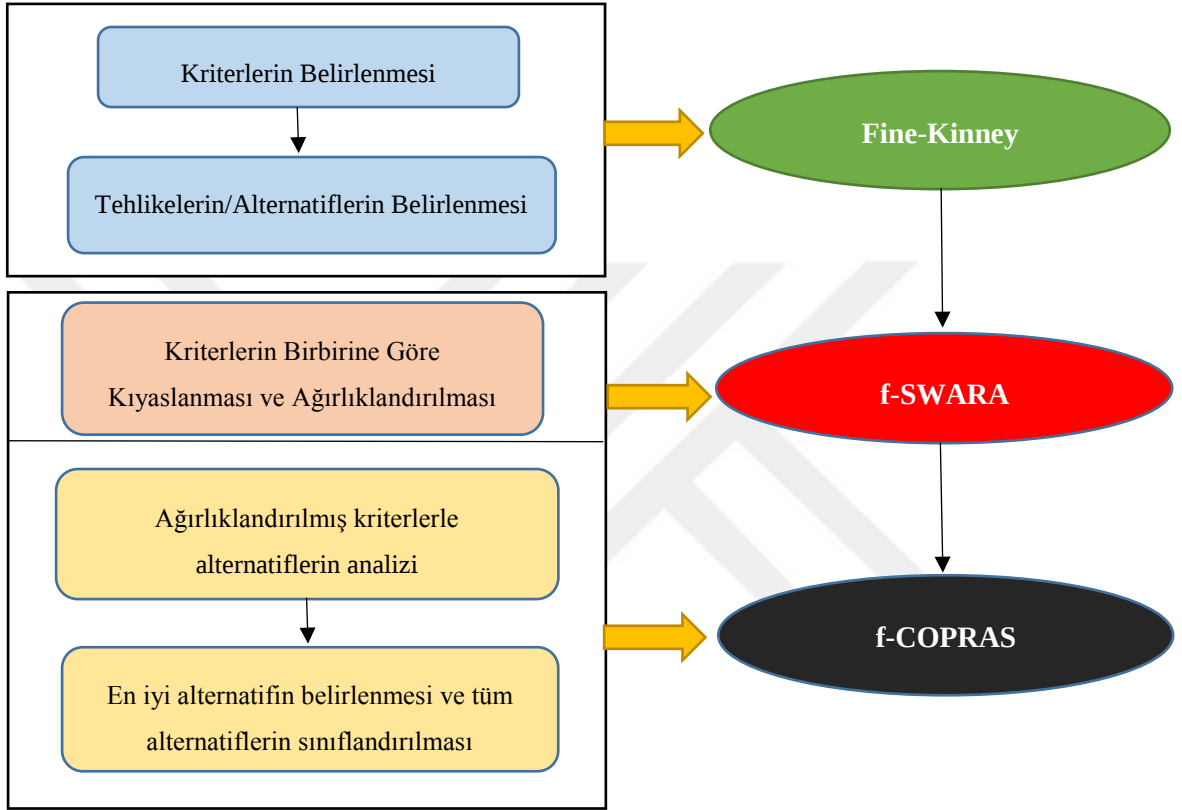
$m$  adet alternatif için  $Q(D)$  değeri Eşitlik 8’deki gibi hesaplanır. Eşitlik 6’ya göre tüm  $Q_j$  değerleri hesaplanarak alternatiflerin kümeleri belirlenir.

### 3.7 Yeni Hibrit f-SC Risk Analizi Yöntemi

İşyerlerinde risk değerlendirmesi yapılırken kullanılan geleneksel risk analiz yöntemlerinde tüm kriterlerin ağırlıkları eşit olarak varsayılmaktadır. Ancak tüm kriterlerin eşit öneme sahip olması mümkün değildir. Bu sebeple uzman karar vericiler yardımıyla kriterler mutlaka ağırlıklandırılarak analizin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında risk analizi için önermiş olduğumuz bulanık SWARA-COPRAS ÇKKV yöntemlerinin geleneksel Fine-Kinney yöntemine entegrasyonu ile oluşturulan f-SC yöntemiyle risk analizi gerçekleştirilecektir. COPRAS yönteminde kriter ağırlıklandırması işlemi olmadığı için SWARA yöntemi ile entegre edilmiştir. SWARA yöntemiyle kriter ağırlıkları belirlendikten sonra geleneksel Fine-Kinney yöntemiyle yapılmış bir risk analizinin COPRAS yöntemi yardımıyla modellenmesi yapılarak mevcut tehlikelerin alternatif olarak sıralaması yapılmıştır. Yapılan bu modellemeye hem SWARA hem de COPRAS yöntemleri bulanık mantık tabanlı olarak uygulanmıştır. Böylece karar vericiler için daha uygun ve anlamlı olan sözel ifadelerle,

her bir tehlike için, kriterler skorlanarak bulanık mantık yardımıyla nümerikleştirme işlemi yapılmıştır. Şekil 5’te önerilen risk analizi yönteminin aşamaları verilmiştir.

Önermiş olduğumuz yeni f-SC risk analiz yöntemi Şekil 5’te görüldüğü gibi üç aşamadan oluşmaktadır.



**Şekil 5.** Önerilen yöntemin şematik gösterimi

*1. Aşama: Kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi (Geleneksel Fine-Kinney Yöntemi)*

Bu çalışmada kriterlerin belirlenmesinde geleneksel Fine-Kinney yöntemi kullanılmıştır. Önerilen yöntemde kriterler Fine-Kinney’in kriterleri olan olasılık, frekans ve şiddet olarak seçilmiştir. Bu yöntemde risk skoru ilgili kriterlerin matematiksel çarpımıyla elde edilmektedir [6, 30, 45].

$$RS = O \times F \times \mathcal{S} \quad (9)$$

Geleneksel Fine-Kinney yönteminde Kinney tarafından  $O$ ,  $F$  ve  $\mathcal{S}$  kriterleri, risk skoru ve bu skora göre alınacak aksiyonlar için ayrı ayrı referans değerlerinin yer aldığı ölçek

geliştirilmiştir. Bu yöntemde risk skoru ve alınması planlanan önlemlerin zaman aralığı Tablo 1, Tablo 2, Tablo 3, ve Tablo 4’teki veriler kullanılarak belirlenmektedir [45].

## 2. Aşama: Kriterlerin ağırlıklandırılması (*f-SWARA Yöntemi*)

Önerilen yöntemimiz kapsamında kriterlerin (*O*, *F* ve *Ş*) ağırlıklandırılması işlemi *f-SWARA* yöntemi ile yapılmıştır. Bu yöntemin işlem basamakları aşağıdaki gibidir [50, 74].

1. Adım: Bu adımda karar vericiler yardımıyla kriterlerin önem derecesinin yüksekten düşüğe sıralaması ve ilgili kriterlerin Tablo 7’deki sözel terimlerle skorlaması yapılmaktadır. Eğer birden fazla karar verici varsa her bir karar verici değerlendirmesini yaptıktan sonra nihai değerin tespiti için geometrik ortalama kullanılmaktadır.

**Tablo 7.** Kriter değerlendirilmesi için kullanılan sözel terimler

| Sözel terimler    | Bulanık sayılar |
|-------------------|-----------------|
| Etkisiz (E)       | (1,1,2)         |
| Çok Düşük (ÇD)    | (1,2,3)         |
| Düşük (D)         | (2,3,4)         |
| Biraz Düşük (BD)  | (3,4,5)         |
| Orta (O)          | (4,5,6)         |
| Biraz Yüksek (BY) | (5,6,7)         |
| Yüksek (Y)        | (6,7,8)         |
| Çok Yüksek (ÇY)   | (7,8,9)         |

2. Adım: Her bir kriterin göreceli önem seviyesi tespit edilir. Bunun için *j*. kriter (*j+1*). kriterle kıyaslanarak *j*. kriterin (*j+1*). kriterden ne kadar önemli olduğu belirlenir. Bu değer (*s<sub>j</sub>*) “ortalama değerin karşılaştırılmalı önemi” olarak adlandırılmaktadır.

3. Adım: Bu adımda *k<sub>j</sub>* katsayıları belirlenmektedir.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_{j+1} & j > 1 \end{cases} \quad (10)$$

4. Adım: Bu adımda  $q_j$  değişkeni belirlenmektedir.

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (11)$$

5. Adım: Değerlendirme ölçütlerinin göreceli ağırlıkları şu şekilde belirlenir: Burada;  $w_j$ , değeri  $j$ . ölçütün göreceli ağırlığını ifade etmektedir.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (12)$$

Bu çalışmada SWARA yöntemi bulanık mantık tabanlı olarak kullanılacaktır. Bu sebeple karar vericiler kriterlerin önem durumlarını Tablo 7'deki sözel terimleri kullanarak ifade edecektir. Daha sonra sözel ifadelere karşılık gelen bulanık sayılar kullanılarak durulaştırma işlemi yapılacaktır.

### 3. Aşama: Tehlikelerin/alternatiflerin analizi (f-COPRAS Yöntemi)

Bulanık COPRAS yönteminde karar vericiler tarafından alternatifler Tablo 8'deki sözel terimler kullanılarak değerlendirilmektedir. Daha sonra ilgili bulanık sayılar yardımıyla tekrar nümerikleştirme yapılmaktadır. Bu şekilde belirsizliklerin ortadan kalkması sağlanmaktadır [6, 66]. Bu yöntemin işlem basamakları aşağıdaki gibidir.

1. Adım: Alternatifler için sözel terimlerin belirlenmesi;

Bu adımda belirlenen sözel terimlerle bulanık mantık tabanlı olarak alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi yapılmaktadır. Tablo 8'de bulanık mantık tabanlı sözel terimler gösterilmiştir.

**Tablo 8.** Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan sözel terimler

| Sözel Terimler  | Bulanık Sayılar ( $l, m, u$ ) |
|-----------------|-------------------------------|
| Çok Kötü (ÇK)   | (0, 0, 1)                     |
| Kötü (K)        | (0, 1, 3)                     |
| Biraz Kötü (BK) | (1, 3, 5)                     |
| Orta (O)        | (3, 5, 7)                     |
| Biraz İyi (Bİ)  | (5, 7, 9)                     |
| İyi (İ)         | (7, 9, 10)                    |
| Çok İyi (Çİ)    | (9, 10, 10)                   |

2. Adım: Bulanık karar matrisinin oluşturulması;

Burada  $n$  adet kriter ve  $m$  adet alternatifin bulunduğu bulanık tabanlı bir matris oluşturulmaktadır. Aşağıda gösterilen bu matris karar vericiler tarafından oluşturulmaktadır.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

3. Adım: Bulanık karar matrisinin durulaştırılması;

Bulanık karar matrisinin durulaştırılması için kademeli ortalama entegrasyon yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem basit ve kullanışlı bir yöntemdir [75].  $\tilde{A} = (l_i, m_i, u_i)$  bulanık sayısı için en iyi bulanık olmayan performans değeri Eşitlik 13'teki gibi hesaplanmaktadır:

$$BNP_i = \frac{l_i + 4 \times m_i + u_i}{6} \quad (13)$$

4. Adım: Durulaştırılmış karar matrislerinin normalize edilmesi;

Bu matrisin normalize değerleri Eşitlik 14'teki gibi hesaplanmaktadır. Buradaki  $w$  değeri f-SWARA yöntemi yardımıyla kriterler için elde edilen ağırlık değeridir.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{w \times x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad i = 1, m; j = 1, n. \quad (14)$$

Bu işlemden sonra karar matrisi şu şekilde normalleştirilir:

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} & \bar{x}_{12} & \cdots & \bar{x}_{1m} \\ \bar{x}_{12} & \bar{x}_{22} & \cdots & \bar{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \bar{x}_{n1} & \bar{x}_{n2} & \cdots & \bar{x}_{nm} \end{bmatrix} \quad (15)$$

5. Adım: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin hesaplanması;

Ağırlıklandırılmış normalize değerler şu şekilde hesaplanır:

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \times q_j, \quad i = 1, m; \quad j = 1, n. \quad (16)$$

Bu işlemden sonra ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi şu şekildedir:

$$\hat{X} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{11} & \hat{x}_{12} & \cdots & \hat{x}_{1m} \\ \hat{x}_{12} & \hat{x}_{22} & \cdots & \hat{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \hat{x}_{n1} & \hat{x}_{n2} & \cdots & \hat{x}_{nm} \end{bmatrix}; \quad i = 1, m; \quad j = 1, n. \quad (17)$$

6. Adım: Her bir alternatif için büyük değerlerin tercih edildiği öznitelik değerlerinin toplamı ( $P_i$ ) hesaplanır:

$$P_i = \sum_{j=1}^k \hat{x}_{ij} \quad (18)$$

Burada  $k$  maksimize edilmesi gereken öznitelik değerleri sayısıdır.

7. Adım: Her bir alternatif için küçük değerlerin tercih edildiği öznitelik değerlerinin toplamı ( $R_i$ ) hesaplanır:

$$R_i = \sum_{j=k+1}^m \hat{x}_{ij} \quad (19)$$

Burada  $(m-k)$  minimize edilmesi gereken öznitelik değerleri sayısıdır.

8. Adım: En küçük  $R_i$  değerinin belirlenmesi:

$$R_{min} = \min R_i; \quad i = 1, n \quad (20)$$

9. Adım: Her bir alternatifin göreceli ağırlığının hesaplanması:

$$Q_i = P_i + \frac{R_{min} \sum_{i=1}^n R_i}{R_i \sum_{i=1}^n \frac{R_{min}}{R_i}}, \quad i = 1, m; \quad j = 1, n \quad (21)$$

10. Adım: En iyilik ölçütü  $K$ 'nın belirlenmesi:

$$K = \max Q_i; i = 1, n \quad (22)$$

11. Adım: Projenin önceliğinin belirlenmesi:

$$N_i = \left( \frac{Q_i}{Q_{\max}} \right) \times 100\% \quad (23)$$

Önerilen bu yöntemde, f-SWARA ve f-COPRAS ÇKKV yöntemleri geleneksel Fine–Kinney yöntemine entegre edilmiştir. Hesaplamalar için temel denklem olarak Eşitlik 9'daki Fine-Kinney risk skoru hesaplama yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak, bu denklemin kriterleri ( $O$ ,  $F$  ve  $\$$ ) 10 İSG uzmanı tarafından Eşitlik 10–12 kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Ağırlıklandırma sürecinde tüm uzmanlardan kriterleri f-SWARA yöntemine göre etkiliden etkisize doğru sıralamaları ve her bir kriterin etki derecesini sözel olarak ifade etmeleri istenmiştir. Kriterler, şiddet, frekans ve olasılık olarak en etkili olandan en az etkili olana doğru sıralanmıştır. Karar vericiler bu süreci birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirmişlerdir. Daha sonra kriter ağırlık değeri ( $w$ ) için uzmanların verilerinin geometrik ortalaması nihai değer olarak kullanılmıştır.

## 4 BULGULAR

### 4.1 Geleneksel Fine-Kinney Yöntemi Risk Analizi Uygulaması

Bu bölümde Türkiye’de boya sektöründe faaliyet gösteren bir işyerinde geleneksel Fine-Kinney yöntemiyle risk analizi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan mevcut entegre tesis çok büyük olduğundan tesisin su bazlı boya üretimi yapılan bölümünün siloların bulunduğu kısmı değerlendirmeye alınarak çalışma sınırlandırılmıştır. İlgili kısımda tespit edilen 42 adet tehlike Eşitlik 9’a göre risk skoru hesaplanarak değerlendirilmiştir. Bu tehlikeler için yapılmış olan geleneksel Fine-Kinney risk analizi ve mevcut risklerin sıralaması Tablo 9’da gösterilmiştir.

Aşağıda verilen Tablo 9 incelendiğinde T7 “*İşe uygun olmayan personelin yüksekte çalışması ve yüksekte düşmesi*” tehlikesinin en riskli duruma neden olduğu görülmektedir. Yine T6 “*Basınç göstergeleri çalışmayan ya da kırık olan basınçlı ekipman/malzeme kullanımı*”, T14 “*Silobasın dizel veya elektrik motorlu kompresörünün arızalanması veya patlaması*” ve T21 “*Çatıdan veya siloların üst kısımlarından malzeme düşmesi*” tehlikeleri eşit risk skoruyla en risksiz durumlara neden oldukları görülmektedir.

**Tablo 9.** Örnek çalışmanın yapıldığı işyerinde yapılan geleneksel Fine-Kinney risk analizi uygulaması

| Tehlike Kodu | Tehlikeler                                                                                                | Muhtemel Etkiler                       | Geleneksel Fine-Kinney Risk Analizi |         |        | Risk Skoru | Risk Sırası |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|---------|--------|------------|-------------|
|              |                                                                                                           |                                        | Olasılık                            | Frekans | Şiddet |            |             |
| T1           | Yükleme aracının yayaya veya ekipmanlara çarpması                                                         | Ölüm, travma, kırık, yaralanma         | 3                                   | 3       | 40     | 360        | 21          |
| T2           | Silo ile araç arasındaki bağlantıların kopması veya fırlaması sonucu çalışana çarpması                    | Kırık, ezik, yaralanma                 | 3                                   | 3       | 40     | 360        | 21          |
| T3           | Yük kaldırma veya taşıma                                                                                  | Bel ağrısı, KİSH                       | 1                                   | 3       | 7      | 21         | 38          |
| T4           | Toz kimyasala maruziyet durumu                                                                            | Göz, deri ve solunum sisteminde tahriş | 1                                   | 6       | 7      | 42         | 35          |
| T5           | Basınçlı ekipman/malzeme basıncı etkisiyle bağlantının kopması                                            | Kimyasalla temas, yaralanma            | 1                                   | 6       | 15     | 90         | 31          |
| T6           | Basınç göstergeleri çalışmayan ya da kırık olan basınçlı ekipman/malzeme kullanımı                        | Yaralanma, yanık                       | 0.5                                 | 1       | 40     | 20         | 40          |
| T7           | İşe uygun olmayan personelin yüksekte çalışması ve yüksekte düşmesi                                       | Ölüm, kırık, yaralanma, sakatlık       | 6                                   | 6       | 40     | 1440       | 1           |
| T8           | Silolarda numune alma işlemi sırasında yüksekte düşmek                                                    | Ölüm, kırık, sakatlık, yaralanma       | 3                                   | 6       | 40     | 720        | 7           |
| T9           | Ham madde silo motoru ve havalı pompaların gürültüsü                                                      | İşitme kaybı, meslek hastalığı         | 1                                   | 3       | 40     | 120        | 29          |
| T10          | Sıvı kimyasala maruziyet durumu                                                                           | Gözde tahriş, görme bozuklukları       | 6                                   | 6       | 7      | 252        | 27          |
| T11          | Siloların üst noktalarındaki filtrelerin delinmesi, hasarlanması sonucu tozuma ve kimyasalla temas durumu | Göz, deri ve solunum sisteminde tahriş | 3                                   | 1       | 7      | 21         | 38          |
| T12          | Aracın devrilmesi durumu                                                                                  | Uzuv kaybı, kırık, ölüm                | 1                                   | 1       | 40     | 40         | 36          |
| T13          | Silobas monoblok gövdesinin ayrılması veya yarılması                                                      | Ölüm, yaralanma                        | 1                                   | 1       | 40     | 40         | 36          |
| T14          | Silobasın dizel veya elektrik motorlu kompresörünün arızalanması veya patlaması                           | Ölüm, yaralanma                        | 1                                   | 0.5     | 40     | 20         | 40          |
| T15          | Araçların çarpışması, işyeri trafiğinin yoğun olması                                                      | Yaralanma, kırık                       | 3                                   | 6       | 15     | 270        | 25          |
| T16          | Statik elektrik durumu                                                                                    | Yaralanma, yanık                       | 0.5                                 | 6       | 40     | 120        | 29          |
| T17          | Egzoz gazına maruziyet durumu                                                                             | Solunum yolu rahatsızlıkları           | 1                                   | 3       | 15     | 45         | 34          |
| T18          | Kişisel koruyucu ekipmanlarının (donanımlarının) kullanılmaması                                           | Meslek hastalıkları, yaralanmalar      | 3                                   | 6       | 40     | 720        | 7           |
| T19          | Kimyasal ile çalışma ve kimyasala temas durumu                                                            | Meslek hastalıkları, yaralanmalar      | 3                                   | 6       | 40     | 720        | 7           |
| T20          | Termal koşulların elverişli olmaması                                                                      | Solunum yolu ve cilt hastalıkları      | 1                                   | 6       | 15     | 90         | 31          |

|     |                                                                          |                                                                |     |    |    |      |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----|----|----|------|----|
| T21 | Çatıdan veya siloların üst kısımlarından malzeme düşmesi                 | Yaralanma, ölüm                                                | 0.5 | 1  | 40 | 20   | 40 |
| T22 | Kimyasal malzemelerin tanımlı alanına getirilmesi                        | Bel ağrısı, KİSH                                               | 3   | 10 | 15 | 450  | 15 |
| T23 | Kazan dairesinden boş kazanın tanımlı alanına getirilmesi (10 m mesafe)  | Bel ağrısı, KİSH                                               | 3   | 10 | 15 | 450  | 15 |
| T24 | Boş kazan içine kimyasal malzemelerin aktarılması                        | Göz, deri ve solunum sisteminde tahriş, meslek hastalığı       | 3   | 10 | 15 | 450  | 15 |
| T25 | Sıvı ve gaz ham maddeye maruziyet durumu                                 | Göz, deri ve solunum sisteminde tahriş, meslek hastalığı       | 3   | 10 | 15 | 450  | 15 |
| T26 | Toz ham maddeye maruziyet durumu                                         | Meslek hastalığı, solunum yolu hastalıkları, cilt hastalıkları | 3   | 10 | 40 | 1200 | 2  |
| T27 | Kimyasalların teraziyle tartılması                                       | Bel ağrısı, KİSH                                               | 3   | 10 | 15 | 450  | 15 |
| T28 | Ham madde basma hattına veya vanasına baş çarpma                         | Travma, kırık, kesik                                           | 3   | 6  | 3  | 54   | 33 |
| T29 | Maket bıçağı kullanımı dolayısıyla kesilme                               | Deride kesik, uzuv kaybı                                       | 3   | 6  | 15 | 270  | 25 |
| T30 | Tekrarlı hareket-yük kaldırma, itme-çekme kaynaklı ergonomik uygunsuzluk | KİSH, meslek hastalığı                                         | 3   | 10 | 40 | 1200 | 2  |
| T31 | Kimyasalların karıştırılması için mikser kullanımı                       | Yaralanma, uzuv veya doku kaybı                                | 3   | 10 | 7  | 210  | 28 |
| T32 | Makine ve ekipmanlardan kaynaklı gürültü durumu                          | İşitme kaybına bağlı meslek hastalığı                          | 3   | 10 | 40 | 1200 | 2  |
| T33 | Numune alma işlemi                                                       | Yaralanma, uzuv veya doku kaybı                                | 3   | 10 | 15 | 450  | 15 |
| T34 | Vana açıp-kapama ve bağlantı kurma işlemi                                | Bel Ağrısı, sakatlanma                                         | 3   | 6  | 40 | 720  | 7  |
| T35 | Topraklama yapılmamış kazanın bulunması                                  | Ölüm, yaralanma                                                | 3   | 3  | 40 | 360  | 21 |
| T36 | Islak veya kaygan zemin bulunması                                        | Kayma, düşme, kırık, yaralanma                                 | 3   | 6  | 40 | 720  | 7  |
| T37 | Kimyasal dökülmesi durumu                                                | Ciltte tahriş, yanık                                           | 3   | 3  | 40 | 360  | 21 |
| T38 | Alan darlığı uzuv/gövde sıkışması/ezilmesi                               | Yaralanma, uzuv veya doku kaybı                                | 3   | 10 | 40 | 1200 | 2  |
| T39 | Mikser karıştırıcısının temizlenmesi işlemi                              | Yaralanma, uzuv veya doku kaybı                                | 3   | 6  | 40 | 720  | 7  |
| T40 | Kazanın streçlenmesi                                                     | Yaralanma, denge kaybı                                         | 3   | 10 | 40 | 1200 | 2  |
| T41 | Ham madde devrilmesi veya dökülmesi, döküntüye müdahale edilmesi         | Yaralanma, sakatlanma                                          | 3   | 6  | 40 | 720  | 7  |
| T42 | Elektrik kaçağı                                                          | Ölüm, sakatlanma                                               | 3   | 6  | 40 | 720  | 7  |

## 4.2 f-SWARA Yöntemiyle Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Geleneksel Fine-Kinney risk analizi yönteminde risk skoru hesabında kullanılan *O*, *F*, *S* kriterlerinin eşit önem ağırlığında olduğu varsayılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Bu durum alınacak önlemlerin belirlenmesinde kullanılan risk skoruna bağlı olarak belirlenen risk öncelik sırasının oluşturulmasında hatalara ve belirsizliklere neden olmaktadır. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için her bir kriterin önem derecesi belirlenmelidir. Bu çalışma kapsamında ilgili kriterlerin ağırlıklarının tespiti için f-SWARA yöntemi kullanılmıştır.

3.7. başlığında yer alan Tablo 7'deki sözel terimler yardımıyla çalışma kapsamında karar verici (KV) olarak destek alınan 10 İş Güvenliği Uzmanından f-SWARA yöntemi mantığına dayalı olarak kriterleri değerlendirmesi istenmiştir. Uzmanların kriterler için yapmış olduğu değerlendirmeler Tablo 10'da gösterilmiştir.

**Tablo 10.** Kriterlerin uzmanlar tarafından f-SWARA yöntemiyle ağırlıklandırılması

| Kriterler | Karar Vericiler |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|           | KV1             | KV2 | KV3 | KV4 | KV5 | KV6 | KV7 | KV8 | KV9 | KV10 |
| Şiddet    | -               | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -   | -    |
| Frekans   | Y               | Y   | Y   | BY  | BY  | Y   | BY  | ÇY  | Y   | O    |
| Olasılık  | BY              | O   | BY  | Y   | E   | BD  | ÇD  | D   | E   | D    |

Uzmanların tamamı kriterlerin çoktan aza doğru etki sıralamasını sırasıyla şiddet, frekans ve olasılık olarak yapmıştır. Tablo 10'da her bir kriterin diğerine etkisi sözel terimlerle ifade edilmiştir. En etkili kriter olarak belirlenen “Şiddet” kriterine etki edecek başka bir kriter olmadığı için onun satırında bir girdi değeri bulunmamaktadır. Frekans satırında yer alan değerler şiddetin frekansa göre etki derecesini, olasılık satırında yer alan değerler ise frekansın olasılığa göre etki derecesini göstermektedir. Tablo 11'de KV1'in yaptığı değerlendirmelerle her bir kriter için yapılmış olan örnek ağırlık değerleri hesabı gösterilmiştir.

**Tablo 11.** KV1'in değerlendirmesine göre hesaplanan kriter ağırlık değerleri

| Kriterler | Önem Sırası | Sıralanmış Kriterler | $s_j$   | $k_j$                 | $q_j$                 | $w_j$                 | $W_j$ |
|-----------|-------------|----------------------|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| Olasılık  | 3           | Ş 1 - -              | -       | (1.000, 1.000, 1.000) | (1.000, 1.000, 1.000) | (0.520, 0.544, 0.566) | 0.544 |
| Frekans   | 2           | F 2 Y (6,7,8)        | (6,7,8) | (1.750, 1.875, 2.000) | (0.500, 0.533, 0.571) | (0.260, 0.290, 0.323) | 0.291 |
| Şiddet    | 1           | O 3 BY (5,6,7)       | (5,6,7) | (1.625, 1.750, 1.875) | (0.267, 0.305, 0.352) | (0.139, 0.166, 0.199) | 0.167 |

Yukarıdaki tabloda KV1 için gösterilen hesaplamaların hepsi ayrı ayrı tüm karar vericiler için yapılarak elde edilen değerlerin geometrik ortalaması alınmış ve nihai kriter ağırlık değerleri belirlenmiştir. Her bir karar vericinin değerlendirmelerine göre belirlenen kriter ağırlık değerleri ve hesaplanan ortalama değerler Tablo 12'de gösterilmiştir.

**Tablo 12.** Karar vericilerin kriterler için belirledikleri kriter ağırlık değerleri

| Karar Vericiler    | Ağırlıklandırılmış Kriterler |             |            |
|--------------------|------------------------------|-------------|------------|
|                    | Olasılık (O)                 | Frekans (F) | Şiddet (Ş) |
| KV1                | 0.167                        | 0.291       | 0.544      |
| KV2                | 0.177                        | 0.287       | 0.537      |
| KV3                | 0.167                        | 0.291       | 0.544      |
| KV4                | 0.163                        | 0.305       | 0.533      |
| KV5                | 0.242                        | 0.277       | 0.483      |
| KV6                | 0.190                        | 0.283       | 0.529      |
| KV7                | 0.228                        | 0.282       | 0.492      |
| KV8                | 0.197                        | 0.269       | 0.536      |
| KV9                | 0.234                        | 0.267       | 0.500      |
| KV10               | 0.219                        | 0.299       | 0.484      |
| Geometrik Ortalama | 0.196                        | 0.285       | 0.518      |

Yukarıdaki tabloda da görüleceği üzere “Şiddet” kriteri tüm karar vericiler tarafından en etkili kriter olarak belirlenmiştir. Yapılan geometrik ortalama hesabıyla *O*, *F*, *Ş* kriterleri için ağırlık değerleri sırasıyla 0.196, 0.285 ve 0.518 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu

kriter ağırlık değerleri tehlikelerin analizleri yapılırken kullanılan ÇKKV yöntemlerine (f-VIKOR ve f-COPRAS) entegre edilerek kullanılmıştır.

#### 4.3 f-SWARA&f-VIKOR Yöntemiyle Risk Analizi Uygulaması

4.1 başlığında örnek çalışma kapsamında kullanılan işyeri için yapılan geleneksel Fine-Kinney risk analizi bu başlık altında f-SWARA&f-VIKOR entegre metoduyla modelleneyecektir. Bu bağlamda hibrit yöntem için öncelikle f-SWARA ile daha önce belirlenen ağırlıklandırılmış kriter değerleri f-VIKOR yöntemine entegre edilerek analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonrasında tehlikeler risk öncelik sırasına göre sıralanmıştır.

Çalışma kapsamında belirlenen 42 tehlike için *O*, *F*, *Ş* kriterleri karar vericiler tarafından Tablo 6'ya göre sözel terimlerle ifade edilmiştir. Bu değerler Tablo 13'te gösterilmiştir.

**Tablo 13.** Tehlikelere ait kriterlerin f-SWARA&f-VIKOR yöntemine göre karar vericiler tarafından sözel terimlerle ifadesi

|          | T1  | T2  | T3  | T4  | T5  | T6  | T7  | T8  | T9  | T10 | T11 | T12 | T13 | T14 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>O</b> | Bİ  | Bİ  | O   | O   | O   | BK  | İ   | Bİ  | O   | İ   | Bİ  | O   | O   | O   |
| <b>F</b> | Bİ  | Bİ  | Bİ  | İ   | İ   | BK  | İ   | İ   | Bİ  | İ   | BK  | BK  | BK  | K   |
| <b>Ş</b> | İ   | İ   | O   | O   | Bİ  | İ   | İ   | İ   | İ   | O   | O   | İ   | İ   | İ   |
|          | T15 | T16 | T17 | T18 | T19 | T20 | T21 | T22 | T23 | T24 | T25 | T26 | T27 | T28 |
| <b>O</b> | Bİ  | BK  | O   | Bİ  | Bİ  | O   | BK  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  |
| <b>F</b> | İ   | İ   | Bİ  | İ   | İ   | İ   | BK  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | İ   |
| <b>Ş</b> | Bİ  | İ   | Bİ  | İ   | İ   | Bİ  | İ   | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | İ   | Bİ  | BK  |
|          | T29 | T30 | T31 | T32 | T33 | T34 | T35 | T36 | T37 | T38 | T39 | T40 | T41 | T42 |
| <b>O</b> | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  |
| <b>F</b> | İ   | Çİ  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | İ   | Bİ  | İ   | Bİ  | Çİ  | İ   | Çİ  | İ   | İ   |
| <b>Ş</b> | Bİ  | İ   | O   | İ   | Bİ  | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   |

Karar vericiler tarafından belirlenen bu ifadeler için bulanık sayılar yardımıyla bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan matriste Eşitlik 13 kullanılarak her bir kriter

için en iyi bulanık olmayan performans değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler Tablo 14’te gösterilmiştir.

**Tablo 14.** Durulaştırılmış değerler

|   | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | T7    | T8    | T9    | T10   | T11   | T12   | T13   | T14   |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| O | 7.000 | 7.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 3.000 | 8.833 | 7.000 | 5.000 | 8.833 | 7.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| F | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 3.000 | 8.833 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 1.167 |
| Ş | 8.833 | 8.833 | 5.000 | 5.000 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 5.000 | 5.000 | 8.833 | 8.833 | 8.833 |
|   | T15   | T16   | T17   | T18   | T19   | T20   | T21   | T22   | T23   | T24   | T25   | T26   | T27   | T28   |
| O | 7.000 | 3.000 | 5.000 | 7.000 | 7.000 | 5.000 | 3.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 |
| F | 8.833 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 3.000 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 8.833 |
| Ş | 7.000 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 8.833 | 7.000 | 3.000 |
|   | T29   | T30   | T31   | T32   | T33   | T34   | T35   | T36   | T37   | T38   | T39   | T40   | T41   | T42   |
| O | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 |
| F | 8.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 7.000 | 9.833 | 8.833 | 9.833 | 8.833 | 8.833 |
| Ş | 7.000 | 8.833 | 5.000 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 |

Yukarıdaki Tablo 14 yardımıyla tüm kriterler için en iyi ( $f_i^*$ ) ve en kötü ( $f_i^-$ ) değerleri tespit edilmiştir. Eşitlik 4 ve 5 kullanılarak her bir tehlike için  $S_j$  ve  $R_j$  değerleri belirlenmiştir. Bu değerler hesaplanırken ağırlık değeri olarak daha önce f-SWARA yöntemi yardımıyla her bir kriter için belirlenmiş olan ağırlık değerleri kullanılmıştır. Daha sonra Eşitlik 6 kullanılarak her bir tehlike için  $Q_j$  değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama işleminde uyuşma değeri ( $\nu$ ) genellikle literatürde tercih edilen  $\nu = 0,5$  olarak değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalara ait tüm değerler Tablo 15 ve

Tablo 16’da gösterilmiştir.

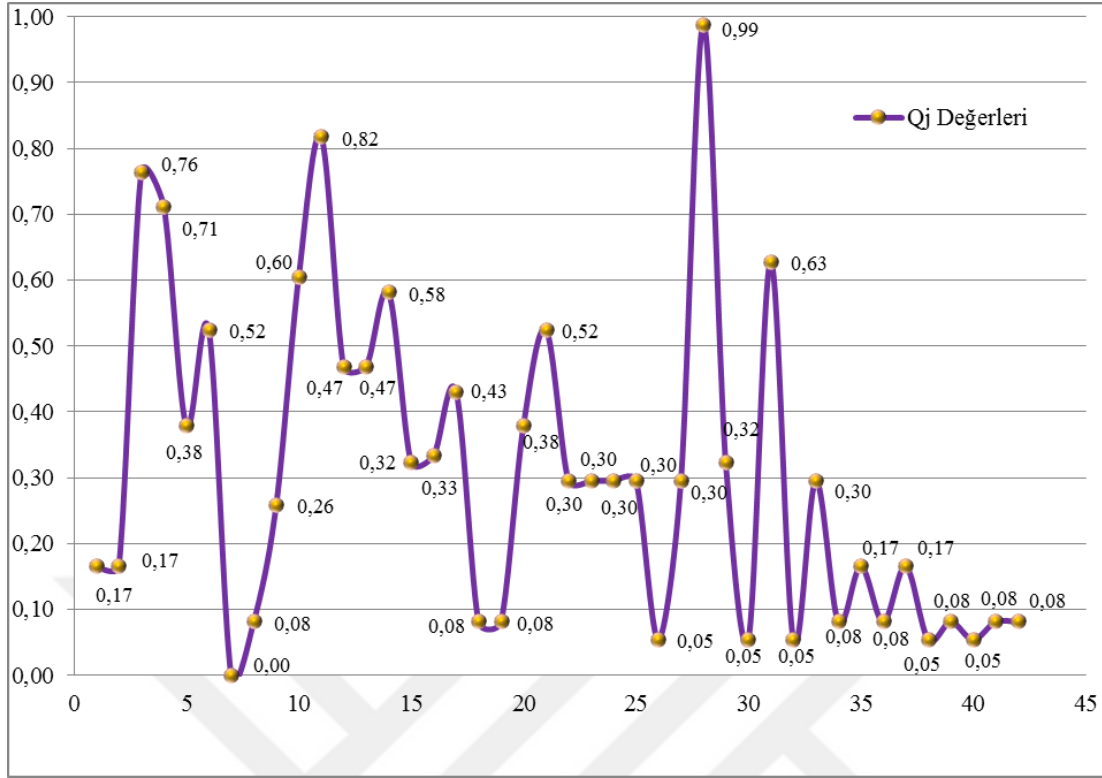
**Tablo 15.** f-VIKOR yöntemiyle yapılan hesaplamalar ile elde edilen değerler

|   | w     | $f_i^*$ | $f_i^-$ | $S^*$ | $S^-$ | $R^*$ | $R^-$ | $\nu$ |
|---|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ş | 0,518 | 8,833   | 3,000   |       |       |       |       |       |
| F | 0,285 | 9,833   | 1,167   | 0,033 | 0,627 | 0,033 | 0,518 | 0,5   |
| O | 0,196 | 8,833   | 3,000   |       |       |       |       |       |

**Tablo 16.** Tehlikelere ait  $S_j$ ,  $R_j$ ,  $Q_j$  değerleri ve tehlikelerin öncelik sıralaması

|                                    | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | T7    | T8    | T9    | T10   | T11   | T12   | T13   | T14   |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $S_j$                              | 0,155 | 0,155 | 0,562 | 0,502 | 0,324 | 0,421 | 0,033 | 0,094 | 0,222 | 0,373 | 0,627 | 0,354 | 0,354 | 0,414 |
| $R_j$                              | 0,093 | 0,093 | 0,340 | 0,340 | 0,163 | 0,225 | 0,033 | 0,062 | 0,129 | 0,340 | 0,340 | 0,225 | 0,225 | 0,285 |
| $Q_j$                              | 0,165 | 0,165 | 0,763 | 0,712 | 0,379 | 0,524 | 0,000 | 0,081 | 0,258 | 0,604 | 0,817 | 0,468 | 0,468 | 0,581 |
| <b>Risk<br/>Öncelik<br/>Sırası</b> | 15    | 15    | 40    | 39    | 29    | 34    | 1     | 7     | 19    | 37    | 41    | 32    | 32    | 36    |
|                                    | T15   | T16   | T17   | T18   | T19   | T20   | T21   | T22   | T23   | T24   | T25   | T26   | T27   | T28   |
| $S_j$                              | 0,257 | 0,229 | 0,385 | 0,094 | 0,094 | 0,324 | 0,421 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,224 | 0,062 | 0,224 | 0,612 |
| $R_j$                              | 0,163 | 0,196 | 0,163 | 0,062 | 0,062 | 0,163 | 0,225 | 0,163 | 0,163 | 0,163 | 0,163 | 0,062 | 0,163 | 0,518 |
| $Q_j$                              | 0,323 | 0,333 | 0,430 | 0,081 | 0,081 | 0,379 | 0,524 | 0,295 | 0,295 | 0,295 | 0,295 | 0,054 | 0,295 | 0,988 |
| <b>Risk<br/>Öncelik<br/>Sırası</b> | 26    | 28    | 31    | 7     | 7     | 29    | 34    | 20    | 20    | 20    | 20    | 2     | 20    | 42    |
|                                    | T29   | T30   | T31   | T32   | T33   | T34   | T35   | T36   | T37   | T38   | T39   | T40   | T41   | T42   |
| $S_j$                              | 0,257 | 0,062 | 0,402 | 0,062 | 0,224 | 0,094 | 0,155 | 0,094 | 0,155 | 0,062 | 0,094 | 0,062 | 0,094 | 0,094 |
| $R_j$                              | 0,163 | 0,062 | 0,340 | 0,062 | 0,163 | 0,062 | 0,093 | 0,062 | 0,093 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 | 0,062 |
| $Q_j$                              | 0,323 | 0,054 | 0,628 | 0,054 | 0,295 | 0,081 | 0,165 | 0,081 | 0,165 | 0,054 | 0,081 | 0,054 | 0,081 | 0,081 |
| <b>Risk<br/>Öncelik<br/>Sırası</b> | 26    | 2     | 38    | 2     | 20    | 7     | 15    | 7     | 15    | 2     | 7     | 2     | 7     | 7     |

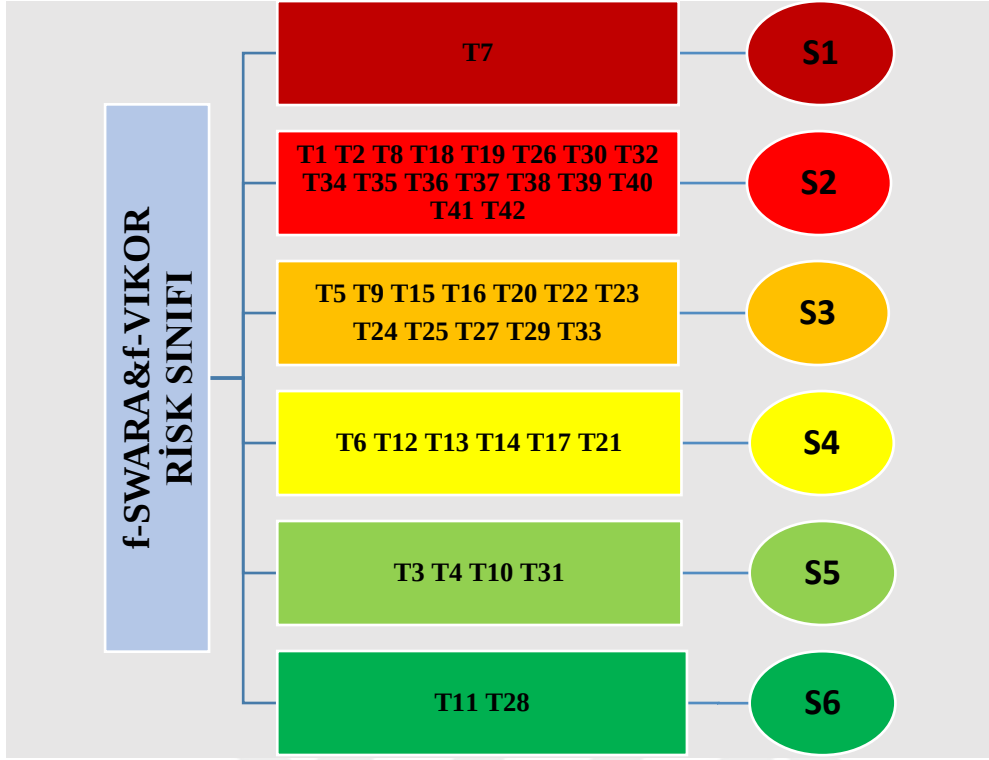
Tablo 16’da görüldüğü gibi f-SWARA&f-VIKOR yöntemiyle yapılan risk analizi sonucunda “0” en düşük  $Q_j$  değerine sahip olan T7 tehlikesi en riskli durumu ifade etmektedir. Yine “0,988” en yüksek  $Q_j$  değerine sahip olan T28 tehlikesi en risksiz durumu göstermektedir. Yapılan analiz sonucunda her bir kriter için elde edilen  $Q_j$  değerleri Şekil 6’te gösterilmiştir. Ayrıca tehlikelerin risk gruplarını belirlemek için ortalama değerlerle geliştirilen risk sınıfı değerleri Tablo 17’de ifade edilmiştir. Yine her bir tehlikenin yer aldığı risk sınıfı Şekil 7’de gösterilmiştir.



**Şekil 6.** f-SWARA&f-VIKOR yöntemiye göre alternatiflerin/tehlikelerin  $Q_j$  değerleri

**Tablo 17.** f-SWARA&f-VIKOR yönteminde alternatiflerin/tehlikelerin  $Q_j$  değerlerine göre risk sınıfları

| Risk Sınıfı | $Q_j$ Değeri | Risk Seviyesi                                             |
|-------------|--------------|-----------------------------------------------------------|
| S1          | 0.000        | Çok Yüksek Risk                                           |
| S2          | 0.001-0.200  | Acil önlemler alınmalı.                                   |
| S3          | 0.201-0.400  | Yüksek Risk<br>3 ay içerisinde önlemler alınmalı          |
| S4          | 0.401-0.600  | Önemli Risk<br>6 ay içerisinde önlemler alınmalı          |
| S5          | 0.601-0.800  | Muhtemel Risk<br>12 ay içerisinde önlemler alınmalı       |
| S6          | 0.801-1.000  | Kabul Edilebilir Risk<br>Önlem alınması gerekli değildir. |



Şekil 7. f-SWARA&f-VIKOR yöntemine göre tehlikelerin risk grupları

#### 4.4 Yeni Hibrit f-SC Yöntemiyle Risk Analizi Uygulaması

Bu bölümde, Türkiye’de boya sektöründe yer alan önemli işletmelerden birinde çalışma kapsamında geliştirilmiş olan yeni hibrit f-SC risk analizi yöntemiyle risk analizi uygulaması yapılmıştır. Kimyasalların yoğun olarak kullanıldığı sektörlerden birisi olan boya imalatı sektörü 29 Mart 2013 Tarih ve 28602 Sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Tehlike Sınıfları Listesi Tebliği” ne göre çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır. Uygulamanın yapıldığı tesis çok büyük olduğundan bu çalışmanın kapsamı su bazlı boya üretiminin yapıldığı kısımdaki siloların bulunduğu alan olarak sınırlandırılmıştır. Bu kapsamda ilgili alanda 4.1 başlığında belirtilmiş olan 42 adet tehlikenin risk analizi için yeni yöntem uygulanmıştır. Bu bağlamda 4.2. başlığında f-SWARA yöntemiyle belirlenen kriter ağırlıkları f-COPRAS yöntemine entegre edilmiştir. 3.7 başlığındaki eşitlikler yardımıyla analizler tamamlanmıştır. Tablo 18’de her bir tehlike için karar vericiler tarafından Tablo 8’e göre kriterlerin sözel terimlerle değerlendirilmeleri yer almaktadır.

**Tablo 18.** Tehlikelere ait kriterlerin f-SC yöntemine göre karar vericiler tarafından sözel terimlerle ifadesi

|   | T1  | T2  | T3  | T4  | T5  | T6  | T7  | T8  | T9  | T10 | T11 | T12 | T13 | T14 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| O | Bİ  | Bİ  | O   | O   | O   | BK  | İ   | Bİ  | O   | İ   | Bİ  | O   | O   | O   |
| F | Bİ  | Bİ  | Bİ  | İ   | İ   | BK  | İ   | İ   | Bİ  | İ   | BK  | BK  | BK  | K   |
| Ş | İ   | İ   | O   | O   | Bİ  | İ   | İ   | İ   | İ   | O   | O   | İ   | İ   | İ   |
|   | T15 | T16 | T17 | T18 | T19 | T20 | T21 | T22 | T23 | T24 | T25 | T26 | T27 | T28 |
| O | Bİ  | BK  | O   | Bİ  | Bİ  | O   | BK  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  |
| F | İ   | İ   | Bİ  | İ   | İ   | İ   | BK  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | İ   |
| Ş | Bİ  | İ   | Bİ  | İ   | İ   | Bİ  | İ   | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | İ   | Bİ  | BK  |
|   | T29 | T30 | T31 | T32 | T33 | T34 | T35 | T36 | T37 | T38 | T39 | T40 | T41 | T42 |
| O | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  | Bİ  |
| F | İ   | Çİ  | Çİ  | Çİ  | Çİ  | İ   | Bİ  | İ   | Bİ  | Çİ  | İ   | Çİ  | İ   | İ   |
| Ş | Bİ  | İ   | O   | İ   | Bİ  | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   | İ   |

Kriterlerin sözel terimlerle ifade edilmesi sonrasında bulanık sayılar yardımıyla bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra tehlikelere göre belirlenen kriterler için Eşitlik 13'te belirtilen en iyi bulanık olmayan performans değeri hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler Tablo 19'da gösterilmiştir.

**Tablo 19.** Alternatifler için belirlenen durulaştırılmış değerler

|   | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | T7    | T8    | T9    | T10   | T11   | T12   | T13   | T14   |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| O | 7.000 | 7.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 | 3.000 | 8.833 | 7.000 | 5.000 | 8.833 | 7.000 | 5.000 | 5.000 | 5.000 |
| F | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 3.000 | 8.833 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 1.167 |
| Ş | 8.833 | 8.833 | 5.000 | 5.000 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 5.000 | 5.000 | 8.833 | 8.833 | 8.833 |
|   | T15   | T16   | T17   | T18   | T19   | T20   | T21   | T22   | T23   | T24   | T25   | T26   | T27   | T28   |
| O | 7.000 | 3.000 | 5.000 | 7.000 | 7.000 | 5.000 | 3.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 |
| F | 8.833 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 3.000 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 8.833 |
| Ş | 7.000 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 8.833 | 7.000 | 3.000 |
|   | T29   | T30   | T31   | T32   | T33   | T34   | T35   | T36   | T37   | T38   | T39   | T40   | T41   | T42   |
| O | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 | 7.000 |
| F | 8.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 9.833 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 7.000 | 9.833 | 8.833 | 9.833 | 8.833 | 8.833 |
| Ş | 7.000 | 8.833 | 5.000 | 8.833 | 7.000 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 | 8.833 |

Elde edilen durulaştırılmış değerler f-SWARA yöntemiyle belirlenen kriter ağırlık değerleri yardımıyla normalize edilmiştir. Hesaplanan normalize değerleri Tablo 20’de gösterilmiştir.

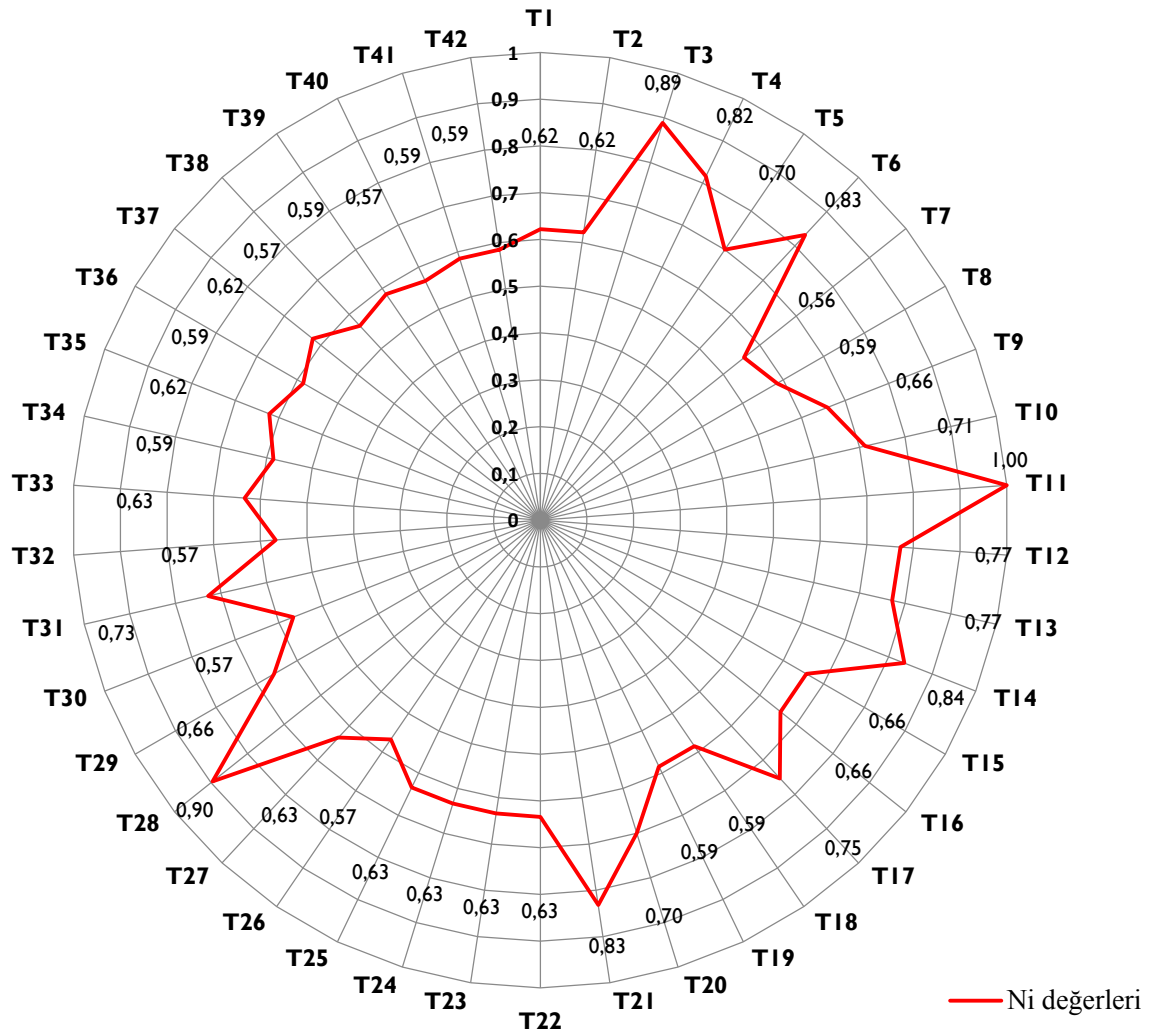
**Tablo 20.** Alternatiflerin normalize değerleri

|   | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | T7    | T8    | T9    | T10   | T11   | T12   | T13   | T14   |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| O | 0.005 | 0.005 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.002 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.004 | 0.004 |
| F | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.003 | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.008 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.001 |
| Ş | 0.014 | 0.014 | 0.008 | 0.008 | 0.011 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.008 | 0.008 | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
|   | T15   | T16   | T17   | T18   | T19   | T20   | T21   | T22   | T23   | T24   | T25   | T26   | T27   | T28   |
| O | 0.005 | 0.002 | 0.004 | 0.005 | 0.005 | 0.004 | 0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| F | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.003 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 |
| Ş | 0.011 | 0.014 | 0.011 | 0.014 | 0.014 | 0.011 | 0.014 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.014 | 0.011 | 0.005 |
|   | T29   | T30   | T31   | T32   | T33   | T34   | T35   | T36   | T37   | T38   | T39   | T40   | T41   | T42   |
| O | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| F | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.008 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 |
| Ş | 0.011 | 0.014 | 0.008 | 0.014 | 0.011 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 | 0.014 |

Alternatiflerin normalizasyonu sonrasında her bir tehlike için  $P_i$  ve  $R_i$  değerleri Eşitlik 18 ve Eşitlik 19 yardımıyla hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında kullanmış olduğumuz kriterlerin hiçbirisi fayda kriteri olmadığından bütün alternatifler için  $P_i$  değeri “0” olarak alınmıştır. Hesaplanan  $R_i$  değerlerine göre en düşük değer T11 için  $R_{min} = 0.016$  olarak elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalar yardımıyla  $\sum_{i=1}^n R_i = 0.999$  ve  $\sum_{i=1}^n \frac{R_{min}}{R_i} = 28.236$  değerleri elde edilmiştir. Eşitlik 21-23 kullanılarak her bir alternatif için nihai değerler elde edilmiştir. Belirlenen bu değerler ve alternatiflerin sıralamaları Tablo 21’de gösterilmiştir. Bu tabloda alternatifler en tehlikeliden en tehlikesize doğru sıralanmıştır. İlgili tabloda da görüldüğü üzere en yüksek  $N_i = 1.000$  değerine sahip olan T11 en risksiz durum olarak 42. sırada yer alırken en düşük  $N_i = 0.557$  değerine sahip olan T7 en riskli durum olarak 1. sırada yer almaktadır.

**Tablo 21.** Alternatifler için hesaplanan  $Q_i$  ve  $N_i$  değerleri ve sıralanması

|                                    | T1    | T2    | T3    | T4    | T5    | T6    | T7    | T8    | T9    | T10   | T11   | T12   | T13   | T14   |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $P_i$                              | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| $R_i$                              | 0.025 | 0.025 | 0.018 | 0.019 | 0.022 | 0.019 | 0.028 | 0.027 | 0.024 | 0.022 | 0.016 | 0.020 | 0.020 | 0.019 |
| $Q_i$                              | 0.022 | 0.022 | 0.031 | 0.029 | 0.025 | 0.029 | 0.020 | 0.021 | 0.023 | 0.025 | 0.035 | 0.027 | 0.027 | 0.030 |
| $N_i$                              | 0.622 | 0.622 | 0.889 | 0.816 | 0.700 | 0.832 | 0.557 | 0.585 | 0.660 | 0.712 | 1.000 | 0.772 | 0.772 | 0.836 |
| <b>Risk<br/>Öncelik<br/>Sırası</b> | 15    | 15    | 40    | 36    | 29    | 37    | 1     | 7     | 28    | 31    | 42    | 34    | 34    | 39    |
|                                    | T15   | T16   | T17   | T18   | T19   | T20   | T21   | T22   | T23   | T24   | T25   | T26   | T27   | T28   |
| $P_i$                              | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| $R_i$                              | 0.024 | 0.024 | 0.021 | 0.027 | 0.027 | 0.022 | 0.019 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.028 | 0.025 | 0.017 |
| $Q_i$                              | 0.023 | 0.023 | 0.027 | 0.021 | 0.021 | 0.025 | 0.029 | 0.022 | 0.022 | 0.022 | 0.022 | 0.020 | 0.022 | 0.032 |
| $N_i$                              | 0.657 | 0.657 | 0.753 | 0.585 | 0.585 | 0.700 | 0.832 | 0.634 | 0.634 | 0.634 | 0.634 | 0.567 | 0.634 | 0.896 |
| <b>Risk<br/>Öncelik<br/>Sırası</b> | 25    | 27    | 33    | 7     | 7     | 29    | 37    | 19    | 19    | 19    | 19    | 2     | 19    | 41    |
|                                    | T29   | T30   | T31   | T32   | T33   | T34   | T35   | T36   | T37   | T38   | T39   | T40   | T41   | T42   |
| $P_i$                              | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| $R_i$                              | 0.024 | 0.028 | 0.021 | 0.028 | 0.025 | 0.027 | 0.025 | 0.027 | 0.025 | 0.028 | 0.027 | 0.028 | 0.027 | 0.027 |
| $Q_i$                              | 0.023 | 0.020 | 0.026 | 0.020 | 0.022 | 0.021 | 0.022 | 0.021 | 0.022 | 0.020 | 0.021 | 0.020 | 0.021 | 0.021 |
| $N_i$                              | 0.657 | 0.567 | 0.728 | 0.567 | 0.634 | 0.585 | 0.622 | 0.585 | 0.622 | 0.567 | 0.585 | 0.567 | 0.585 | 0.585 |
| <b>Risk<br/>Öncelik<br/>Sırası</b> | 25    | 2     | 32    | 2     | 19    | 7     | 15    | 7     | 15    | 2     | 7     | 2     | 7     | 7     |

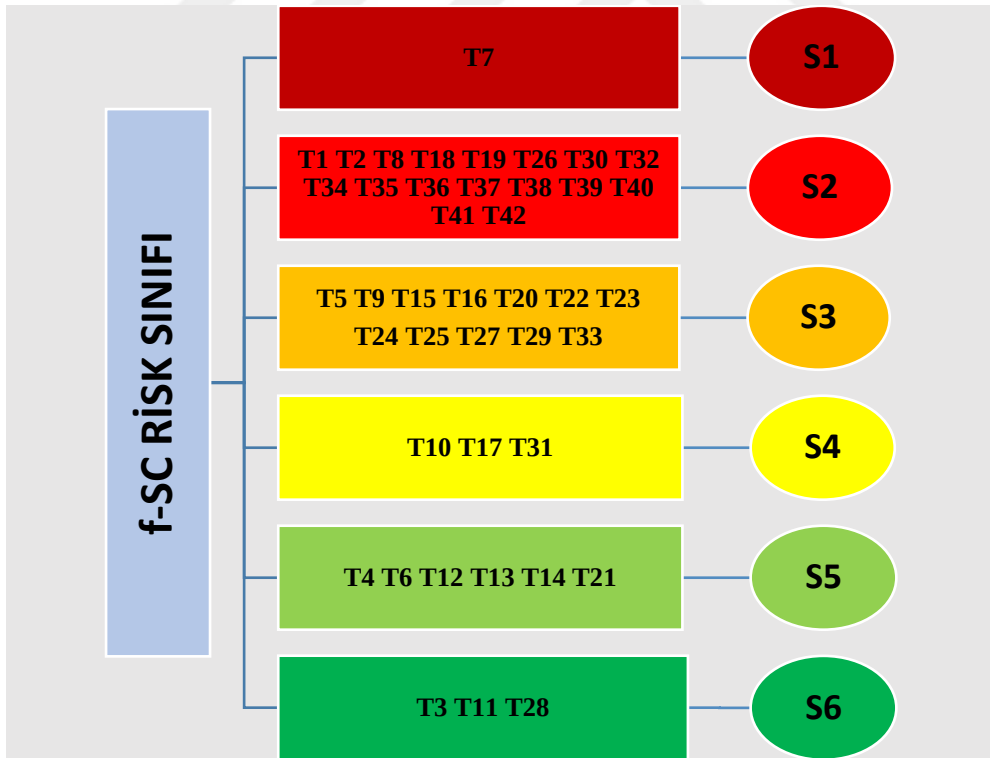


Şekil 8. f-SC yöntemine göre alternatiflerin/tehlikelerin  $N_i$  değerleri

f-COPRAS yöntemi yardımıyla tüm tehlikeler için  $N_i$  değeri hesaplanmıştır. Elde edilen bu değerler Tablo 21 ve Şekil 8’de gösterilmiştir.  $N_i$  değerleri yardımıyla mevcut tehlikeler için tehlike sınıfları belirlenmiştir. Belirlenen tehlike sınıfları ve bunlara karşılık gelen  $N_i$  değerleri Tablo 22 ve Şekil 9’de gösterilmiştir. Burada 1. tehlike sınıfına sadece en yüksek  $N_i$  değerine sahip olan H7 yerleştirilmiştir. Geri kalan tehlikeler ise belirlenen skaladaki karşılıklarına göre diğer tehlike sınıflarına yerleştirilmiştir. Ayrıca bu tehlikeler için alınması önerilen önlemler Tablo 23’te gösterilmiştir.

**Tablo 22.** Tehlikeler/Alternatifler için belirlenen risk sınıfları ve seviyeleri

| Risk Sınıfı | $N_i$ Değeri | Risk Seviyesi                                             |
|-------------|--------------|-----------------------------------------------------------|
| S1          | 0.557        | Çok Yüksek Risk                                           |
| S2          | 0.561-0.630  | Acil önlemler alınmalı.                                   |
| S3          | 0.631-0.700  | Yüksek Risk<br>3 ay içerisinde önlemler alınmalı          |
| S4          | 0.701-0.770  | Önemli Risk<br>6 ay içerisinde önlemler alınmalı          |
| S5          | 0.771-0.840  | Muhtemel Risk<br>12 ay içerisinde önlemler alınmalı       |
| S6          | 0.841-1.000  | Kabul Edilebilir Risk<br>Önlem alınması gerekli değildir. |



**Şekil 9.** f-SC yöntemiyle yapılan analizle belirlenen  $N_i$  değerlerine göre tehlikelerin/alternatiflerin risk sınıfları

**Tablo 23. Mevcut tehlikeler için alınması önerilen tedbirler**

| Tehlike                                                                         | Risk Sınıfı (S) | Önerilen Tedbirler                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T7                                                                              | S1              | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Yüksekte yapılan çalışmalarda emniyet kemeri ve yaşam hatları kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Yüksekte çalışacak personellerin sağlık ve özel eğitimleri kontrol edilmelidir.</li> <li>➤ Sadece yüksekte çalışabilir raporu olan çalışanlar yüksekte çalışmalıdır.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| T1, T2, T8, T18, T19 T26, T30, T32, T34, T35, T36, T37, T38, T39, T40, T41, T42 | S2              | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Geniş görüş sağlayan bombeler kullanılmalıdır ve görüş alanı aydınlatması yapılmalıdır. Çevredeki çalışanlar reflektörlü iş elbisesi kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Kamlok kelepçeleri takıldıktan sonra gerekli kontroller yapılarak işe başlanmalıdır.</li> <li>➤ Dış alanda yatay yaşam hattı kurulmalıdır. İkaz levhası ve talimatlar asılmalıdır ve çalışanların talimatlara uyup uymadığı denetlenmelidir.</li> <li>➤ Çalışanlar mutlaka işe uygun KKD kullanılmalıdır ve çalışanlara KKD kullanımı ile ilgili eğitimler verilmelidir.</li> <li>➤ Kullanılan kimyasalların MSDS formları tedarik edilerek çalışanlara tebliğ edilmelidir ve bu formlardaki kurallara uyulmalıdır.</li> <li>➤ Çalışanlar toz maskesi kullanılmalıdır ve havalandırma sistemi bulundurulmalıdır.</li> <li>➤ Malzeme ambalajları 25 kg'ı geçmemelidir. Taşıma esnasında forklift veya transpalet kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Çalışanlar uygun kulak koruyucular kullanılmalıdır ve düzenli ortam ölçümleri yapılmalıdır.</li> <li>➤ Vanalar düzenli kontrol edilmeli ve çalışmayan vanalar bakım yetkilisine bildirilmelidir.</li> <li>➤ Makinede gövde topraklaması bulunmalıdır. Ayrıca kazanlar işlem öncesinde topraklanmalıdır.</li> <li>➤ Giderler kontrol edilmeli ve uygun işaret ve levhalar kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Uygun temizleme kitleri kullanılmalıdır ve alana müdahale edilirken uygun KKD kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Çalışma alanı mutlaka düzenli olmalıdır. Operatör haricindeki kişiler tarafından makine kullanılmamalıdır.</li> <li>➤ Mikser çalışırken temizlik yapılmamalı ve temizlik için yıkama araçları kullanılmalıdır. Ayrıca çalışanlar kazan temizliği konusunda eğitilmelidir.</li> <li>➤ Kazan streçlemesi yapılırken yavaş adımlarla ve dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.</li> <li>➤ Malzemeler istif kurallarına uygun yerleştirilmelidir. Tehlikeli maddeler kapalı olarak ve dikkatli bir şekilde taşınmalıdır. Paletlerin kontrolü yapılmalıdır, hasarlı ve kırık paletler kullanılmamalıdır.</li> <li>➤ Pano ve sigortaların mevzuata uygun koruması yapılmalıdır.</li> <li>➤ Silobas araçlarının periyodik kontrolü yapılmalı ve silolardaki basınç göstergeleri ve alarmlar düzenli takip edilmelidir.</li> <li>➤ Havalı pompalara susturucu takılmalıdır. Gürültü ölçümleri sonucu gerekli alanlarda uygun KKD kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Tesis içerisinde azami hız limiti 20km/h olmalıdır ve tüm tedarikçiler bilgilendirilmelidir. Ayrıca tesise girecek araçlar belirli bir sıraya göre alınmalıdır.</li> <li>➤ Araçların topraklamaları uygun olarak yapılmalıdır ve periyodik kontrolleri sağlanmalıdır.</li> </ul> |
| T5, T9, T15, T16, T20, T22, T23, T24, T25, T27, T29, T33                        | S3              | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Çalışanlara mevsimsel şartlara uygun iş elbisesi verilmelidir.</li> <li>➤ Şarjlı el aletleri kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Kazanlar tekerlekli olarak kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Dolum hattında uygun havalandırma sistemi bulunmalıdır ve dolum işlemi hortumlarla yapılmalıdır. Ayrıca çalışanların maruziyetini önlemek için uygun KKD'ler kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Ağır malzemelerin kaldırılma işlemi için makaslı transpalet kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Tüm alanlarda emniyetli maket bıçağı kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Numune alma işlemi sırasında mikser durdurulmalıdır ve işlem sırasında kepçe kullanılmalıdır.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                  |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T10, T17,<br>T31                 | S4 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ İşlem esnasında mutlaka koruyucu gözlük kullanılmalı, iş kıyafeti giyilmeli ve hijyen kurallarına uyulmalıdır.</li> <li>➤ Tesise giren tüm araçlarda mutlaka egzoz koruyucusu (alev/kıvılcım tutucu) bulunmalıdır. İşlem yapılmayan araçlar, çalışır vaziyette bırakılmamalıdır.</li> <li>➤ Kazan emniyet kemeriyle sabitlenmelidir ve acil bir durumda enerjiyi kesmek için acil durdurma butonu bulunmalıdır.</li> </ul>                                                                                                                                                                 |
| T4, T6,<br>T12, T13,<br>T14, T21 | S5 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ İş elbisesi giyilmelidir. Kişisel koruyucu donanımlar (yarım yüz maskesi, iş eldiveni, iş gözlüğü) kullanılmalıdır.</li> <li>➤ Silolardaki basınç göstergeleri ve alarmlar sürekli kontrol edilmelidir. Ayrıca silobas araçlarının periyodik muayeneleri kontrol edilmelidir.</li> <li>➤ Damper kapanmadan şoförün çıkmasına izin verilmemelidir. Periyodik muayenelerin kontrolleri yapılmalıdır.</li> <li>➤ Silobasların, gerekli periyodik kontrollerinin yapıldığına dair muayene raporları temin edilmelidir.</li> <li>➤ Çatı üzerinde bulunan malzemeler sabitlenmelidir.</li> </ul> |
| T3, T11,<br>T28                  | S6 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hortumların ağırlıkları 15kg'ı geçmemelidir. Takma ve çıkarma esnasında borular çekilerek taşınmalıdır.</li> <li>➤ Bakım-onarım faaliyetleri bakım onarım ekibi tarafından periyodik olarak yapılmalıdır.</li> <li>➤ Çalışanlar iş esnasında mutlaka baret kullanmalıdır.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

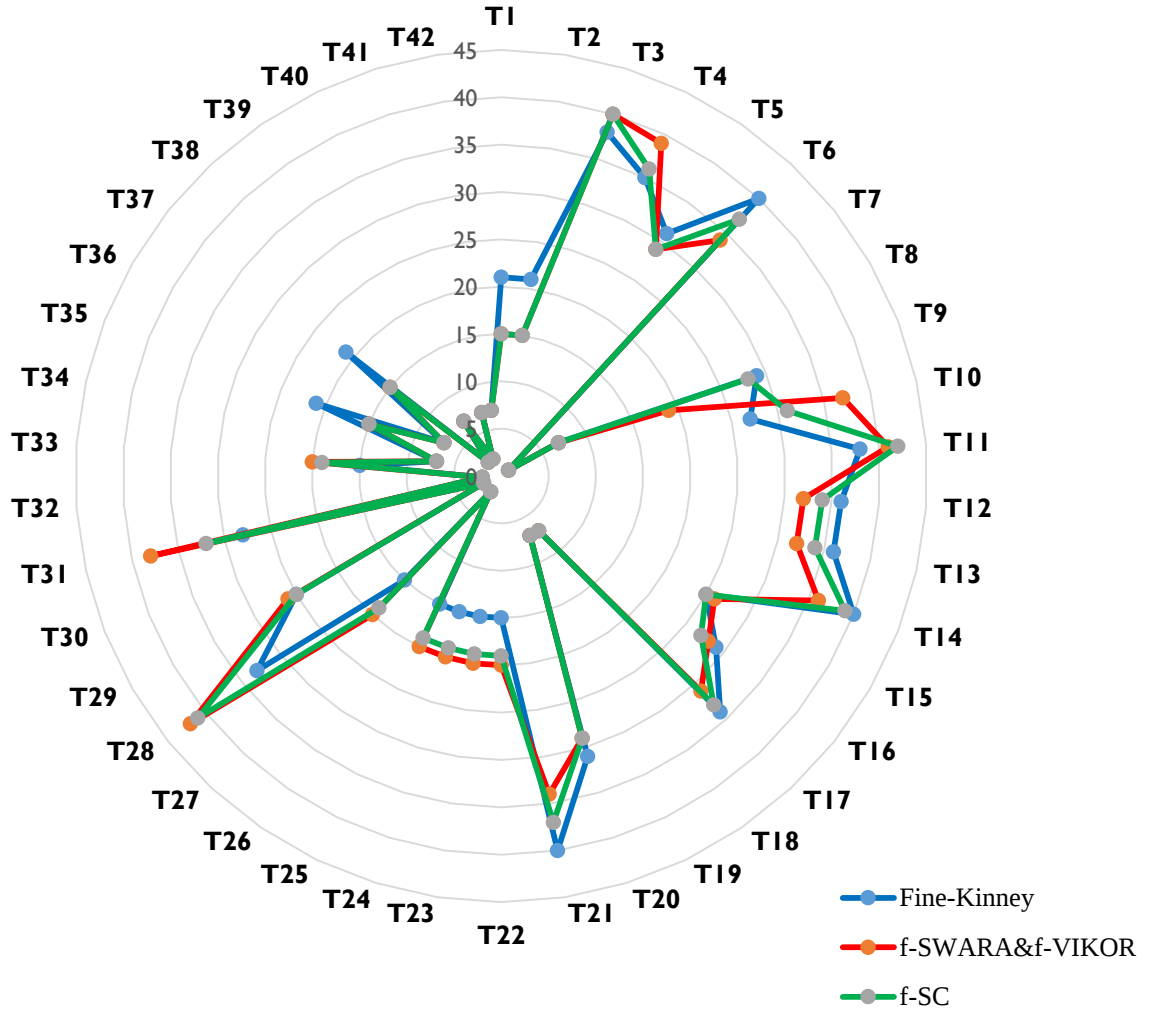
#### 4.5 Üç Farklı Yöntemle Yapılan Risk Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde çalışma kapsamında seçilen işyeri için sırasıyla geleneksel Fine-Kinney, f-SWARA&f-VIKOR ve f-SC risk analiz yöntemleriyle yapılmış olan risk analizleri ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan örnek çalışma için belirlenen 42 tehlikenin risk öncelik sıralamaları ve risk gruplarının karşılaştırılması Tablo 24, Şekil 10 ve Şekil 11’da gösterilmiştir.

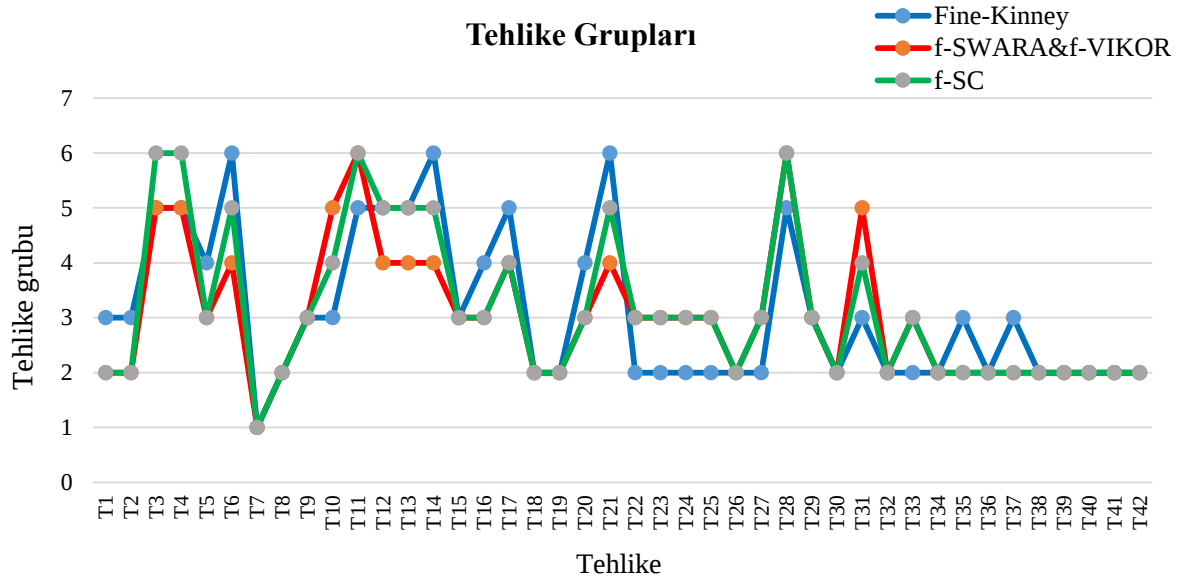
**Tablo 24.** Risk analiz yöntemlerine göre tehlikelerin risk öncelik sıralamaları ve risk grupları

| Tehlikeler | Fine-Kinney         |            | f-SWARA&f-VIKOR     |            | f-SC                |            |
|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|
|            | Risk Öncelik Sırası | Risk Grubu | Risk Öncelik Sırası | Risk Grubu | Risk Öncelik Sırası | Risk Grubu |
| T1         | 21                  | 3          | 15                  | 2          | 15                  | 2          |
| T2         | 21                  | 3          | 15                  | 2          | 15                  | 2          |
| T3         | 38                  | 5          | 40                  | 5          | 40                  | 6          |
| T4         | 35                  | 5          | 39                  | 5          | 36                  | 6          |
| T5         | 31                  | 4          | 29                  | 3          | 29                  | 3          |
| T6         | 40                  | 6          | 34                  | 4          | 37                  | 5          |
| T7         | 1                   | 1          | 1                   | 1          | 1                   | 1          |
| T8         | 7                   | 2          | 7                   | 2          | 7                   | 2          |
| T9         | 29                  | 3          | 19                  | 3          | 28                  | 3          |

|     |    |   |    |   |    |   |
|-----|----|---|----|---|----|---|
| T10 | 27 | 3 | 37 | 5 | 31 | 4 |
| T11 | 38 | 5 | 41 | 6 | 42 | 6 |
| T12 | 36 | 5 | 32 | 4 | 34 | 5 |
| T13 | 36 | 5 | 32 | 4 | 34 | 5 |
| T14 | 40 | 6 | 36 | 4 | 39 | 5 |
| T15 | 25 | 3 | 26 | 3 | 25 | 3 |
| T16 | 29 | 4 | 28 | 3 | 27 | 3 |
| T17 | 34 | 5 | 31 | 4 | 33 | 4 |
| T18 | 7  | 2 | 7  | 2 | 7  | 2 |
| T19 | 7  | 2 | 7  | 2 | 7  | 2 |
| T20 | 31 | 4 | 29 | 3 | 29 | 3 |
| T21 | 40 | 6 | 34 | 4 | 37 | 5 |
| T22 | 15 | 2 | 20 | 3 | 19 | 3 |
| T23 | 15 | 2 | 20 | 3 | 19 | 3 |
| T24 | 15 | 2 | 20 | 3 | 19 | 3 |
| T25 | 15 | 2 | 20 | 3 | 19 | 3 |
| T26 | 2  | 2 | 2  | 2 | 2  | 2 |
| T27 | 15 | 2 | 20 | 3 | 19 | 3 |
| T28 | 33 | 5 | 42 | 6 | 41 | 6 |
| T29 | 25 | 3 | 26 | 3 | 25 | 3 |
| T30 | 2  | 2 | 2  | 2 | 2  | 2 |
| T31 | 28 | 3 | 38 | 5 | 32 | 4 |
| T32 | 2  | 2 | 2  | 2 | 2  | 2 |
| T33 | 15 | 2 | 20 | 3 | 19 | 3 |
| T34 | 7  | 2 | 7  | 2 | 7  | 2 |
| T35 | 21 | 3 | 15 | 2 | 15 | 2 |
| T36 | 7  | 2 | 7  | 2 | 7  | 2 |
| T37 | 21 | 3 | 15 | 2 | 15 | 2 |
| T38 | 2  | 2 | 2  | 2 | 2  | 2 |
| T39 | 7  | 2 | 7  | 2 | 7  | 2 |
| T40 | 2  | 2 | 2  | 2 | 2  | 2 |
| T41 | 7  | 2 | 7  | 2 | 7  | 2 |
| T42 | 7  | 2 | 7  | 2 | 7  | 2 |



**Şekil 10.** Alternatiflerin/tehlikelerin yapılan risk analizlerine göre öncelik sırası karşılaştırması



**Şekil 11.** Alternatiflerin/tehlikelerin yapılan risk analizlerine göre tehlike grubu karşılaştırması

Yukarıdaki tablo ve şekillerde yapılan üçlü karşılaştırmalar incelendiğinde T7 “İşe uygun olmayan personelin yüksekte çalışması ve yüksekte düşmesi” tehlikesi her üç yöntemde de en riskli durum olarak tespit edilmiştir. Burada diğer tehlikeler incelendiğinde f-SWARA&VIKOR ve çalışma kapsamında önerilen f-SC yöntemlerinin genel olarak risk öncelik sıralamaları ve risk grupları beklendiği üzere benzerlik göstermektedir. Geleneksel Fine-Kinney yönteminde ise diğer yöntemlerle farklılıklar oluşmuştur. Bu farklılıkların gerçekleşmesinin temel nedeni mevcut geleneksel yöntemdeki dezavantajları ortadan kaldırmak için diğer yöntemlerde yapılan kriter ağırlıklandırma işlemidir.

## 5 TARTIŖMA VE DEĞERLENDİRME

İŖyerlerinde yŖrŖtŖlen faaliyetlerde yaŖanabilecek olumsuz durumlara karŖı alıŖanların sağlık ve gŖvenlik problemi yaŖamasını engellemek en önemli İSG hedeflerindendir. Bu faaliyetler tespit edilirken iŖ ortamının detaylı bir analizinin yapılması ve mevcut tehlikelerle birlikte bu tehlikelerden kaynaklanabilecek potansiyel risklerin tam ve doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle seçilen risk analizi yönteminin mevcut iŖyerine uygun olması gerekmektedir.

Geleneksel risk modelleri olasılık ve geleneksel kŖme teorisine dayanmaktadır. Bu yöntemlerde risk analizleri sayısal veriler yardımıyla yapılmaktadır. Ancak iŖyerlerinde nŖmerik verileri elde etmek her zaman kolay olmamaktadır. Bu durumlarda mevcut tehlikelerden kaynaklanan risklerin değerlendirilmesi nŖmerik veriler yerine uzmanların/karar vericilerin dŖŖnce ve yorumlarına göre yapılmalıdır [76–78]. Bu nedenle yetersiz verilerin bulunduğu durumlarda risk analizinde bulanık mantık tabanlı yöntemler kullanılması faydalı olacaktır. Geleneksel risk analiz yöntemlerinde nŖmerik veriler yardımıyla tehlikeler nceliklendirilirken farklı yorumlara neden olabilecek tartıŖmalı sonuçlar elde edilebilir. Örneğin geleneksel Fine-Kinney yöntemi ile yapılmıŖ bir risk analizi alıŖmasında yŖksek olasılık ve dŖŖk Ŗiddet değerine sahip basit yaralanmayla sonuçlanabilecek bir durum dŖŖk olasılık ve yŖksek Ŗiddet değerine sahip lŖmlere neden olabilecek bir durumla aynı ya da daha öncelikli bir seviyede grŖlebilir. Bu tarz problemler risk analizlerinde bulanık mantık tabanlı ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasıyla ortadan kaldırılabilir.

Geleneksel risk analizi yöntemlerinde her bir kritere verilen nŖmerik verilerle risk skoru elde edilmektedir. Ayrıca bu yöntemlerde kullanılan kriterlerin önem dereceleri eŖit olarak değerlendirilmektedir. Ancak seçilen kriterlerin eŖit ağırlıkta olması mŖmkŖn değildir. Bu nedenle bu alıŖmada f-VIKOR ve f-COPRAS yöntemleriyle risk analizi uygulanmadan önce 10 iŖ gŖvenliėi uzmanı tarafından f-SWARA yöntemiyle alıŖma kapsamında seçilen geleneksel Fine-Kinney yöntemine ait kriterlerin ağırlıklandırılması yapılmıŖtır. f-VIKOR ve f-COPRAS yöntemlerinde kriter ağırlıklandırma iŖlemi olmadığından ayrı bir ÇKKV yöntemiyle (f-SWARA) bu iŖlem uygulanmıŖtır. Yapılan hesaplamalar sonucunda sırasıyla olasılık, frekans ve Ŗiddet kriterleri için 0,196, 0,285

ve 0,518 ağırlık değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler hem f-VIKOR hem de f-COPRAS yöntemine entegre edilerek kriter ağırlık değeri olarak kullanılmıştır.

Literatürde kriter ağırlıklandırma ve karar verme problemlerinde olduğu gibi iş güvenliği alanındaki risk analizi çalışmalarında da AHP, ANP, TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan risk analizi uygulamasıyla, ülkemizde yer alan işyerlerinin büyük çoğunluğunun risk analizi çalışmalarında kullanmakta olduğu, geleneksel Fine-Kinney yönteminin geliştirilerek yeni entegre hibrit bir yöntem şeklini alması amaçlanmıştır. Bu amaçla mevcut yöntem kriter ağırlıklandırma süreci eklenerek daha anlamlı ve doğru sonuçların elde edilmesi istenmiştir. Bu işlem için daha önce bahsettiğimiz yaygın kullanıma sahip olan AHP gibi yöntemler yerine bulanık mantık tabanlı f-SWARA yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntemin karar vericiler için daha kullanışlı, basit ve sade olmasının yanında 3.3 başlığında bahsedilen avantajlara sahip olması en önemli tercih sebebimiz olmuştur. Yine literatürde yapılmış çalışmalarda tehlikelerin analiz süreçlerinin benzer yöntemlerle yürütüldüğü görülmektedir [19, 34, 60, 61, 79–90]. Bunlardan farklı olarak yapmış olduğumuz risk analizi çalışmasında 3.5 başlığında ifade etmiş olduğumuz avantajlara sahip olması sebebiyle yeni ve farklı bir yöntem olarak bulanık mantık tabanlı f-COPRAS yöntemi tercih edilmiştir. Ayrıca önermiş olduğumuz yöntemin validasyonunu göstermek için daha önce yapılan çalışmalarda kullanılmış olan VIKOR yöntemi ile de aynı analizler gerçekleştirilmiştir.

f-SWARA yöntemiyle ağırlıklandırılması yapılan  $O$ ,  $F$  ve  $\$$  kriterleri yardımıyla alternatif olarak seçilen 42 tehlikenin analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerde ilgili hesaplamalarla f-VIKOR yöntemiyle her bir tehlike için  $Q_i$  değerleri, f-COPRAS yöntemiyle de  $N_i$  değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler yardımıyla her iki yöntem için de alternatifler sıralanarak risk grupları oluşturulmuştur. Hem  $Q_i$  hem de  $N_i$  değerleri için her iki yöntemde de değer aralığı 0-1 şeklindedir. Burada en faydalı/risksiz durum 1 veya 1'e en yakın değeri alan alternatif/tehlikedir. Aynı şekilde en faydasız/riskli durum ise 0 veya 0'a en yakın değeri alan alternatif/tehlikedir. Hem f-SWARA-f-VIKOR hem f-SC hem de geleneksel Fine-Kinney yönteminde yapılan analizler sonucunda T7 “İşe uygun olmayan personelin yüksekte çalışması ve yüksekte düşmesi” tehlikesinin en riskli durum olduğu görülmüştür. Yine en risksiz iki durum olarak f-SWARA&VIKOR ve f-SC yönteminde T11 ve T28 tehlikeleri elde edilmiştir.

f-SWARA&VIKOR'da T11 41., T28 42. sırada iken f-SC'de T28 41., T11 42. olmuştur. Ancak geleneksel Fine-Kinney yöntemi analiz sonuçlarında en risksiz durum olarak aynı risk skoru değerine sahip olan sırasıyla T6, T14 ve T21 elde edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan ÇKKV yöntemleriyle geleneksel yöntem arasında bu farklılıkların oluşmasının temel nedeni ÇKKV yöntemlerinde uygulanan kriter ağırlıklandırılması işlemidir. Kriterler için ağırlık değerlerinin kullanılmasıyla daha hassas ve tutarlı sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır.

Risk analizleri tamamlandıktan sonra mevcut tehlikelerden kaynaklı oluşabilecek riskler için, ilgili yönetmelik ve düzenlemeler esas alınarak, risk gruplarına göre alınması önerilen tedbirler belirlenmiş ve bu tedbirler Tablo 23'te gösterilmiştir. Belirlenen bu önlemlerin dikkatlice ve belirtilen zaman diliminde uygulanması oldukça önemlidir. Aksi durumda istenmeyen iş kazalarından kaynaklı olarak yaralanmalar ve can kayıpları meydana gelebilir.

## 6 SONUÇ VE ÖNERİLER

İşyerlerinde potansiyel risklerin belirlenmesi işlemi aslında bir karar verme sürecini içermektedir. Yapılan risk analizleri ilgili uzmanların verdiği kararlara bağlı olarak uygulanmakta ve tehlikelerin risk öncelik sıraları belirlenmektedir. Fakat geleneksel yöntemlerde bu karar verme süreci genellikle nümerik değerlerin kullanılmasıyla yapılmaktadır. Bu durum da birtakım dezavantajlar ve olumsuzluklara neden olmaktadır. Oysaki bulanık mantık tabanlı ÇKKV yöntemlerinin kullanımıyla bu olumsuzluklar ortadan kaldırılabılır. Çünkü bu yöntemler uygulanırken karar vericilerin kullanımı için daha uygun olan sözel terimler yardımıyla değerlendirme yapılmaktadır. Daha sonra bu sözel terimler yine oluşabilecek hataları minimize etmek için bulanık mantık yardımıyla nümerikleştirilmektedir. Böylece yapılan risk analizi daha hassas ve doğru bir uygulama olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada bulanık mantık tabanlı ÇKKV yöntemlerinden oluşan iki farklı yöntem kullanılarak bu dezavantajların ortadan kaldırılmasına yönelik bir katkı yapılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma kapsamında boya sektöründe yer alan bir işyerinin bir bölümü kullanılarak burada belirlenen 42 tehlikenin analizi gerçekleştirilmiştir. İlgili tesis çok büyük olduğu için tamamı değerlendirmeye alınmamıştır. Çalışma, risk analizleri uygulanırken yapılacak matematiksel hesaplamaların daha fazla olmasının istenmemesi ve elde edilen verilerin sunumunun daha basit ve sade olmasının istenmesi dolayısıyla bu şekilde kısıtlandırılmıştır. Ancak kullanılan bu yöntemler gerekli durumda tesisin tamamı için de uygulanabilir.

Yapılan analizler sonucunda risk skoru hesaplanırken kullanılan kriterlerin farklı önem seviyelerinde olması gerektiği tespit edilmiştir. Çünkü geleneksel yöntemle ÇKKV yöntemleri arasında risk öncelik sıralamaları ve risk gruplandırmaları bakımından önemli farklılıklar oluşmuştur. Uygulanan örnek çalışmalarla geleneksel yöntem yerine ÇKKV yöntemlerinin kullanımının analiz sonuçlarındaki doğruluk ve hassasiyet seviyelerinde artış sağladığı görülmüştür.

Günümüzde literatürdeki risk analizi uygulamalarında kullanımı gittikçe yaygınlaşan ÇKKV yöntemleri incelendiğinde mevcut çalışmaların büyük çoğunluğunda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu çalışma

kapsamında AHP yöntemine göre daha basit, sade ve uygulanabilirliği kolay olan SWARA yöntemi kriter ağırlıklandırma için tercih edilmiştir. Kullanılan bu yeni yöntem hem çalışma kapsamında önerdiğimiz f-SC yöntemine hem de literatürde daha önce AHP ile birlikte kullanılmış olan VIKOR yöntemine [17] entegre edilmiştir. Böylece çalışmamızın validasyonunu göstermek için üçlü bir karşılaştırma imkânı oluşmuştur.

Ülkemizde küçükten büyüğe mevcut işyerlerinin büyük çoğunluğunda bulunan İSG ekiplerince yapılan risk analizlerinde Fine-Kinney yöntemi kullanılmaktadır. Bu nedenle literatüre daha büyük bir katkı sağlamak ve mevcut yaygın kullanılan yöntemin geliştirilmiş versiyonunu sunmak için bu çalışma kapsamında geleneksel Fine-Kinney yönteminin kriterleri tercih edilmiştir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda önerdiğimiz f-SC yöntemi farklı işyerleri için uygulanabilir. Analizlerde kullanılan Fine-Kinney yönteminde yer alan  $O$ ,  $F$  ve  $S$  kriterlerine ek olarak yeni kriterler belirlenebilir ya da Fine-Kinney yerine farklı bir yöntemin kriterleri kullanılabilir. Kriter ağırlıklandırma işlemi ve analizler için kullanılan ÇKKV yöntemlerinden farklı yöntemler kullanılarak alternatifler ve karşılaştırmalar çoğaltılabilir. Önerdiğimiz yeni hibrit f-SC yöntemi için geliştirilecek bir uygulamayla işyerlerinde kullanımı yaygınlaştırılarak risk analizi işlemi kolaylaştırılabilir ve bu sayede zamandan tasarruf edilebilir.

Bu çalışmada önerilen f-SC yöntemiyle geleneksel risk analiz yöntemlerine şu önemli katkılar sağlanmıştır:

- Geleneksel risk analizi yöntemlerinin aksine bu yöntemde kriterler analiz öncesinde uzmanlar tarafından ağırlıklandırılmaktadır.
- İş güvenliği uzmanları, birbirinden bağımsız olarak, kriterleri değerlendirirken nümerik veriler yerine daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesi için sözel terimler kullanmaktadır.
- Önerilen yöntemin kullanımıyla tehlikeler daha doğru ve hassas bir şekilde analiz edilerek sıralanmıştır.
- Geleneksel Fine-Kinney yönteminde bulunan olumsuzluklar ve dezavantajlar önerilen f-SC yöntemiyle ortadan kaldırılmıştır.

## KAYNAKÇA

1. Moatari-Kazerouni A, Chinniah Y, Agard B (2015) A proposed occupational health and safety risk estimation tool for manufacturing systems. *International Journal of Production Research* 53:4459–4475. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.942005>
2. Hacibektaşoğlu SE (2018) İnşaat sektöründe yaşanan iş kazalarının analizi ve bu kazalara neden olan etkenlerin incelenmesi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi* 2:159–177. <https://doi.org/10.30692/sisad.452112>
3. Kocatepe S (2021) Psikososyal faktörlerin iş kazalarına etkileri: imalat sektöründe kesitsel bir araştırma. Yayınlanmış Doktora Tezi Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. Health and Safety Executive (HSE), (2014) The health and safety toolbox: how to control risks at work. Erişim Adresi: <https://www.hse.gov.uk/toolbox/index.htm>
5. Yagimli M, Hacibektaşoğlu SE (2018) Türkiye’de inşaat sektöründe yaşanan iş kazaları ve ölümlü iş kazası sayılarının tahmini. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 9(22):142–156. <https://doi.org/10.17823/gusb.2559>
6. Hacibektaşoğlu SE, Mertoglu B, Tozan H (2021) Application of a novel hybrid f-SC risk analysis method in the paint industry. *Sustainability* 13:13605. <https://doi.org/10.3390/su132413605>
7. Karakaya T (2018) İş güvenliği uzmanlarının çalışma yaşamı özellikleri, iş stresi ve iş güvencesizliğinin değerlendirilmesi. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
8. Simon HA (1966) Theories of decision-making in economics and behavioural science. In: *Surveys of economic theory*. Springer, pp 1–28.
9. Ahmed MT, Omotunde H (2012) Theories and strategies of good decision making. *International Journal of Scientific & Technology Research* 1:51–54.
10. Reyna VF, Rivers SE (2008) Current theories of risk and rational decision making. *Developmental Review* 28(1):1-11.
11. Sirakaya E, Woodside AG (2005) Building and testing theories of decision making by travellers. *Tourism Management* 26:815–832.
12. Gigerenzer G, Gaissmaier W (2015) Decision making: Nonrational theories. In: *International encyclopedia of the social & behavioral sciences*. Elsevier, pp 911–916.
13. Betsch T, Haberstroh S, Hohle C (2002) Explaining routinized decision making: A review of theories and models. *Theory & Psychology* 12:453–488.

14. Kickert WJ (1979) Fuzzy theories on decision making: A critical review. Springer, New York, USA.
15. Oliveira A (2007) A discussion of rational and psychological decision-making theories and models: The search for a cultural-ethical decision-making model. *Electronic Journal of Business Ethics and Organization Studies* 12:12–17.
16. Dağsuyu C, Göçmen E, Narlı M, Kokangül A (2016) Classical and fuzzy FMEA risk analysis in a sterilization unit. *Computers & Industrial Engineering* 101:286–294. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.09.015>
17. Gul M, Guven B, Guneri AF (2018) A new Fine-Kinney-based risk assessment framework using FAHP-FVIKOR incorporation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 53:3–16. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.08.014>
18. Kutlu AC, Ekmekçioğlu M (2012) Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications* 39:61–67. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.044>
19. Wang W, Liu X, Qin Y (2018) A fuzzy Fine-Kinney-based risk evaluation approach with extended MULTIMOORA method based on Choquet integral. *Computers & Industrial Engineering* 125:111–123. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.08.019>
20. Mangeli M, Shahraki A, Saljooghi FH (2019) Improvement of risk assessment in the FMEA using nonlinear model, revised fuzzy TOPSIS, and support vector machine. *International Journal of Industrial Ergonomics* 69:209–216. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.11.004>
21. Wang Y, Xie M (2012) Approach to Integrate Fuzzy Fault Tree with Bayesian Network. *Procedia Engineering* 45:131–138. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.133>
22. Wang D, Zhang P, Chen L (2013) Fuzzy fault tree analysis for fire and explosion of crude oil tanks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 26:1390–1398. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2013.08.022>
23. Kou G, Peng Y, Wang G (2014) Evaluation of clustering algorithms for financial risk analysis using MCDM methods. *Information Sciences* 275:1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.02.137>
24. Liu Y, Fan Z-P, Yuan Y, Li H (2014) A FTA-based method for risk decision-making in emergency response. *Computers & Operations Research* 42:49–57. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.08.015>
25. Lavasani SM, Ramzali N, Sabzalipour F, Akyuz E (2015) Utilisation of Fuzzy Fault Tree Analysis (FFTA) for quantified risk analysis of leakage in abandoned oil and natural-gas wells. *Ocean Engineering* 108:729–737. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.09.008>

26. Rajakarunakaran S, Maniram Kumar. A, Arumuga Prabhu V (2015) Applications of fuzzy faulty tree analysis and expert elicitation for evaluation of risks in LPG refuelling station. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 33:109–123. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.11.016>
27. Guneri AF, Gul M, Ozgur S (2015) A fuzzy AHP methodology for selection of risk assessment methods in occupational safety. *International Journal of Risk Assessment and Management* 18:319. <https://doi.org/10.1504/IJRAM.2015.071222>
28. Othman MR, Idris R, Hassim MH, Ibrahim WHW (2016) Prioritizing HAZOP analysis using analytic hierarchy process (AHP). *Clean Technologies Environmental Policy* 18:1345–1360. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1104-4>
29. Gul M, Celik E (2018) Fuzzy rule-based Fine–Kinney risk assessment approach for rail transportation systems. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 24:1786–1812. <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1422975>
30. Kokangül A, Polat U, Dağsuyu C (2017) A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies. *Safety Science* 91:24–32. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.07.015>
31. Yazdi M, Kabir S (2017) A fuzzy Bayesian network approach for risk analysis in process industries. *Process Safety and Environmental Protection* 111:507–519. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.08.015>
32. Gul M, Ak MF (2018) A comparative outline for quantifying risk ratings in occupational health and safety risk assessment. *Journal of Cleaner Production* 196:653–664. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.106>
33. Fattahi R, Khalilzadeh M (2018) Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment. *Safety Science* 102:290–300. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.018>
34. Gul M (2018) A review of occupational health and safety risk assessment approaches based on multi-criteria decision-making methods and their fuzzy versions. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 24:1723–1760. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1424531>
35. Markowski AS, Siuta D (2018) Fuzzy logic approach for identifying representative accident scenarios. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 56:414–423. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.10.003>
36. Chen K, Liu D, Fan Z, et al (2019) Risk Analysis of Oilfield Gathering Station: Risk Analysis of Oilfield Gathering Station. *Process Safety Progress* 38:71–77. <https://doi.org/10.1002/prs.11989>

37. Simić V, Soušek R, Jovčić S (2020) Picture Fuzzy MCDM Approach for Risk Assessment of Railway Infrastructure. *Mathematics* 8:2259. <https://doi.org/10.3390/math8122259>
38. Marhavidas PK, Tegas MG, Koulinas GK, Koulouriotis DE (2020) A Joint Stochastic/Deterministic Process with Multi-Objective Decision Making Risk-Assessment Framework for Sustainable Constructions Engineering Projects—A Case Study. *Sustainability* 12:4280. <https://doi.org/10.3390/su12104280>
39. Marhavidas PK, Filippidis M, Koulinas GK, Koulouriotis DE (2020) A HAZOP with MCDM Based Risk-Assessment Approach: Focusing on the Deviations with Economic/Health/Environmental Impacts in a Process Industry. *Sustainability* 12:993. <https://doi.org/10.3390/su12030993>
40. Marhavidas PK, Filippidis M, Koulinas GK, Koulouriotis DE (2020) An expanded HAZOP-study with fuzzy-AHP (XPA-HAZOP technique): Application in a sour crude-oil processing plant. *Safety Science* 124:104590. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104590>
41. Mardani Shahri M, Eshraghniae Jahromi A, Houshmand M (2021) Failure Mode and Effect Analysis using an integrated approach of clustering and MCDM under pythagorean fuzzy environment. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 72:104591. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104591>
42. Boral S, Chakraborty S (2021) Failure analysis of CNC machines due to human errors: An integrated IT2F-MCDM-based FMEA approach. *Engineering Failure Analysis* 130:105768. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105768>
43. Tabatabaee S, Mahdiyar A, Ismail S (2021) Towards the success of Building Information Modelling implementation: A fuzzy-based MCDM risk assessment tool. *Journal of Building Engineering* 43:103117. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103117>
44. Wang Z-C, Ran Y, Chen Y, et al (2022) Group risk assessment in failure mode and effects analysis using a hybrid probabilistic hesitant fuzzy linguistic MCDM method. *Expert Systems with Applications* 188:116013. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116013>
45. Kinney GF, Wiruth AD (1976) *Practical Risk Analysis for Safety Management*. Naval Weapons Center: Kern Country, CA, USA.
46. Maiers J, Sherif YS (1985) Applications of fuzzy set theory. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* SMC-15:175–189. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1985.6313408>
47. Höhle U (1996) On the Fundamentals of Fuzzy Set Theory. *Journal of Mathematical Analysis and Applications* 201:786–826. <https://doi.org/10.1006/jmaa.1996.0285>

48. Zimmermann H-J (2010) Fuzzy set theory: Fuzzy set theory. *WIREs Computational Statistics* 2(3):317–332. <https://doi.org/10.1002/wics.82>
49. Hashemkhani Zolfani S, Yazdani M, Zavadskas EK (2018) An extended stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA) method for improving criteria prioritization process. *Soft Computing* 22:7399–7405. <https://doi.org/10.1007/s00500-018-3092-2>
50. Yücenur GN, Çaylak Ş, Gönül G, Postalcioglu M (2020) An integrated solution with SWARA&COPRAS methods in renewable energy production: City selection for biogas facility. *Renewable Energy* 145:2587–2597. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.011>
51. Kouchaksaraei RH, Zolfani SH, Golabchi M (2015) Glasshouse locating based on SWARA-COPRAS approach. *International Journal of Strategic Property Management* 19:111–122. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2015.1004565>
52. Zolfani SH, Saparauskas J (2013) New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System. *Engineering Economics* 24:408–414. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.24.5.4526>
53. Özbek A (2017) Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel ile Problem Çözümü. Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar, Ankara.
54. Alimardani M, Hashemkhani Zolfani S, Aghdaie MH, Tamošaitienė J (2013) A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment. *Technological and Economic Development of Economy* 19:533–548.
55. Keršulienė V, Zavadskas EK, Turskis Z (2010) Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management* 11:243–258.
56. Ghorshi Nezhad MR, Zolfani SH, Moztaizadeh F, et al (2015) Planning the priority of high tech industries based on SWARA-WASPAS methodology: The case of the nanotechnology industry in Iran. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja* 28:1111–1137.
57. Zolfani SH, Salimi J, Maknoon R, Kildiene S (2015) Technology foresight about R&D projects selection; application of SWARA method at the policy making level. *Engineering Economics* 26:571–580.
58. Stanujkic D, Karabasevic D, Zavadskas EK (2015) A framework for the Selection of a packaging design based on the SWARA method. *Engineering Economics* 26:181–187. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.26.2.8820>
59. Keršulienė V, Turskis Z (2011) Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection. *Technological and Economic Development of Economy* 17:645–666. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.635718>

60. Opricovic S, Tzeng G-H (2004) Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research* 156:445–455. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00020-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1)
61. Gul M, Ak MF, Guneri AF (2019) Pythagorean fuzzy VIKOR-based approach for safety risk assessment in mine industry. *Journal of Safety Research* 69:135–153.
62. Yazdani M, Graeml FR (2014) VIKOR and its applications: A state-of-the-art survey. *International Journal of Strategic Decision Sciences (IJSDS)* 5:56–83.
63. Tong L-I, Chen C-C, Wang C-H (2007) Optimization of multi-response processes using the VIKOR method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 31:1049–1057.
64. Jahan A, Mustapha F, Ismail MY, et al (2011) A comprehensive VIKOR method for material selection. *Materials & Design* 32:1215–1221.
65. Chatterjee P, Chakraborty S (2016) A comparative analysis of VIKOR method and its variants. *Decision Science Letters* 5:469–486.
66. Yazdani M, Alidoosti A, Zavadskas EK (2011) Risk Analysis of Critical Infrastructures Using Fuzzy Copras. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja* 24:27–40. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2011.11517478>
67. Zavadskas EK, Hasan Aghdaie M, Hashemkhani Zolfani S (2013) Decision making in machine tool selection: An integrated approach with SWARA and COPRAS-G methods. *Engineering Economics* 24:5–17. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.24.1.2822>
68. Zavadskas EK, Kaklauskas A, Peldschus F, Turskis Z Multi-Attribute Assessment of Road Design Solutions By Using The COPRAS Method. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2(4):195-203.
69. Podvezko V (2011) The Comparative Analysis of MCDA Methods SAW and COPRAS. *Engineering Economics* 22:134–146. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.22.2.310>
70. Stefano NM, Casarotto Filho N, Garcia Lupi Vergara L, Garbin da Rocha RU (2015) COPRAS (Complex Proportional Assessment): state of the art research and its applications. *IEEE Latin America Transactions* 13:3899–3906. <https://doi.org/10.1109/TLA.2015.7404925>
71. Sarıçalı G, Kundakcı N (2016) AHP ve COPRAS Yöntemleri ile Otel Alternatiflerinin Değerlendirilmesi. *International Review of Economics and Management* 4(1):45-66. <https://doi.org/10.18825/irem.00736>
72. Dhiman HS, Deb D (2020) Fuzzy TOPSIS and fuzzy COPRAS based multi-criteria decision making for hybrid wind farms. *Energy* 202:117755. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117755>

73. Fouladgar MM, Yazdani-Chamzini A, Lashgari A, et al (2012) Maintenance Strategy Selection Using AHP and COPRAS Under Fuzzy Environment. *International Journal of Strategic Property Management* 16:85–104. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2012.666657>
74. Ruzgys A, Volvačiovas R, Ignatavičius Č, Turskis Z (2014) Integrated Evaluation of External Wall Insulation in Residential Buildings Using SWARA-TODIM MCDM Method. *Journal of Civil Engineering and Management* 20:103–110. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.843585>
75. Yong D (2006) Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *Int Journal of Advanced Manufacturing Technology* 28:839–844. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2436-5>
76. Aven T (2004) On how to approach risk and uncertainty to support decision-making. *Risk Management* 6:27–39.
77. Aven T (2016) Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research* 253:1-13.
78. Zaky MM (2018) Risk analysis using fuzzy system based risk matrix methodology. *Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications* 51:204–212.
79. Asadabadi MR, Chang E, Saberi M (2019) Are MCDM methods useful? A critical review of analytic hierarchy process (AHP) and analytic network process (ANP). *Cogent Engineering* 6:1623153.
80. Aziz NF, Sorooshian S, Mahmud F (2016) MCDM-AHP method in decision makings. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences* 11:7217–7220.
81. Bakioglu G, Atahan AO (2021) AHP integrated TOPSIS and VIKOR methods with Pythagorean fuzzy sets to prioritize risks in self-driving vehicles. *Applied Soft Computing* 99:106948.
82. Balin A, Demirel H, Alarcin F (2016) A novel hybrid MCDM model based on fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS for the most affected gas turbine component selection by the failures. *Journal of Marine Engineering & Technology* 15:69–78.
83. Büyüközkan G, Çifçi G (2012) A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications* 39:3000–3011.
84. Chiu W-Y, Tzeng G-H, Li H-L (2013) A new hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR to improve e-store business. *Knowledge-Based Systems* 37:48–61.
85. Dincer H, Hacıoglu U (2015) A comparative performance evaluation on bipolar risks in emerging capital markets using fuzzy AHP-TOPSIS and VIKOR approaches. *Engineering Economics/Inžinerinė ekonomika* 26:118–129.

86. Pourahmad A, Hosseini A, Banaitis A, et al (2015) Combination of fuzzy-AHP and DEMATEL-ANP with GIS in a new hybrid MCDM model used for the selection of the best space for leisure in a blighted urban site. *Technological and Economic Development of Economy* 21:773–796.
87. Raju SS, Murali GB, Patnaik PK (2020) Ranking of AI-CSA composite by MCDM approach using AHP–TOPSIS and MOORA methods. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 39:721–732.
88. Sari F (2021) Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *Forest Ecology and Management* 480:118644.
89. Tadić S, Zečević S, Krstić M (2014) A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection. *Expert Systems with Applications* 41:8112–8128.
90. Wang Y-L, Tzeng G-H (2012) Brand marketing for creating brand value based on a MCDM model combining DEMATEL with ANP and VIKOR methods. *Expert Systems with Applications* 39:5600–5615.

## ÖZGEÇMİŞ

### Adı Soyadı:

Süleyman Enes HACİBEKTAŞOĞLU

### Eğitim Bilgileri:

Doktora, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Güvenliği Anabilim Dalı  
2016- 2022

Yüksek Lisans, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Güvenliği Anabilim  
Dalı 2018-2019

Yüksek Lisans, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği  
Anabilim Dalı, 2012-2015

Lisans, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği  
Bölümü, 2008-2012

### Araştırma Alanları:

Mühendislik ve Teknoloji, Sosyal ve Beşeri Bilimler

### Akademik Unvanlar:

Araştırma Görevlisi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Güvenliği  
Anabilim Dalı 2016 - Devam Ediyor

Araştırma Görevlisi, Sinop Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği  
Bölümü 2014 – 2016

### **Yayınlanan Makaleler:**

- I.** Hacibektasoglu, S.E., Mertoglu, B., Tozan H. Application of a Novel Hybrid f-SC Risk Analysis Method in the Paint Industry. Sustainability, 13(24), 2021. (SCI İndekslerine Giren Dergi)
- II.** Hacibektasoglu, S.E. İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının Analizi ve Bu Kazalara Neden Olan Etkenlerin İncelenmesi. Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2(3), 159-177, 2018.
- III.** Yagimli, M., Hacibektasoglu, S.E. Türkiye’de İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazaları ve Ölümlü İş Kazası Sayılarının Tahmini. Gümüşhane Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi, 9(22), 142-156, 2018.

### **Hakemli Kongre / Sempozyum Bildiri Kitaplarında Yer Alan Yayınlar:**

- I.** Kurt H., Hacibektasoglu, S.E., Gedik E. İçten Yanmalı Bir Motorda Alternatif Yakıt Olarak Doğalgazın Yanma Analizi, 14th International Combustion Symposium , 2018.
- II.** Kurt H., Hacibektasoglu, S.E., Gedik E. Doğalgazın İçten Yanmalı Bir Motorda Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile Yanma Analizi, International Science and Technology Conference , 2017.
- III.** Hacibektasoglu, S.E. Kapalı Alan Çalışmalarında Karşılaşılan Tehlikelerin Değerlendirilmesi, 9. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi, 2018.
- IV.** Fine-Kinney Risk Assessment Integrated With Fuzzy Based SWARA and VIKOR Methods: A Case Study in Paint Industry, Virtual Congress On Organic Coatings, Polymers and Related Materials (PAINTISTANBUL&TURKCOAT 2021).
- V.** Hacibektasoglu, S.E. İşyerlerinde Karşılaşılan Ergonomik Problemlerin Değerlendirilmesi, 9. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi , 2018.
- VI.** Hacibektasoglu, S.E. Türkiye’de İnşaat Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının Değerlendirilmesi, International Symposium on Multidisciplinary Academic Studies , 2018.

- VII.** Hacibektasoglu, S.E., İzci, F.B., Patlayıcı Ortamların İş Sağlığı ve Güvenliği Mevzuatı Açısından Değerlendirilmesi, Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi , 2017.
- VIII.** Hacibektasoglu, S.E., Yavuz, A. Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Kömür Madenciliği Sektöründe 2017 Yılı İş Kazası Sayısının Tahmini, 9. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi, 2018.

