

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TERSANE İŞ KAZALARININ ÖNLENMESİ İÇİN BULANIK ÇIKARIM TABANLI
BİR RİSK DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisi Özge ACUNER

**ARALIK 2014
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TERSANE İŞ KAZALARININ ÖNLENMESİ İÇİN BULANIK ÇIKARIM TABANLI

BİR RİSK DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ

Endüstri Mühendisi Özge ACUNER

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :01.12.2014

Tezin Savunma Tarihi :18.12.2014

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Selçuk ÇEBİ

Trabzon 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

Özge ACUNER tarafından hazırlanan

**TERSANE İŞ KAZALARININ ÖNLENMESİ İÇİN BULANIK ÇIKARIM TABANLI
BİR RİSK DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 02/12/2014 gün ve 1579 sayılı kararıyla
oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Emrullah DEMİRCİ

Üye : Doç. Dr. Selçuk ÇEBİ

Üye : Doç. Dr. Murat ÖZKÖK

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışma kapsamında, tersanelerde yaşanan iş kazalarının önlenmesi amacıyla tersaneler için iş sağlığı ve güvenliği mevzuatlarına uygun karar desteği sunan bulanık mantık temelli bir risk değerlendirme modeli geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında tersane iş süreçleri analiz edilmiş, tehlike kaynakları ve bu kaynaklardan ortaya çıkacak riskler tanımlanmış, risklerin değerlendirilmesi için bulanık tabanlı bir model geliştirilmiştir.

Öncelikle bu çalışmanın oluşturulmasında bana yol gösteren ve tez çalışmam boyunca sonsuz destek veren tez danışmanım değerli hocam Doç. Dr. Selçuk ÇEBİ'ye, tez çalışmamın uygulama aşamasındaki yardımlarından ötürü sayın hocam Doç. Dr. Murat ÖZKÖK'e, bölümdeki diğer tüm hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma, desteklerini her zaman hissettiğim dostlarıma ve bu zamana kadar her türlü maddi manevi desteğini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özge ACUNER
Trabzon 2014

TEZ BEYANNEMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tersane İş Kazalarının Önlenmesi İçin Bulanık Çıkarım Tabanlı Bir Risk Değerlendirme Modeli Önerisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Selçuk Çebi'nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 01/12/2014

Özge ACUNER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemi Kavramları ve Önemi.....	3
1.3. Risk Yönetiminde Temel Kavramlar.....	5
1.3.1. Risk Değerlendirmesinin Önemi.....	8
1.4. Risk Değerlendirme Teknikleri.....	8
1.4.1. Hata Türü ve Etkileri Analizleri (Failure Modes and Effects Analysis-(FMEA)).....	9
1.4.2. Tehlike ve Çalışılabilirlik Analizi (Hazard and Operability Studies-(HAZOP))	12
1.4.3. Hata Ağacı Analizi (Fault Teree Analysis-(FTA))	12
1.4.4. Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis-(ETA)).....	13
1.4.5. Matris Yöntemleri.....	14
1.4.6. Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis-PHA).....	19
1.4.7. Kinney Metodu.....	20
1.4.8. Birincil Risk Analizi (Preliminary Risk Analysis-PRA).....	21
1.4.9. İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis-JSA).....	22
1.4.10. Neden Sonuç Analizi (Cause-Consequence Analysis).....	22
1.4.11. Olursa Ne Olur? (What if.. ?).....	23
1.5. Yayın Taraması ve Çalışmanın Amacı.....	23
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	27

2.1.	Yöntem.....	27
2.1.1.	Bulanık Mantık ve Bulanık Küme Teorisi	27
2.1.1.1.	Bulanık Kümenin Özellikleri ve Temel İşlemleri.....	28
2.1.1.2.	Üyelik Fonksiyonu.....	31
2.1.1.3.	Bulanık Sayılar.....	33
2.1.1.4.	Kural Tabanı ve Bulanık Çıkarım Tekniği.....	35
2.1.1.4.1.	Mamdani Tekniği.....	35
2.1.1.5.	Durulaştırma.....	38
2.1.1.5.1.	En Büyük (Maksimum) Üyelik Yöntemi.....	39
2.1.1.5.2.	Ağırlık Merkezi Yöntemi.....	39
2.1.1.5.3.	Ağırlıklı Ortalama Yöntemi.....	40
2.1.1.5.4.	En Büyük Ortanca (Mean-Max) Üyelik Yöntemi.....	40
2.1.1.5.5.	Merkezi Ortalama Yöntemi.....	41
2.1.2.	Bulanık AHP Yaklaşımı.....	42
2.1.3.	Risk Değerlendirme için Bulanık Tabanlı Model Önerisi.....	42
3.	UYGULAMA.....	50
3.1.	Çift Dip Bloğu Yapısı.....	50
3.1.1.	Çift Dip Blok Üretimine Yapıldığı İstasyonlar.....	51
3.2.	Geliştirilen Modelin Uygulaması.....	53
3.2.1.	Risk Değerlendirme Ekibinin Oluşturulması.....	53
3.2.2.	İşlem Gruplarının Oluşturulması.....	53
3.2.3.	Tehlikelerin Belirlenmesi.....	54
3.2.4.	Risklerin Olabilirliğinin Belirlenmesi.....	61
3.2.5.	Risk Şiddetinin Belirlenmesi.....	63
3.2.6.	Risk Büyüklüğünün Belirlenmesi.....	64
3.2.7.	Risk Bölgelerinin Sıralanması.....	66
3.2.8.	Önleyici Tedbirlerin Alınması.....	67
4.	BULGULAR VE İRDELEME.....	69
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
6.	KAYNAKLAR.....	80
7.	EKLER.....	84

ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

TERSANE İŞ KAZALARININ ÖNLENMESİ İÇİN BULANIK ÇIKARIM TABANLI BİR RİSK DEĞERLENDİRME MODELİ ÖNERİSİ

Özge ACUNER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Selçuk Çebi
2014, 83 Tez Sayfa, 23 Ek Sayfa

Ülkemizdeki kaza istatistikleri incelendiğinde, tersanelerde yaşanan kazaların sayısının fazla olduğu ve bu kazalarda ödenen can kaybı ve uzuv kaybı gibi bedellerin de oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Buna rağmen, sanayi uygulamalarında ve bilimsel uygulamalarda tersanelerde yaşanan bu kazaların önlenmesine yönelik çalışmaların sayısı oldukça azdır. Ayrıca, risk kontrol tedbirlerinin belirlenmesi ve buna yönelik planlama çalışmalarının iş sahasına adaptasyonunda etkin çözümler sağlanamamaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasıyla birlikte, hem literatürdeki bu boşluğun doldurulması hem de tersanelerde meydana gelen iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi için yeni bir risk değerlendirme yaklaşımı sunulmaktadır. İş kazalarının önlenmesi için proaktif bir yaklaşım olarak işletmelerin risk analizlerini gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Böylece, risk değerlendirmesiyle birlikte kazaların meydana gelmeden önlenmesi hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında, olasılık ve şiddet tanımlarında esneklik sağlayacak bulanık mantık temelli bir risk analizi yöntemi önerilmektedir. Ayrıca, literatürde kullanılan mevcut tekniklerde risk şiddeti sadece çalışana verilen zarar olarak ele alınmıştır. Tez çalışmamızın özgün değeri ise, literatürden farklı olarak, şiddet belirlenirken olası kazanın çalışana, çevreye ve donanıma verdiği zararın boyutu dikkate alınarak tanımlanmasıdır. İlaveten, risk derecesi, risk olasılığı ve risk şiddeti bulanık olarak tanımlanarak hesaplanır.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, Tersane İş Süreçleri, Risk Değerlendirme, Kaza Önleme, Bulanık Mantık

Master Thesis

SUMMARY

A RISK ASSESSMENT MODEL PROPOSAL BASED ON FUZZY INFERENCE TO
PREVENT OCCUPATIONAL ACCIDENTS AT SHIP BUILDING INDUSTRY

Özge ACUNER

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Industrial Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Selçuk ÇEBİ
2014, 83 Pages, 23 Appendix Pages

According to the statistics of accidents in our country, it is seen that the number of accidents happen in shipyards is too high and compensation for death and injuries are more expensive. However, the number of the studies to prevent these accidents in both industrial and scientific practices is considerably low. Besides, they do not provide effective solutions to determination of risk control measures and adaptation to workplace planning. Therefore, a new risk assessment approach has been proposed by this study in order to fill up the gap in literature and to prevent occupational accidents and illnesses. As a proactive approach, it is required to analyze risks of organizations so as to avoid accidents. Thus, it is aimed at avoiding accidents before they happen by the way of a risk assessment model. In the scope of this study, a risk analysis method that is based on fuzzy logic, providing elasticity on probability and severity has been proposed to literature. Furthermore, risk severity is considered solely in terms of harm to worker by the techniques in the literature. The originality of the project, different from literature, is to consider risk severity in terms of harm to worker, environment, and hardware. Furthermore, risk degree is obtained by the definition of risk severity and risk likelihood under fuzzy environment.

Key Words: Occupational Safety and Health, Shipyards' Work Process, Risk Assessment and Analysis, Accident Prevention, Fuzzy Logic

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. İş sağlığı ve güvenliği yönetimi süreçleri.....	4
Şekil 1.2. PUKÖ döngüsü.....	5
Şekil 1.3. Tehlike ve risk kavramı.....	6
Şekil 1.4. Risk yönetim prosesine genel bir bakış.....	7
Şekil 1.5. FMEA prosesi.....	11
Şekil 1.6. Hata ağacı analizi aşamaları.....	13
Şekil 1.7. Olay ağacı genel durumu.....	14
Şekil 1.8. X Tipi matrisin değişkenleri.....	18
Şekil 1.9. Ön tehlike analizinin temel adımları.....	20
Şekil 1.10. İş güvenlik analizi aşamaları.....	22
Şekil 2.1. Klasik küme üyelik fonksiyonu.....	29
Şekil 2.2. Bulanık küme üyelik fonksiyonu.....	29
Şekil 2.3. A ve B kümelerinin birleşim ve kesişim işlemleri.....	31
Şekil 2.4. Bulanık kümenin çekirdek, destek ve sınırlarının gösterimi.....	31
Şekil 2.5. Normal ve normal olmayan bulanık küme tanımı.....	32
Şekil 2.6. Dış bükey(a) ve iç bükey(b) bulanık küme tanımı.....	33
Şekil 2.7. Üçgensel bulanık bir sayının üyelik fonksiyonu grafiği.....	34
Şekil 2.8. Net değerler için Mamdani tekniği.....	37
Şekil 2.9. Bulanık sayılar için Mamdani tekniği.....	38
Şekil 2.10. En büyük (Maksimum) üyelik yöntemi.....	39
Şekil 2.11. Ağırlık merkezi yöntemi.....	39
Şekil 2.12. Ağırlıklı ortalama yöntemi.....	40
Şekil 2.13. En büyük Ortanca (Mean-Max) üyelik yöntemi.....	41
Şekil 2.14. Önerilen risk değerlendirme yönteminin şematik gösterimi.....	43
Şekil 3.1. Gemi imalatı iş istasyonlarının iş akış şeması.....	54
Şekil 3.2. Üçgensel bulanık sayılara ait ölçek.....	64
Şekil 3.3. Risk büyüklükleri için dörtgensel bulanık sayılar.....	66

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1.	3T risk matrisi..... 15
Tablo 1.2.	L Tipi matris..... 16
Tablo 1.3.	Sonucun kabul edilebilirlik değerleri..... 17
Tablo 1.4.	X Tipi risk derecelendirme matrisi..... 19
Tablo 2.1.	Risklerin olabilirliğinin belirlenmesi için kullanılan dilsel lek... 46
Tablo 2.2.	Risk Şiddeti türü ve açıklamaları..... 47
Tablo 2.3.	Risk sınıfları..... 48
Tablo 3.1.	Forkliftle taşıma işlemine ait belirlenen riskler..... 55
Tablo 3.2.	Tavan vinciyle taşıma işlemine ait belirlenen riskler..... 55
Tablo 3.3.	Torna işlemine ait belirlenen riskler..... 56
Tablo 3.4.	Matkapla alıŐma işlemine ait belirlenen riskler..... 56
Tablo 3.5.	Taşlama işlemine ait belirlenen riskler..... 57
Tablo 3.6.	Elektrik ark kaynağı işlemine ait belirlenen riskler..... 57
Tablo 3.7.	Gazaltı kaynağı işlemine ait belirlenen riskler..... 58
Tablo 3.8.	Tozaltı işlemine ait belirlenen riskler..... 58
Tablo 3.9.	Oksijenle kesme işlemine ait belirlenen riskler..... 58
Tablo 3.10.	Kurtağıyla yük taşıma işlemine ait belirlenen riskler..... 59
Tablo 3.11.	Sapan kullanımına ait belirlenen riskler..... 59
Tablo 3.12.	Depolama işlemine ait belirlenen riskler..... 59
Tablo 3.13.	Malzeme kesme işlemine ait belirlenen riskler..... 60
Tablo 3.14.	Yönetsel eksikliklere ait belirlenen riskler..... 60
Tablo 3.15.	Çevresel faktörlere ait belirlenen riskler..... 61
Tablo 3.16.	Taşlama işlemine ait riskler için ikili karşılaştırma matrisi..... 61
Tablo 3.17.	Taşlama işlemindeki risklere ait dilsel veriler için bulanık sayılar 62
Tablo 3.18.	Taşlama işlemi için tanımlanan risklerin meydana gelme ihtimalleri..... 62
Tablo 3.19.	Taşlama işlemindeki risklere ait Şiddete ilişkin değerlendirme.... 63
Tablo 3.20.	Taşlama işlemine ait risklerin meydana gelme ihtimallerine ait üyelik dereceleri..... 64

Tablo 3.21.	Taşlama işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri...	65
Tablo 3.22.	Taşlama işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklüğü...	65
Tablo 3.23.	Risk bölgelerinin toplam risk büyüklüklerine göre sıralanması....	67
Tablo 4.1.	Forklift ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	70
Tablo 4.2.	Vinç ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	71
Tablo 4.3.	Torna işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	71
Tablo 4.4.	Matkap işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	72
Tablo 4.5.	Taşlama işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	72
Tablo 4.6.	Elektrik ark kaynağı işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	73
Tablo 4.7.	Gazaltı kaynağı işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	73
Tablo 4.8.	Tozaltı kaynağı işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	74
Tablo 4.9.	Oksijenle kesme işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	74
Tablo 4.10.	Kurtağzı ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	74
Tablo 4.11.	Sapan kullanımı işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	75
Tablo 4.12.	Depolama işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	75
Tablo 4.13.	Malzeme kesme işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması.....	76
Ek Tablo 1.	Forklift ile taşıma işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekteşme ihtimalleri.....	84
Ek Tablo 2.	Tavan vinci ile taşıma işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekteşme ihtimalleri.....	85
Ek Tablo 3.	Torna işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekteşme ihtimalleri.....	85
Ek Tablo 4.	Matkap işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekteşme ihtimalleri.....	86

Ek Tablo 5.	Taşlama işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	86
Ek Tablo 6.	Elektrik ark kaynağı işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	87
Ek Tablo 7.	Gazaltı kaynağı işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	87
Ek Tablo 8.	Tozaltı kaynağı işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	87
Ek Tablo 9.	Oksijenle Kesme işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	88
Ek Tablo 10.	Kurtağzı ile taşıma işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	88
Ek Tablo 11.	Sapan kullanımı işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	89
Ek Tablo 12.	Depolama işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	89
Ek Tablo 13.	Malzeme kesme işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri.....	90
Ek Tablo 14.	Forklift işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	91
Ek Tablo 15.	Vinç ile taşıma işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	91
Ek Tablo 16.	Torna işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	91
Ek Tablo 17.	Matkap işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	92
Ek Tablo 18.	Elektrik ark kaynağı işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	92
Ek Tablo 19.	Gazaltı kaynağı işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	92
Ek Tablo 20.	Tozaltı kaynağı işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	92
Ek Tablo 21.	Oksijenle kesme işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	93
Ek Tablo 22.	Kurtağzı ile taşıma işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	93
Ek Tablo 23.	Sapan kullanımı işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	93
Ek Tablo 24.	Depolama işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme....	93

Ek Tablo 25.	Malzeme kesme işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme.....	94
Ek Tablo 26.	Forklift ile taşıma işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	95
Ek Tablo 27.	Vinç ile taşıma işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	95
Ek Tablo 28.	Torna işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	95
Ek Tablo 29.	Matkap işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri....	96
Ek Tablo 30.	Elektrik ark kaynağı işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	96
Ek Tablo 31.	Gazaltı kaynağı işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	96
Ek Tablo 32.	Tozaltı kaynağı işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	96
Ek Tablo 33.	Oksijenle kesme işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	97
Ek Tablo 34.	Kurtağzı ile taşıma işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	97
Ek Tablo 35.	Sapan kullanımı işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	97
Ek Tablo 36.	Depolama işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri	97
Ek Tablo 37.	Malzeme kesme işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri.....	98
Ek Tablo 38.	Forklift ile taşıma işlemine ait risklerin meydana gelme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	99
Ek Tablo 39.	Vinç ile taşıma işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	99
Ek Tablo 40.	Torna işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	99
Ek Tablo 41.	Matkap işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	100
Ek Tablo 42.	Elektrik ark kaynağı işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	100
Ek Tablo 43.	Gazaltı kaynağı işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	100
Ek Tablo 44.	Tozaltı kaynağı işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	100

Ek Tablo 45.	Oksijenle kesme işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	101
Ek Tablo 46.	Kurtağzı ile taşıma işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	101
Ek Tablo 47.	Sapan kullanımı işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	101
Ek Tablo 48.	Depolama işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	101
Ek Tablo 49.	Malzeme kesme işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri.....	102
Ek Tablo 50.	Risk büyüklüğü hesaplaması için kullanılan kural tabanı.....	103
Ek Tablo 51.	Forkliftle taşıma işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	104
Ek Tablo 52.	Vinç ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	104
Ek Tablo 53.	Torna işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri....	104
Ek Tablo 54.	Matkap işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri..	104
Ek Tablo 55.	Elektrik ark kaynağı işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	105
Ek Tablo 56.	Gazaltı kaynağı işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	105
Ek Tablo 57.	Tozaltı kaynağı işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	105
Ek Tablo 58.	Oksijenle kesme işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	105
Ek Tablo 59.	Kurtağzı ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	105
Ek Tablo 60.	Sapan kullanma işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	106
Ek Tablo 61.	Depolama işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	106
Ek Tablo 62.	Malzeme kesme işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri.....	106

SEMBOLLER DİZİNİ

Ab	: Oldukça çok önemli (Absolutely essential)
AHP	: Analitik hiyerarşi prosesi
BAHP	: Bulanık analitik hiyerarşi prosesi
C	: Kritik (Critical)
Es	: Önemli (Essential)
ETA	: Olay ağacı analizi (Event tree analysis)
Eq	: Eşit önemli (Equally important)
FMEA	: Hata türü ve etkileri analizleri (Failure modes and effects analysis)
FTA	: Hata ağacı analizi (Fault tree analysis)
H	: Yüksek (High)
HAZOP	: Tehlike ve çalışılabilirlik analizi (Hazard and operability studies)
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
JSA	: İş güvenlik analizi (Job safety analysis)
L	: Düşük (Low)
Ma	: Önemli (Major)
Max	: Maksimum
Mi	: Katlanılabilir (Minor)
Min	: Minimum
N	: İhmal edilebilir (Negligible)
PHA	: Ön tehlike analizi (Preliminary hazard analysis)
PRA	: Birincil risk analizi (Preliminary risk analysis)
RD	: Risk değerlendirme
RFID/USN	: Radio Frequency Identification /Ubiquitous Sensor Network
RL	: Risk ihtimali
RM	: Risk büyüklüğü
RPNs	: Risk öncelik numaraları
RS ^E	: Riskin çevreye verebileceği zarar

RS^H	: Riskin insana verebileceği zarar
RS^M	: Riskin makineye verebileceği zarar
UV	: Ultraviolet
VH	: Çok yüksek (Very high)
VL	: Çok düşük (Very low)
Vs	: Çok nemli (Very essential)
Wk	: Zayıf nemli (Weakly important)
$\mu_A(x)$: yelik derecesi
\oplus	: Bulanık toplama
\ominus	: Bulanık ıkarma
\otimes	: Bulanık arpma
\oslash	: Bulanık bölme

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ülkemizde çeşitli sanayi kollarında meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalığı vakalarının en aza indirilmesine yönelik çalışmalar giderek yaygınlaşmaktadır. Organizasyonların emniyet kavramı ekseninde yeniden yapılanma faaliyetleri, 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası ile birlikte denetim ve kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Bu noktada, yönetmelik gereksinimlerinin iş sahalarına doğru ve etkin adaptasyonu, sürdürülebilir üretim açısından büyük önem arz etmektedir. Yasayla birlikte, endüstriyel organizasyonlar tarafından güvenilir risk analizlerinin sürekli olarak yapılması ve kaza önleyici dinamik tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu noktada, ilgili çalışmaların sistematik şekilde yürütülmesine destek sağlayacak uygulanabilir bir yöntem ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı, endüstriyel organizasyonların izledikleri iş sağlığı ve güvenliği mevzuatlarına uygun olarak kullanabilecekleri etkin bir risk önleyici model geliştirmektir. Tez çalışması kapsamında önerilen özgün model, tersanelerde yürütülen faaliyetlerin risk değerlendirmesinde uygulanmıştır.

Dünya genelinde, tersanelerde yaşanan kazaların endüstrinin diğer kollarında rapor edilen kazalarla kıyaslandığında sayıca fazla olduğu bilinmektedir (Mora vd., 2012). Ülkemizdeki kaza istatistikleri incelendiğinde de, tersanelerde yaşanan kazaların sayısının fazla olduğu ve bu kazalarda ödenen can kaybı, uzuv kaybı gibi bedellerin de oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu kazaların işletmeye ve ülkeye maddi ve manevi zararı oldukça büyük olmasına rağmen, gerek sanayi uygulamalarında gerekse bilimsel uygulamalarda tersanelerde yaşanan bu kazaların önlenmesine yönelik çalışmaların sayısı oldukça azdır. Ayrıca, risk kontrol tedbirlerinin belirlemesi ve buna yönelik planlama çalışmalarının iş sahasına adaptasyonunda etkin çözümler sağlanamamaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasıyla birlikte, hem literatürdeki bu boşluğun doldurulması hem de tersanede meydana gelen iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi planlanmaktadır. Bu noktada, iş kazalarının önlenmesi için proaktif bir yaklaşım olarak işletmelerin risk analizlerini gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Böylece, risk değerlendirmesiyle birlikte kazaların meydana gelmeden önlenmesi hedeflenmektedir. Kuramsal açıdan bakıldığında,

literatürde risk değerlendirmesi için çeşitli teknikler mevcuttur ve bu teknikler, olayın meydana gelme olasılığının ve olay meydana geldiğinde yarattığı etkinin şiddetinin tahmini üzerine temellendirilmiştir. Öte yandan, işletmelerde kaza istatistikleri tam olarak tutulmadığından ve şiddeti ölçen somut bir değer birimi olmadığından çalışma ortamında gerçekleşen olayların olasılıklarını ve şiddetlerini kesin olarak tanımlayabilmek zordur. Bu nedenle, çalışma kapsamında, olasılık ve şiddet tanımlarında esneklik sağlayacak bulanık mantık temelli bir risk analizi yöntemi önerilmektedir. Ayrıca, literatürde kullanılan mevcut tekniklerde risk şiddeti sadece çalışana verilen zarar olarak ele alınmıştır. Tez çalışmamızın özgün değeri ise, literatürden farklı olarak, şiddet belirlenirken olası kazanın çalışana, çevreye ve donanıma verdiği zararın boyutu dikkate alınarak tanımlanır. İlâveten, risk derecesi, risk olasılığı ve risk şiddeti bulanık olarak tanımlanarak hesaplanır. İş kazaları konusunda yıllardır kronik problemler yaşayan tersaneler, tez çalışmasının uygulama alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, tersanelerdeki iş süreçleri detaylandırılarak, kullanılan teknolojiler ile saha faaliyetlerine bağlı olarak olası tehlike kaynakları belirlenmiştir. Ardından, tehlike kaynaklarının neden olabileceği riskler tanımlanmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmada, risklerin değerlendirilmesinde olasılık ve şiddet tanımlarının kesinlik arz etmemesi nedeniyle bulanık mantık tabanlı model kullanılmıştır.

Tez çalışmasında önerilen modelin ileriki çalışmalarda karar destek sistemine dönüştürülmesiyle birlikte tersaneler için risk değerlendirilmesinin daha kolay ve daha etkin yapılması sağlanacaktır. Geliştirilecek karar destek sistemi, yapı olarak birbirine benzeyen tersanelerde uygulanmasıyla birlikte, tersanelerde ölümle, meslek hastalığıyla, sakatlıkla, geçici iş görmezlikle veya maddi hasarla sonuçlanan iş kazalarının sayısında kayda değer düzeyde azalma sağlanması hedeflenmektedir. Bu yönüyle tez çalışması, ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği konusunda mevcut çabaları destekler niteliktedir. Bu açıdan bakıldığında, kaza sayılarının azalmasıyla çalışanların yaşam kalitesi iyileşir ve üretim kaybı önlenir. Bu sayede, firmanın verimi artar ve firmanın hem direk hem de dolaylı maliyetleri düşer. Bu da tersanelerin küresel piyasada rakiplerine karşı rekabet gücünü artırır. Genel anlamda, endüstriyel organizasyonlarda iş kazalarının önlenmesi, ülkenin ulusal ve uluslararası düzeydeki rekabet gücünü ve imajını yükseltir.

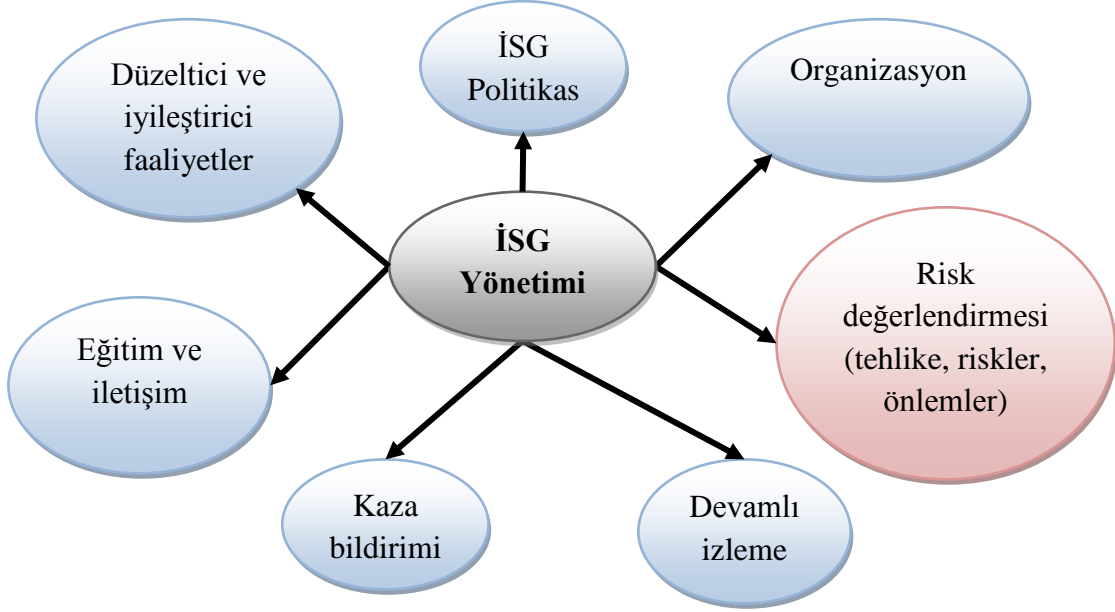
1.2. İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemi Kavramları ve Önemi

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) üzerine literatürde birçok tanım bulunmaktadır. Literatürdeki çeşitli tanımlardan yola çıkarak İSG, çalışma ortamından ve çevresel faktörlerden doğabilecek tüm tehlikelerden çalışanların korunması ve bunun için gereken tedbirlerin alınmasını sağlayan önlemler dizisi şeklinde kısaca tanımlanabilir. İSG, fiziksel, zihinsel ve sosyal açıdan tam bir iyilik halinin sağlanarak bunun devamlılık halini, çalışma koşullarından doğan mesleki risklere karşı işçilerin korunmasını, işçilerin sağlıklarının bozulmasının önlenmesini, çalışanların fizyolojik ve psikolojik özelliklerine uygun işlere yerleştirilerek işe adaptasyonunun sağlanmasını içeren geniş bir konudur (Uçak, 2011).

Dünyanın her yerinde sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle beraber işyerlerinde çalışan kişilerin güvenliği ile alakalı çeşitli sorunlar da ortaya çıkmıştır. Sanayi ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak riskler ve tehlikeler de yenilediği için her geçen gün iş kazalarının yol açtığı maddi ve manevi kayıplarda da artış yaşanmaktadır. Yaşanan bu gelişmeler aynı zamanda İSG uygulamalarına olan gereksinimi de kanıtlar niteliktedir. İSG uygulamaların günümüzdeki amacı ise çalışanları iş kazalarından korumanın yanında aynı zamanda çalışma ortamının da iyileştirilmesiyle birlikte çalışanın sağlığına zararlı olabilecek durumların da ortadan kaldırılmasıdır. Böylece çalışma ortamına güvenen bir çalışanın daha verimli işler ortaya koyması da kaçınılmaz olur. Bu nedenle, bir işletmedeki yönetimin sorumluluklarından biri İSG yönetiminin ilke ve hedeflerini belirlemektir. Ayrıca yönetim, işletmedeki tüm çalışanlar için İSG vazifelerini, sorumluluklarını ve ilgili faaliyetleri organize etmelidir (URL-1, 2013).

İSG ile ilgili çalışmaların önemi sadece işgören açısından düşünülmemelidir. İşgören dışında işveren açısından, sosyal açıdan ve ülke ekonomisi açısından da önem arz eden bir konudur. İşverenin öncelikli hedefi firmasındaki çalışma ortamından kaynaklı yaralanma riskini, can kayıplarını ve meslek hastalıklarına yakalanma riskini en aza indirerek işgörenlerine güvenli bir çalışma ortamı sağlamaktır. Bir diğer önemli hedefi ise bunlarla birlikte üretim ve hizmet maliyetlerini düşürerek kârlılığını sağlamaktır. Aynı zamanda İSG ile alınan eğitimler sayesinde işverenin sosyal açıdan da gelişmesi sağlanır. Böylece, her açıdan gelişen işyeri bir imaja kavuşur ve bu da ülke ekonomisine doğrudan bir katkı sağlar (Durdu, 2006).

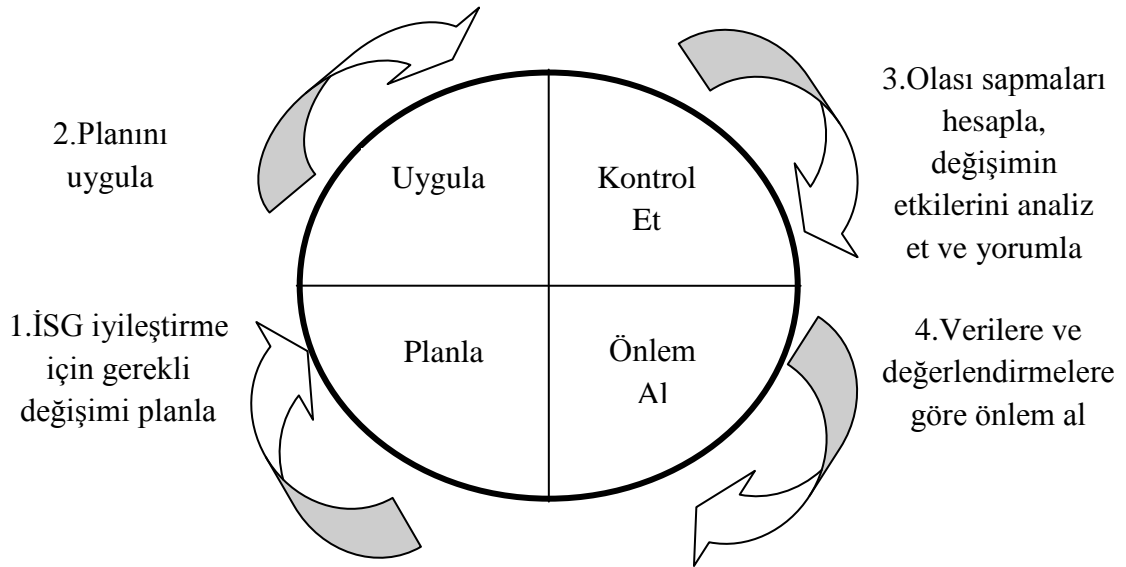
İSG yönetimi Şekil 1.1'de gösterilen çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Risk değerlendirmesi (RD) ise bu bileşenler arasında kilit öneme sahiptir (URL-1, 2013). Yani işletmelerde İSG uygulamaları, risk değerlendirme teknikleriyle birlikte ele alınan bir konudur ve bu iki unsur birbirlerine entegre bir biçimde uygulandığında işletmede verimli sonuçlar elde edilebilir.



Şekil 1.1. İş sağlığı ve güvenliği yönetimi süreçleri

İSG yönetiminin bir diğer önemi ise işletmelerde çok yönlü bir çalışmayı gerektirmesidir. Yani mühendislik, hukuk, ergonomi, psikoloji, tıp, ekonomi gibi birçok bilim dallarından faydalanır (Bıyıklı, 2011). Dolayısıyla bir işletmede İSG'nin uygulanması, geniş çaplı ve uzun vadeli olumlu getirilere neden olabilir.

İSG yönetim sisteminin temelinde hataları ortaya çıkmadan önlemeyi amaçlayan bir yaklaşım söz konusudur. Bu yaklaşımın temelini ise Walter Shewhart (1939) tarafından geliştirilmiş ve uygulanmış olan PUKÖ döngüsü oluşturmaktadır. PUKÖ döngüsü, değişkenliğin nedenlerini tespit etmek ve kalite iyileştirmek amacıyla kullanılan sistematik bir tekniktir. PUKÖ döngüsünün görsel hali Şekil 1.2'de mevcuttur (Özkılıç, 2005).



Şekil 1.2. PUKÖ döngüsü

1.3. Risk Yönetiminde Temel Kavramlar

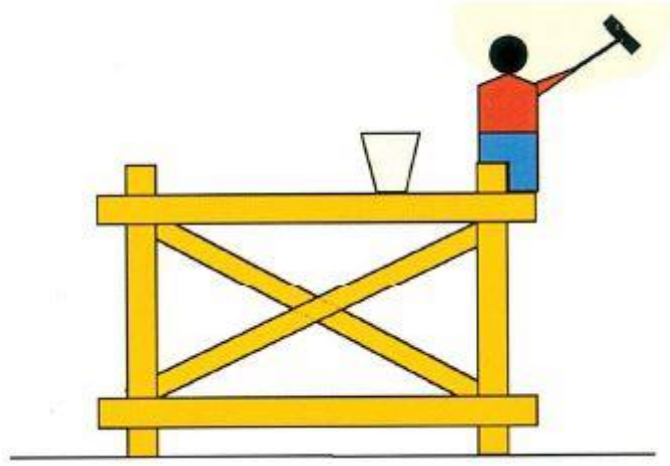
Risk değerlendirmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği sisteminin temelini oluşturan bir kavramdır. Risk değerlendirme kavramını daha iyi anlayabilmek için öncelikle günlük hayatta birbirinin yerine sıklıkla kullandığımız tehlike ve risk kavramlarını tanımlayalım (6331 İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu):

Tehlike, işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyeli olarak tanımlanırken risk, tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali olarak tanımlanır (6331 Madde 3 ve Risk Değerlendirme Yönetmeliği Madde 4).

ILO Yönetim Kurulu'nun 244. toplantısında alınan karar uyarınca hazırlanan raporda ise risk, "belli bir dönemde veya koşullar altında istenmeyen olayın ortaya çıkma olasılığı, çevre koşullarına göre sıklık ve olasılık" olarak ifade edilmiştir (Bıyıklı, 2011). Bu iki tanımlamaya baktığımızda risk kavramı için bir ihtimal ifadesi yani bir belirsizlik söz konusudur diyebiliriz.

Risk ve tehlike ilişkisini daha iyi anlamak için bir örnek verecek olursak; bir çalışma ortamında elektrik enerjisi bir tehlike ise çalışan kişinin yetersiz izolasyonlu bir iş ekipmanını kullanması sonucunda elektrik şokuna kapılma ihtimali olduğundan bir risk

meydana getirir. Tehlike ve risk kavramlarının daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 1.3'ün incelenmesi faydalı olacaktır (URL-2, 2013).



Şekil 1.3. Tehlike ve risk kavramı

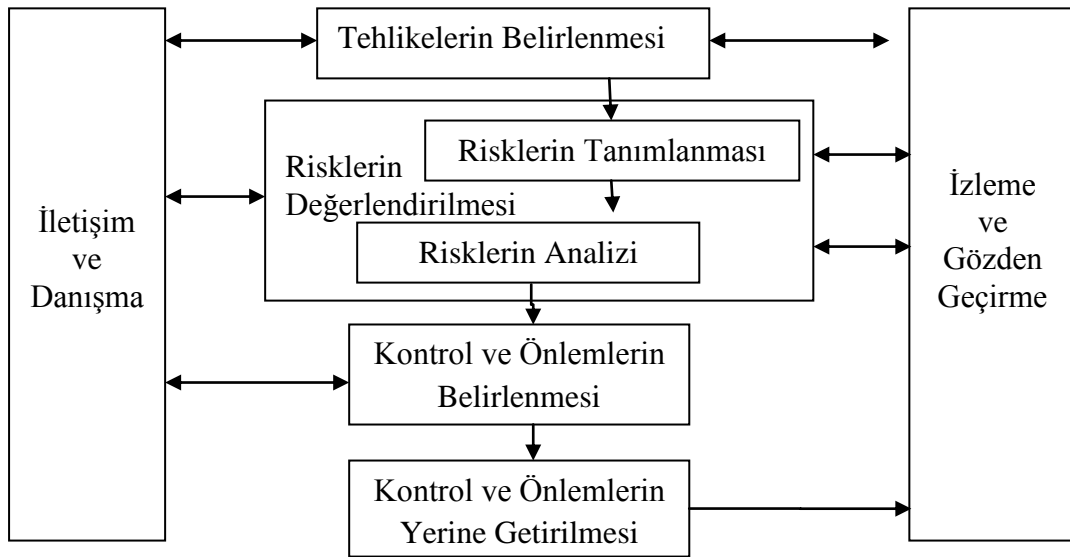
Şekil 1.3'de yüksekte çalışma, potansiyel bir tehlikedir. Çalışanın iskeleden düşme olasılığı ile düşmeden oluşabilecek zarar şiddetinin bileşkesi ise riskin nicel değerini ifade etmektedir.

Risk değerlendirme kavramının birçok kaynakta çeşitli tanımları bulunmaktadır. 6331 Madde 3 ve Risk Değerlendirme Yönetmeliği Madde 4'e göre risk değerlendirmesi; işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar olarak ifade edilmiştir.

Bir başka kaynağa göre risk değerlendirmesi; tehlike potansiyeli bulunan maddelerle ilgili her türlü bilimsel bilgi ve malumatın düzenlenmesi ve analiz edilmesine yönelik sistematik bir yaklaşımdır. Daha basit ifadesiyle, problem formülasyonu, tehlike değerlendirilmesi, tehlikeli maddeye maruz kalma etkilerinin analizi ve risk tanımlaması gibi ana kavramlardan oluşan risk analizidir (Özkılıç, 2005).

Risk yönetimi, risk değerlendirmesi ile belirlenmiş ve tanımlanmış olan bir faaliyetin çözüm sürecini içeren faaliyetler dizisidir. Risk yönetimine bağlı olarak risk yönetim prosesini aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

Risk Yönetim Prosesi; çevrenin güvenliği ve insan hayatını ilgilendiren risklerin analiz edilmesi ve kontrolüne yönelik olarak politikalar, tecrübeler ve kaynakların tanımlanması, değerlendirilmesi, izlenmesi, kontrol edilmesi gibi sistematik olarak yapılan faaliyetler bütünüdür. Risk yönetim prosesi, işyerindeki çalışma koşullarından kaynaklanan her türlü tehlike ve hastalık yaratacak riskleri en aza indirerek çalışanların sağlığını etkilemeyecek seviyeye indirmeyi amaçlamıştır. Risk yönetim kavramı aynı zamanda kazaların önlenmesi için sistematik ve gerçekçi bir çatı kurulmasını sağlar. Şekil 1.4'de risk yönetim prosesi şematik olarak gösterilmiştir (Özkılıç, 2005).



Şekil 1.4. Risk yönetim prosesine genel bir bakış

İSG yönetiminin temelini oluşturan en önemli unsur risk değerlendirmesidir. Bir işyerinde alınacak önlemlerin doğru olması ancak tehlikelerin ve ortaya çıkabilecek risklerin doğru ve eksiksiz tanımlanabilmesi ile mümkün olur. Risk değerlendirmesinden iyi bir sonuç almak, işyerlerinde uzun vadeli, sürekli ve sistematik bir çalışmayı gerektirir. Bu nedenle, risk değerlendirmesinde temel ilke sürekli iyileştirme olmalıdır. Bunun yanı sıra yöneticilerin çalışanlarına tehlike ve riskler hakkında eğitim desteği sağlaması da oldukça önemlidir. Böylece çalışanlar için risk bilinci artar ve işletme genelinde aktiflik sağlanmış olur (URL-1, 2013).

1.3.1. Risk Değerlendirmesinin Önemi

İşyerlerinde risk değerlendirmesi yapmak işyeri ve ülke açısından önemli olduğu kadar mevzuatlar nedeniyle de zorunludur. Herhangi bir işyerinde meydana gelen bir kaza sonucu üretim kaybı, hizmette aksamalar, ödenecek olan tazminatlar gibi birçok maddi kaybın yanı sıra siparişin zamanında karşılanamaması ve meydana gelen kazanın yol açtığı imaj zedelenmesi gibi manevi zararlarda söz konusudur. Bunların yanı sıra konuya etik açıdan baktığımızda işçilerin güvenliği işverenin sorumluluğundadır.

Risk değerlendirmesi kapsamındaki çalışmalar sık görülen risk ve tehlikeler dışında az rastlanan ve istisnai durumlardaki tehlikeleri de kapsamalıdır. Bu nedenle, iş yerinde İSG uzmanlarının bulunmasına önem verilmelidir. Yeterli uzmana sahip olmayan işletmelerde ise dışarıdan gelecek uzmanların danışmanlığı önerilmektedir. Elbette sadece uzmanların olması yeterli değildir, İSG kapsamındaki risk değerlendirme çalışmalarının başarıya ulaşmasında işletmedeki mühendis, şef ve tüm çalışanların sürece katılması gerekmektedir (URL-1, 2013).

Özetle, risk değerlendirmesi uygulaması zorunlu bir gereklilik gibi görülmekten ziyade işletmeler tarafından benimsenerek uygulanmalıdır. Bu uygulamanın bir yönetim politikası haline getirildiği takdirde işletmeye, çalışanlara ve ülkeye sağlayacağı yararlar oldukça fazladır. Sürpriz bir şekilde karşılaşılabilecek olayların önceden öngörülmesini sağlayarak işletmenin geleceğini güven altına almasına zemin hazırlayacaktır.

1.4. Risk Değerlendirme Teknikleri

Kantitatif (Nicel-Sayısal) ve Kalitatif (Nitel) olmak üzere iki temel risk değerlendirme tekniği mevcuttur. Nicel (Kantitatif-Sayısal) risk analizinde, riski hesaplarken matematiksel teoremler kullanılarak risk değeri bulunur. Nitel (kalitatif) risk analizinde, tehdidin olma ihtimali, tehdidin etkisi gibi değerlere sayısal değerler verilir ve bu değerler matematiksel ve mantıksal metotlar ile proses edilip risk değeri bulunur. Belli başlı risk analizi yöntemlerinden bazıları aşağıda verilmiştir (Özkılıç, 2005).

- Hata Türü ve Etkileri Analizleri (Failure Modes and Effects Analysis -FMEA)
- Tehlike ve Çalışılabilirlik Analizi (Hazard and Operability Studies-HAZOP)
- Hata Ağacı Analizi (Fault Tereer Analysis-FTA)
- Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis-ETA)

- Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (Hazard Analysis and Critical Control Points-HACCP)
- Matris Yöntemleri
 - 3T-Matris Yöntemi
 - L-Matris Yöntemi
 - X-Tipi Matris Yöntemi
- Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis-PHA)
- Kinney Metodu
- Birincil Risk Analizi (Preliminary Risk Analysis-PRA)
- Makine Risk Değerlendirmesi
- İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis-JSA)
- Neden Sonuç Analizi (Cause-Consequence Analysis)
- Olursa ne olur? (what if..?)

1.4.1. Hata Türü ve Etkileri Analizleri (Failure Modes and Effects Analysis - FMEA)

Üretimde oluşan hataların tespitinde sıklıkla kullanılan tekniktir. İş kazası da bir çeşit üretim hatası olarak görülmektedir. Yöntemin ortaya çıkış noktası, işletmeye zarar verebilecek hatalı ve başarısız ürünlerin piyasaya sürülmesi olasılığını önlemektir. Yöntem; potansiyel hata kaynaklarını, etkilerini ve nedenlerini bulup değerlendirme, potansiyel hatanın oluşma ihtimalini azaltacak ya da tümüyle yok edecek önlemleri belirleme ve tüm bu işlemleri belgeleme amacını taşıyan sistemli çalışmaların bütünü olarak tanımlanmaktadır.

MIL-STD 1629A (1984) standardındaki tanımı ise “sistemdeki her bir olası hata şeklinin, sistemdeki sonuçlarını veya etkilerini belirlemek ve önemlerine göre her bir hata şeklini sınıflandırmak için analiz eden bir prosedür” şeklindedir. Özetle FMEA, hataların ortaya çıkmasını beklemediği için önlem almamış bir müşteriye, hata ulaşmadan önce hatanın belirlenip giderilmesini sağlayan bir tekniktir. Bu yöntemin amacı hataları bulmak değil, öngörmek ve önlemektir. Bu özelliği ile de FMEA için koruyucu bir tekniktir diyebiliriz (Canbolat, 2008). FMEA tekniğinin amaçlarını kısaca özetlersek (Prasad, 1990);

- Bir ürünü oluşturan süreçlerdeki ortaya çıkabilecek potansiyel hataları ve nedenlerini belirlemek
- Belirlenen hataların ortaya çıkma riskini engellemek veya en aza indirecek faaliyetleri belirlemek
- Yöntemin uygulama sürecini yazılı hale getirmek

HTEA; “ilk defada doğruyu yapma” felsefesini yerleştirmek, hızla değişen müşteri isteklerini karşılayabilmek, gittikçe artan yaptırımlara uymak, düşük fiyatlarda yüksek ürün kalitesini sağlamak için kullanılır (Canbolat, 2008).

Hata türleri ve etki analizi, Sistem FMEA, Tasarım FMEA, Proses FMEA, Servis FMEA olmak üzere dört çeşide ayrılmaktadır. Uygulama alanları ise hem üretim hem de hizmet sistemlerini kapsamaktadır.

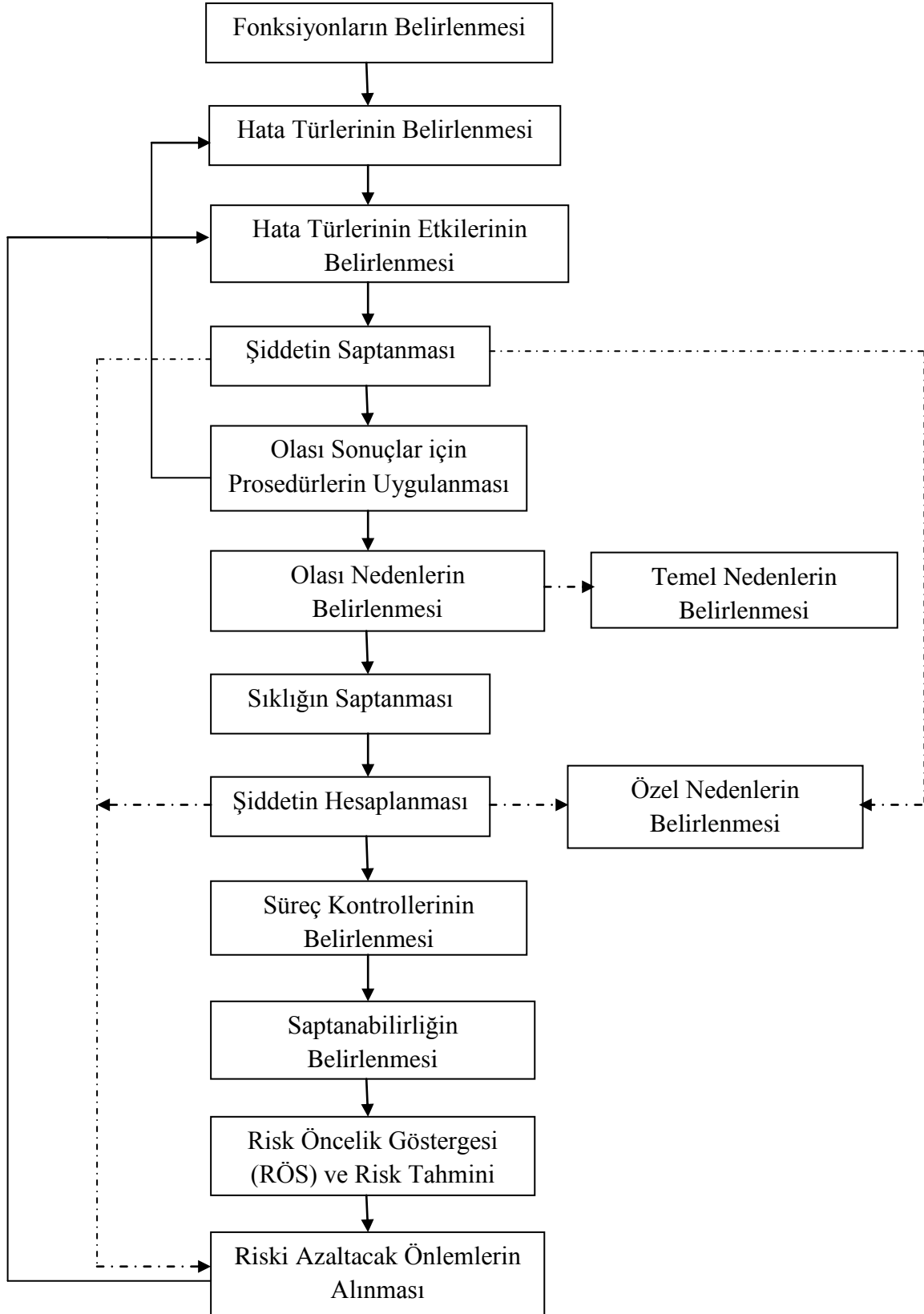
Sistem FMEA: Global sistem fonksiyonlarına odaklanır. Özellikle sistemin, alt sistemle olan etkileşimlerini inceler. Çalışmalar Sistem Mühendisliği liderliğine yürütülür. Konsept tasarım aşamasında uygulanır ve alt sistem/bileşenlerin Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizi'ne girdi sağlar.

Tasarım FMEA: Alt sistem ve bileşenlerin tasarım fonksiyonlarına odaklanır. Belirlenmiş olan tasarımı detaylı olarak inceler. Çalışmalar Tasarım Mühendisliği liderliğinde yürütülür. Proses Hata Türü ve Etkileri Analizi'ne girdi sağlar.

Proses FMEA: Alt sistem ve bileşenlerin üretim fonksiyonlarına odaklanır. Belirlenmiş olan prosesi detaylı olarak inceler. Çalışmalar Üretim Mühendisliği liderliğinde yürütülür.

Servis FMEA: Müşteriye servisin ulaşmadan analiz edilmesidir (Taşan, 2006).

FMEA sürecinin şematik gösterimi Şekil 1.5'te verilmiştir (Özkılıç, 2005).



Şekil 1.5. FMEA prosesi

Şekil 1.5'ten de anlaşılacağı üzere FMEA, hatanın şiddeti, hatanın ihtimali ve hatanın tespit edilebilirliği (saptanabilirliği) olmak üzere üç boyuta sahiptir. Risk öncelik katsayısı (RÖS) ise olasılık, şiddet ve fark edilebilirlik değerlerinin çarpımına eşittir. RÖS katsayısının aldığı değerlere göre önlem alınacak olaylar sıralanır, çünkü en büyük zararlar RÖS'ün en büyük değerlerine isabet etmektedir. FMEA analizi yardımıyla olası zarar meydana getirecek durumlar önceden sezilerek önlemler geliştirilir ve olası zararların artış olasılığı giderilir (Özkılıç, 2005).

1.4.2. Tehlike ve Çalışılabilirlik Analizi (Hazard and Operability Studies-HAZOP)

Kimya endüstrisinin içerdiği özel tehlike potansiyelleri dikkate alınarak geliştirilen bir risk analizi tekniğidir. Disiplinler arası bir ekip tarafından, kaza odaklarının saptanması, analizleri ve ortadan kaldırılmaları için uygulanır. Sistemli bir beyin fırtınası çalışması gerektiren bu teknikte belirli anahtar ve kılavuz kelimeler kullanılır. Çalışmaya katılanlara, belli bir yapıda sorular sorularak bu olayların olması veya olmaması durumunda ne gibi sonuçların ortaya çıkacağı sorulur. Bir iş sürecindeki sapmaların etkilerinin tespit edilmesini ve normal koşullar altındaki süreçle karşılaştırma imkanı sağladığından dolayı kendi alanında geniş kabul görmüş bir metoddur (Özkılıç, 2005).

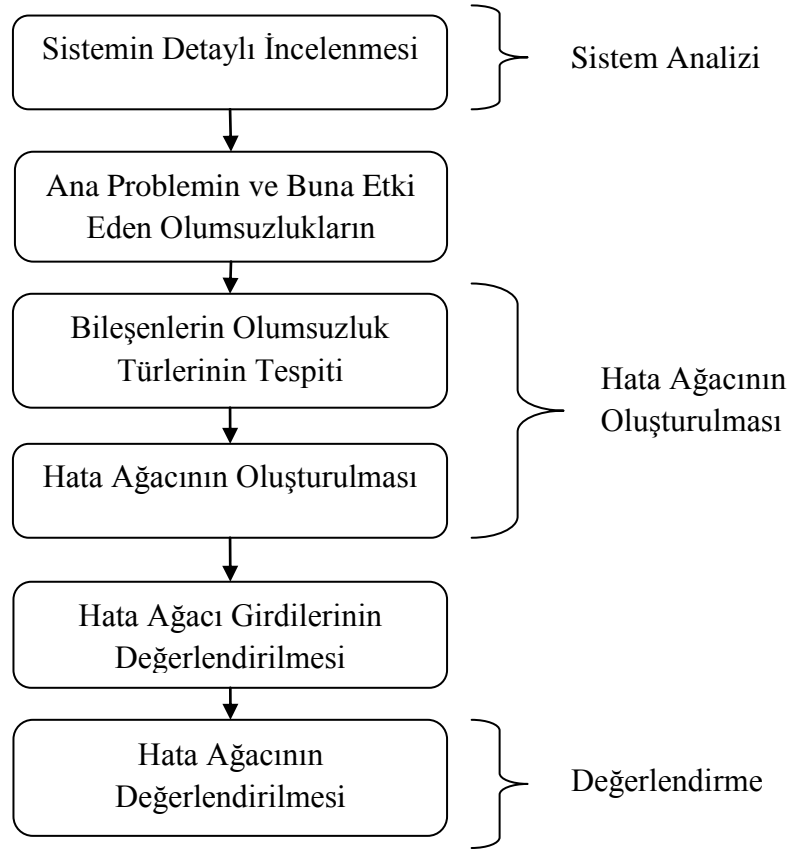
1.4.3. Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis-FTA)

Hata Ağacı Analizi bir tepe olayın (top event) gerçekleşmesi veya gerçekleşmemesi için alınması gereken önlemleri ayrıntılı bir şekilde analiz eden yöntemdir. Olmaması istenen tepe olay saptanarak bu olaya neden olabilecek tüm faktörler analiz edilir. Yöntem uygulanırken tümden gelimli mantığı kullanılır. Hata ağacı analizinin aşamaları Şekil 1.6'da ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Özkılıç, 2005).

Hata ağaçları oluşturulurken farklı nitelikteki olaylar, olay sembolleri ile gösterilir. Olaylar arasındaki ilişki ve bağlantılar ise Kapı (Gate) sembolleri adı verilen mantıksal işlemleri temsil eden semboller ile sağlanır. Yöntemde en sık kullanılan mantıksal işlemler VE, VEYA'dır. Olaylar ise Temel Olay ve Sonuç Olay'dır (Şamur, 2005).

Hata ağacı analizi, kılçık diyagramı gibi bir öğretilerdir. Meydana gelmiş olay veya kayıpların nedenini araştırmak yerine, bu olay veya kayıpların oluşmasına sebep olabilecek

parametreleri zirve olayı oluşturabilme güçlerine göre ortaya koyar ve bu analizi gerçekleştiren veya analizden yararlanmak isteyen kişilere beklenen olay veya kaybın oluşmaması doğrultusunda prosesle ilgili dikkat ve kontrol noktalarını işaret eder (Taptık, 1998).

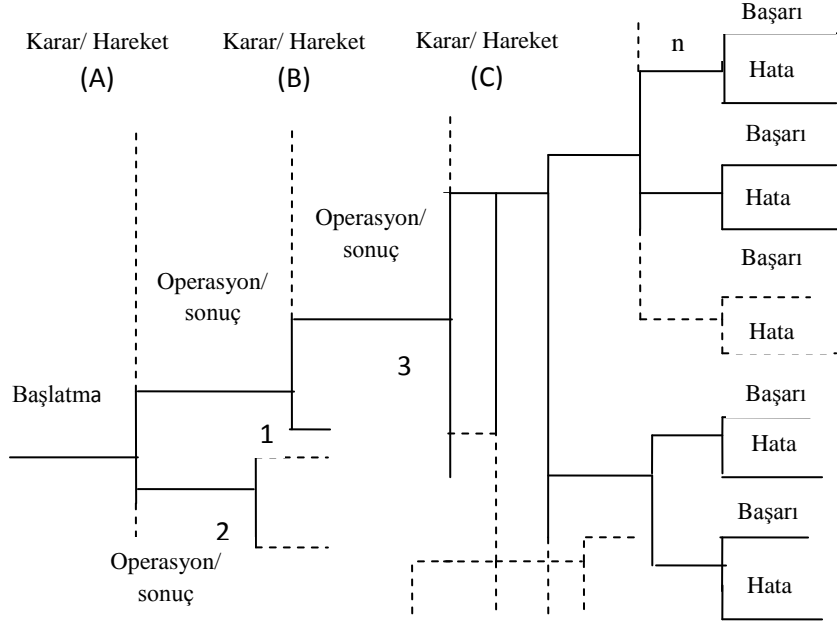


Şekil 1.6. Hata ağacı analizi aşamaları

1.4.4. Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis-(ETA))

Olay ağacı analizi başlangıçta nükleer enerji santrallerinde işletilebilme analizi olarak kullanılmıştır, daha sonra diğer sektörlerde de sıklıkla uygulanmaya başlanmıştır. Olay ağacı analizi, başlangıçta seçilmiş olan olayın meydana gelmesinden sonra ortaya çıkabilecek sonuçların akışını diyagram ile gösteren bir yöntemdir. Hata ağacı analizinden farklı olarak bu yöntem tümevarımlı mantığı kullanır. Kaza öncesi ve kaza sonrası durumları gösterdiğinden sonuç analizinde kullanılan başlıca tekniktir. Bu teknikte kullanılan mantık, hata ağacı analizinde kullanılan mantığın tersinedir. Bu metod; sürekli

çalışan sistemlerde veya “standby” modunda olan sistemlerde kullanılabilir. Olay ağacı genel durumu Şekil 1.7’de gösterilmiştir (Özkılıç, 2005).



Şekil 1.7. Olay ağacı genel durumu

1.4.5. Matris Yöntemleri

Matris diyagramları en sık kullanılan teknikler arasında olup iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi analiz edip değerlendirirken başvurulan tekniklerdendir.

3T-Matris yöntemi: Şiddet ölçeği ve kontrol ölçeği olmak üzere iki ölçeğe sahip bir matristir. Şiddet ölçeği aşağıdaki gibidir:

1. Hafif Şiddetli: Hafif yaralanma veya rahatsızlık, en fazla 3 gün çalışamama;
2. Orta Şiddetli: Uzun süreli yaralanma veya hastalık; basit yaralanmalar veya kırıklar gibi, En fazla 30 gün çalışamama;
3. Son derece Şiddetli: Kalıcı yaralanma/hastalık veya ölüm, parmak kesilmesi, ikinci/üçüncü derece yanıklar, kafatası çatlakları, kanser, astım.

Kontrol ölçeği ise aşağıdaki gibidir:

1. Önlem ve kontroller yeterlidir, hiçbir sorun belirmemiştir.
 - a) Makineler, aletler ve yapılar; mevzuat ve standartlar ile uyumludur,
 - b) İş, sağlıklı ve güvenli olması için tasarlanmış ve organize edilmiştir,
 - c) Çalışanlar eğitim almış ve gerçekten doğru (güvenli) çalışma uygulamalarını kullanmaktadır.
 2. İyileştirmeye bir miktar ihtiyaç duyulmaktadır, sorunlar belirmiştir.
 3. İyileştirmelere ciddi ihtiyaç duyulmaktadır, sorunlar sık sık belirmektedir.
- 3T risk matrisi örneği Tablo 1.1’de gösterilmiştir (URL-1, 2013).

Tablo 1.1. 3T risk matrisi

Mevcut Kontrol Önlemlerinin Düzeyi		Yaralanma ve Hastalıkların Potansiyel Şiddeti		
		1	2	3
		Hafif	Ciddi	Çok Ciddi
1	Kontrol önlemleri yeterli; sorun çıkmamış.	0: Önemsiz risk	1: Hafif risk; durumu gözlemlemeye devam edin.	2: Küçük risk; sorunların kontrol altında olmasını sağlayın.
2	İyileştirmeye ihtiyaç var; ara sıra sorunlar çıkmış.	2: Küçük risk; durumu gözlemlemeye devam edin ve kolay önlemleri uygulayın.	3: Orta derece risk; uygun önlemleri planlayıp, uygulayın.	4: Büyük risk; önlemleri hızla planlayıp uygulayın.
3	Kayda değer iyileştirme gerekli; sık sık sorunlar çıkıyor.	3: Orta derece risk; uygun önlemleri planlayıp uygulayın.	4: Büyük risk; önlemleri hızla planlayıp, uygulayın.	5: Vahim risk; derhal önlemleri planlayıp uygulayın.

Temel modüller ile özel modüllerin yer aldığı 3T risk değerlendirme formuna göre riskler değerlendirdikten sonra matristeki puanlara göre her modül belli puanlar alır. Bu puanlara göre modülün risk puanı ve modülün güvenlik endeksi hesaplanır. Formüller 1.1 ve 1.2 numaralı eşitlikte verilmiştir. Bu hesaplamalar ışığında riskler değerlendirilerek alınacak önlemler belirlenir ve yönetimin onayına sunulur. Yönetimin onayından sonrada kimin neyi, ne zaman yapacağını gösteren bir faaliyet planı hazırlanmalıdır.

$$\text{Modülün risk puanı} = \sum \text{risk puanları} \quad (1.1)$$

Modülün güvenlik endeksi=

$$(1 - \text{modülün risk puanı} / \text{modülün azami risk puanı}) \times 100 \quad (1.2)$$

L Tipi-Matris Yöntemi: 5×5 matris diyagramı (L tipi matris) genellikle neden sonuç ilişkilerinde kullanılan bir yöntemdir. Tek başına risk değerlendirmesi yapmak zorunda olan İSG uzmanları için basit ideal bir tekniktir. Uygulayan uzmanın deneyim ve birikimine göre yöntemin başarısı değişkenlik gösterir. L tipi matris yöntemi, işletmelerde özellikle acil olarak önlem alınması gereken tehlikelerin belirlenmesi için kullanılmalıdır.

Bu yöntemde bir olayın gerçekleşme ihtimali ile gerçekleştiği taktirde olacak sonucun derecelendirmesi ve ölçümü yapılır. Daha sonra ihtimal ve zarar derecesinin çarpımından risk skoru hesaplanır. Tablo 1.2’de risk skor (derecelendirme) matrisi (L tipi matris) görülmektedir (Özkılıç, 2005).

Tablo 1.2. L Tipi matris

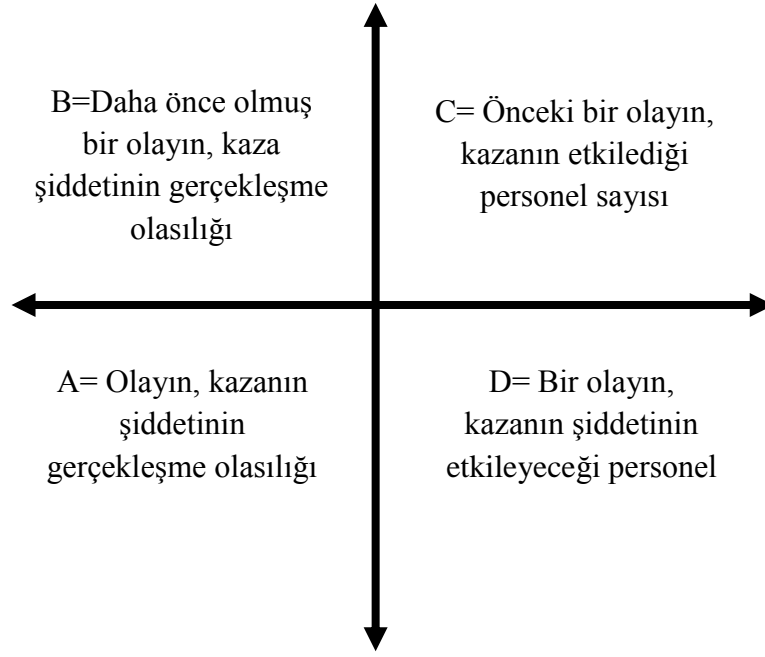
Şiddet \ Olabilirlik	1	2	3	4	5
1	Çok Hafif seviye risk 1	Düşük seviye risk 2	Düşük seviye risk 3	Düşük seviye risk 4	Düşük seviye risk 5
2	Düşük seviye risk 2	Düşük seviye risk 4	Düşük seviye risk 6	Orta seviye risk 8	Orta seviye risk 10
3	Düşük seviye risk 3	Düşük seviye risk 6	Orta seviye risk 9	Orta seviye risk 12	Yüksek seviye risk 15
4	Düşük seviye risk 4	Orta seviye risk 8	Orta seviye risk 12	Yüksek seviye risk 16	Yüksek seviye risk 20
5	Düşük seviye risk 5	Orta seviye risk 10	Yüksek seviye risk 15	Yüksek seviye risk 20	Çok yüksek seviye risk 25

Sonucun kabul edilebilirlik değerleri de Tablo 1.3’de gösterildiği gibidir (Özkılıç, 2005).

Tablo 1.3. Sonucun kabul edilebilirlik değerleri

SONUÇ	EYLEM
Katlanılamaz Riskler (25)	Belirlenen risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalı, eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen riski düşürmek mümkün olmuyorsa faaliyet engellenmelidir.
Önemli Riskler (15, 16, 20)	Belirlenen risk azaltılmaya kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk işin devam etmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetin devamına karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler (8, 9, 10, 12)	Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalıdır. Risk azaltma önlemleri alınabilir.
Katlanılabilir Riskler (2, 3, 4, 5, 6)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin sürdürüldüğü denetlenmelidir.
Önemsiz Riskler (1)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyetlerin kayıtlarını saklamaya gerek olmayabilir.

X-Tipi Matris: Bu tip risk değerlendirmesi karmaşık prosesler veya akım şemaları içeren işlerin mevcut olduğu yerlere veya olaylara uygulanabilir. Tek başına bir analistin yapmasına uygun değildir ve 5 yıllık geçmiş kaza kayıtlarına ihtiyaç vardır. Tecrübeli bir takım lideri önderliğinde disiplinli bir takım çalışması gerektirir. Daha önce meydana gelmiş bir kazanın veya buna bağlı bir olayın tekrarlanma olasılığı da değerlendirilir. Değerlendirme sonucunda riskin giderilmesi için alınacak önlemlerin maliyet analizi de yapılarak, riskin maliyeti ile riski transfer etme imkanı var ise iki maliyet karşılaştırılarak kıyaslanır. Matris değişkenleri Şekil 1.8’de verilmiştir. Risk matrisi üzerinden belirlenen A, B, C, D değerleri toplanarak risk derecelendirme puanı elde edilir. Elde edilen değerler matris metodolojisi temelli risk değerlendirme tablosuna kaydedilir ve çıkan sonucun büyüklüğüne göre en büyük değerden başlayarak riskler için gerekli önlemler alınır. Tablo 1.4’te ise X tipi risk derecelendirme matrisi verilmiştir (Özkılıç, 2005).



Şekil 1.8. X tipi matrisin değişkenleri

Tablo 1.4. X Tipi risk derecelendirme matrisi

Ö	5	10	15	20	25	ÖNCEKİ BENZER KAZALAR	5	10	15	20	25
UK	4	8	12	16	20		4	8	12	16	20
IGK	3	6	9	12	15		3	6	9	12	15
HY	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
KRY	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	OLASILIK						PERSONEL SAYISI				
Çok ciddi	5	10	15	20	25	ŞİDDET	5	10	15	20	25
Ciddi	4	8	12	16	20		4	8	12	16	20
Orta	3	6	9	12	15		3	6	9	12	15
Hafif	2	4	6	8	10		2	4	6	8	10
Çok hafif	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	Çok küçük	Küçük	Orta	Yüksek	Çok yüksek		1 kişi	1-3 kişi	5	5-10	10' dan fazla

A= Olasılık×Şiddet

B=Olasılık ×Önceki kazalar

C= Önceki kazalar × Personel sayısı

D= Personel sayısı ×Şiddet

Ö= Ölümlü kaza


UK= Uzun kayıplı kaza

IGK= İşgünü kaybı

HY=Hafif yaralanma

KRY=Kazaya ramak kalma

 Kabul edilemez bölge

 Orta derecede etki /etki yok

 Yüksek derecede etki

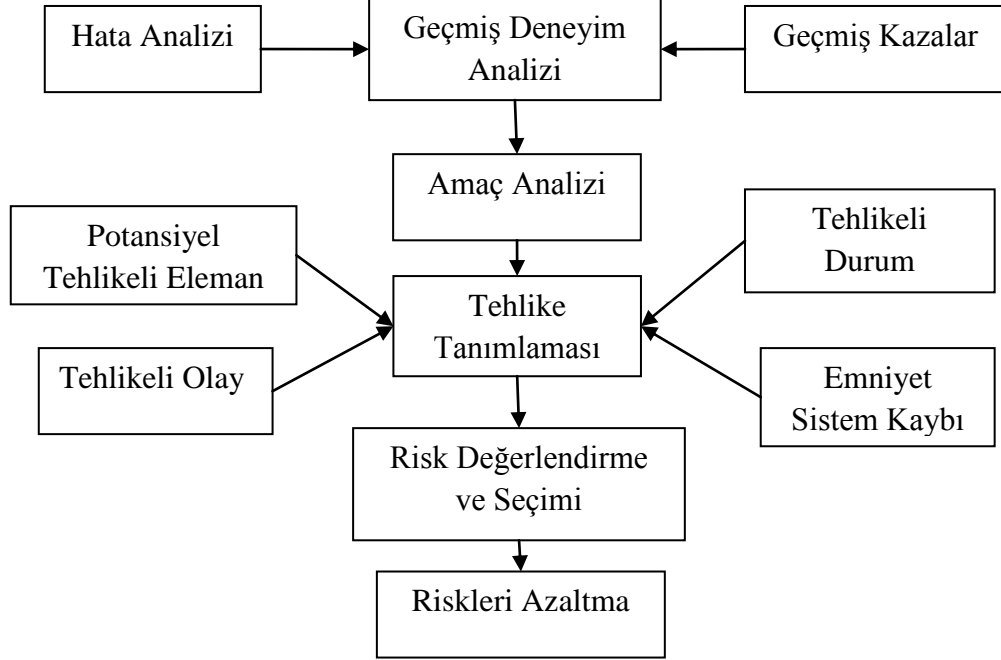
 Etki yok

1.4.6. Ön Tehlike Analizi (Preliminary Hazard Analysis-PHA)

Tesisin son tasarım aşamasında ya da daha detaylı çalışmalara model olarak kullanılacak olan hızlı hazırlanabilen kalitatif bir risk değerlendirme tekniğidir.

Yöntemin amacı, incelenen sistemde mevcut çeşitli tehlikeli öğeleri belirlemek ve potansiyel tehlike olan durumlarda, kaza oluşumunu engellemek için nasıl bir yol izleneceğini saptamaktır. Ön Tehlike Analizi diğer yöntemlere başlangıç verisi olması

aşamasında yararlıdır (Raifoğlu, 2011). Şekil 1.9’da yöntemin aşamaları gösterilmiştir (Özkılıç, 2005).



Şekil 1.9. Ön tehlike analizinin temel adımları

1.4.7. Kinney Metodu

Yöntem G.F. Kinney and A.D Wiruth tarafından 1976 yılında geliştirilmiştir.

Yöntemde kullanılan değişkenler aşağıdaki gibidir.

R – riskin büyüklüğü

Ş – etkilenme şiddeti

F – tehlikeye zaman içinde maruz kalma sıklığı,

O– tehlikenin oluşma olasılığı

Riskin büyüklüğünü hesaplarken kullanılan formül Eşitlik 1.3 de verilmiştir.

$$R = \text{Ş} \times F \times O \quad (1.3)$$

Formülde yer alan olasılık değerine karar verirken dikkate alınması gereken durumlar aşağıdaki gibidir;

- Daha önce yaşanan kazalar
- Ortam şartları
- Çalışanların iş faaliyeti bilgisi
- Hizmet, makine parçaları, güvenlik aletlerinin uygunluğu ve arızalanma sıklığı
- Kişisel koruyucu ekipmanın etkinliği
- Tehlikeli kimyasallarla çalışma
- Güvensiz hareketler
- Mevcut emniyet tedbirleri

Maruz kalma sıklığına karar verirken dikkate alınması gereken durumlar aşağıdaki gibidir;

- Rutin faaliyetlerde “Frekans” işin yıl içindeki yapılma sıklığıdır.
- Rutin olmayan faaliyetlerde “Frekans” işin yapılış süresi boyunca faaliyetin yapılma sıklığıdır.

Etkilenme şiddetine karar verirken dikkate alınması gereken durumlar aşağıdaki gibidir;

- Olası zarar görme derecesi ve süresi
- Yapılan faaliyetin doğası
- Bedenin etkilenebilecek kısmı, zarar görecekt yerler
- Maruz kalan çalışan sayısı

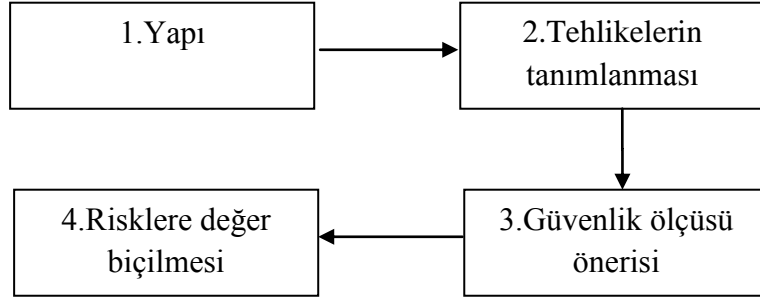
Risk büyüklüğünün aldığı sayısal değer sonucunda da eylemin düzeyine karar verilir ve buna göre alınacak önlemler belirlenir (Sabuncu, 2008).

1.4.8. Birincil Risk Analizi (Preliminary Risk Analysis-PRA)

Bir faaliyeti yerine getirirken olabilecek kazaları analiz edebilmek için kullanılan sistematik bir yöntemdir. Her bir kaza için analiz, kazaları önlemek veya kaza nedenlerini önlemek için çok belirgin korunma yolları tanımlar. Analiz, kaza ile ilgili riski tehlikeyi azaltıcı tavsiyelerde bulunarak tanımlar. Bu teknik, etkinliği gerçekleştiren ekibe, analiz sonucu belirlenen düşük riskli kazaların elenmesini sağlayarak analizin düzene koyulmasını sağlar (Özkılıç, 2005).

1.4.9. İş Güvenlik Analizi (Job Safety Analysis-JSA)

Bu metodoloji, kişi veya gruplar tarafından gerçekleştirilen iş görevleri üzerinde yoğunlaşır. Bir işletme veya fabrikada işler ve görevler iyi tanımlanmışsa bu yöntem uygundur. Şekil 1.10' da yöntemin aşamaları gösterilmiştir (Özkılıç, 2005).



Şekil 1.10. İş güvenlik analizi aşamaları

1.4.10. Neden Sonuç Analizi (Cause-Consequence Analysis)

Neden - Sonuç analizi, Hata Ağacı Analizi ile Olay Ağacı Analizinin bir harmanıdır. Bu metodoloji, neden analizi ile sonuç analizini birleştirir ve bu nedenle de hem tündengelimli hem de tümevarımlı bir analiz yöntemini kullanır. Neden - Sonuç analizinin amacı, olaylar arasındaki zinciri tanımlarken istenilmeyen sonuçların nelerden meydana geldiğini belirlemektir. Neden - Sonuç diyagramındaki çeşitli olayların olasılığı ile çeşitli sonuçların olasılıkları hesaplanabilir. Böylece sistemin risk düzeyi belirlenmiş olur.

- Kullanım Alanları;
 - Belirli bir sorun ya da koşulun olası nedenlerinin tanımlanması, araştırılması, ortaya çıkarılması gerektiğinde kullanılır.
 - Sebep sonuç diyagramları sonuç ile o sonucun tüm olası sebepleri arasındaki ilişkiyi göstermek için geliştirilmiştir.
- Uygulama Adımları;
 - İncelenecek sonucu (etki - sorun) tanımlayın.
 - Bu sonucun olası tüm nedenlerini beyin fırtınası yada kontrol kartları kullanarak belirleyin.
 - Sonucu sağ kutuya yerleştirin.

- Ana sebep kategorilerini belirleyin ve ana dalları oluşturun.
- Her ana branş için “neden oluyor?” sorusunu sorarak orta ve küçük dalları oluşturun.
- Tekrarlanır gibi görülen sebepleri bulun, ekip uzlaşmasına varın.
- Farklı sebeplerin sıklığını belirlemek için veri toplayın (Özkılıç, 2005).

1.4.11. Olursa Ne Olur? (What if.. ?)

Bu yöntem, fabrika ziyaretleri ve prosedürlerin gözden geçirilmesi sırasında yararlı olan bir tekniktir. Hali hazırda var olan kaçınılmaz potansiyel tehlikelerin tespit edilmesini kolaylaştırır. “Olursa ne olur?” sorusuyla başlar ve bu sorulara verilen cevaplara göre verilecek tavsiyelerin belirlenebileceği informal bir yöntemdir. Risk değerlendirme raporunda, tehlikelerin tipini tarif etmek ve tavsiyeleri değerlendirmek maksadıyla kullanılır (Özkılıç, 2005).

1.5. Yayın Taraması ve Çalışmanın Amacı

Tez kapsamında ele alınan konuyla alakalı literatür incelendiğinde, iş sağlığı ve güvenliği kavramı çerçevesinde, literatürde yer alan çalışmaların giderek yaygınlaştığı ve özellikle risk değerlendirme sürecinde yöntem esaslı çözüm arayışlarının sürdüğü görülmektedir. Buna rağmen, iş kazaları ve risk değerlendirme süreçleriyle ilgili olarak gemi inşaatı sektörüne dönük olarak literatürde kısıtlı sayıda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ve ele aldıkları konular şu şekilde özetlenebilir;

Özkök (2014) bir çalışmada bazı hataların tesislerde yaralanmalara ve ölümlere neden olduğunu vurgulayarak bu hataların tesislerde iş kaybına yol açtığını belirtmiştir. Bunun üzerine yapmış olduğu uygulama ile bir tersane sürecinde geminin gövde yapısı üretimini ele almış ve iş istasyonlarında kapsamlı süreç analizi yaparak hata türü ve etki analizi (FMEA) tekniği ile risk seviyelendirmesi yapmıştır. Risk öncelik numaraları (RPNs) ile de en riskli aktiviteleri ve iş istasyonlarını belirlemiştir.

Barlas (2012a), Türkiye’de faaliyet gösteren tersanede meydana gelen ölümlü kazaların nedenlerini analiz eden bir çalışma sunmuştur. Çalışmada gemi inşaat

endüstrisinde 2000 ile 2010 yılları arasında yaşanan ölümcül iş kazalarını temel nedenleriyle istatistiksel olarak sınıflandırmıştır.

Barlas (2012b) bir diğer çalışmasında Tuzla Bölgesindeki tesislerde meydana gelen ölümcül iş kazalarını Analitik hiyerarşi süreci (AHP) tekniğinden faydalanarak analiz etmiştir. Öncelikli nedenleri belirlemek için anket uygulaması yapmış ve belirlediği temel ölümcül iş kazalarının nedenlerini sınıflandırırken de AHP tekniğinden yararlanmıştır.

Yun ve Park (2012) çalışmalarında Kore’de her yıl artış gösteren iş kazalarını önleyebilmek amacıyla gemi inşaat endüstrisinde RFID/USN teknolojisi kullanarak forklift işlemlerindeki riskler için endüstri güvenlik yönetim sistemi geliştirmişlerdir.

Mora ve arkadaşları (2012) gemi inşaa endüstrisinde yaşanan kazaların şiddetini ortaya koymak için 2000-2010 yılları arasındaki kaza kayıtlarını ele almış ve iş süreçlerine yönelik önleyici tedbirlerin geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Jeong ve arkadaşları (2011) çalışmasında tersanelerdeki meslek hastalıklarıyla alakalı kansere yakalanma riskini ele almıştır. Bunun için Kore’de faaliyet gösteren bir tersanede üretimde ve ofiste çalışanlar arasındaki kansere yakalanma riskini karşılaştırmışlardır. Çalışmada 1992-2005 tarihleri arasındaki kayıtlar ele alınmış ve üretimde çalışanların kansere yakalanma riskinin daha fazla olduğu ortaya koyulmuştur.

Çelebi ve arkadaşları (2010) tesislerdeki iş güvenliği ve sağlığı riskini araştırmak amacıyla İstanbul Tuzla’daki tesiste süreçler üzerine detaylı bir çalışma yapmışlardır. Sonuç olarak, kaza ve yaralanma riskini en aza indirmek için ISO 9000, ISO 14000 ve OHSAS 18000 kalite yönetim sistemlerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Jacinto ve Silva (2010) kelebek gösterimi (bow-tie diagram/representation) tekniğini kullanarak yarı niceliksel bir mesleki risk değerlendirme metodu öne sürmüşlerdir.

Cherniack ve arkadaşları (2008), meslekleri nedeniyle el kol titreşimine maruz kalan tersane işçilerinde duyuşal sinir iletim hızı üzerine bir çalışma sunmuşlar ve tersane işçilerinin iş sağlığı açısından dikkat edilmesi gereken bir sınıf olduğunu vurgulamışlardır.

Mattorano ve arkadaşları (2001), gemi tamiri ve üretimi esnasında maruz kalınan metalin insan sağlığına zararını İş Sağlığı ve Güvenliği Ulusal Enstitüsü ile beraber değerlendirdikleri bir çalışmayla ortaya koymuşlardır.

Tersanelere yönelik iş sağlığı ve güvenliği çalışmaları ele alındığında, konuyla alakalı çalışmaların sayısının oldukça az olduğu, mevcut çalışmaların tersanede meydana gelen çeşitli kazalara yöneldiği ve tersanelerde meydana gelen bu kazaların nedenleri ya da

türlerinin irdelendiği görülmektedir. Tersanelere yönelik yapılan bu çalışmaların tümünün reaktif olduğu ve kazayı önlemeye yönelik proaktif bir çalışmanın henüz yapılmadığı görülmektedir. Literatürdeki bu boşluğu doldurmak amacıyla, bu proje kapsamında, tersanelerde yaşanan kazaları önlemeyi amaçlayan proaktif ve sistematik bir yaklaşım sunulacaktır. Literatürde yer alan bazı çalışmalarda ise, kaza şiddetine ve kaza olasılığına bağlı olarak risk puanları üretilmiş (Özkök 2014; Barlas 2012b), riskli iş istasyonları belirtilmiş, tersanelerde meydana gelen kazalar istatistiksel olarak değerlendirilerek (Mora ve arkadaşları 2012, Jeong ve arkadaşları, 2012; Barlas 2012a) bir durum tespiti yapılmış veya tersanelerde meydana gelen kaza türlerinden sadece biri ele alınarak nedenleri üzerine detaylı incelemeler (Yun ve Park, 2012; Tamrin ve arkadaşları, 2012; Castner, 1997) yapılmıştır. Ayrıca tersanelere yönelik yapılan bu çalışmalarda değerlendirmelerin nitel olmasına rağmen nitel verilerin sayısallaştırılmasında bulanık kümelerden faydalanılmadığı görülmektedir. Bulanık kümeler göreceli ya da belirsizlik içeren verilerin değerlendirilmesi için etkin olarak kullanılan bir araçtır (Zadeh, 1965). Kaza analizi konusu, içerdiği belirsizlik nedeniyle bulanık kümelerden faydalanabilecek bir uygulama alanıdır (Çelik ve Çebi, 2009). Literatür incelendiğinde, kaza analizinde ve farklı alanlardaki risklerin değerlendirilmesinde bulanık mantığın başarıyla kullanıldığı çeşitli uygulamalar mevcuttur. Beriha ve arkadaşları (2012) yapmış oldukları çalışmada endüstride güvenlik performansını değerlendirmek için bulanık bir yaklaşım modeli öne sürmüşlerdir. Kazaların farklı türlerinin analizi için yapay zekâ yaklaşımından faydalanarak bu yaklaşımın kazaları önlemek, güvenlik performansını arttırmak ve iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için yararlı olduğunu göstermişlerdir. Bir başka çalışmada, Tadic ve arkadaşları (2012) endüstrilerde iş güvenliği yönetiminin çok önemli ve karmaşık bir yapı olduğunu vurgulayarak çalışmalarında mesleki riskleri değerlendirmeye yönelik bulanık modellemenin başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermişlerdir. Ayrıca, Pinto ve arkadaşları (2011) çalışmalarında inşaat endüstrisindeki mesleki risk değerlendirmesi üzerinde kullanılan yöntemleri sunarak kötü tanımlı durumlarla başa çıkabilmek için bulanık yaklaşım kullanmanın avantajlı noktalarına dikkat çekmişlerdir. Yine inşaat sektöründe projenin tamamlanma riski Zeng ve arkadaşları (2007) tarafından geliştirilen bulanık tabanlı bir modelle değerlendirilirken Çebi (2011) yüklenici firmalar tarafından alınan inşaat projelerin zamanında tamamlanamama riski bulanık bir model yardımıyla değerlendirmiştir. Bragatto ve arkadaşları (2010) ise çalışmalarında yine bulanık bir model

yardımıyla endüstride iş güvenliği kontrol programlarının etkisini değerlendiren bir çalışma sunmuşlardır.

Literatürdeki risk değerlendirme tekniklerini ele aldığımızda birçoğunun temelinde olayın ortaya çıkma ihtimali ile olay ortaya çıktığında verebileceği tehlikeyi temel alan teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler daha çok uzman yargılarıyla belirlenen riskin ortaya çıkma ihtimali ile şiddetin matematiksel çarpımıyla risk derecesini belirlemektedir. Plues ve arkadaşları (2013) yaptığı bir çalışmada, uzman yargılarına bağlı olarak risk derecesi belirlenirken FMEA (Hata Türü Etkileri Analizi) tekniğinde olduğu gibi çarpım sonucu elde edilen risk derecelerinin dağılımının tutarsız bir değişkenlik gösterdiğini vurgulamıştır. Yine literatürdeki çalışmaları incelediğimizde, risk şiddeti tek boyutlu olarak ele alındığı görülmektedir. Oysa şiddetin, insana, makineye ve çevreye verilen hasarın bir bileşkesi olarak üç boyutlu değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda literatürden farklı olarak risk şiddetinin, insana, makineye ve çevreye verdiği hasar ayrı ayrı ele alınarak risk büyüklüğünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Risk değerlendirme çalışmalarında riskin büyüklüğü, riskin şiddeti ve riskin oluşma ihtimali genelde dilsel olarak değerlendirildiğinden çalışmamızda uzmanlardan alınan dilsel verilerin işlenmesinde etkili olan bulanık mantık tabanlı bir model geliştirilecektir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yöntem

Çalışma kapsamında geliştirilen yöntem bulanık mantık, analitik hiyerarşi süreci (Analytic Hierarchy Process; AHP) ve bulanık çıkarım üzerine temellendirilmiştir. Bu nedenle bu bölümde ilk olarak konuyla alakalı temel bilgiler sunulacak ardından da risk değerlendirme için önerilen yöntemin adımları verilecektir.

2.1.1. Bulanık Mantık ve Bulanık Küme Teorisi

Genel anlamda yapay zekâ, insan zekâsının bilgisayar ortamına uyarlanmış halidir. Böylece zeki insan davranışlarını taklit eden makinelerin üretilmesi hedeflenmiştir (Baykal ve Beyan, 2004). Son zamanlarda ise amaç; uzman sistem, bulanık mantık, yapay sinir ağları gibi yapay zekâ alt dallarıyla beraber bilgisayarların kazanılmış ve göreceli olarak sınıflandırılmış bilgileri kullanabilmesini sağlamaktır. Bulanık mantıkta uzun-kısa, sıcak-soğuk yerine insan mantığındaki gibi çok uzun - uzun-orta – kısa - çok kısa, sıcak-ılık-az soğuk-soğuk-çok soğuk gibi ara değerler kullanılır (Elmas, 2003).

İnsan beyni çoğu zaman bir olayın farklı durumları arasında açık ve belirgin olmayan bir düşünce yapısına sahiptir. Örneğin, insanların kilolarını ele alalım ve şişman, normal, zayıf olarak üç kategoriye ayıralım. 100 kg olan biri herkes tarafından şişman kabul edilir ama 75 kg olan birisi bazılarının göre şişman bazılarının göre normal algılanabilir. Aynı şekilde 45 kg olan bir insan herkesçe zayıf kabul edilirken 55 kg olan bir kişi bazılarının göre normal bazılarının göre zayıf olarak görülebilir. Özet olarak kategoriler arasındaki geçişler net değildir ve belirsizlik vardır.

Aristo mantığı ve bu mantık üzerine bina edilen klasik küme yaklaşımı dünyayı doğru ve yanlış, siyah ve beyaz olarak ikiye böler. Bunların dışındaki bütün seçenekler görmezlikten gelinir. Bulanık mantık ve bulanık küme ise verdiğimiz bütün hükümleri bir derece problemi olarak görür. Bu açıdan bakıldığında bize siyahla beyaz arasında gri renklerin var olduğu gibi doğru ile yanlış arasında da başka seçeneklerin olduğunu gösterir (Bıyıklı, 2011).

Matematiksel bir teorem olan bulanık küme teorisi, belirsizlikler ve öznellik içeren karmaşık durumları çözümlmek amacıyla 1965 yılında Lotfi Zadeh öncülüğünde geliştirilmiştir. Bu teorem; mühendislik, tıp, yapay zekâ, psikoloji gibi birçok farklı alanda uygulama olanağı bulmaktadır (Zadeh, 1965).

Bulanık küme teoremi bir diğer adıyla olabilirlik kuramının dayandığı ana fikir bazı kümelerin kesin olmayan sınırlara sahip olduğunun düşünülmesidir. Olasılık teoremi bir şeyin gerçekleşip gerçekleşmemesine yönelik belirsizliği rassallık yönünden ele alırken bulanık küme teorisi ise bir olayın kesin sınırlara sahip olmayan bir kümeye ait olup olmadığının belirsizliği ile ilgilenir (Canbolat, 2008).

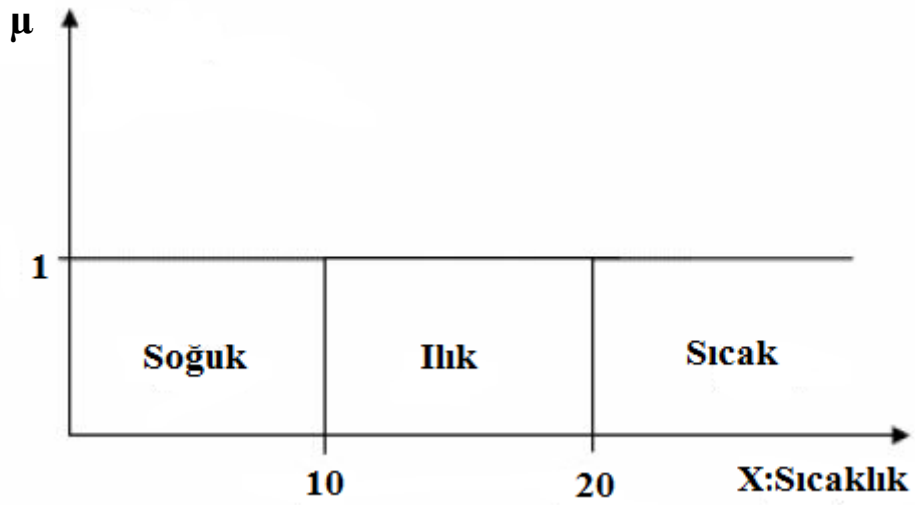
Karar verme ile ilgili sayısal yaklaşımlar daha çok insan öznelliğine sahip ölçütler içermektedir. Bu nedenle karar verme yaklaşımlarında nesnel ölçütlerden çok öznel ölçütler dikkate alınmalıdır. Bu ölçütlerden elde edilen sayısal veriler de bulanık veri olarak tanımlanır (Zadeh, 1987).

2.1.1.1. Bulanık Kümenin Özellikleri ve Temel İşlemleri

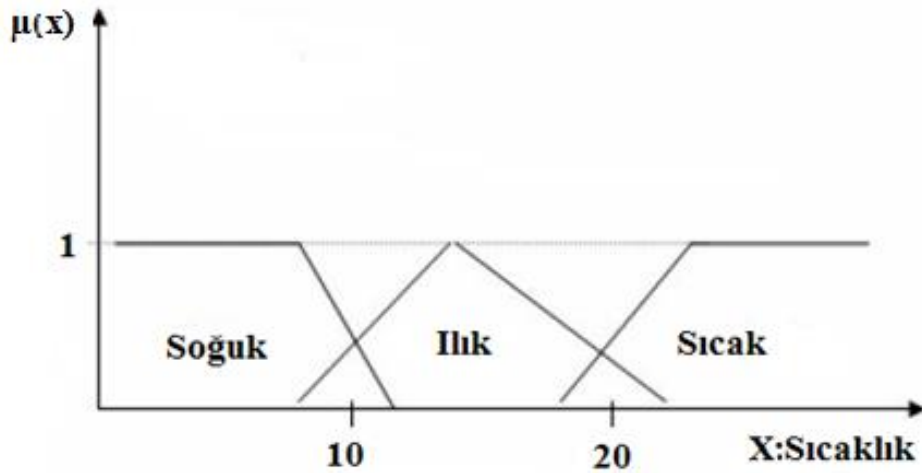
Klasik küme kuramında, evrensel kümeye ait olan elemanlar, bir kümeye ait olan elemanlar ve kümeye ait olmayan elemanlar olarak iki sınıfa ayrılır. Klasik kümenin tanımladığı gruba ait olan ve olmayanlar arasında kesin, belirgin bir sınır vardır. Ancak konuşma dilinde tanımlanan uzun boylular, pahalı arabalar, koyu renkliler gibi birçok grup ve sınıf bu özelliğe uymamaktadır. Bu kümelerde sınırlar kesin ve net gözükmemekte, kümeye üye olma ile olmama arasındaki geçişin ani değil, dereceli olduğu gözlenmektedir. Bir bulanık küme, evrensel kümeye ait her elemana bulanık kümeye ait olma derecesini gösteren birer üyelik derecesi atamak yoluyla matematiksel olarak tanımlanır. Üyelik derecesi, bir elemanın bulanık kümenin temsil ettiği özelliğe ne denli benzer veya uygun olduğunu gösterir. Üyelik dereceleri genellikle 0 ile 1 kapalı aralığındaki gerçel sayılarla temsil edilir. Üyelik derecesi büyüdükçe elemanın bulanık kümeye ait olma derecesi artar. Tam üyelik derecesi 1 veya tam üye olmama derecesi 0 değeri ile gösterilir. Bu nedenle klasik kümeler, daha genel ifade biçimi olan bulanık kümelerin üyelik dereceleri 0 ve 1 değerlerini alabilen özel hali olarak gösterilebilir (Canbolat, 2008).

Bulanık kümelerde üyelik derecesi 0 ve 1 de dahil olmak üzere 0-1 arasında farklı değerler alabilmektedir. Bu durum bir elemanın kısmi üyeliğe yani üyelikten üye olamamaya kademeli bir geçişe olanak sağlamaktadır. Bu özelliği ile bulanık mantık

olayları daha gerçekçi bir şekilde modelleyebilir (Öztürk, 2008). Örneğin bir yerleşim yeri için 10 derecenin altı soğuk 10- 20 aralığı ılık ve 20 derecenin üzeri sıcak olarak sınıflandırılırsın. Sınıflandırma klasik küme yaklaşımı ile yapıldığında üyelik fonksiyonu Şekil 2.1' deki gibi olmaktadır. Bu şekilde sıcaklık kümeleri arasındaki kesin geçişler fark edilmektedir. Örneğin; 10 derece ılık kabul edilirken 9 derece soğuk kabul edilmektedir. Sınıflandırmanın Şekil 2.2' de olduğu gibi bulanık küme mantığı ile yapılması halinde ise 9 derece hem soğuk hem de ılık kabul edilebilmektedir (Öztürk, 2008).



Şekil 2.1. Klasik küme üyelik fonksiyonu



Şekil 2.2. Bulanık küme üyelik fonksiyonu

Bulanık kümelerin kullanımı riskin doğal dile dayanan dilsel değişkenler ile değerlendirilmesine imkân sağlar. Dilsel değişken (Linguistic Variable) değeri sayı değil bir dile ait sözcükler olan bir değişkendir. Bulanık kümeler ile dilsel değişkenler arasında araç- amaç ilişkisi bulunmaktadır. Dilsel değişkenler ile işlem yapma amacına ulaşmak için bulanık kümeler araç olarak kullanılır (Boran, 1996).

Özetle, bulanık mantığın genel özellikleri şöyle ifade edilebilir (Elmas, 2011):

- Bulanık mantıkta kesin değerlere dayanan düşünme değil yaklaşık düşünme kullanılır.
- Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ aralığında bir üyelik derecesi ile ifade edilir.
- Bulanık mantıkta eldeki bilgi dilsel ifadeler şeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Bütün mantıksal sistemlerin bulanık olarak ifade edilmesi mümkündür.

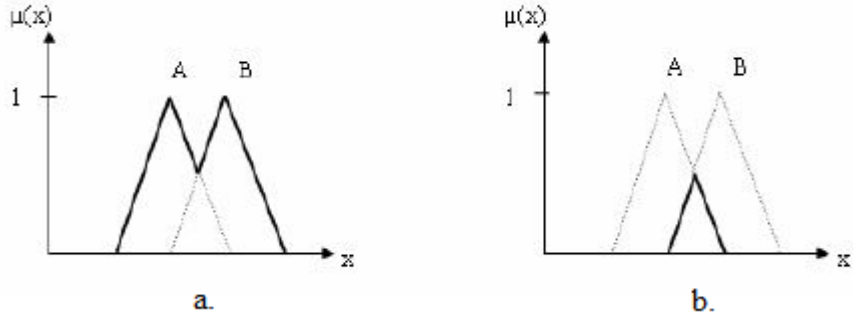
Bulanık kümelerle gerçekleştirilen birçok işlem mevcuttur. Bunlardan en yaygın kullanılan iki temel işlem, bulanık kümelerin birleşimi ve kesişimi işlemidir.

Bulanık kümelerde birleşim işlemi yapılırken “U” işareti yerine “V” işareti kullanılmaktadır. Bu işaretler anlam olarak veya operatörünü ifade etmektedir. Bulanık kümelerde birleşim işlemi yapılırken mevcut kümelerin ortak veya ortak olmayan bütün üyeleri alınır. Ortak olan üyelere üyelik derecesi farklı ise üyelik derecesi büyük olan seçilir. X evrensel kümesinde tanımlı A ve B bulanık kümelerinin birleşim kümesinin üyelik fonksiyonu Denklem 2.1 ‘de gösterildiği gibidir.

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.1)$$

Bulanık kümelerin kesişimi işleminde ise “∩” yerine “∧” işareti kullanılmaktadır. Bu işaretlerde anlam olarak ve operatörünü ifade etmektedir. Bulanık kümelerde kesişim işlemi yapılırken iki kümenin de sadece ortak olan elamanları alınır ve üyelik derecesi küçük olan seçilir. X evrensel kümesinde tanımlı A ve B bulanık kümelerinin kesişim kümesinin üyelik fonksiyonunu Denklem 2.2 de gösterilmiştir. Şekil 2.3’te ise bu iki işlemin grafiksel gösterimi mevcuttur (Öztürk, 2008).

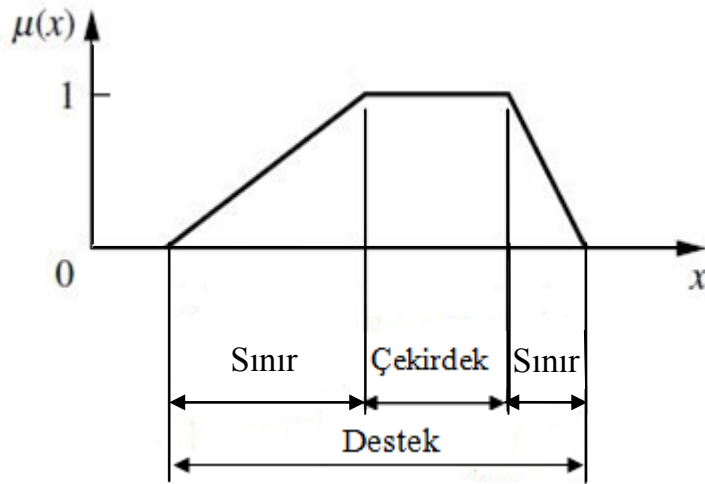
$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2.2)$$



Şekil 2.3. A ve B kümelerinin birleşim (a) ve kesişim (b) işlemleri

2.1.1.2. Üyelik Fonksiyonu

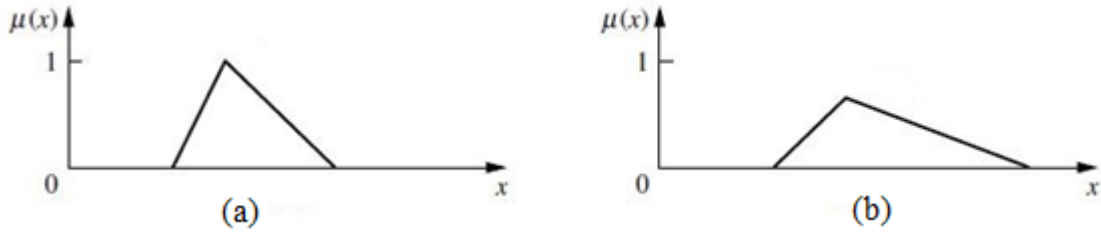
Genel olarak üyelik fonksiyonu, bulanık bir kümeye ait elemanların üyelik derecelerini gösteren fonksiyon olarak tanımlanabilir. Bulanık kümedeki elemanların tanımlandığı en önemli öge üyelik fonksiyonudur diyebiliriz. Bulanık küme çekirdek, sınır ve destek olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Bulanık bir kümenin grafik görünümü Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Bulanık kümenin çekirdek, destek ve sınırlarının gösterimi

Çekirdek kısmı, üyelik fonksiyonuna göre bulanık kümenin tam üyelik derecesine sahip olan elemanlarını gösterir. Bu durumda, çekirdekteki elemanların üyelik dereceleri 1'dir. \tilde{A} bir bulanık küme olmak üzere $\mu_{\tilde{A}}(x)=1$ olarak gösterilir. Üyelik fonksiyonunun destek kısmında ise üyelik derecesi sıfırdan farklı olan elemanlar bulunur. Yani destek kısmında $\mu_{\tilde{A}}(x)>0$ olan elemanlar mevcuttur. Bulanık kümenin sınır kısımlarında ise üyelik derecesi farklı olmasına rağmen tam üye olmayan elemanlar bulunmaktadır. Buna göre sınırlarda $0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1$ olan elemanlar vardır. Bu bölgedeki elemanlar için bulanık kümenin belli bir bulanıklık derecesine sahip elemanları veya kısmi üyeleridir diyebiliriz (Ross, 2004).

Elemanlarından en az birinin üyelik derecesi 1'e eşit olan bulanık kümeye normal bulanık küme denir. Şekil 2.5'te normal ve normal olmayan bulanık kümelerin grafiği verilmiştir (Ross, 2004).

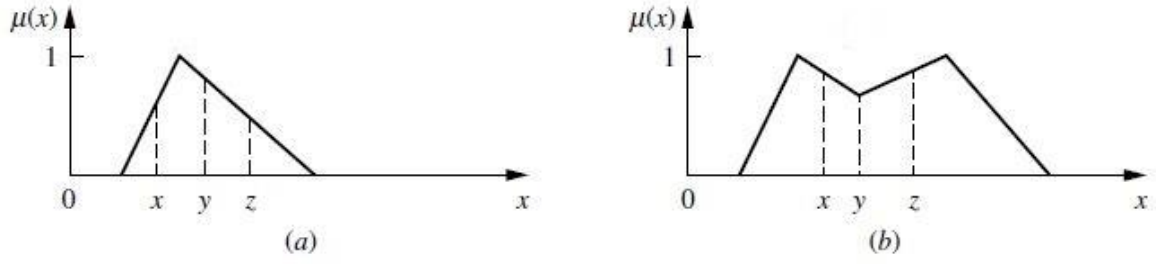


Şekil 2.5. Normal (a) ve normal olmayan (b) bulanık küme tanımları

Eğer bulanık kümede üyelik fonksiyonu, kümenin desteği üzerinde sürekli artar veya sürekli azalır ya da önce sürekli olarak üyelik derecesi bir elemanda 1'e eşit oluncaya kadar artar ondan sonraki desteğe düşen elemanlarda sürekli azalır ise bu bulanık kümeler dış bükey bulanık kümeler olarak adlandırılırlar. Bu durumu matematiksel olarak tanımlarsak; x, y, z aynı bulanık alt kümeye değişen 3 eleman olsun ve büyüklük olarak $x < y < z$ gibi bir sıralamaya sahip olsunlar. Bu durumda ortadakinin üyelik derecesi için önceki ve sonrakine göre Denklem 2.3 daima geçerli olmalıdır (Ross, 2004).

$$\mu(y) \geq \min[\mu(x), \mu(z)] \quad (2.3)$$

Şekil 2.6'da dış bükey ve iç bükey bulanık kümeler mevcuttur (Ross, 2004).



Şekil 2.6. Dış bükey (a) ve iç bükey (b) bulanık küme tanımları

Bulanık küme yüksekliği, üyelik derecesi en büyük elemanın üyelik derecesine eşittir. Normal bir bulanık kümenin yüksekliği 1'dir. Normal olmayan dış bükey bulanık kümeleri normal hale dönüştürmek istersek kümenin elemanlarının üyelik derecelerinin en büyük üyelik derecesine bölmemiz gerekmektedir (Ross, 2004).

2.1.1.3. Bulanık Sayılar

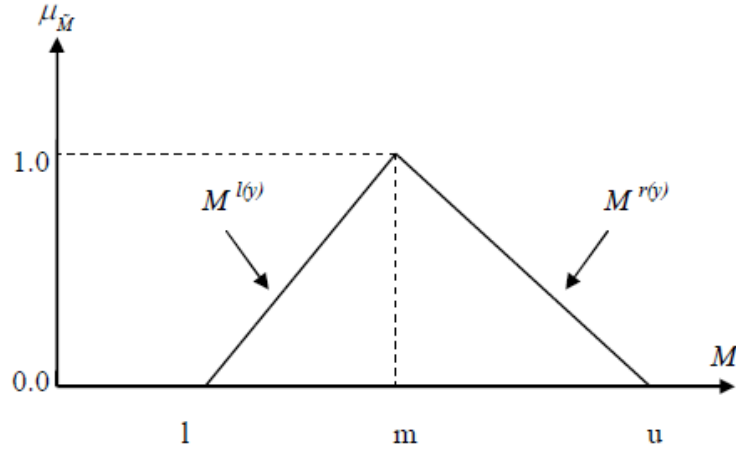
Dış bükey ve normal olma özelliklerine sahip bulanık kümeler bulanık sayı olarak tanımlanabilirler. Bulanık sayılar üyelik fonksiyonunun şekline göre isimlendirilirler. Literatürde en fazla kullanılan bulanık sayılar üçgen ve yamuk bulanık sayılardır (Kafalı, 2013). Bu kısımda sadece üçgensel bulanık sayılara yer verilmiştir.

Tanımlanan bulanık bir olayda, mümkün olan en küçük değer, en olması istenen değer ve mümkün olan en büyük değer sırasıyla l , m , u şeklinde tanımlanır. Daha sonra üçgensel bulanık sayılar $l \leq m \leq u$ olmak şartıyla (l, m, u) bir üçlü olarak ifade edilebilir. $l=m=u$ olduğunda ise, bulanık olmayan bir sayı olarak belirtilir. Üyelik fonksiyonu ise Denklem 2.4'de gösterildiği gibi tanımlanabilir (Ünlüyıldız, 2007).

$$\mu = (x, \mu_M(x), x \in \mathbb{R}) \text{ olsun.} \quad (2.4)$$

$$\mu_M(x) = \begin{cases} (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (2.5)$$

Üçgensel bulanık bir sayının grafiksel gösterimi ise Şekil 2.7'de verilmiştir (Ünlüyıldız,2007)



Şekil 2.7. Üçgensel bulanık bir sayının üyelik fonksiyonu grafiği

$M_1=(l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2=(l_2, m_2, u_2)$ olmak üzere üçgen bulanık sayılarda basit işlemler şu şekildedir:

$$M_1 \oplus M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (2.6)$$

$$M_1 \ominus M_2 = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad (2.7)$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (2.8)$$

$$M_1 \oslash M_2 = (l_1/l_2, m_1/m_2, u_1/u_2) \quad (2.9)$$

$$\lambda \otimes M_1 = (\lambda \times l_1, \lambda \times m_1, \lambda \times u_1), \lambda > 0, \lambda \in \mathbb{R} \quad (2.10)$$

$$M_1^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \quad (2.11)$$

2.1.1.4. Kural Tabanı ve Bulanık Çıkarım Tekniği

Kural tabanının oluşturulması işlemi, sistemin bilgi girişlerinin alabileceği farklı değerlere göre mantıki açıdan uygunluk gösteren sistem çıkış değerlerinin kural satırları haline getirilmesidir (Öztürk, 2008).

Kural tabanlı sistemlerde insan bilgi ve davranışlarını temsil edebilen birçok form mevcuttur ancak en yaygın olarak kullanılan form IF-THEN kural tabanıdır. Kural satırları IF öncül (eğer), THEN kural çıkarımı (ise) kısımlarından oluşur (Ross, 2004). Kural tabanı olası koşulların tamamını kapsamalı ve aynı zamanda da tutarlı olmalıdır. Kural tabanını daha iyi açıklamak için yaygın olarak kullanılan iki örnek aşağıda verilmiştir (Öztürk, 2008).

“EĞER hız düşük İSE gaza daha fazla bas”

“EĞER hız yüksek İSE gaza daha az bas”

Kural tabanında bilginin modellenme şekline göre mevcut girdiye karşılık gelen çıktı değeri belirlenir. Yapılan bu işlem çıkarım ve karar verme sürecidir. İki veya daha fazla mantıksal ifadeyi VE (AND), VEYA (OR) mantıksal bağlantılarını kullanılarak birleştirebiliriz.

AND ve OR mantıksal bağlantı işlemcileri kullanılan kurallar için eşik değerini belirlememize yardımcı olurlar. Eşik değerinin hesaplanma işleminde ise kullanılan çıkarım tekniğine göre farklı yöntemler kullanılabilir. Oluşturulan kural AND mantıksal bağlantı işlemcisine sahip ise kesişim işlemi uygulanır ve eşik değeri olarak en küçük üyelik derecesi seçilir. Eğer kural OR işlemcisine sahip ise birleşim işlemi uygulanır ve sınır değer olarak en büyük üyelik derecesi seçilir. Eğer kuralın öncül şartı gerçekleşmez ise eşik değeri sıfır alınır ve sonuç aşamasında boş küme olarak belirtilir (Öztürk, 2008).

Çıkarım aşamasında kullanılan başlıca yöntemlerden bazıları şunlardır; Mamdani, Larsen, Takagi-Sugeno-Kang (TSK), Tsukamoto.

2.1.1.4.1. Mamdani Tekniği

Mamdani tekniği literatürde max-min yöntemi olarak da ifade edilir. Bu yöntemde karar verme aşamasında min ve max operatörleri birlikte kullanılır. Mamdani bulanık modelin kural tabanındaki EĞER-İSE yapısının genel hali Denklem 2.12’de verilmektedir.

$$\begin{aligned} & \text{EĞER } x_1 A_{i1} \text{ VE } x_2 A_{i2} \text{ VE } x_3 A_{i3} \text{ VE } \dots x_n A_{in} \text{ İSE } y B_i \text{ dir.} \\ & i = 1, 2, 3, \dots, k \end{aligned} \quad (2.12)$$

Burada x_r ($r = 1, 2, 3, \dots, n$) giriş veri setini, A_i ve B_i üyelik fonksiyonlarıyla tanımlı dilsel ifadeyi, y çıktı değerini ve k kural tabanında yer alan kural sayısını ifade etmektedir. Sistemden elde edilen bir dizi ayrık kuralın birleştirilmesi için kullanılan MAKS – MİN operatörü Denklem 2.13 ve 2.14’te verilmiştir.

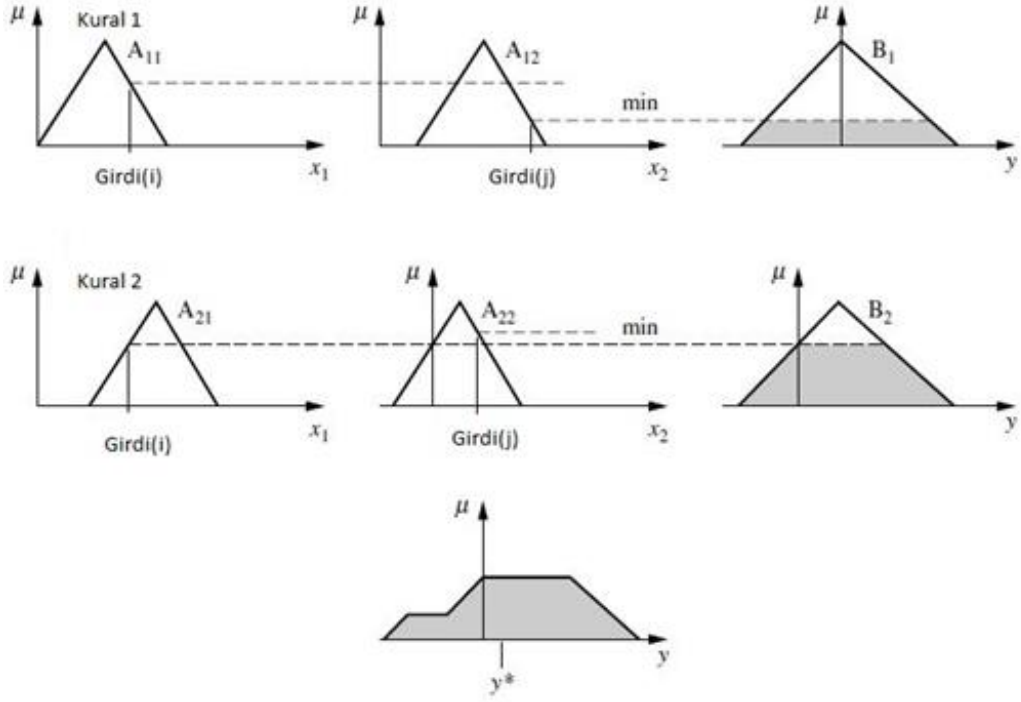
$$\mu_{Rk}(x_l) = \bigwedge_{l=1}^z \mu_{Ak}(x_l) \quad l = 1, 2, 3, \dots, z \quad (2.13)$$

Burada (x_l) girdi değeri için üyelik derecesi $\mu_{Ak}(x_l)$ olup l değeri girdi sayısını gösterir. Denklem 2.13 bir kuralın çıkış değerini üyelik derecesi cinsinden verir. Mamdani çıkarım tekniğinde girdi değerine bağlı olarak birçok kural aktifleşebilir. Denklem 2.13 sadece bir kural için sonuç değerini verir. Aktifleşen tüm kurallar için sonuç değeri Denklem 2.14 yardımıyla hesaplanır.

$$\mu_{Bk}(y) = \bigvee_{k=1}^K \mu_{Rk}, \quad k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.14)$$

Burada aktifleşen k adet kuralın sonucu $\mu_{Bk}(y)$ olarak elde edilir.

Yukarıda verilen eşitliğin basit bir grafik gösterimi Şekil 2.8 ‘de verilmiştir. Bu gösterime göre A_{11} ve A_{12} sırasıyla birinci kuralın birinci ve ikinci bulanık öncülüdür. B_1 ise birinci kuralın bulanık sonucudur. Aynı şekilde A_{21} ve A_{22} sırasıyla ikinci kuralın birinci ve ikinci bulanık öncülü, B_2 ’de yine aynı kuralın bulanık sonucunu ifade eder (Ross, 2004). Kullanılan eşik değeri, birinci kuralda AND mantıksal bağlantı işlemcisi kullanıldığından en küçük üyelik derecesine, ikinci kuralda ise OR mantıksal bağlantı işlemcisi kullanıldığı içinde en büyük üyelik derecesine eşittir (Öztürk, 2008).

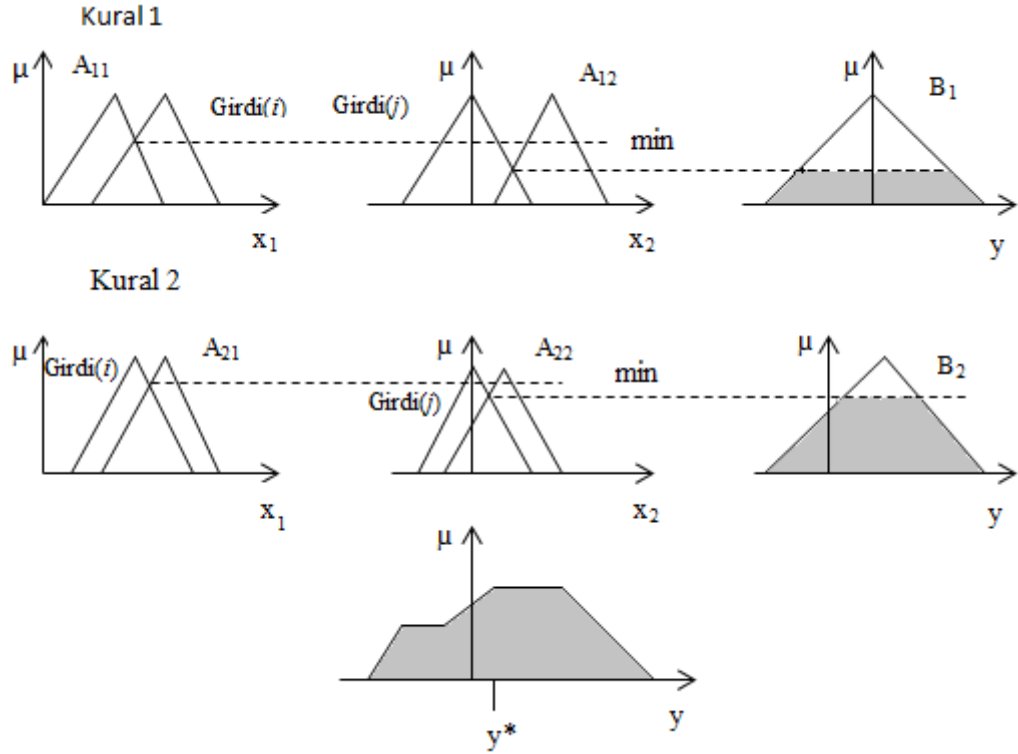


Şekil 2.8. Net değerler için Mamdani tekniği

Eğer girdi(i) ve girdi(j) bulanık üyelik fonksiyonu tarafından bulanık değerler olarak tanımlanırsa kural tabanlı sistem $k=1,2,\dots,r$ olmak üzere Mamdani çıkarımı ile Denklem 2.15'te tanımlandığı gibidir.

$$\mu_{B^k}(y) = \max_k \left[\min \left\{ \max \left[\mu_{A_1^k}(x) \wedge \mu(x_1) \right], \max \left[\mu_{A_2^k}(x) \wedge \mu(x_2) \right] \right\} \right] \quad (2.15)$$

Yukarıda verilen eşitliğin basit bir grafik gösterimi Şekil 2.9'da verilmiştir. Grafiklerdeki girdi(i) ve girdi(j) değerleri üçgenli üyelik fonksiyonu ile tanımlanmış bulanık değerlerdir. Bu girdilerin kesişimleri ve öncülleri için belirlenen üyelik fonksiyonları üçgenli değerler olarak sonuçlanır. Birinci kuralda öncüller arasındaki AND mantıksal bağlantı işlemcisinden dolayı her kural için minimum üyelik değeri seçilir. Daha sonra kesişen üçgenlerin maksimum değeri, bir üyelik değeri sonucunu verir. Kuralların ayırık kümelerinden birleştirilen bağlı değerler ve durulaştırılmış y^* değeri şekilde görülmektedir.



Şekil 2.9. Bulanık sayılar için Mamdani tekniği

2.1.1.5. Durulaştırma

Bulanık sayılarla yapmış olduğumuz işlemlerin sonucunu daha iyi inceleyebilmek için bu sayıların durulaştırılması gerekir. Örnek olarak, bir karar verme probleminde kriterlerin ağırlıklarını bulanık yöntemle tespit ettiğimizi düşünürsek kullanılan yönteme göre ağırlıklar bulanık sayı olarak belirlenir. Hangi kritere ne kadar önem verildiğini mutlak olarak belirleyebilmek içinse bu bulanık sayıların durulaştırılmasına ihtiyaç vardır (Kafalı, 2013).

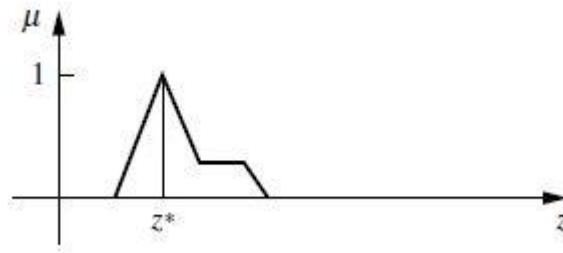
Literatürde popüler olarak tercih edilen beş temel durulaştırma tekniği şunlardır (Ross, 2004):

- En büyük (Maksimum) üyelik yöntemi
- Ağırlık merkezi yöntemi
- Ağırlıklı ortalama yöntemi
- En büyük ortanca (Mean-Max) üyelik yöntemi
- Merkezi ortalama yöntemi

2.1.1.5.1. En Büyük (Maksimum) Üyelik Yöntemi

Yükseklik yöntemi olarak da adlandırılan bu yöntemde bütün çıktı fonksiyonları içinden en büyük olan seçilir. Yöntemin matematiksel gösterimi Denklem 2.16'da grafik gösterimi de Şekil 2.10 gösterilmiştir.

$$\mu_C(Z^*) \geq \mu_C(Z) \quad \text{her } z \in Z \quad (2.16)$$

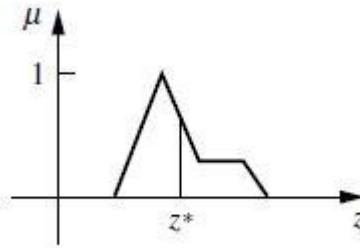


Şekil 2.10. En büyük (Maksimum) üyelik yöntemi

2.1.1.5.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi

Alan merkezi olarak da adlandırılan bu teknik en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Yönteme ait matematiksel gösterim Denklem 2.17, grafik gösterimi Şekil 2.11 gösterilmiştir.

$$z^* = \frac{\int \mu_C(z).zdz}{\int \mu_C(z)dz} \quad (2.17)$$

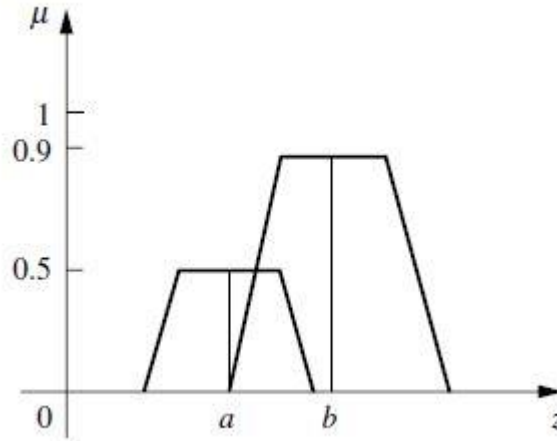


Şekil 2.11. Ağırlık merkezi yöntemi

2.1.1.5.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Bu metot sadece simetrik çıktılara sahip üyelik fonksiyonları için uygulanabilmektedir. Yöntemin matematiksel gösterimi Denklem 2.18 'de verilmiştir. Şekil olarak gösterimi de Şekil 2.12'de mevcuttur.

$$z^* = \frac{\sum \mu_C(\bar{z}) \cdot \bar{z}}{\sum \mu_C(\bar{z})} \quad (2.18)$$



Şekil 2.12. Ağırlıklı ortalama yöntemi

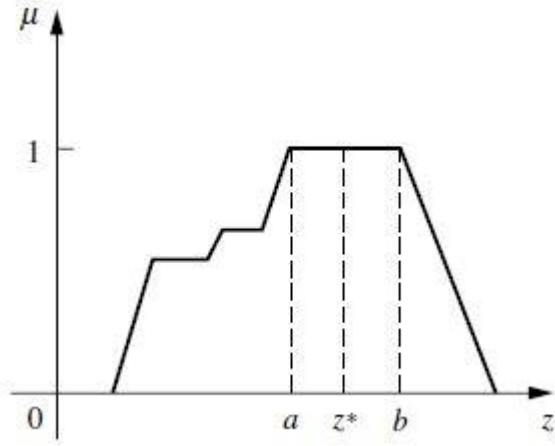
Örnek olarak Şekil 2.12'de gösterilen iki fonksiyonun durulaştırma işlemi Denklem 2.19'daki gibidir.

$$z^* = \frac{a(0,5)+b(0,9)}{0,5+0,9} \quad (2.19)$$

2.1.1.5.4. En Büyük Ortanca (Mean-Max) Üyelik Yöntemi

Maksimum üyelik yöntemine benzer bir yöntemdir. maksimum üyelik derecesi tek bir nokta olmayan sistemler için uygundur. Denkleme ait eşitlik Denklem 2.20, grafik gösterimi de Şekil 2.13'te verilmiştir.

$$z^* = \frac{a+b}{2} \quad (2.20)$$



Şekil 2.13. En büyük Ortanca (Mean-Max) üyelik yöntemi

2.1.1.5.5. Merkezi Ortalama Yöntemi

Durulaştırma işlemi için kullanılan tekniklerden biri de merkezi ortalama yöntemidir. Bu yöntemde göre; bulanık çıkarım sisteminden elde edilen bulanık çıktı, q bulanık terim seti ile $RM^* = \{y, \mu_{RM}(y) | y \in U, \mu_{RM} \in [0,1]\}$ olarak varsayılır. Buna göre net RM değeri Denklem 2.21'deki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$RM = \left(\sum_{i=1}^q Y_i \mu_{RM}^*(y_i) \right) / \left(\sum_{i=1}^q \mu_{RM}^*(y_i) \right) \quad i = 1, 2, 3, \dots, q \quad (2.21)$$

y_i , ilgili bulanık sayıya ait merkezi nokta değerini temsil eder. $\mu_{RM}(y_i)$ değeri ise ilgili bulanık sayıya ait üyelik derecesidir (Zeng vd., 2007).

2.1.2. Bulanık AHP Yaklaşımı

Klasik AHP metodu uygulanırken hiyerarşik bir düzene göre belirlenen faktörler ağırlıklandırılır ve ikili karşılaştırmalar yapılarak her bir faktör için belli puanlar elde edilir. Ancak faktörler bazen öznellik içerir ve bu da yöntemin bulanık mantıkla çözümünün daha doğru sonuçlar vereceği anlamına gelir. Örnek olarak, klasik AHP metodunda ikili karşılaştırmalar esnasında uzman, 1-9 arasında bir sayı ile öncelik vektörünü belirler. Fakat, faktör karşılaştırmaları sıklıkla belirsizlik ve öznellik içereceğinden bir uzman kıyaslama esnasında faktör1 (F1)'in faktör2 (F2)'den daha önemli olduğunu söylese de herhangi bir skala tanımlamakta zorlanabilir. Çünkü uzman F2'nin F1'den ne derece üstün olduğundan emin olamayabilir. Bu durumda, uzman muhtemelen iki faktörü tanımlamak için kendisine 3-7 arasında bir alan sağlar. Yani F2, F1'den çok önemli olmakla az önemli olmak arasında bir önem derecesine sahiptir. Bazen de uzmanlar yeterli bilgi eksikliğinden dolayı da iki faktörü kıyaslarken zorlanabilirler. Bu nedenlerden dolayı uygulamalarda klasik AHP yaklaşımından daha iyi sonuçlar almak amacıyla Bulanık AHP (BAHP) yaklaşımı geliştirilmiştir (Zeng vd., 2007).

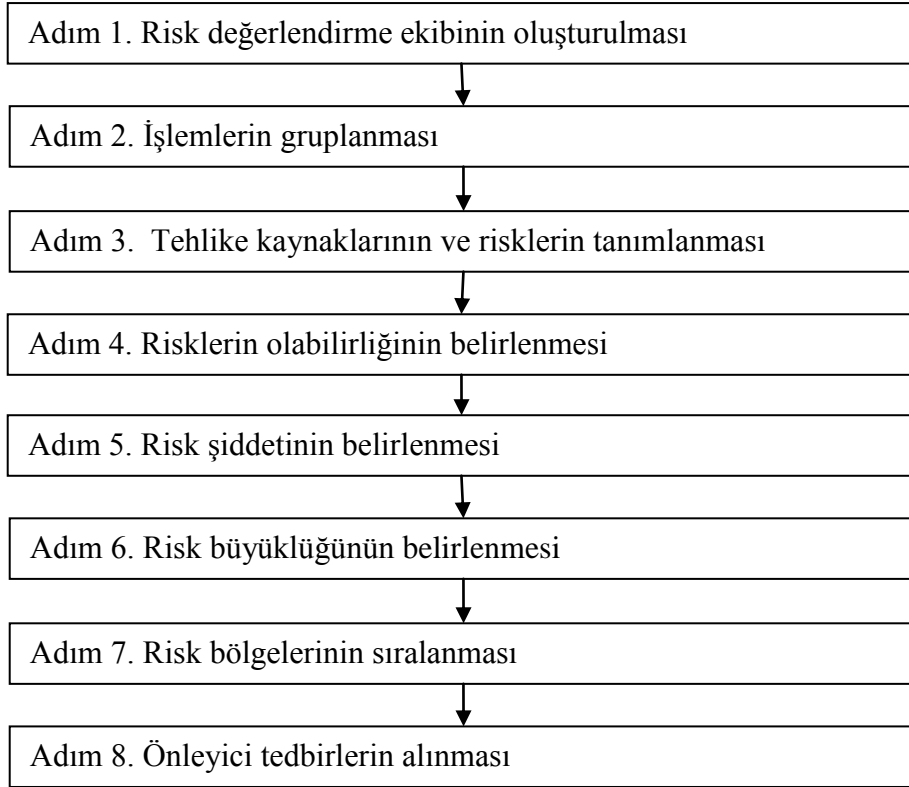
Bulanık AHP için literatürde önerilmiş çeşitli teknikler vardır. Çalışmamızda Buckley Bulanık AHP tekniği kullanılmıştır ve önerilen teknik yöntemin adımlarında detaylı olarak verildiği için bu kısımda bahsedilmeyecektir.

2.1.3. Risk Değerlendirme için Bulanık Tabanlı Model Önerisi

Risk analizi, mevcut riski en aza indirmeye çalışarak riskleri her açıdan değerlendiren süreçleri kapsamaktadır. Klasik bir risk değerlendirme iskeleti beş adımdan oluşur. Bu adımlar: (i) tehlike kaynaklarını tanımlama, (ii) riskleri belirleme, (iii) riskleri değerlendirme, (iv) kontrol tedbirlerini karşılaştırma ve (v) izleme ve gözden geçirme.

Daha önce de belirttiğimiz gibi, İSG açısından risk değerlendirme problemi öznellik ve belirsizlik içermesine rağmen literatürde kullanılan birçok risk değerlendirme yöntemi klasik küme mantığını kullanması nedeniyle veri kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle dilsel verilerin işlenmesinde literatürde sıklıkla kullanılan bulanık yaklaşımın kullanılması, risk analizinde karar verirken daha güvenilir sonuçlar elde etmemize olanak sağlar. Bunun yanı sıra AHP kolay uygulanabilen ve anlaşılabilir çok kriterli karar verme tekniğidir. Ancak, öznellik ve belirsizlik içeren problemler için tek başına yeterli olamamaktadır. Bu nedenle

çalışmamızda öne sürdüğümüz modelde bulanık yaklaşımla AHP birlikte düşünülerek entegre bir model oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra risklerin bağımsız olmayıp birden fazla faktöre bağımlı olduğu düşünülerek model geliştirilmiştir. Önerilen modelde sonuç olarak elde edeceğimiz risk büyüklüğü; risk olabilirliği ve risk şiddeti olmak üzere iki temel risk parametresi içermektedir. Aynı zamanda risk şiddetinin olası bir kaza sonucu vereceği zarar çalışana, çevreye ve makineye bağımlı olarak değerlendirilmiştir. Önerilen yöntemin şematik gösterimi Şekil 2.14’te görülmektedir.



Şekil 2.14. Önerilen risk değerlendirme yönteminin şematik gösterimi

Adım 1. Risk değerlendirme ekibinin oluşturulması: İşletmelerde İSG açısından risk değerlendirme işlevi 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununa göre bir risk değerlendirme ekibi tarafından yapılma zorunluluğu getirilmiştir. Uygulama yapılacak alandaki risk verileri ve bilgilerine bağlı olarak farklı altyapı ve disiplinlere sahip konuyla alakalı deneyimleri olan uzmanlar içeren bir risk değerlendirme ekibi oluşturulur. 29 Aralık 2012 tarihinde 28512 sayılı resmi gazetede yayımlanan Risk Değerlendirme Yönetmeliği’ne göre Risk değerlendirme ekibi işveren/ işveren vekili, iş güvenliği uzmanı,

iş yeri hekimi, iş güvenliği temsilcisi ve destek elemanından oluşturulmalıdır. Her parametre risk değerlendirme ekibinin her bir elemanı tarafından ayrı ayrı değerlendirilerek ortak akıl için ağırlıklı ortalama tekniği kullanılır.

Adım 2. İşlem gruplarının oluşturulması: Bu aşamada fabrika ortamı benzer özellikte işlerin yapıldığı alanlara göre sınıflandırılır. İş benzerliklerine göre ayrılan bölümler kendi içinde de tekrar sınıflandırılabilir. Sınıflandırma işlemi için makro ve mikro ayrıştırma yapılır (Özkılıç, 2005). Bunun sebebi olabilecek herhangi bir tehlikeye ait risk şiddetinin işletmenin her yerinde aynı olmamasıdır. Bu uygulama risk değerlendirmesi yapacak ekibe hız kazandırdığı gibi uygulamanın yol açabileceği maddi kaybı da engeller. Makro ayrıştırmada iş yerinin topografyası dikkate alınırken mikro ayrıştırmada işin özellikleri dikkate alınır. Makro ayrıştırma yapılırken özellikle liman, kimyasal madde içeren alanlar, açık depo alanları gibi yerlerde mutlaka dış etkiler de (rüzgar, sel, yağmur gibi) hesaba katılmalıdır. Mikro ayrıştırma ise makro ayrıştırmaya göre daha zordur. Çünkü ayrıştırma yapılacak işle ilgili hem tecrübe hem de yoğun çalışma gerekmektedir. Örneğin; kullanılan materyalle ilgili bir ayrıştırma söz konusu olduğunda materyal kullanımı ile ilgili her türlü bilgi ve veri mevcut olmalıdır. Ayrıştırma işleminin doğru bir şekilde yapılması sonraki adımların başarısını arttıracaktır.

Adım 3. Tehlikelerin ve risklerin tanımlanması: Tehlike tanımlama işleminde genellikle kontrol listesi kullanılır. Hazırlanan kontrol listesi sonucunda işletmeye özgü tehlikeler tanımlanır. Tanımlanan tehlikelere bağlı olarak riskler belirlenir. Başlıca tehlike kaynakları şunlardır; fiziksel tehlikeler, kimyasal tehlikeler, elektrikle çalışmada meydana gelen tehlikeler, mekanik tehlikeler, tehlikeli yöntem ve işlemler, işyeri ortamından kaynaklanan tehlikeler. Risk değerlendirme grubundaki uzmanlar tehlikeleri belirlerken bazı fikirleri açıklama, şüphe duyulan ortak karara varılamayan durumları da elimine etme ihtiyacı duyabilirler. Bu nedenle tehlikelerin belirlenmesinde ortak bir karara varılması açısından uzmanların birbirleriyle beyin fırtınası yapması da önerilebilir. Çünkü bundan sonraki aşamada standart risk parametreleri tanımlanırken uzmanların olası tehlikeler konusunda hemfikir olması gerekmektedir (Zeng vd., 2007).

Adım 4. Risklerin olabilirliğinin belirlenmesi: Risklerin gerçekleşme ihtimalleri belirlenir. Genelde işletmelerde meydana gelen kazalara ait istatistikler mevcut olmadığından ilgili kazaların olabilirliği bir uzman tarafından tanımlanmaktadır. Çalışmamızda ilgili iş yerinde meydana gelebilecek risklerin meydana gelebilme

ihtimalleri ikili karşılaştırma tekniğine bağlı olarak tanımlanır. Çalışmamızda bu işlem için Buckley'in AHP tekniği kullanılmaktadır.

Yöntemin temeli Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHP tekniğinde olduğu gibi ikili karşılaştırmalar üzerine kuruludur. Buckley, Saaty'nin metodunu bulanık ortamlarda seçim işlevini gerçekleştirebilmek amacıyla geliştirmiştir. Buckley'in yaklaşımında bulanık ortamda elde edilen ağırlıklar ve performans belirlenirken geometrik ortalama metodu kullanılır. Yöntem şu şekilde özetlenebilir (Chen vd., 1992 ve Hsieh vd., 2004).

Daha önceden belirlenen risklerin olabirliğinin belirlenebilmesi için tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisleri risk değerlendirme ekibi tarafından doldurulur. Uzman, bu aşamada ilgili riskin meydana geleme ihtimalini diğeriyle kıyaslayarak ikili karşılaştırma matrislerini oluşturur. Eğer uzmanlar birden fazlaysa uzman görüşlerinin bir araya getirilmesi gerekmektedir. Bu işlem için kullanılan yöntem ağırlıklı ortalama yöntemidir. Ortak karar matrisinin oluşturulması için gerekli hesaplamalar Denklem 2.22 yardımıyla yapılabilir.

$$\tilde{C}_{mn} = \frac{w_1 C_{mn}^1 + w_2 C_{mn}^2 + \dots + w_k C_{mn}^k}{w_1 + w_2 + \dots + w_k} \quad (2.22)$$

Denklemden \tilde{C}_{mn} , m . riskin n . riskle karşılaştırmaların ortak değeridir. w_k , k . uzmana tanımlanmış önem ağırlığı, C_{mn}^k , k . uzmanın m ve n risklerinin karşılaştırma değeridir.

$$\tilde{C} = \begin{vmatrix} 1 & \tilde{c}_{12} & \dots & \tilde{c}_{1n} \\ \tilde{c}_{21} & 1 & \dots & \tilde{c}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{c}_{m1} & \tilde{c}_{m2} & \dots & 1 \end{vmatrix} \quad (2.23)$$

Burada \tilde{C} birleştirilmiş ikili karşılaştırmalar matrisidir.

$$\tilde{c}_{ij} = \begin{cases} i > j, & (1; 1; 3), (1; 3; 5), (3; 5; 7), (5; 7; 9), (7; 9; 9) \\ i = j, & 1 \\ i < j, & (1; 1; 3)^{-1}, (1; 3; 5)^{-1}, (3; 5; 7)^{-1}, (5; 7; 9)^{-1}, (7; 9; 9)^{-1} \end{cases} \quad (2.24)$$

Bu çalışmada kullanılan dilsel ölçek Tablo 2.1’de verilmiştir (Hsieh vd., 2004).

Tablo 2.1. Risklerin olabilirliğinin belirlenmesi için kullanılan dilsel ölçek

Dilsel Değer	Sembol	Bulanık Sayı
Eşit Önemli (Equally Important)	Eq	(1; 1; 3)
Zayıf Önemli (Weakly Important)	Wk	(1; 3; 5)
Önemli (Essential)	Es	(3; 5; 7)
Çok Önemli (Very Essential)	Vs	(5; 7; 9)
Oldukça Çok Önemli (Absolutely Essential)	Ab	(7; 9; 9)

Ardından risklerin olabilirliği Denklem 2.25 ve Denklem 2.26 yardımıyla hesaplanır.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{c}_{i1} \otimes \tilde{c}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{c}_{in})^{1/n} \quad (2.25)$$

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (2.26)$$

Burada \tilde{c}_{in} , i . riskin n . riskle kıyaslanması sonucu atanan dilsel değerlendirme ve \tilde{r}_i i . ölçütün tüm ölçütlerle kıyaslanması sonucu hesaplanan geometrik ortalama değeridir. \tilde{w}_i i . riskin olabilirliğine ait bulanık ağırlığıdır.

Adım 5. Risk şiddetinin belirlenmesi: Çalışmamızda literatürden farklı olarak risk şiddeti olası bir kaza sonucu çalışana verilen zarar, çevreye verilen zarar ve makine, alet ve donanıma verilen zarar olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Risk şiddeti türleri ve risk şiddetini tanımlamak için kullanılan ölçek Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Risk şiddeti türü ve açıklamaları

Türü	Verilen Zarar	Dilsel İfade
Çalışana zararı (RS^H)	Yaralanma Yok-Hafif Sıyrık (İş saati kaybı yok)	Yok
	Hafif Yaralanma (İstirahat almaya gerek yok)	Çok Düşük
	Yaralanma (Kısa süreli istirahat gerektirir(1-3gün))	Düşük
	Orta Dereceli Yaralanma (Uzun süreli istirahat gerektirir(3-10gün))	Orta
	Meslek Hastalığı-Uzuv Kaybı-Sakat kalma	Yüksek
	Ölüm-Toplu Ölüm	Çok Yüksek
Makineye zararı (RS^M)	Makinada hasar yok	Yok
	Makinanın çalışmasını engellemeyecek hasar oluşturur	Çok Düşük
	Makinada bakım gerektirir (İş saati kaybı)	Düşük
	Makinada önemli bakım gerektirir (İş günü kaybı-üretim aksamaz)	Orta
	Makinede ciddi bakım gerektirir (üretim aksar)	Yüksek
	Makine Kullanılmaz Hale Gelir	Çok Yüksek
Çevreye zararı (RS^E)	Çevreye Zarar Yok	Yok
	Çevreye verilen zarar hemen telafi edilebilir (temizle-yeniden düzenleme v.b.)	Çok Düşük
	Çevreye verilen zarar kısa sürede telafi edilebilir (duman, toz, gaz, v.b.)	Düşük
	Çevreye verilen zarar orta vadede telafi edilebilir	Orta
	Çevreye verilen zarar uzun vadede telafi edilebilir	Yüksek
	Çevreye verilen zarar telafi edilemez	Çok Yüksek

Adım 6. Risk Büyüklüğünün Belirlenmesi: Risk büyüklüğünün belirlenmesinde bulanık çıkarım tekniğinden faydalanılır. Bu adımda ilk olarak elde edilen risk olabilirliği ve risk şiddeti üyelik fonksiyonunda yerine konularak hem risk şiddeti hem de risk olabilirliği için üyelik değerleri elde edilir. Bir sonraki adımda elde edilen üyelik değerleri bulanık çıkarımda girdi olarak kullanılır ve böylece ilgili durumu ifade eden risk büyüklüğü hesaplanır (Zeng vd., 2007). Bulanık çıkarım tekniği, girdi değeri olarak risk şiddeti ve risk olabilirliği verilerini kullanan ve çıktı değeri olarak ise risk büyüklüğünü veren IF-THEN kural tabanlı bir yapıdır. Çalışmamızın çıkarım mekanizması şu şekilde ifade edilmektedir:

$$R^k : \text{if } R\tilde{L} = \mu_{RL} \text{ ve } R\tilde{S}^H = \mu_{RSH} \text{ ve } R\tilde{S}^E = \mu_{RSE} \text{ } R\tilde{S}^M = \mu_{RSM} \text{ ise } R\tilde{M} = \mu_{RM} \quad (2.27)$$

Burada R^k , k 'inci kuralı, $\mu_{RL}, \mu_{RSH}, \mu_{RSE}, \mu_{RSM}, \mu_{RM}$ ise sırasıyla risk olabilirliği, riskin çalışan üzerine etkisi, riskin çevre üzerine etkisi, riskin makine üzerine etkisi ve risk büyüklüğüne ait üyelik değerlerini vermektedir. Bulanık risk değeri, girdi değerlerine bağlı olarak aktif olan kurallardan aşağıdaki formüller yardımıyla elde edilir.

$$\mu_{RM}(r) = \bigvee_{k=1}^K \mu_{RL}^k(l) \wedge \mu_{RSH}^k(h) \wedge \mu_{RSE}^k(e) \wedge \mu_{RSM}^k(m) \quad (2.28)$$

Elde edilen risk büyüklüğü bulanık bir değerdir ve anlamlı bir değere dönüştürülmesi gerekir. Bu işlem için netleştirme işlemlerinden biri kullanılabilir. Bu çalışmada literatürde yaygın olarak kullanılan merkezi ortalama (Center-average) tekniği kullanılacaktır (Ross, 2004).

$$RM = \frac{\sum_{i=1}^z y_i \mu_{RM}(r)}{\sum_{i=1}^z \mu_{RM}(r)} \quad (2.29)$$

y_i ilgili bulanık sayıya ait merkez nokta değeridir.

Bulunan RM değeri dörtgensel bulanık sayılara ait grafiğe yerleştirilerek risk büyüklüğüne ait üyelik fonksiyonu belirlenir ve buna göre yorum yapılır. Risk büyüklüğünün ifade edilmesinde kullanılan dilsel ifade aşağıdaki tabloda tanımlanmıştır (Zeng vd., 2007).

Tablo 2.3. Risk sınıfları

Risk Sınıfları	Açıklaması
İhmal Edilebilir (Negligible; N)	Risk kabul edilebilir.
Katlanılabilir (Minor; Mi)	Risk tolere edilebilir. Eğer gerek görülürse önlem alınabilir.
Önemli (Major; Ma)	Önemli bir risk grubudur. Risk derecesinin önlemler alınarak azaltılması gerekir.
Kritik (Critical; C)	Yüksek risk grubudur. İşlem durdurularak derhal önlem alınmalıdır.

Adım 7. Risk bölgelerinin sıralanması: Toplam risk büyüklüğüne bakılarak risk bölgeleri sıralanır. Herhangi bir bölge için toplam risk büyüklüğü (RM_i^t) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$RM_i^t = \frac{\sum_{j=1}^p RM_{ij}}{p} \quad (2.30)$$

Eşitlikte yer alan p değeri ilgili bölge için tanımlanan risk adetidir.

Adım 8. Önleyici tedbirlerin alınması: Risk büyüklüklerine göre önleyici tedbirler alınır. Bu aşamada kabul edilemez ya da yüksek düzeyde bulunan risklerin kabul edilebilir düzeye indirilmesi için gerekli olan kontrol tedbirlerine karar verilir. Riskin tamamen ortadan kaldırılması, bu mümkün değil ise riskin kabul edilebilir seviyeye indirilmesi istenir. Bu nedenle, (i) tehlike veya tehlike kaynaklarının ortadan kaldırılması, (ii) tehlikelinin, tehlikeli olmayanla veya daha az tehlikeli olanla değiştirilmesi (iii) riskler ile kaynağında mücadele edilmesi gibi teknikler kullanılır. Bu amaçla her türlü mühendislik ve idari önlemler alınır. Son çare olarak kişisel koruyucu önlemler alınarak risklerin etkisinin azaltılması sağlanır.

3. UYGULAMA

Çalışmanın uygulaması Marmara Denizine kıyısı olan bir tersanede yapılmıştır. Yöntemin uygulamasında gemi imalat sektörü düşünüldüğü için uygulamanın ilk kısmında gemi imalat süreçleri hakkında genel bilgi verilecektir (Özkök, 2010).

Bir konteynır gemisinde, baş blok, kış blok, yan duvar blokları, perde blokları ve çift dip blokları olmak üzere 5 farklı blok bulunmaktadır. Blokların çelik montaj, teçhiz montaj ve boru montaj işlemleri kızağa çıkmadan önce sahada yapılır. Daha sonra bloklar boya atölyesinde boyanarak kızağa gönderilir ve tüm blokların montaj işlemi gerçekleştirilerek gemi meydana getirilir. Gemi imalatı birbiriyle bağlantılı birçok farklı işi içeren karmaşık bir yapıdadır. Bu nedenle süreçlerin ayrıntılı anlatımı için ele alınacak gemi bloğu çift dip bloğudur. Çift dip bloğu geminin büyük oranda su altında çalışan ve alt kısmında bulunan bloklardır. İncelenen tezde de belirtildiği üzere çift dip bloğu, gemi imalatındaki tüm süreçleri ve uygulanan tüm işlemleri kapsayan bir yapıya sahip olduğundan risk değerlendirme analizi için bu bölüm ele alınacaktır.

3.1. Çift Dip Bloğu Yapısı

Çift dip bloğu, çelik tekne montaj, teçhiz montaj ve boru donanımı olmak üzere 3 ana üretim aşamasına sahiptir (Özkök, 2010).

Çelik tekne montaj: Sistem daha iyi incelenebilmesi açısından içerdiği süreçler A, B, C, D, E, F, G, H, J, K üretim kademelerine bölünerek incelenmiştir.

- A üretim kademesi, profil kesim istasyonunda üretilen tekil profil parçalarını içerir.
- B üretim kademesi, kenar kesim ve nest kesim sonucu ortaya çıkan tekil sac parçalarını içerir.
- C üretim kademesi, A ve B kademesini oluşturan tekil parçaların bazılarının montajı sonucu ortaya çıkan yapıyı içerir.
- D üretim kademesi, C üretim kademesinde oluşan en az iki yapının birbirine montaj edilmesi sonucu ortaya çıkan yapıyı içerir.

- E üretim kademesi, kenar kesim sonucu üretilen sacların birbiriyle montajı sonucu ortaya çıkan parçaları içerir.
- F üretim kademesi, kenar kesim sonucu üretilen sacların bir araya getirilip kaynağının yapılması sonucu ortaya çıkan panelin (E kademesi) üzerine profillerin montajının yapılmasıyla ortaya çıkan yapıyı içerir.
- G üretim kademesi, F kademesinde üretilen yapının üzerine C ve D üretim kademesinde oluşturulan parçaların montajını içerir.
- H üretim kademesi, eğrisel panel üzerine eğrisel profillerin ve grupların montajı sonucu üretilen yapıyı içerir.
- J üretim kademesi, blok montaj sahasında elemanlı ve gruplu tanktop paneli üzerine elemanlı dış kaplama panelinin montajını içeren üretim kademesidir.
- K üretim kademesi, J kademesinde üretilen yapının ters çevrilerek kutu blok ve tekil parçalarının montajının yapılmasıyla ortaya çıkan çift dip bloğunu içerir.

Teçhiz yapısı: Manhol, merdiven, larva tapası, tutya, konteynır dablingleri, sintine kuyusu kapakları gibi parçalardan oluşmaktadır. Çelik tekne yapısındaki çeşitli üretim kademelerinde oluşan yapılara monte edilirler (Özkök,2010).

Boru sistemi yapısı: Bir çift bloğu, 35 adet boru sisteminden oluşmaktadır. Boru sistemlerinin içerdiği boru parçası sayılara boru sistemine göre farklılık gösterebilir. Boru sistemindeki boru parçaları birbirlerine bilezik denilen parçalarla bağlanarak boru sistemlerini meydana getirirler (Özkök,2010).

3.1.1. Çift Dip Blok Üretiminin Yapıldığı İstasyonlar

Çift dip blok üretiminin yapıldığı istasyonların incelenmesi üretim aşamasında uygulanan işlemlerin belirlenmesinde ve bu işlemlerden doğabilecek risklerin tespit edilmesi açısından önemlidir. Çift dip bloğunun üretimi toplamda on altı farklı istasyonda gerçekleşmektedir. İstasyonlar aşağıdaki gibidir (Özkök, 2010) :

- Kenar kesim istasyonu (I1), tanktop ve dış kaplama panellerini oluşturan sacların kenar kesim işlemi yapılır.
- Pah açma-taşlama (kenar temizleme-sıralama) istasyonu (I2), I1 istasyonundan gelen sacları pah açma ve daha sonrasında taşlama işlemi yapılır. Bu işlemler sonrasında saclar ilgili panele göre tozaltı kaynak tezgâhına taşınır.

- Panel imalat istasyonu (I3), dış kaplama ve tanktopu oluşturan sacların toz altı kaynağı ile birleştirilmesi ve panel oluşturma işlemleri yapılmaktadır. Bu istasyona gelen saclar I2 istasyonundan gelmektedir. Bu istasyon sonunda dış kaplama ve tanktop panelleri imal edilmiş olur.
- Panel kesim istasyonu (I4), I3 istasyonundan gelen paneller gerçek boyutlarında kesilir, raspalama ve markalama işlemleri yapılır.
- Profil punto kaynak istasyonu (I5), I4 istasyonundan gelen panellerin üzerine profil montajı yapılır.
- Profil boğaz kaynak istasyonu (I6), I5 istasyonundan gelen parçaların kaynak işlemi gaz altı kaynak tekniği ile tamamlanır.
- C ve D kademe ürünleri(Yapı) punto kaynak istasyonu (I7), elemanlı tanktop paneli üzerine gelecek olan yapıların montajı yapılır. Punto kaynak ve taşlama işlemi uygulanır.
- C ve D kademe ürünleri (Yapı) boğaz kaynak istasyonu (I8), I7 istasyonundan gelen parçaların boğaz kaynak işlemi gerçekleştirilir.
- Panel hattı sonu taşlama istasyonu (I9), I8 istasyonundan gelen gruplu panel ile I6 istasyonundan gelen dış kaplama panelinin taşlama işlemi yapılır. Otomatik panel hattının en son istasyonudur. Bu istasyondan çıkan parçalar blok inşa alanına (I16) gönderilirler.
- Profil kesim istasyonu (I10), tersaneye hazır olarak gelen profiller ihtiyaç duyulan boyutlarda kesilerek ilgili istasyonlara gönderilir ve bu istasyonlardaki profil stok alanlarında bekletilirler. İstasyonda, kesim işlemi dışında kenar temizleme, taşlama, markalama, delme gibi işlemlerde uygulanmaktadır.
- Profil eğim istasyonu (I11), iskele sancak olarak punto kaynakla bağlanarak I10 istasyonundan gelen profillerle ilgili süreçleri içeren istasyondur. Profillere eğim, lamba ile kesme ve taşlama işlemleri uygulanır.
- Nest kesim istasyonu (I12), çeşitli boyuttaki sacların kesim işlemi yapılır. Birçok tekil parça ortaya çıkar bu nedenle I12 istasyonuna bir tersanenin beyni diyebiliriz.
- Ön imalat istasyonu (I13), C ve D kademe ürünlerinin imalatı gerçekleştirilir. İstasyonda sabitleme işlemi için vinç, punto kaynak, köşebent; montaj işlemi için toz altı kaynak ve gaz altı kaynak teknikleri kullanılır, kaynak işlemi sonrasında taşlama yapılır.

- Jig istasyonu (I14), nest kesim, ön imalat, profil eğim, profil kesim istasyonundan gelen parçalar ve yapılarla beslenir. Bu parçaların montajı ile kutu bloğu oluşturulur.
- Pres (sac eğim) istasyonu (I15), I12 istasyonundan gelen saclara kaynak ağzı açma işlemi ile pres tezgahında eğim işlemi uygulanır.
- Blok montaj istasyonu (I16), I9 istasyonundan gruplu tanktop paneli ve elemanlı dış kaplama paneli, I12'den tekil parçalar, I15'ten eğilmiş sintine sacları, I14'den kutu blokları, I10'dan profiller gelerek bu istasyonda birleştirilir. Böylece çelik tekne montaj işlemleri bitmiş olur. Daha sonra teçhiz montajları yapılır, sonrasında da boru sisteminin montajı gerçekleştirilir. Böylelikle çift dip bloğunun montaj işlemleri tamamen bitirilmiş olur.

3.2. Geliştirilen Modelin Uygulaması

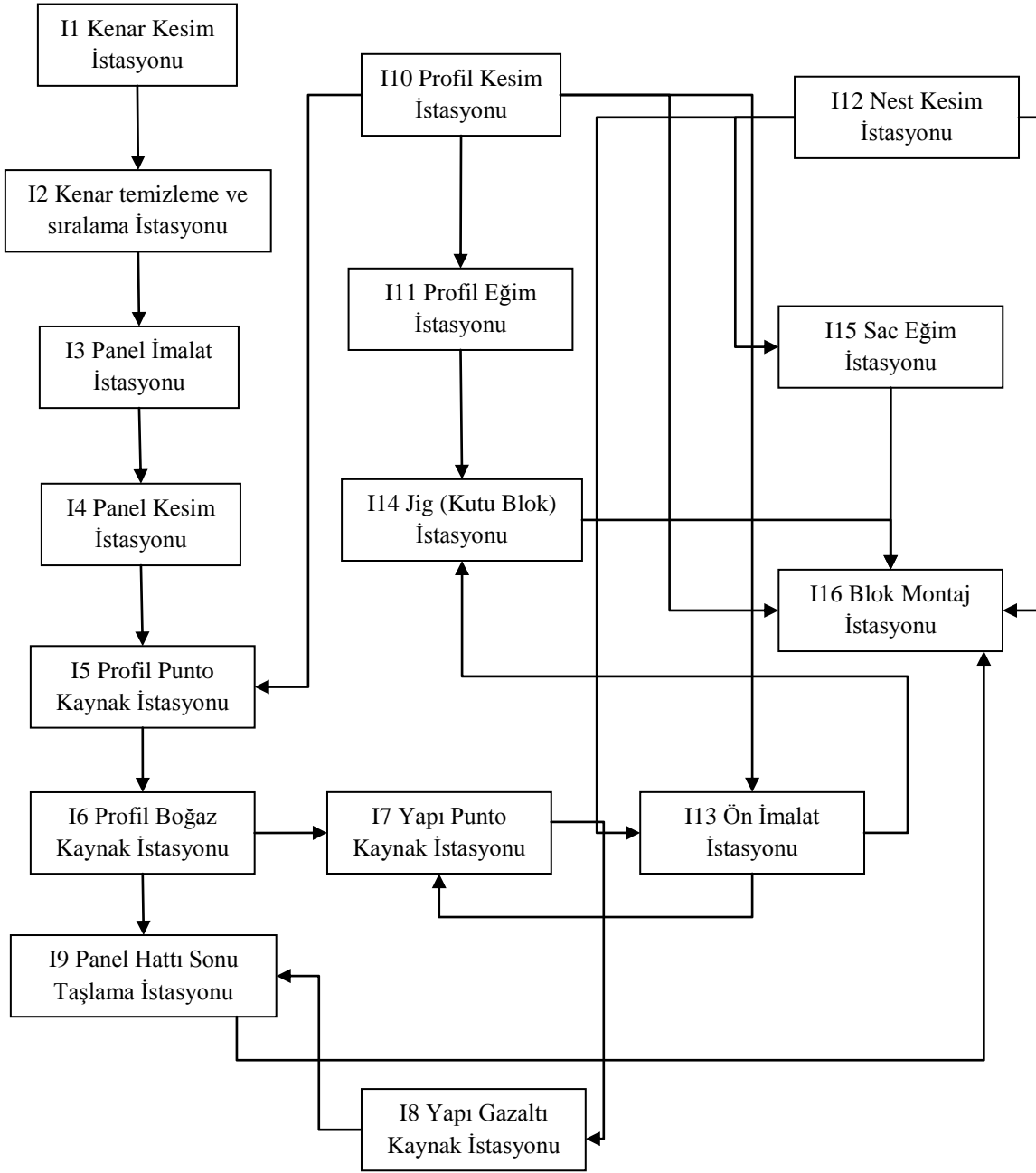
Tuzla tersaneler bölgesinde faaliyet gösteren sıfır gemi yapımı gerçekleştiren bir tersanede risk değerlendirme işlemi önerilen yöntem yardımıyla gerçekleştirilmiş ve tersaneden alınan risk değerlendirme raporunun sonucuyla karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Risk Değerlendirme Ekibinin Oluşturulması

Çalışma kapsamında geliştirilen modelin uygulaması amacıyla öncelikli olarak bir risk değerlendirme ekibinin oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla uygulama yapılan tersanenin risk değerlendirme ekibinden yardım alınmıştır. Bu ekip dışında hem saha hem de akademik çalışmalar yapan alanında uzman bir başka ekip daha oluşturulmuş ve risklerin değerlendirilmesi aşamasında bu ekibin de görüşleri alınmıştır. Böylece uygulama sonucu elde edilen sonuçların tarafsız değerlendirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

3.2.2. İşlem Gruplarının Oluşturulması

Gemi üretim sürecine ilişkin anlatım Bölüm 3.1'de detaylı olarak verilmiştir. İş istasyonları ve iş istasyonları arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için istasyonlara ait iş akış şeması kabaca Şekil 3.1'de gösterilmiştir (Özkök, 2010).



Şekil 3.1. Gemi imalatı iş istasyonlarının iş akış şeması

3.2.3. Tehlikelerin Belirlenmesi

Gemi üretimi esnasında kullanılan teçhizata bağlı olarak meydana gelebilecek tüm riskler tehlike kaynağına bağlı olarak gruplandırılmıştır. Gruplandırma yapılırken işlem gruplarının gemi imalat sektöründeki bütün işletmelere uygulanabilecek olmasına dikkat edilmiştir. Bu işlem sonucunda on altı farklı tehlike kaynağı tanımlanmıştır. Oluşturulan

tehlike kaynaklarının içerdiği risklerin, ilgili tehlike kaynağına ait meydana gelebilecek her türlü riski kapsamaya sağlanmaya çalışılmıştır. Tüm tehlike kaynakları ve tanımlanan riskler Tablo 3.1-3.15’de verilmiştir.

Forklift ile taşıma işlemi tehlike kaynağı olarak tanımlanmış ve forkliftle taşıma işlemine ait riskler Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Forkliftle taşıma işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk açıklaması
F1	Yükün uygunsuz yüklenmesi
F2	Forklift ile yolcu taşınması
F3	Forkliftin dengesiz yüklenmesi
F4	Forklift hidroliğinin boşalması
F5	Forkliftin devrilmesi
F6	Forkliftin çevrede çalışana çarpması
F7	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Tavan vinci ile taşıma tehlike kaynağı olarak tanımlanmış ve tavan vinciyle taşıma işlemine ait riskler Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Tavan vinciyle taşıma işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
V1	Kaldırma tonajından fazla yük kaldırılması
V2	Koçanın krişe kadar yükü kaldırması
V3	Vinçlerin raylardan çıkması
V4	Kaldırma esnasında sapanının kancadan çıkması
V5	Yük askıdayken güç kaybı
V6	Vinç düşmesi, yük kayması, fren kaçırması
V7	Yüksekten düşme
V8	Aynı ray üzerinde hareket eden vinçlerin birbirine çarpması
V9	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Torna tezgahında çalışma bir diğer tehlike kaynağı olarak tanımlanmış ve torna tezgahında çalışma işlemine ait riskler Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3.3. Torna işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
TO1	Tezgâhın elektriğinin kesilmeden bakımının yahut uç değişikliğinin yapılması
TO2	Çalışma esnasında çapak fırlaması
TO3	Talaşların el ile temizlenmesi
TO4	Çalışma esnasında tezgâh üzerinde malzeme bulunması ve bu malzemenin fırlaması
TO5	Torna tezgâhında elektrik kaçağı olması
TO6	Tornanın dönen kısmına uzuv kaptırılması
TO7	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Matkap kullanımı bir tehlike kaynağı olarak tanımlanmış ve matkap kullanımı işlemine ait riskler Tablo 3.4'te sunulmuştur.

Tablo 3.4. Matkapla çalışma işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
M1	Çalışanın matkap üzerine vücudun yaklaştırılması
M2	Çalışma esnasında çapak fırlaması
M3	Tezgah açık vaziyette bakım veya uç değişikliği yapılması
M4	Talaşların el ile temizlenmesi
M5	İş parçasının uygun sabitlenmemesi
M6	Matkabın durdurulmadan ucunun değiştirilmesi
M7	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Taşlama işlemi de tanımlanan bir başka tehlike kaynağıdır. Taşlama işlemine ait riskler Tablo 3.5'te sunulmuştur.

Tablo 3.5. Taşlama işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
T1	Taş motoru kesiği
T2	Taş patlaması
T3	Göze çapak kaçması
T4	Taşlama esnasında elektrik kesilmesi ve cihazların açık bırakılması
T5	İş yapılan yere yakın yanıcı ve/veya yakıcı cisimlerin bulunması
T6	Dar çalışma alanlarında disk sıkışması ve geri tepme
T7	Taşın iyi sıkılmaması
T8	Fişe takılma esnasında motorun açık olması
T9	Taşlama sırasında toz ve duman oluşması ve bunların solunması
T11	Taşlama yağları ve metal partikülleri ile temas edilmesi (deride tahrişe neden olması)
T12	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Kaynak işlemi elektrik ark kaynağı, gazaltı kaynağı ve tozaltı kaynağı olarak üç ayrı şekilde gruplandırılarak her bir işlem ayrı bir tehlike kaynağı olarak tanımlanmıştır. Elektrik ark kaynağı, gazaltı kaynağı ve tozaltı kaynağı işlemlerine ait riskler sırasıyla Tablo 3.6, Tablo 3.7 ve Tablo 3.8 'de sunulmuştur.

Tablo 3.6. Elektrik ark kaynağı işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
EK1	Kaynak işlemi sırasında oluşan zehirli gaz ve dumana maruz kalma
EK2	UV ışınlarına maruz kalma
EK3	Elektrik çarpması
EK4	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Tablo 3.7. Gazaltı kaynağı işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
GK1	Çapak sıçraması
GK2	Kaynak sırasında açığa çıkan duman
GK3	Kaynak sırasında açığa çıkan uv radyasyon
GK4	Elektrik çarpması
GK5	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Tablo 3.8. Tozaltı işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
TK1	Kaynak sırasında açığa çıkan duman
TK2	Kaynak sırasında açığa çıkan uv radyasyon
TK3	Elektrik çarpması
TK4	Çapak sıçraması
TK5	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Oksijenle kesme işlemi tanımlanan bir diğer tehlike kaynağıdır. Oksijenle kesme işlemine ait riskler Tablo 3.9’da sunulmuştur

Tablo 3.9. Oksijenle kesme işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
O1	Şalomanın boşta çalışması
O2	Paydos ve dinlenme esnalarında şalomaların kapalı mahalde bırakılması
O3	Paydos ve dinlenme esnalarında tüp valflerinin kapatılmaması
O4	UV ışınlarına maruz kalma
O5	Asetilen-oksi kullanımına dikkat edilmemesi
O6	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Kurtağzı ve sapan kullanarak yük taşıma işlemleri de farklı tehlike kaynakları olarak tanımlanmışlardır. Bu işlemlere ait belirlenen riskler ise sırasıyla Tablo 3.10 ve Tablo 3.11’de sunulmuştur.

Tablo 3.10. Kurtağzıyla yük taşıma işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
K1	Kaldırılan yükün salınım yapması
K2	Kaldırma kapasitesinin üzerinde yük kaldırma
K3	Tek aparat ile uzun sac veya profil kaldırma
K4	Yükün uygun bağlanmaması
K5	Yükün elle yönlendirilmesi
K6	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Tablo 3.11. Sapan kullanımına ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
S1	Yanlış Sapan Kullanılması
S2	Hasarlı Sapan Kullanılması
S3	Sapanı Yüke Uygun Bağlamama

Depolama işlemi tanımlanan bir diğer tehlike kaynağıdır. Depolama işlemine ait belirlenen riskler de Tablo 3.12’de sunulmuştur.

Tablo 3.12. Depolama işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
D1	Tehlikeli malzemelerin ana depo içinde depolanması
D2	Yangın söndürme tesisatının kullanımını ve çalışmasını engelleyecek şekilde depolama
D3	Çubuk ve boru gibi malzemelerin yuvarlanarak devrilme tehlikesi
D4	Depodaki raflardan malzeme düşmesi
D5	Geçiş ve çıkış yollarına malzeme istifleme
D6	Uygunsuz istifleme

Malzeme kesme işlemleri bir başka tehlike kaynağı olarak tanımlanarak malzeme kesme işlemlerine ait riskler Tablo 3.13'te sunulmuştur.

Tablo 3.13. Malzeme kesme işlemine ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
MK1	Malzemenin tutturulmadan kesilmesi
MK2	Takılma vb. nedenlerle çalışır vaziyetteki makine üzerine düşme
MK3	Makine çalışır vaziyette iken kesim alanına el sokulması
MK4	Kesim esnasında çapak fırlaması
MK5	Makine muhafazasının/muhafazalarının çıkartılması
MK6	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Yukarıda ortak tehlike kaynağına göre tanımlanan risk gruplarının dışında yer alan diğer riskler de çalışma kapsamında yönetsel ve çevresel riskler iki ayrı grupta düzenlenmiştir. Yönetsel risklerde daha çok yapılan işle ilgili çalışanın ve işletmenin sorumsuzluğundan kaynaklanabilecek genel riskler tanımlanmıştır. Çevresel riskler ise çalışma ortamına ait riskler düşünülerek belirlenmiştir. Bu tehlikeler sırasıyla Tablo 3.14 ve Tablo 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.14. Yönetsel eksikliklere ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
Y1	Yetkisiz kişilerin çalışma alanında bulunması
Y2	Çalışanların ehil olmaması
Y3	Bakımların uygun yapılmaması
Y4	Gerekli kişisel koruyucu donanımın temin edilmemesi
Y5	Gerekli kişisel koruyucu donanımın kullanılmaması
Y6	Gerekli eğitimin verilmemiş olması
Y7	Ergonomik vücut duruş pozisyonunda çalışmama

Tablo 3.15. Çevresel faktörlere ait belirlenen riskler

Risk Kodu	Risk Açıklaması
Ç1	Yetersiz aydınlatma
Ç2	Gürültülü ortamda çalışma
Ç3	Yetersiz havalandırma
Ç4	Tozlu çalışma
Ç5	Titreşimli çalışma
Ç6	Yetersiz klima koşulları

3.2.4. Risklerin Olabilirliğinin Belirlenmesi

Bir önceki adımda belirlenen risklerin meydana gelme ihtimalleri tersane risk değerlendirme ekibi tarafından uzlaşma sağlanarak belirlenmiştir. Taşlama işlemine ait riskler için ikili karşılaştırma tablosu Tablo 3.16'da verilmiştir.

Tablo 3.16. Taşlama işlemine ait riskler için ikili karşılaştırma matrisi

Dilsel Karşılaştırma Matrisi									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1		Es	1/Es	Eq	Es	1/Es	Eq	Eq	Eq
T2			1/Vs	1/Es	Eq	1/Vs	1/Es	1/Es	1/Es
T3				Es	Vs	Eq	Es	Es	Es
T4					Es	1/Es	Eq	Eq	Eq
T5						1/Vs	1/Es	1/Es	1/Es
T6							Es	Es	Es
T7								Eq	Eq
T8									Eq
T9									

Tablo 3.16'daki dilsel ifadeler Tablo 2.1'deki ölçek kullanılarak bulanık sayılara dönüştürülür (Tablo 3.17).

Tablo 3.17. Taşlama işlemindeki risklere ait dilsel veriler için bulanık sayılar

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T1	(1,1,1)	(3,5,7)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(3,5,7)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)
T2		(1,1,1)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)
T3			(1,1,1)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,1,3)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)
T4				(1,1,1)	(3,5,7)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)
T5					(1,1,1)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)
T6						(1,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)
T7							(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)
T8								(1,1,1)	(1,1,3)
T9									(1,1,1)

Denklem 2.25 ve 2.26 kullanılarak risklerin meydana gelme ihtimallerine ilişkin bulanık ağırlıklar hesaplanır. Tablo 3.18’de taşlama işlemine ait meydana gelme ihtimalleri görülmektedir.

Tablo 3.18. Taşlama işlemi için tanımlanan risklerin meydana gelme ihtimalleri

	Risklere ait ihtimaller
wT1	(0,44;0,8;2,27)
wT2	(0,11;0,2;0,5)
wT3	(1,4;2,84;6,28)
wT4	(0,39;0,8;2,01)
wT5	(0,1;0,2;0,44)
wT6	(1,24;2,84;5,55)
wT7	(0,34;0,8;1,78)
wT8	(0,3;0,8;1,58)
wT9	(0,27;0,71;1,4)

Tanımlanan diğer risklerin meydana gelme ihtimalleri için uzman ekip tarafından yapılan ikili karşılaştırmalar ve hesaplanan bulanık ihtimaller Ekler Bölümünde sunulmuştur (Ek Tablo 1-13).

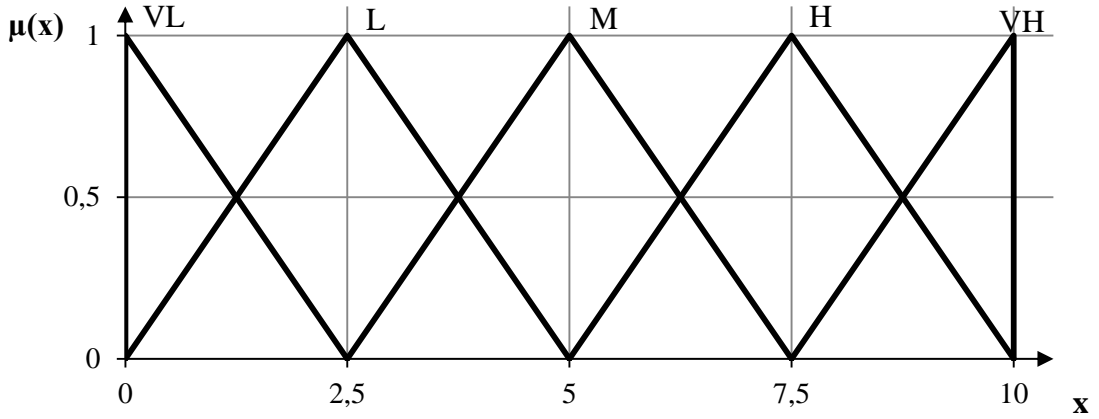
3.2.5. Risk Şiddetinin Belirlenmesi

Bölüm 2’de verilen dilsel ölçek kullanılarak tanımlanan risklerin şiddeti çalışana, çevreye ve makineye vereceği zarar uzman ekipler tarafından değerlendirilmiştir. Şiddetin değerlendirilmesinde çalışana olan zarar tersane risk değerlendirme ekibi tarafından tanımlanırken riskin çevreye ve makineye vereceği zarar diğer uzman ekip tarafından tanımlanmıştır. Şiddete ilişkin değerlendirme Tablo 3.19’da verilmiştir.

Tablo 3.19. Taşlama işlemindeki risklere ait şiddete ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE						ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR			
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_T1	H	L	VL	VL	L	VL	M	(5;7,5;10)	(0;0,8;3,3)	(0,8;2,5;5)
RS_T2	H	L	M	M	H	M	H	(5;7,5;10)	(1,7;4,2;6,7)	(4,2;6,7;9,2)
RS_T3	H	VL	VL	VL	VL	VL	L	(5;7,5;10)	(0;0;2,5)	(0;0,8;3,3)
RS_T4	L	H	M	L	VL	L	L	(0;2,5;5)	(2,5;5;7,5)	(0;1,7;4,2)
RS_T5	VH	H	VH	L	H	VH	VH	(7,5;10;10)	(4,2;6,7;8,3)	(6,7;9,2;10)
RS_T6	VL	M	H	M	M	L	M	(0;0;2,5)	(3,3;5,8;8,3)	(1,7;4,2;6,7)
RS_T7	L	M	M	H	M	M	M	(0;2,5;5)	(3,3;5,8;8,3)	(2,5;5;7,5)
RS_T8	L	M	H	M	VL	H	M	(0;2,5;5)	(3,3;5,8;8,3)	(2,5;4,2;6,7)
RS_T9	L	VL	L	M	VL	L	H	(0;2,5;5)	(0,8;2,5;5)	(1,7;3,3;5,8)

Dilsel şiddete ait ifadeler Şekil 3.2’de verilen ölçek kullanılarak bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Riskin, çevreye ve makineye şiddeti üç farklı uzmandan ayrı ayrı alındığından, ortak değerlendirme matrisi aritmetik ortalama alınarak belirlenmiştir (Tablo 3.19).



Şekil 3.2. Üçgensel bulanık sayılara ait ölçek

Diğer risklere ait toplanan şiddet değerleri Ekler Bölümünde verilmiştir (Ek Tablo 14- Ek Tablo 25).

3.2.6. Risk Büyüklüğünün Belirlenmesi

Risk büyüklüklerinin belirlenmesi için tanımlanan bulanık sayılara ilişkin üyelik dereceleri hesaplanır. Taşlama işlemine ait riskin meydana gelme ihtimali ve ilgili riskin şiddetine ait üyelik dereceleri Tablo 3.20 ve 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.20. Taşlama işlemine ait risklerin meydana gelme ihtimallerine ait üyelik dereceleri

	RL için Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_T1	0.73	0.63	0.07		
RL_T2	0.93	0.19			
RL_T3	0.28	0.93	0.64	0.22	
RL_T4	0.73	0.54			
RL_T5	0.93	0.16			
RL_T6	0.32	0.93	0.59	0.12	
RL_T7	0.73	0.51			
RL_T8	0.74	0.49			
RL_T9	0.76	0.44			

Tablo 3.21. Taşlama işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

		RSH			RSM			RSE						
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
		0,50	1,00	0,50	0,76	0,66	0,16			0,40	1,00	0,50		
		0,50	1,00	0,50	0,16	0,67	0,84	0,34			0,16	0,67	0,84	0,35
		0,50	1,00	0,50	1,00	0,50				0,76	0,66	0,16		
0,50	1,00	0,50				0,50	1,00	0,50		0,60	0,84	0,34		
			0,50	1,00		0,16	0,66	0,85	0,20			0,17	0,66	0,75
1,00	0,50					0,34	0,84	0,66	0,17	0,16	0,67	0,84	0,34	
0,50	1,00	0,50				0,34	0,84	0,66	0,17		0,50	1,00	0,50	
0,50	1,00	0,50				0,34	0,84	0,66	0,17		0,60	0,84	0,34	
0,50	1,00	0,50			0,40	1,00	0,50			0,20	0,80	0,66	0,16	

Tanımlanan diğer risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri Ekler Bölümünde Ek Tablo 26- Ek Tablo 37 arasında sunulmuştur. Risklerin olabilirliğine ilişkin üyelik dereceleri de Ekler Bölümünde Ek Tablo 38-Ek Tablo 49 arasında verilmiştir.

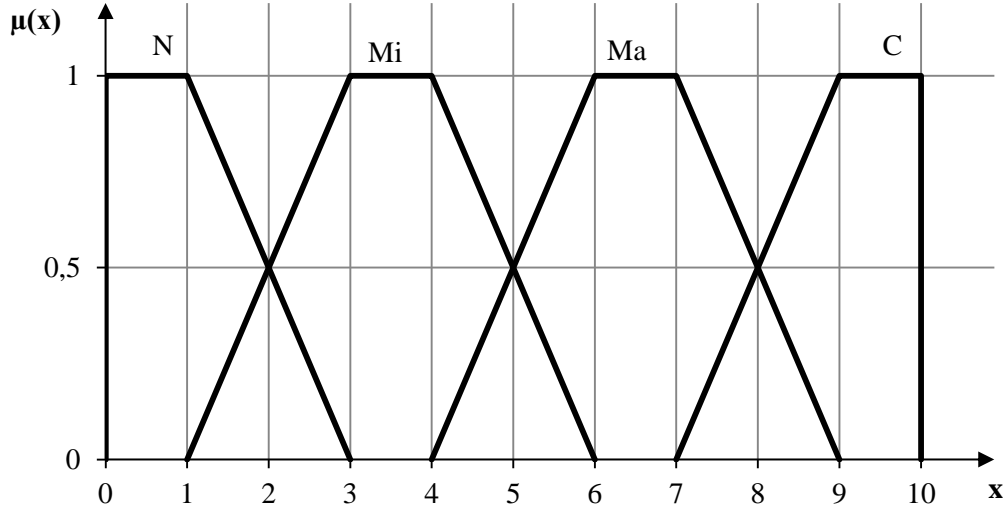
Risk büyüklüğü, risklerin şiddetine ve ihtimaline ait üyelik dereceleri ile Ek Tablo 50'de verilen kural tabanı kullanılarak ve Denklem 2.28-2.29 yardımıyla hesaplanmıştır (Tablo 3.22).

Tablo 3.22. Taşlama işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_T1	0.5	0.73	0.63	0	4.21		%89.5	%10.50	
RM_T2	0.5	0.84	0.35	0	3.73		%100		
RM_T3	0.28	0.5	0.76	0.16	5.41		%29.50	%70.50	
RM_T4	0.73	0.5	0.5	0	3.60		%100		
RM_T5	0	0.66	0.75	0	5.60		%20	%80	
RM_T6	0.84	0.59	0.5	0	3.47		%100		
RM_T7	0.7	0.5	0.5	0	3.65		%100		
RM_T8	0.7	0.5	0.5	0	3.65		%100		
RM_T9	0.76	0.44	0.44	0	3.41		%100		

Tablo 3.22'de verilen ve üyelik dereceleri cinsinden ifade edilen risk büyüklüğü Şekil 3.3'te verilen ölçek ve Denklem 2.29 kullanılarak mutlak sayısal bir değer olarak hesaplanır. Şekil 3.3'te risk büyüklüğü ihmal edilebilir (N), düşük risk (Mi), büyük risk (Ma) ve kritik risk (C) olarak dört seviyeye ayrılmıştır. Örneğin T2 riskine ait risk büyüklüğü 3.73 (Denklem 3.1) olup Şekil 3.3'te verilen grafikte çizildiğinde T2'nin risk büyüklüğünün düşük olduğu görülür.

$$RM = \frac{0,5 * 1 + 0,84 * 4 + 0,35 * 7 + 0 * 10}{0,5 + 0,84 + 0,35} = 3,73 \quad (3.1)$$



Şekil 3.3. Risk büyüklükleri için dörtgensel bulanık sayılar

Tüm risklere ait risk büyüklükleri Ekler Bölümünde Ek Tablo 51-62 arasında verilmiştir.

3.2.7. Risk Bölgelerinin Sıralanması

Tehlike kaynaklarına göre başlangıçta oluşturulan gruplandırma Denklem 2.30 kullanılarak sıralanır. Buna göre risk büyüklüğü en büyükten en küçüğe doğru gruplar arası sıralama Tablo 3.23'te verilmiştir.

Tablo 3.23. Tehlike gruplarının toplam risk büyüklüklerine göre sıralanması

Risk Bölgeleri	Toplam Risk Büyüklüğü
Sapan Kullanımı	7,78
Kurtağzı ile Taşıma	6,21
Vinç ile Taşıma	5,55
Elektrik Ark Kaynağı Kullanımı	5,37
Torna İşlemi	5,20
Oksijenle Kesme İşlemi	5,03
Tozaltı Kaynağı Kullanımı	4,98
Matkap Kullanımı	4,96
Depolama	4,70
Gazaltı Kaynağı Kullanımı	4,53
Taşlama İşlemi	4,08
Malzeme Kesme İşlemi	4,04
Forklift ile Taşıma	3,93

3.2.8. Önleyici Tedbirlerin Alınması

İş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu meydana gelen ölüm, yaralanma, sakat kalma ve maddi kayıplar her geçen gün artış göstermektedir. Bu nedenle, bir işyerinde kaza meydana gelmeden gerekli tedbirlerinin alınması olası kazanın önlenmesi açısından önemlidir. İSG çalışmalarında başarılı olunması için önleyici yaklaşımın şirketin tüm çalışanlarına benimsetilmesi ve bu çalışmalara herkesin katılımının sağlanması öncelikli amaç olmalıdır.

Bu aşamada, belirlenen risk büyüklüklerine göre öncelikli olan tehlikeleri görebilir ve buna göre önlemlerimizi alabiliriz. İşletme genelinde tüm çalışanların eğitilmiş olması, sürekli kontrollerin ve denetimlerin yapılması öncelikli amaç olmalıdır. İşveren, çalışanlarına yapılan işle ilgili yeterli bilgi ve talimatı önceden vermelidir. Sürekli iyileştirme felsefesi işletmedeki tüm çalışanlara yerleştirilmeli, koruyucu ve önleyici hizmetlerden tüm çalışanların yararlanması sağlanmalıdır. İşyeri ortamı çalışma koşullarına uyumlu hale getirilmeli ve işyeri tasarımı buna göre düzenlenmelidir. Bu amaçla, çalışanın rahat çalışabilmesi için aydınlatma ve klima koşulları iyileştirilmeli,

yeterli havalandırma, işyeri temizliği ve düzeni sağlanmalıdır. Ayrıca gerekiyorsa çalışanların; gözlük, eldiven, maske, kulaklık, emniyet kemeri gibi koruyucu donanım ve ekipman kullanmaları teşvik edilmeli, bunların kullanımı zorunlu kılınmalı, sürekli kontrol edilmeli ve gereken tedbirler alınmalıdır. Gerekli yerlerde dikkat edilmesi gereken hususları hatırlatıcı olması amacıyla ikaz yazıları ışıklı uyarıcılar da kullanılabilir.

Çalışma kapsamında belirlenen risk büyüklükleri incelendiğinde risklerin genelinde katlanılabilir riskler olduğu göze çarpmaktadır. Bu risk grubu için genelde önleyici tedbirlerin alınması, sürekli kontrolün sağlanması, makine ve ekipman için periyodik bakım uygulamaları yeterli olmaktadır. İşyerinde uygulanan teknoloji, kullanılan madde ve ekipmanlarda değişikliklerin meydana gelmesi, üretim yönteminde değişikliklerin olması gibi durumlardan kaynaklanabilecek sorunlar da sürekli kontrol sağlanarak ve önceden çalışanlar bilgilendirilerek tehlike oluşturmadan önenebilir. Risk büyüklüğü önemli olarak belirlenen riskler içinse uygun önlemler planlanıp, riski azaltıcı faaliyetler başlatılmalıdır. Alınan önlemler ile faaliyetler tekrar kontrol edilmeli, bunun sonucunda mevcut riskin ortadan kaldırılması, önlenmesi mümkün olmuyorsa riskin derecesi en aza indirilmeye çalışılmalıdır. Bu durum kritik risk grubu içinde geçerli bir önlem şeklidir.

Çalışmanın genelinde kritik risk büyüklüğüne sahip işler fazla bulunmamaktadır. Mevcut kritik riskler;

1. Çalışma esnasında çapak fırlaması,
2. UV ışınlarına maruz kalma,
3. Kurtağzı kullanımında kaldırılan yükün salınım yapması ve
4. Sapan kullanımına ait riskler olarak belirlenmiştir.

Yukarıdaki 1 ve 2 numaralı riskler için koruyucu ekipman kullanımı ve çalışanların bilinçlendirilmesi risk şiddetini azaltıcı etki meydana getirebilir. 3 ve 4 numaralı riskler içinse risk büyüklüğü düşene kadar sürekli olarak kontrol ve denetim sağlanmalıdır.

4. BULGULAR VE İRDELEME

İşletmede yapılan mevcut risk analizi L tipi matris olup, işletmede yapılan risk değerlendirmesinin sonuçları ve aynı riskler için çalışmamızda önerilen model yardımıyla hesaplanan risk dereceleri karşılaştırmalı olarak Tablo 4.1 ve Tablo 4.13 arasında numaralandırılan tablolarda verilmiştir. Tablolar incelendiğinde, iki çalışmada da birbiriyle örtüşen benzer sonuçlar olduğu gibi farklı sonuçların olduğu da görülmektedir. Bu farklılıklar ve farklılıkların nedenleri şu şekilde açıklanabilir;

1. Bazı sonuçlarda firmanın tanımladığı risk sınıfı çalışmada hesaplanan risk sınıfından bir kademe daha yüksek çıktığı görülmektedir. Bu tür hesaplar incelendiğinde firmanın hesapladığı risk skorlarının genelde sınır değerde olduğu ya da sınır değer bir kademe üstünde olduğu görülmektedir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar incelendiğinde bu tür değerler için sonucun firma sonucuna göre ya tamamen bir kademe altta ya da büyük bir oranla bir alt sınıfta olduğu görülmektedir. Örneğin firma risk skorunu 15 hesaplayarak risk derecesini yüksek riskli olarak tanımlamıştır. Eğer hesaplama sonucunda elde edilen skor 15'in bir alt değeri olsaydı orta seviyeli risk olarak tanımlanacaktı. Çalışmamızda bulanık küme tanımlamalarından faydalanıldığından her değerlendirme verisi bir alt ya da bir üst seviyeye ait olma derecesi dikkate alınarak hesaplama yapılır. Böylece sınır değerler hakkında daha sağlıklı sonuçlar elde edilmiş olur.

2. Çalışmamızda elde edilen diğer bir sonuç ise; bazı işlemlerde çalışmada elde edilen risk derecesinin işletmenin belirlediği risk derecesinden daha yüksek çıktığı görülmüştür. Bunun nedeni; çalışmamızda tanımlanan riskin şiddetinin üç boyutlu olarak tanımlanmasından kaynaklanmaktadır. Yani, çalışmada dikkate alınan risk şiddeti sadece insana verilen zararı değil hem çevreye hem de makineye verdiği zararın bileşkesi olarak tanımlanır.

Çalışmada elde edilen sonuçlarla firma tarafından hesaplanan sonuçlar arasındaki farkların nedenlerine ilişkin yukarıda verilen genel açıklamalar ışığı altında tablolardaki farklılıklar şu şekildedir; Tablo 4.1'de verilen sonuçlar incelendiğinde, firmanın forkliftle taşıma işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki risk değerlendirme çalışması

arasındaki farklılığın F2 (Forklift ile yolcu taşınması), F4 (Forklift hidroliğinin boşalması) ve F5 (Forkliftin devrilmesi)'le tanımlanan risklerde olduğu gözlemlenmektedir. F2 ve F4 için dilsel olarak ifade edilen risk değerlendirme sonucunun sayısal değerine bakıldığında çalışmamızda elde edilen sonuçla çok da farklı olmadığı görülmektedir. Firma, her iki risk için risk değerini 6 puan olarak hesaplayarak riskleri düşük risk olarak sınıflandırmıştır. Esasında 6 değeri sınır bir değer olup bu değerın üzeri orta risk sınıfını ifade etmektedir. Çalışmamızda elde edilen katlanabilir risk skoru tolere edilebilir olarak değerlendirildiğinden esasında çalışmayla hemen hemen aynı sonucu verir. Aradaki küçük farklılık, çalışmada kullanılan bulanık küme tanımlamasından ortaya çıkmıştır. Çalışmamızda kullanılan literatürden farklı diğer unsur ise riskin çevreye ve makineye zararını hesaba katmasıydı. Örneğin; F2 riskini dikkate aldığımızda bu risklerin çevreye ve makineye zararı düşük seviyede olduğu görülmektedir. F5 de ise firmanın elde ettiği sonuçla modelden çıkan sonuç arasında büyük farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu fark, çalışmamızda çevreye ve makineye verilen zararın dikkate alınmasından kaynaklanmaktadır. F5 riskinin çevreye verdiği herhangi bir zarar söz konusu değilken makineye zarar vermektedir. Bu da firmanın yaptığı çalışmada, riskin makineye verdiği zararı dikkate almayıp sadece çalışana verdiği zararı dikkate alması sonucunda risk sınıfının daha düşük çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 4.1. Forklift ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
F1	Katlanılabilir(%70,5) Önemli (%29,5)	Orta (12)
F2	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)
F3	Katlanılabilir (%100)	Orta (9)
F4	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)
F5	Katlanılabilir (%78) Önemli (%22)	Düşük (4)
F6	Katlanılabilir (%100)	Orta (8)

Tablo 4.2'deki sonuçlar incelendiğinde, firmanın vinç ile taşıma işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı V1 (Kaldırma tonajından fazla yük kaldırılması), V4 (Kaldırma sapanının kancadan çıkması) ve V8 (Aynı ray üzerinde hareket eden vinçlerin birbirine çarpması)'le tanımlanan risklerde olduğu görülmüştür. V1,

V4 ve V8’de firmanın elde ettiği risk derecelerinin sayısal değeri sınır değerler olması nedeniyle çalışmada elde edilen sonuçlara göre daha yüksek hesaplanmıştır.

Tablo 4.2. Vinç ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
V1	Önemli (%100)	Yüksek (20)
V2	Katlanılabilir (%57,5), Önemli (%42,5)	Orta (10)
V3	Katlanılabilir (%9,5), Önemli (%90,5)	Orta (10)
V4	Katlanılabilir (%20), Önemli (%80)	Yüksek (15)
V5	Katlanılabilir (%44,5), Önemli (%55,5)	Orta (10)
V6	Katlanılabilir (%20), Önemli (%80)	Orta (10)
V7	Katlanılabilir (%6), Önemli (%94)	Orta (10)
V8	Katlanılabilir (%55,5), Önemli (%44,5)	Yüksek (15)

Tablo 4.3’teki sonuçlar incelendiğinde, firmanın torna işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı TO3 (Talaşların el ile temizlenmesi) ve TO4 (Çalışma esnasında tezgah üzerinde malzeme bulunması ve bu malzemenin fırlaması)’de oluşmuştur.

Tablo 4.3. Torna işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
TO1	Katlanılabilir (%44,50), Önemli (%55,50)	Orta (10)
TO2	Önemli (%21,50), Kritik (%78,50)	Yüksek (20)
TO3	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)
TO4	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)

Tablo 4.4’deki sonuçlar incelendiğinde, firmanın matkap kullanımı işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı sadece M4 (Talaşların el ile temizlenmesi)’de olmuştur.

Tablo 4.4. Matkap işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
M1	Katlanılabilir (%100)	Orta (8)
M2	Önemli (%28,50),Kritik (%71,50)	Yüksek (20)
M3	Katlanılabilir (%55,50),Önemli (%44,50)	Orta (10)
M4	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)
M5	Katlanılabilir (%100),Önemli (%26,50)	Orta (9)

Tablo 4.5'teki sonuçlar incelendiğinde, firmanın taşlama işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı T3 (Göze yabancı cisim kaçması), T4 (Taşlama esnasında elektrik kesilmesi ve cihazların açık bırakılması), T6 (Dar çalışma alanlarında disk sıkışması ve geri tepme), T7 (Taşın iyi sıkılmaması), T8 (Fişe takılma esnasında motorun açık olması) ve T9 (Taşlama sırasında toz ve duman oluşması ve bunların solunması)'da olmuştur. Hesaplama farklılıkları incelendiğinde T3 riskinde çalışmada elde edilen sonuç firmanın sonucuna göre daha düşük çıkarken T4, T6, T7, T8 ve T9 risklerinde daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 4.5. Taşlama işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
T1	Katlanılabilir (%89,5), Önemli (%10,5)	Orta (12)
T2	Katlanılabilir (%100)	Orta (8)
T3	Katlanılabilir (%29,5), Önemli (%70,5)	Yüksek (16)
T4	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)
T5	Katlanılabilir (%20),Önemli (%80)	Orta (9)
T6	Katlanılabilir (%100)	Orta (10)
T7	Katlanılabilir (%100)	Düşük (4)
T8	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)
T9	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)

Tablo 4.6'daki sonuçlar incelendiğinde, firmanın elektrik ark kaynağı işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı EK1(Kaynak işlemi sırasında zehirli gaz ve dumanların çıkması) ve EK2 (UV ışınlarına maruz kalma)'de ortaya çıkmıştır.

Tablo 4.6. Elektrik ark kaynağı işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
EK1	Katlanılabilir (%7,50), Önemli (%92,50)	Yüksek (15)
EK2	Katlanılabilir (%55,50), Önemli (%44,50)	Yüksek (15)

Tablo 4.7'deki sonuçlar incelendiğinde, firmanın gazaltı kaynağı işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı GK1 (Çapak sıçraması), GK2 (Kaynak sırasında açığa çıkan duman ve gaz) ve GK3 (Kaynak sırasında açığa çıkan UV radyasyon)'de ortaya çıkmıştır. GK2 ve GK3'de meydana gelen farklılıklar çok büyük olmayıp çalışmada kullanılan bulanık mantık tanımlamasından kaynaklanmaktadır. Ancak GK1 riski incelendiğinde bu riskin çevreye zararının çok az ve makineye olan zararının ise yok denecek düzeyde olduğu söylenebilir. Firma, yapmış olduğu değerlendirmede şiddet hesaplarken çevreye ve makineye verilen zararı dikkate almayarak sonucun yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 4.7. Gazaltı kaynağı işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
GK1	Katlanılabilir (%88,50), Önemli (%11,50)	Yüksek (16)
GK2	Katlanılabilir (%19,50), Önemli (%80,50)	Yüksek (15)
GK3	Katlanılabilir (%58), Önemli (%42)	Yüksek (15)
GK4	Katlanılabilir (%100)	Orta (8)

Tablo 4.8'deki sonuçlar incelendiğinde, firmanın tozaltı kaynağı işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı TK1 (Kaynak sırasında açığa çıkan duman), TK2 (Kaynak sırasında açığa çıkan UV radyasyon), TK3 (Elektrik çarpması) ve TK4 (Çapak sıçraması)'de gözlenmiştir.

Tablo 4.8. Tozaltı kaynağı işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
TK1	Katlanılabilir (%43,50),Önemli (%56,50)	Yüksek (15)
TK2	Katlanılabilir (%74,50),Önemli (%25,50)	Yüksek (15)
TK3	Katlanılabilir (%62,50),Önemli (%37,50)	Yüksek (15)
TK4	Katlanılabilir (%23),Önemli (%77)	Yüksek (20)

Tablo 4.9'daki sonuçlar incelendiğinde, firmanın oksijenle kesme işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme arasında dikkate değer bir farklılık gözlenmemiştir.

Tablo 4.9. Oksijenle kesme işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
O1	Katlanılabilir (%100)	Orta (8)
O2	Katlanılabilir (%100)	Orta (8)
O3	Önemli (%100)	Orta (12)
O4	Önemli (%36),Kritik (%64)	Yüksek (20)
O5	İhmal edilebilir (%13),Katlanılabilir (%87)	Düşük (3)

Tablo 4.10'daki sonuçlar incelendiğinde, firmanın kurtağzı ile taşıma işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme arasında hesaplamalardaki küçük farklılıklar dışında dikkate değer bir farklılık bulunmamaktadır.

Tablo 4.10. Kurtağzı ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
K1	Önemli (%29),Kritik (%71)	Yüksek (15)
K2	Önemli (%100)	Orta (10)
K3	Katlanılabilir (%22,50),Önemli (%77,50)	Orta (10)
K4	Katlanılabilir (%25),Önemli (%75)	Orta (10)
K5	Katlanılabilir (%30),Önemli (%75)	Orta (10)

Tablo 4.11'deki sonuçlar incelendiğinde, firmanın sapan kullanımı işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı S1 (Yanlış sapan kullanılması), S2 (Hasarlı sapan kullanılması) ve S3 (Sapanı yüke uygun bağlamama)'de olmuştur. Bu üç riski dikkate aldığımızda iki çalışma arasında meydana gelen farklılığın büyük olduğu görülür. Her üç risk içinde çevreye verilen zarar büyük olduğundan ve firma yapmış olduğu çalışmada bu zararı ayrıca değerlendirmedikten çalışmamızda elde edilen risk dereceleri firmanın elde ettiği sonuca göre yüksek çıkmıştır.

Tablo 4.11. Sapan kullanımı işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
S1	Önemli (%47,5),Kritik (%52,5)	Orta (10)
S2	Önemli (%58,5),Kritik (%41,5)	Orta (10)
S3	Önemli (%77,5),Kritik (%22,5)	Orta (10)

Tablo 4.12'deki sonuçlar incelendiğinde, firmanın depolama işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme arasında hesaplamalardaki küçük farklılıklar dışında dikkate değer bir farklılık bulunmamaktadır.

Tablo 4.12. Depolama işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
D1	Önemli (%29),Kritik (%71)	Yüksek (15)
D2	Önemli (%100)	Orta (10)
D3	Katlanılabilir (%22,50),Önemli (%77,50)	Orta (10)
D4	Katlanılabilir (%25),Önemli (%75)	Orta (10)

Tablo 4.13'deki sonuçlar incelendiğinde, firmanın malzeme kesme işlemine ait risk değerlendirmesiyle çalışmamızdaki değerlendirme farkı MK1 (Malzemenin tutturulmadan kesilmesi), MK2 (Kesim esnasında çapak fırlaması) ve MK3 (Makine muhafazasının/muhafazalarının çıkartılması)'de olmuştur.

Tablo 4.13. Malzeme kesme işlemine ait risklere ilişkin risk derecelerinin karşılaştırması

Risk	Çalışma	Firma
MK1	İhmal edilebilir (%16),Katlanılabilir (%84)	Düşük (2)
MK2	Katlanılabilir (%77,50),Önemli (%22,50)	Orta (12)
MK3	Katlanılabilir (%31,50),Önemli (%68,50)	Orta (12)
MK4	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)
MK5	Katlanılabilir (%100)	Düşük (6)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında öncelikle İş Sağlığı ve Güvenliği ile risk değerlendirme kavramlarından bahsedilerek risk değerlendirme tekniklerine değinilmiştir. Daha sonra literatürde tersanelerde İSG açısından risk değerlendirme ile ilgili yapılan örnek çalışmalar sunulmuştur. Ardından, endüstriyel organizasyonların izledikleri iş sağlığı ve güvenliği mevzuatlarına uygun olarak kullanabilecekleri etkin bir risk önleyici model önerilmiştir. Önerilen modelin literatürdeki diğer modellerden farkı, sadece insana verilen zarara bağlı belirlenen risk şiddeti yerine çevreye ve makineye verilen zararları da dikkate alarak risk büyüklüklerini hesaplaması ve risk derecesi hesaplanırken, riskin gerçekleşme olasılığının ve risk şiddetinin bulanık olarak tanımlanmasıdır. Böylece önerilen model uzmanların dilsel değerlendirmelerinden kaynaklanabilecek ufak ihmalleri de dikkate alarak daha hassas sonuç verir.

Tez kapsamında çalışma alanı olarak gemi imalat sektörü düşünüldüğü için gemi imalatına ve imalat kapsamındaki iş süreçlerine ilişkin bilgi verilmiştir. İş süreçleri dikkate alınarak imalatta gerçekleştirilen işlere ve kullanılan teçhizata bağlı 16 adet işlem grubu oluşturulmuştur. Bu işlem gruplarında meydana gelebilecek olası tehlike kaynakları belirlenmiş ve riskler tanımlanmıştır. Daha sonra tanımlanan riskler uygulama yapılan tersanedeki risk değerlendirme ekibi ve alanında uzman kişiler yardımıyla dilsel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu elde edilen dilsel veriler üçgensel bulanık sayılara çevrilerek risk şiddeti ve risk olabilirliği hesaplanmıştır. Risk şiddeti, değerlendirme ve hesaplanma aşamasında insana, makineye ve çevreye bağlı olarak ele alınmıştır. Risk olabilirliği hesaplanırken de her bir işlem grubu ikili karşılaştırmalara tabi tutulmuştur. Bu hesaplamaların ardından, elde edilen üyelik dereceleri ile risk büyüklüğünün hesaplanması için bir kural tabanı geliştirilmiştir. Geliştirilen kural tabanında insana şiddet, makineye şiddet, çevreye şiddet ve risk olabilirliği olarak dört temel girdi kullanılmıştır. Kural tabanından elde edilen sonuçlara bağlı olarak her bir işlem grubunda belirlenen her bir tehlike için risk büyüklükleri hesaplanmıştır. Risk büyüklükleri kullanılarak risklerin dereceleri hesaplanmıştır ve aynı zamanda toplam risk büyüklükleri belirlenerek işlem gruplarının sıralaması yapılmıştır.

Böylece uygulama yapılan tersane için en riskli işlemler belirlenmiştir. Uygulamadan elde edilen sonuca göre tersanedeki en riskli işlemler sırasıyla şunlardır; Sapan Kullanımı, Kurtağzı ile Taşıma, Vinç ile Taşıma, Elektrik Ark Kaynağı Kullanımı. Kritik riskler ise; Çalışma esnasında çapak fırlaması, UV ışınlarına maruz kalma, Kurtağzı kullanımında kaldırılan yükün salınım yapması, yanlış sapan kullanılması, hasarlı sapan kullanılması, ve sapanı yüke uygun bağlamama olarak belirlenmiştir. Sonrasında işletmenin hem genel olarak alması gereken tedbirler hem de risk derecesi kritik olan risklere ilişkin alması gereken tedbirlerden bahsedilerek önerilerde bulunulmuştur. Son olarak, işletmenin mevcut risk değerlendirme sonucu ile tez çalışmasında elde edilen sonuçlar kıyaslanarak yorum yapılmıştır.

Risk derecesinin hesaplanması için önerilen yöntemin literatürdeki diğer tekniklerle karşılaştırıldığında daha hassas bir sonuç verdiği görülmüştür. Önerilen tez çalışmasının özgün yönleri şu şekilde özetlenebilir;

1. İş sağlığı ve güvenliği açısından risk değerlendirme çalışmalarında kullanılan teknikler ele alındığında, tanımlanan risklerin derecelendirilmesinde şiddet ve olasılık parametrelerinin kullanıldığı görülmektedir. Şiddet parametresi ise yalnızca çalışana olan etki üzerinden değerlendirilmektedir. Literatürden farklı olarak, çalışmamızda şiddet kavramı çalışana, çevreye ve kullanılan ekipmana olmak üzere üç farklı parametrenin bileşkesine bağlı olarak hesaplanmıştır.

2. Şiddet ve olasılığa bağlı olarak hesaplanan risk derecesinin literatürde, kesin tanımlamalardan faydalanılarak hesaplandığı görülmektedir. Özellikle şiddet parametresi kategorik bir veri olup sınıf içi ve sınıflar arası farklılıklar kesin olarak belirlenen sayısal değerlerle ifade edilemeyecek kadar değişkenlik gösterir. İşlem hassasiyetinin sağlanması için çalışmamızda kategorik verilerin tanımı bulanık küme fonksiyonlarıyla ifade edilmiştir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarında risk derecesinin hesaplanmasında bulanık üyelik fonksiyonlarının daha önce kullanılmadığı görülmektedir. Bu anlamda sunulan bu çalışma, iş sağlığı ve güvenliği açısından tanımlanan kategorik verileri bulanıklaştırarak kullanan ilk çalışmadır.

Önerilen modelin dezavantajı ise, modelin bulanık çıkarım esasına göre çalışması işlemlerin yapılmasını zahmetli ve zaman alıcı kılmaktadır. Bu nedenle ileriki çalışmalarda önerilen modelin bilgisayar ortamına taşınarak karar destek sistemi oluşturulabilir. Karar destek sistemi, sadece hesaplamaların kolaylıkla yapılmasını sağlamayıp aynı zamanda riskli işlemler için alınabilecek tedbirler hakkında da kullanıcıya yardımcı olacaktır.

İşletmelerde yürütülen risk değerlendirme çalışmasının başarısı risk değerlendirme ekibinde bulunan çalışanların tecrübesine bağlıdır. Dolayısıyla her işletmede aynı tecrübeye sahip uzmanlar bulunmadığından her işletmede ayrı ayrı yapılan risk değerlendirme çalışmaları aynı ölçüde amacına hizmet edememekte ve bundan ötürü de bazı işletmelerde daha fazla iş kazası yaşanmaktadır. Bu nedenle ileriki çalışmalarda geliştirilecek karar destek sistemi, her işletme için profesyonel bir destek hizmeti sunacak ve böylece alanında tam olarak uzmanlaşmamış ekip üyelerinin eksik bilgilerini tamamlayıcı rol oynayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Barlas, B., 2012a. Shipyard Fatalities in Turkey, Safety Science, 50, 5, 1247-1252.
- Barlas, B., 2012b. Occupational Fatalities in Shipyards: an Analysis in Turkey, Brodogradnja, 63, 1, 35-41.
- Baykal, N. ve Beyan, T., 2004. Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler, Birinci Baskı, Bıçaklar Kitapevi, Ankara.
- Beriha, G.S., Patnaik, B., Mahapatra, S., S. ve Padhee, S., 2012. Assessment of Safety Performance in Indian Industries Using Fuzzy Approach, Expert Systems with Applications, 39, 3, 3311-3323.
- Bıyıklı, Ö., 2011. İSG’de Risk Değerlendirmesi için Çok Parametrelili Hiyerarşik Bir Model Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Boran, S., 1996. Hata Şekli ve Etkileri Analizi’nin Bulanık Küme Yaklaşımıyla Çözümlemesi Olanığı, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bragatto, P., A., Agnello, P., Gnoni, M., G., Lettera, G. ve Sciancalepore, F., A., 2010. The Impact of the Occupational Safety Control Programs on the Overall Safety Level in an Industrial Cluster, Reliability, Risk and Safety: Theory and Applications, 1, 3, 745-752.
- Canbolat, R., 2008. Hata Türü ve Etkileri Analizi’nde Analitik Ağ Süreci ve Bulanık Mantık uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Castner, H.R., 1997. Status Report on Proposed Changes to Permissible Airborne Emission Exposure Limits for U.S. Shipyard Workers, Journal of Ship Production, 13, 3, 153-170.
- Cebi, S., 2011. Developing a Fuzzy Based Decision Making Model for Risk Analysis in Construction Project, Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing, 17, 387-405.
- Celebi, U., B., Ekinci, S., Alarcin, F. ve Unsalan, D., 2010. The Risk of Occupational Safety and Health in Shipbuilding Industry in Turkey, Advances in Maritime and Naval Science and Engineering, 178-185.
- Çelik M. ve Çebi S., 2009. Analytical HFACS for Investigating Human Errors in Shipping Accidents, Accident Analysis and Prevention, 41, 1, 66-75.
- Chen, S., J. ve Hwang, C., L., 1992. Fuzzy Multi Attribute Decision Making: Methods and Applications, Springer-Verlag, New York.

- Cherniack, M., Brammer, A., J., Lundstrom, R., Morse, T., F., Neely, G., Nilsson, T., Peterson, D., Toppila, E., Warren, N., Diva, U., Croteau, M. ve Dussetschleger, J., 2008. The Effect of Different Warming Methods on Sensory Nerve Conduction Velocity in Shipyard Workers Occupationally Exposed to Hand–Arm Vibration, International Archives of Occupational and Environmental Health, 81, 8, 1045-1058.
- Durdu, A., 2006. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Düzenlemeleri ile İlgili İşgörenlerin Tutumlarını Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Elmas, Ç., 2003. Bulanık Mantık Denetleyiciler(Kuram, Uygulama,Sinirsel Bulanık), Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Elmas, Ç., 2011. Yapay Zeka Uygulamaları (Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma), İkinci Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Hsieh, T., Y., Lu, S., T. ve Tzeng, G., T., 2004. Fuzzy MCDM Approach For Planning and Design Tenders Selection in Public Office Buildings, International Journal of Project Management, 22, 573–584.
- Jacinto, C. ve Silva, C., 2010. A Semi-Quantitative Assessment of Occupational Risks using Bow-Tie Representation, Safety Science, 48, 8, 973-979.
- Jeong, K., S., Kim, Y., Kim, M., C. ve Yoo, C., I., 2011. Comparison of Cancer Incidence Between Production and Office Workers at a Shipyard in Korea: A Retrospective Cohort Study From 1992 to 2005, American Journal of Industrial Medicine, 54, 9, 719-725.
- Kafalı, M., 2013. Gemi İnşa Sanayinde Bulanık Karar Verme Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keleş, F., K., 2012. Risk Değerlendirme Çalışmasında Yeni Bir Yaklaşım Ve Açık Maden Ocağı İşletmesinde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Mattorano, D., Harney, J., Cook, C. ve Roegner, K., 2001. Metal Exposure During Ship Repair and Shipbreaking Procedures, Occupational and Environmental Hygiene, 16, 3, 339–349.
- Mora, E., Barbina, P., Bovenzi, M. ve Larese F.F., 2012. Work-Related Injuries in Monfalcone Shipyard (2000-2010), Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, 34 ,3, 762-765.
- Özkılıç, Ö., 2005. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu Yayınları, No. 246, Ankara, 244 s.

- Özkök, M., 2010. Tersane Verimliliğinin İyileştirilmesi: Gemi İnşaatında Modern Endüstri Mühendisliği ve Belirsizlik Süreçlerinin Uygulanması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkök, M., 2014. Risk Assessment in Ship Hull Structure Production Using FMEA, Journal of Marine Science and Technology, in press.
- Öztürk, T., 2008. Hata Türü ve Etkileri Analizi'nde Bulanık Mantık Kullanarak Bir Kamu Hastanesinin Satın Alma Sürecinin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Pinto, A., Nunes, I., L. ve Ribeiro, R., A., 2011. Occupational Risk Assessment in Construction Industry - Overview and Reflection, Safety Science, 49, 5, 616-624.
- Pluess, D.N., Groso, A. ve Meyer, T., 2013. Expert Judgements In Risk Analysis: A Strategy To Overcome Uncertainties, Chemical Engineering Transactions, 31, 307-312.
- Prasad, S., 1990. Improving Manufacturing Reliability in IC Package Assembly Using FMEA Technique, 9th IEEE/CHMT International Electronics Manufacturing Technology Symposium, Publ. By IEEE, 356-360.
- Raifoğlu, G., 2011. Çevre ve İş Güvenliği Açısından Endüstriyel Tip Motor Üretimi Yapan Bir İşletmede Risk Değerlendirme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ross, T., J., 2004. Fuzzy Logic Engineering Applications, John Wiley & Sons, Ltd, USA.
- Saaty, T., L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, New York, McGraw Hill.
- Sabuncu, H., H., 2008. İş Sağlığı Tehlike ve Değerlendirilmesi Risk ve Değerlendirilmesi, Yeditepe Üniversitesi, İstanbul.
- Şamur, M., S., 2005. Otomotiv Servislerinde FMEA ve FTA Hata Önleme Tekniklerinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tadic, D., Djapan, M., Misita, M., Stefanovic, M. ve Milanovic, D., D., 2012. A Fuzzy Model for Assessing Risk of Occupational Safety in the Processing Industry, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 18, 2, 115-126.
- Tamrin, S., B., M., Jamalohdin, M., N., NG, Y., G., Maeda, S. ve Ali N., A., M., 2012. The Characteristics of Vibrotactile Perception Threshold among Shipyard Workers in Tropical Environment, Industrial Health, 50, 2, 156-163.
- Taşan, K., 2006. Bir Risk Değerlendirme ve Güvenilirlik Metodu Olarak Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) Yöntemi: Bir Otomotiv Yan Sanayi İşletmesinde Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

- Taptık, Y., 1998. Kalite Savaş Araçları, Kalder Yayınları, No. 23, İstanbul.
T.C. Resmi Gazete, 6331 İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. (28339), 20.06.2012,22.
- T.C. Resmi Gazete, İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği. (28512), 29.12.2012, 8.
- Uçak, G., 2011. Çalışanların Yönetime Katılması Alanı Olarak İş Sağlığı ve Güvenliği, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- URL-1, www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/isgip/isgip_metal_2_RA.pdf KOBİ'ler için İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Rehberi: Risk Değerlendirmesi, İSG Performans İzleme ve Sağlık Tehlikeleri Metal Sektörü. 13 Aralık 2013.
- URL-2, <http://www.csgb.gov.tr/csgbPortal/ShowProperty/WLP%20Repository/isggm/dosyalar/yayinlar/kitapcik/kitapcik2>, 5 Adımda Risk Değerlendirmesi, 2007. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Yayınları, Genel Yayın No. 140, Ankara. 13 Aralık 2013.
- Ünlüyıldız, E., 2007. Risk Evaluation of An ERP Implementation Project Using Fuzzy Extended AHP (FEAHP), Master of Science, Galatasaray University, Institute of Science and Engineering, İstanbul.
- Yun, J., M. ve Park, P., 2012. Development of Industrial Safety Management System for Shipbuilding Industry using RFID/USN, 9th International Conference on Ubiquitous Intelligence & Computing and 9th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC), September, Fukuoka, JAPAN, DOI: 10.1109/UIC-ATC.2012.54, 285-291.
- Zadeh, L., A., 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, 8,0, 338-353.
- Zadeh, L., A., 1987. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Design Process, John Wiley&Sons, 16.
- Zeng, J., An, M. ve Smith, N., J., 2007. Application of a Fuzzy Basen Decision Making Methodology to Construction Project Risk Assessment, International Journal of Project Management, 25,0, 589–600.

7. EKLER

EK 1. TANIMLANAN RİSKLERE İLİŞKİN İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSLERİ VE RİSKLERİN GERÇEKLEŞME İHTİMALLERİNE AİT TABLOLAR

Ek Tablo 1. Forklift ile taşıma işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi						Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar						Risklere ait ihtimaller		
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F1	F2	F3	F4	F5	F6			
F1	Es	Es	Es	Eq	Eq	F1	(1,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,1,3)	(1,1,3)	wF1	(1,48;2,78;7,16)
F2		Eq	Eq	1/Es	1/Es	F2		(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	wF2	(0,32;0,56;1,56)
F3			Eq	1/Es	1/Es	F3			(1,1,1)	(1,1,3)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	wF3	(0,27;0,56;1,3)
F4				1/Es	1/Es	F4				(1,1,1)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	wF4	(0,22;0,56;1,08)
F5					Eq	F5					(1,1,1)	(1,1,3)	wF5	(1,23;2,78;5,96)
F6						F6						(1,1,1)	wF6	(1,02;2,78;4,96)

Ek Tablo 2. Tavan vinci ile taşıma işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi								Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar								Risklere ait ihtimaller		
V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8			
V1	Vs	Vs	Es	Vs	Vs	Vs	1/Es	V1	(1,1,1)	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	1/(3,5,7)	wV1	(1,43;2,39;4,33)
V2		Eq	1/Es	Eq	Eq	Eq	1/Ab	V2		(1,1,1)	(1,1,3)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	1/(7,9,9)	wV2	(0,26;0,36;0,96)
V3			1/Es	Eq	Eq	Eq	1/Ab	V3			(1,1,1)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	1/(7,9,9)	wV3	(0,23;0,36;0,83)
V4				Es	Es	Es	1/Vs	V4				(1,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	1/(5,7,9)	wV4	(0,69;1,26;2,37)
V5					Eq	Eq	1/Ab	V5					(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	1/(7,9,9)	wV5	(0,2;0,36;0,73)
V6						Eq	1/Ab	V6						(1,1,1)	(1,1,3)	1/(7,9,9)	wV6	(0,17;0,36;0,63)
V7							1/Ab	V7							(1,1,1)	1/(7,9,9)	wV7	(0,15;0,36;0,55)
V8								V8								(1,1,1)	wV8	(2,76;4,55;6,54)

Ek Tablo 3. Torna işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi				Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar				Risklere ait ihtimaller		
TO1	TO2	TO3	TO4	TO1	TO2	TO3	TO4			
TO1	1/Vs	1/Es	Eq	TO1	(1,1,1)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	wTO1	(0,44;0,66;1,44)
TO2		Es	Vs	TO2		(1,1,1)	(3,5,7)	(5,7,9)	wTO2	(3,65;6,31;10,53)
TO3			Es	TO3			(1,1,1)	(3,5,7)	wTO3	(1,32;2,38;4,34)
TO4				TO4				(1,1,1)	wTO4	(0,33;0,66;1,1)

Ek Tablo 4. Matkap işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi					Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar							
M1	M2	M3	M4	M5	M1	M2	M3	M4	M5	Risklere ait ihtimaller		
M1	1/Vs	Eq	1/Es	1/Es	M1	(1,1,1)	1/(5,7,9)	(1,1,3)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	wF1	(0,29;0,47;1,08)
M2		Vs	Es	ES	M2		(1,1,1)	(5,7,9)	(3,5,7)	(3,5,7)	wF2	(2,89;5,44;9,74)
M3			1/Es	1/Es	M3			(1,1,1)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	wF3	(0,23;0,47;0,87)
M4				Eq	M4				(1,1,1)	(1,1,3)	wF4	(1,03;1,81;4,05)
M5					M5					(1,1,1)	wF5	(0,83;1,81;3,25)

Ek Tablo 5. Taşlama işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi									Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar											
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Risklere ait ihtimaller		
T1	Es	1/Es	Eq	Es	1/Es	Eq	Eq	Eq	T1	(1,1,1)	(3,5,7)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(3,5,7)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	wT1	(0,44;0,8;2,27)
T2		1/Vs	1/Es	Eq	1/Vs	1/Es	1/Es	1/Es	T2		(1,1,1)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	wT2	(0,11;0,2;0,5)
T3			Es	Vs	Eq	Es	Es	Es	T3			(1,1,1)	(3,5,7)	(5,7,9)	(1,1,3)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	wT3	(1,4;2,84;6,28)
T4				Es	1/Es	Eq	Eq	Eq	T4				(1,1,1)	(3,5,7)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	wT4	(0,39;0,8;2,01)
T5					1/Vs	1/Es	1/Es	1/Es	T5					(1,1,1)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	wT5	(0,1;0,2;0,44)
T6						Es	Es	Es	T6						(1,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	wT6	(1,24;2,84;5,55)
T7							Eq	Eq	T7							(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	wT7	(0,34;0,8;1,78)
T8								Eq	T8								(1,1,1)	(1,1,3)	wT8	(0,3;0,8;1,58)
T9									T9									(1,1,1)	wT9	(0,27;0,71;1,4)

Ek Tablo 6. Elektrik ark kaynağı işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi		Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar		
EK1	EK2	EK1	EK2	Risklere ait ihtimaller
EK1	Eq	EK1	(1,1,1)	(1,1,3) wEK1 (3,66;5;10,98)
EK2		EK2		(1,1,1) wEK2 (2,11;5;6,34)

Ek Tablo 7. Gazaltı kaynağı işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi				Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar				
GK1	GK2	GK3	GK4	GK1	GK2	GK3	GK4	Risklere ait ihtimaller
GK1	1/Es	1/Es	Vs	GK1	(1,1,1)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	(5,7,9) wGK1 (0,73;1,19;2,21)
GK2		Eq	Ab	GK2		(1,1,1)	(1,1,3)	(7,9,9) wGK2 (2,75;4,24;8,19)
GK3			Ab	GK3			(1,1,1)	(7,9,9) wGK3 (2,09;4,24;6,23)
GK4				GK4			(1,1,1)	wGK4 (0,25;0,34;0,56)

Ek Tablo 8. Tozaltı kaynağı işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi				Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar				
TK1	TK2	TK3	TK4	TK1	TK2	TK3	TK4	Risklere ait ihtimaller
TK1	Eq	Vs	Es	TK1	(1,1,1)	(1,1,3)	(5,7,9)	(3,5,7) wTK1 (2,52;4,2;8,9)
TK2		Vs	Es	TK2		(1,1,1)	(5,7,9)	(3,5,7) wTK2 (1,92;4,2;6,76)
TK3			1/Es	TK3			(1,1,1)	1/(3,5,7) wTK3 (0,26;0,44;0,82)
TK4				TK4			(1,1,1)	wTK4 (0,64;1,16;2,25)

Ek Tablo 9. Oksijenle Kesme işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi					Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar					Risklere ait ihtimaller		
O1	O2	O3	O4	O5	O1	O2	O3	O4	O5			
O1	Eq	1/Es	1/Vs	1/Es	O1	(1,1,1)	(1,1,3)	1/(3,5,7)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	wO1	(0,29;0,47;1,08)
O2		1/Es	1/Vs	1/Es	O2		(1,1,1)	1/(3,5,7)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	wO2	(0,23;0,47;0,87)
O3			1/Es	Eq	O3			(1,1,1)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	wO3	(1,03;1,81;4,05)
O4				Es	O4				(1,1,1)	(3,5,7)	wO4	(2,89;5,44;9,74)
O5					O5					(1,1,1)	wO5	(0,83;1,81;3,25)

Ek Tablo 10. Kurtağzı ile taşıma işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi					Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar					Risklere ait ihtimaller		
K1	K2	K3	K4	K5	K1	K2	K3	K4	K5			
K1	Es	Es	ES	ES	K1	(1,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	wK1	(2,58;5,56;10,74)
K2		Eq	Eq	Eq	K2		(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	wK2	(0,73;1,11;3,51)
K3			Eq	Eq	K3			(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	wK3	(0,58;1,11;2,82)
K4				Eq	K4				(1,1,1)	(1,1,3)	wK4	(0,47;1,11;2,26)
K5					K5					(1,1,1)	wK5	(0,38;1,11;1,82)

Ek Tablo 11. Sapan kullanımı işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi				Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar			Risklere ait ihtimaller	
S1	S2	S3		S1	S2	S3		
S1	Eq	Eq	S1	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	wS1	(2,21;3,33;9,57)
S2		Eq	S2		(1,1,1)	(1,1,3)	wS2	(1,53;3,33;6,63)
S3			S3			(1,1,1)	wS3	(1,06;3,33;4,6)

Ek Tablo 12. Depolama işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi				Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar				Risklere ait ihtimaller		
D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4			
D1	Eq	Eq	Eq	D1	(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	(1,1,3)	wD1	(1,57;2,32;7,52)
D2		Eq	Eq	D2		(1,1,1)	(1,1,3)	(1,1,3)	wD2	(1,2;2,32;5,71)
D3			Ab	D3			(1,1,1)	(7,9,9)	wD3	(1,48;4,02;5,71)
D4				D4				(1,1,1)	wD4	(0,52;1,34;2,03)

Ek Tablo 13. Malzeme kesme işleminde tanımlanan risklere ait ikili karşılaştırma matrisi ve risklerin gerçekleşme ihtimalleri

Dilsel Karşılaştırma Matrisi					Dilsel Veriler için Bulanık Sayılar					Risklere ait ihtimaller		
MK1	MK2	MK3	MK4	MK5	MK1	MK2	MK3	MK4	MK5			
MK1	1/Es	1/Vs	1/Es	1/Es	MK1	(1,1,1)	1/(3,5,7)	1/(5,7,9)	1/(3,5,7)	1/(3,5,7)	wMK1	(0,2;0,36;0,75)
MK2		1/Es	Eq	Eq	MK2		(1,1,1)	1/(3,5,7)	(1,1,3)	(1,1,3)	wMK2	(0,85;1,38;3,67)
MK3			Es	Es	MK3			(1,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)	wMK3	(2,69;5,35;9,95)
MK4				Es	MK4				(1,1,1)	(3,5,7)	wMK4	(0,85;1,91;3,49)
MK5					MK5					(1,1,1)	wMK5	(0,46;1;1,9)

EK 2. TANIMLANAN RİSKLERE İLİŞKİN ŞİDDETE AİT DEĞERLENDİRMELERİ İÇEREN TABLOLAR

Ek Tablo 14. Forklift işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_F1	M	M	M	VH	H	M	L	(2,5;5;7,5)	(4,2;6,7;8,3)	(2,5;5;7,5)
RS_F2	L	VL	VL	VL	VL	VL	VL	(0;2,5;5)	(0;0;2,5)	(0;0;2,5)
RS_F3	M	M	VH	VH	H	M	L	(2,5;5;7,5)	(5,8;8,3;9,2)	(2,5;5;7,5)
RS_F4	L	VH	VH	H	VH	H	M	(0;2,5;5)	(6,7;9,2;10)	(5;7,5;9,2)
RS_F5	VL	VH	VH	VH	VH	H	H	(0;0;2,5)	(7,5;10;10)	(5,8;8,3;10)
RS_F6	L	M	L	L	L	L	H	(0;2,5;5)	(0,8;3,3;5,8)	(1,7;4,2;6,7)

Ek Tablo 15. Vinç ile taşıma işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_V1	VH	M	VH	VH	H	H	L	(7.5;10;10)	(5.8;8.3;9.2)	(3.3;5.8;8.3)
RS_V2	VH	L	H	M	L	M	L	(7.5;10;10)	(2.5;5;7.5)	(0.8;3.3;5.8)
RS_V3	VH	H	VH	VH	VH	VH	VH	(7.5;10;10)	(6.7;9.2;10)	(7.5;10;10)
RS_V4	VH	L	M	M	VH	VH	VH	(7.5;10;10)	(1.7;4.2;6.7)	(7.5;10;10)
RS_V5	VH	L	H	M	H	H	H	(7.5;10;10)	(2.5;5;7.5)	(5;7.5;10)
RS_V6	VH	H	VH	VH	VH	H	VH	(7.5;10;10)	(6.7;9.2;10)	(6.7;9.2;10)
RS_V7	VH	M	M	H	VH	VH	VH	(7.5;10;10)	(3.3;5.8;8.3)	(7.5;10;10)
RS_V8	M	VH	H	H	L	H	H	(2.5;5;7.5)	(5.8;8.3;10)	(3.3;5.8;8.3)

Ek Tablo 16. Torna işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_TO1	VH	L	M	M	L	L	M	(7.5;10;10)	(1.7;4.2;6.7)	(0.8;3.3;5.8)
RS_TO2	VH	L	L	M	M	H	H	(7.5;10;10)	(0.8;3.3;5.8)	(4.2;6.7;9.2)
RS_TO3	L	VL	VL	VL	VL	VL	M	(0;2,5;5)	(0;0;2,5)	(0,8;1,7;4,2)
RS_TO4	M	VL	L	H	M	M	M	(2,5;5;7,5)	(1,7;3,3;5,8)	(2,5;5;7,5)

Ek Tablo 17. Matkap işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_M1	H	VL	VL	L	VL	VL	L	(5;7,5;10)	(0;0,8;3,3)	(0;0,8;3,3)
RS_M2	VH	VL	VL	L	M	L	H	(7,5;10;10)	(0;0,8;3,3)	(2,5;5;7,5)
RS_M3	VH	L	L	M	VL	VL	L	(7,5;10;10)	(0,8;3,3;5,8)	(0;0,8;3,3)
RS_M4	L	VL	VL	L	VL	VL	M	(0;2,5;5)	(0;0,8;3,3)	(0,8;1,7;4,2)
RS_M5	M	L	M	H	L	L	M	(2,5;5;7,5)	(2,5;5;7,5)	(0,8;3,3;5,8)

Ek Tablo 18. Elektrik ark kaynağı işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_EK1	M	VL	VL	L	M	M	H	(2,5;5;7,5)	(0;0,8;3,3)	(3,3;5,8;8,3)
RS_EK2	M	VL	VL	VL	M	M	H	(2,5;5;7,5)	(0;0;2,5)	(3,3;5,8;8,3)

Ek Tablo 19. Gazaltı kaynağı işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_GK1	H	VL	VL	M	M	L	H	(5;7,5;10)	(0,8;1,7;4,2)	(2,5;5;7,5)
RS_GK2	M	VL	VL	L	H	M	H	(2,5;5;7,5)	(0;0,8;3,3)	(4,2;6,7;9,2)
RS_GK3	M	VL	VL	VL	M	M	H	(2,5;5;7,5)	(0;0;2,5)	(3,3;5,8;8,3)
RS_GK4	H	VL	L	L	M	M	L	(5;7,5;10)	(0;1,7;4,2)	(1,7;4,2;6,7)

Ek Tablo 20. Tozaltı kaynağı işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_TK1	M	VL	VL	VL	M	M	M	(2,5;5;7,5)	(0;0;2,5)	(2,5;5;7,5)
RS_TK2	M	VL	VL	VL	M	M	L	(2,5;5;7,5)	(0;0;2,5)	(1,7;4,2;6,7)
RS_TK3	VH	VL	L	L	M	M	L	(7,5;10;10)	(0;1,7;4,2)	(1,7;4,2;6,7)
RS_TK4	VH	VL	VL	VL	H	L	L	(7,5;10;10)	(0;0;2,5)	(1,7;4,2;6,7)

Ek Tablo 21. Oksijenle kesme işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_O1	H	M	VL	VL	M	L	M	(5;7,5;10)	(0,8;1,7;4,2)	(1,7;4,2;6,7)
RS_O2	H	VL	VH	VL	VH	VH	VL	(5;7,5;10)	(2,5;3,3;5)	(5;6,7;7,5)
RS_O3	H	VL	VH	VL	VH	VH	VH	(5;7,5;10)	(2,5;3,3;5)	(7,5;10;10)
RS_O4	VH	VL	VL	VL	VH	M	VL	(7,5;10;10)	(0;0;2,5)	(3,3;5;6,7)
RS_O5	VL	VL	L	H	L	L	H	(0;0;2,5)	(1,7;3,3;5,8)	(1,7;4,2;6,7)

Ek Tablo 22. Kurtağzı ile taşıma işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_K1	VH	L	M	L	H	M	M	(7,5;10;10)	(0,8;3,3;5,8)	(3,3;5,8;8,3)
RS_K2	VH	M	VH	VH	H	H	VH	(7,5;10;10)	(5,8;8,3;9,2)	(5,8;8,3;10)
RS_K3	VH	L	L	VH	M	M	VH	(7,5;10;10)	(2,5;5;6,7)	(4,2;6,7;8,3)
RS_K4	VH	L	L	VH	VH	H	VH	(7,5;10;10)	(2,5;5;6,7)	(6,7;9,2;10)
RS_K5	VH	VL	L	M	M	L	M	(7,5;10;10)	(0,8;2,5;5)	(1,7;4,2;6,7)

Ek Tablo 23. Sapan kullanımı işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_S1	VH	L	L	VH	H	H	VH	(7,5;10;10)	(2,5;5;6,7)	(5,8;8,3;10)
RS_S2	VH	L	L	VH	H	VH	VH	(7,5;10;10)	(2,5;5;6,7)	(6,7;9,2;10)
RS_S3	VH	VL	M	VH	VH	VH	VH	(7,5;10;10)	(3,3;5;6,7)	(7,5;10;10)

Ek Tablo 24. Depolama işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_D1	L	VL	VH	VH	H	VH	VH	(0;2,5;5)	(5;6,7;7,5)	(6,7;9,2;10)
RS_D2	L	VL	VH	VH	M	VH	VH	(0;2,5;5)	(5;6,7;7,5)	(5,8;8,3;9,2)
RS_D3	L	VL	H	H	H	VH	H	(0;2,5;5)	(3,3;5;7,5)	(5,8;8,3;10)
RS_D4	H	VL	H	H	VH	VH	H	(5;7,5;10)	(3,3;5;7,5)	(6,7;9,2;10)

Ek Tablo 25. Malzeme kesme işlemindeki risklerin şiddetine ilişkin değerlendirme

	ŞİDDET İÇİN DİLSEL İFADE							ŞİDDET İÇİN BULANIK SAYILAR		
	RSH	RSM			RSE			RSH	RSM	RSE
		E1	E2	E3	E1	E2	E3			
RS_MK1	VL	L	M	M	M	H	VH	(0;0;2,5)	(1,7;4,2;6,7)	(5;7,5;9,2)
RS_MK2	H	M	M	M	L	L	L	(5;7,5;10)	(2,5;5;7,5)	(0;2,5;5)
RS_MK3	M	L	M	L	VL	M	M	(2,5;5;7,5)	(0,8;3,3;5,8)	(1,7;3,3;5,8)
RS_MK4	L	VL	L	M	M	H	H	(0;2,5;5)	(0,8;2,5;5)	(4,2;6,7;9,2)
RS_MK5	L	L	M	H	VL	H	H	(0;2,5;5)	(2,5;5;7,5)	(3,3;5;7,5)

EK 3. TANIMLANAN RİSKLERE İLİŞKİN ŞİDDETE AİT HESAPLANAN ÜYELİK DERECELERİNİ İÇEREN TABLOLAR

Ek Tablo 26. Forklift ile taşıma işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
	0,50	1,00	0,50		0,15	0,63	0,87	0,21		0,50	1,00	0,50		
0,50	1,00	0,50			1,00	0,50				1,00	0,50			
	0,50	1,00	0,50				0,36	0,89	0,46		0,50	1,00	0,50	
0,50	1,00	0,50					0,17	0,68	0,72				1,00	0,40
1,00	0,50							0,50	1			0,34	0,84	0,6
0,50	1,00	0,50			0,36	0,89	0,63	0,15		0,16	0,66	0,84	0,34	

Ek Tablo 27. Vinç ile taşıma işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
			0,50	1,00			0,34	0,84	0,50		0,34	0,84	0,66	0,16
			0,50	1,00		0,50	1,00	0,50		0,34	0,84	0,66	0,16	
			0,50	1,00			0,16	0,66	0,76				0,50	1,00
			0,50	1,00	0,16	0,66	0,84	0,34					0,50	1,00
			0,50	1,00		0,50	1,00	0,50			0,50	1,00	0,50	
			0,50	1,00			0,17	0,66	0,75		0,16	0,66	0,75	
			0,50	1,00		0,34	0,84	0,66	0,17				0,50	1,00
0,50	1,00	0,50				0,34	0,84	0,60		0,34	0,84	0,66	0,17	

Ek Tablo 28. Torna işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
			0,50	1,00	0,17	0,66	0,84	0,34		0,34	0,84	0,66	0,16	
			0,50	1,00	0,40	0,86	0,66	0,16			0,17	0,67	0,84	0,34
0,50	1,00	0,50			1,00	0,50				0,50	0,40	0,34		
	0,50	1,00	0,50		0,20	0,80	0,66	0,16			0,50	1,00	0,50	

Ek Tablo 29. Matkap işlemeine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
		0,50	1,00	0,50	0,76	0,66	0,16			0,76	0,66	0,16		
			0,50	1,00	0,76	0,66	0,16				0,50	1,00	0,50	
			0,50	1,00	0,34	0,84	0,66	0,17		0,76	0,66	0,16		
0,50	1,00	0,50			0,76	0,66	0,16			0,50	0,84	0,34		
	0,50	1,00	0,50			0,50	1,00	0,50		0,34	0,84	0,66	0,17	

Ek Tablo 30. Elektrik ark kaynağı işlemeine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
		0,50	1,00	0,50		0,76	0,66	0,16			0,34	0,84	0,66	0,17
		0,50	1,00	0,50		1,00	0,50				0,34	0,84	0,66	0,17

Ek Tablo 31. Gazaltı kaynağı işlemeine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
		0,50	1,00	0,50	0,50	0,84	0,34			0,50	1,00	0,50		
		0,50	1,00	0,50		0,76	0,66	0,16		0,16	0,66	0,84	0,34	
		0,50	1,00	0,50		1,00	0,50			0,34	0,84	0,66	0,17	
		0,50	1,00	0,50	0,60	0,84	0,34			0,16	0,66	0,84	0,34	

Ek Tablo 32. Tozaltı kaynağı işlemeine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
		0,50	1,00	0,50		1,00	0,50				0,50	1,00	0,50	
		0,50	1,00	0,50		1,00	0,50			0,17	0,67	0,84	0,34	
			0,50	1,00	0,6	0,84	0,34			0,17	0,67	0,84	0,34	
			0,50	1,00	1,00	0,50				0,17	0,67	0,84	0,34	

Ek Tablo 33. Oksijenle kesme işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
		0,50	1,00	0,50	0,50	0,84	0,34				0,32	0,86	0,64	0,14
		0,50	1,00	0,50		0,76	0,60				0,12	0,67	0,78	0,23
		0,50	1,00	0,50		0,76	0,60					0,53	0,93	0,35
			0,50	1,00	1,00	0,50						0,53	0,85	0,09
1,00	0,50				0,20	0,80	0,66	0,16		0,55	0,80	0,30		

Ek Tablo 34. Kurtağzı ile taşıma işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
		0,50	1,00	0,34	0,84	0,66					0,34	0,84	0,66	
		0,50	1,00			0,34	0,84	0,50				0,34	0,84	0,60
		0,50	1,00		0,50	1,00	0,40				0,17	0,66	0,80	
		0,50	1,00		0,50	1,00	0,40					0,16	0,66	0,76
		0,50	1,00	0,4	1,00	0,50				0,16	0,66	0,84	0,34	

Ek Tablo 35. Sapan kullanımı işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
		0,50	1,00		0,50	1,00	0,40				0,34	0,84	0,60	
		0,50	1,00		0,50	1,00	0,40				0,16	0,66	0,76	
		0,50	1,00		0,40	1,00	0,40					0,50	1,00	

Ek Tablo 36. Depolama işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
0,50	1,00	0,50					0,60	0,76				0,16	0,66	0,76
0,50	1,00	0,50					0,60	0,76				0,34	0,84	0,50
0,50	1,00	0,50				0,40	1,00	0,50				0,34	0,84	0,60
		0,50	1,00	0,50		0,40	1,00	0,50				0,17	0,66	0,76

Ek Tablo 37. Malzeme kesme işlemine ait risklerin şiddetine ilişkin üyelik dereceleri

RİSKLERE AİT ÜYELİK DERECELERİ														
RSH					RSM					RSE				
VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH	VL	L	M	H	VH
1,00	0,50				0,17	0,66	0,84	0,34				0,50	1,00	0,40
		0,50	1,00	0,50		0,50	1,00	0,50		0,50	1,00	0,50		
	0,50	1,00	0,50		0,34	0,84	0,66	0,16		0,20	0,80	0,66	0,16	
0,50	1,00	0,50			0,40	1,00	0,50				0,16	0,66	0,84	0,34
0,50	1,00	0,50				0,50	1,00	0,50			0,40	1,00	0,50	

EK 4. TANIMLANAN RİSKLERE İLİŞKİN MEYDANA GELME İHTİMALLERİNE AIT ÜYELİK DERECELERİNİ İÇEREN TABLOLAR

Ek Tablo 38. Forklift ile taşıma işlemine ait risklerin meydana gelme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_F1	0,26	0,93	0,68	0,32	
RL_F2	0,78	0,46			
RL_F3	0,77	0,41			
RL_F4	0,79	0,37			
RL_F5	0,32	0,93	0,62	0,18	
RL_F6	0,35	0,93	0,53		

Ek Tablo 39. Vinç ile taşıma işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_V1	0,32	0,97	0,41		
RL_V2	0,85	0,33			
RL_V3	0,85	0,27			
RL_V4	0,58	0,66			
RL_V5	0,85	0,25			
RL_V6	0,85	0,23			
RL_V7	0,85	0,23			
RL_V8		0,52	0,91	0,34	

Ek Tablo 40. Torna işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_TO1	0,75	0,44			
RL_TO2		0,27	0,75	0,82	0,45
RL_TO3	0,34	0,98	0,41		
RL_TO4	0,76	0,38			

Ek Tablo 41. Matkap işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_M1	0,81	0,36			
RL_M2		0,43	0,93	0,69	0,33
RL_M3	0,82	0,32			
RL_M4	0,46	0,85	0,33		
RL_M5	0,49	0,82	0,18		

Ek Tablo 42. Elektrik ark kaynağı işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_EK1		0,35	1,00	0,71	0,41
RL_EK2	0,08	0,53	1,00	0,35	

Ek Tablo 43. Gazaltı kaynağı işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_GK1	0,60	0,63			
RL_GK2		0,57	0,88	0,49	0,11
RL_GK3	0,09	0,63	0,82	0,27	
RL_GK4	0,88	0,22			

Ek Tablo 44. Tozaltı kaynağı işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_TK1		0,60	0,88	0,54	0,20
RL_TK2	0,13	0,65	0,84	0,35	
RL_TK3	0,84	0,28			
RL_TK4	0,61	0,64			

Ek Tablo 45. Oksijenle kesme işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_O1	0,81	0,36			
RL_O2	0,83	0,31			
RL_O3	0,46	0,86	0,32		
RL_O4		0,43	0,93	0,69	0,33
RL_O5	0,49	0,82	0,18		

Ek Tablo 46. Kurtağzı ile taşıma işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_K1		0,44	0,89	0,75	0,43
RL_K2	0,62	0,72	0,21		
RL_K3	0,63	0,67	0,08		
RL_K4	0,64	0,62			
RL_K5	0,65	0,57			

Ek Tablo 47. Sapan kullanımı işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_S1	0,08	0,78	0,80	0,53	0,24
RL_S2	0,23	0,81	0,70	0,28	
RL_S3	0,30	0,83	0,55		

Ek Tablo 48. Depolama işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_D1	0,28	0,98	0,65	0,33	
RL_D2	0,36	0,97	0,50	0,12	
RL_D3	0,20	0,70	0,76	0,17	
RL_D4	0,61	0,63			

Ek Tablo 49. Malzeme kesme işlemine ait risklerin gerçekleşme ihtimallerine ilişkin üyelik dereceleri

	Üyelik dereceleri				
	VL	L	M	H	VH
RL_MK1	0,85	0,25			
RL_MK2	0,53	0,77	0,25		
RL_MK3		0,45	0,93	0,70	0,34
RL_MK4	0,46	0,86	0,25		
RL_MK5	0,67	0,56			

EK 5. RİSK BÜYÜKLÜĞÜ HESAPLAMASI İÇİN KULLANILAN KURAL TABANINA AİT TABLO

Ek Tablo 50. Risk büyüklüğü hesaplaması için kullanılan kural tabanı

RL								RL								RL							
RSH	RSE	RSM	VL	L	M	H	VH	RSH	RSE	RSM	VL	L	M	H	VH	RSH	RSE	RSM	VL	L	M	H	VH
		VL	N	N	N	N	N	M	VL	VL	N	Mi	Ma	Ma	Ma	VH	VL	VL	Mi	Ma	Ma	Ma	C
		L	N	N	N	N	N			L	N	Mi	Ma	Ma	Ma			L	Mi	Ma	Ma	Ma	C
	VL	M	N	N	N	N	N			M	N	Mi	Ma	Ma	Ma			M	Mi	Ma	Ma	Ma	C
		H	N	N	N	N	Mi			H	N	Mi	Ma	Ma	Ma			H	Mi	Ma	Ma	Ma	C
		VH	N	N	N	N	Mi			VH	N	Ma	Ma	Ma	Ma			VH	Mi	Ma	Ma	Ma	C
	L	VL	N	N	N	N	N		L	VL	N	Mi	Ma	Ma	Ma		L	VL	Mi	Ma	Ma	Ma	C
		L	N	N	N	Mi	N			L	N	Mi	Ma	Ma	Ma			L	Mi	Ma	Ma	Ma	C
		M	N	N	Mi	Mi	Mi			M	N	Ma	Ma	Ma	Ma			M	Mi	Ma	Ma	Ma	C
		H	N	N	Mi	Mi	Mi			H	N	Ma	Ma	Ma	Ma			H	Mi	Ma	Ma	Ma	C
		VH	N	N	Mi	Mi	Mi			VH	N	Ma	Ma	Ma	Ma			VH	Mi	Ma	Ma	C	C
	M	VL	N	N	Mi	Mi	Mi		M	VL	N	Ma	Ma	Ma	Ma		M	VL	Mi	Ma	Ma	C	C
		L	N	N	Mi	Mi	Mi			L	N	Ma	Ma	Ma	Ma			L	Mi	Ma	Ma	C	C
VL		M	N	N	Mi	Mi	Ma			M	N	Ma	Ma	Ma	Ma			M	Mi	Ma	Ma	C	C
		H	N	N	Mi	Mi	Ma			H	N	Ma	Ma	Ma	Ma			H	Mi	Ma	Ma	C	C
		VH	N	Mi	Mi	Ma	Ma			VH	N	Ma	Ma	Ma	Ma			VH	Mi	Ma	Ma	C	C
	H	VL	N	Mi	Mi	Ma	Ma		H	VL	N	Ma	Ma	Ma	Ma		H	VL	Mi	Ma	Ma	C	C
		L	N	Mi	Mi	Ma	Ma			L	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma			L	Mi	Ma	Ma	C	C
		M	N	Mi	Mi	Ma	Ma			M	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma			M	Mi	Ma	Ma	C	C
		H	N	Mi	Mi	Ma	Mia			H	Mi	Ma	Ma	Ma	Ma			H	Mi	Ma	Ma	C	C
		VH	N	Mi	Mi	Ma	Ma			VH	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	C	C
	VH	VL	N	Mi	Mi	Ma	Ma		VH	VL	Mi	Ma	Ma	Ma	C		VH	VL	Mi	Ma	Ma	C	C
		L	N	Mi	Mi	Ma	Ma			L	Mi	Ma	Ma	Ma	C			L	Mi	Ma	Ma	C	C
		M	N	Mi	Mi	Ma	C			M	Mi	Ma	Ma	Ma	C			M	Ma	Ma	C	C	C
		H	N	Mi	Mi	Ma	C			H	Mi	Ma	Ma	Ma	C			H	Ma	Ma	C	C	C
		VH	N	Ma	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VH	Ma	Ma	C	C	C
L		VL	N	N	N	N	N	H	VL	VL	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VL	Mi	Ma	Ma	C	C
		L	N	N	N	N	N			L	Mi	Ma	Ma	Ma	C			L	Mi	Ma	Ma	C	C
		M	N	N	N	N	N			M	Mi	Ma	Ma	Ma	C			M	Mi	Ma	Ma	C	C
		H	N	N	N	N	Mi			H	Mi	Ma	Ma	Ma	C			H	Mi	Ma	Ma	C	C
		VH	N	N	N	Mi	Mi			VH	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	C	C
	L	VL	N	N	N	N	Mi		L	VL	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VL	Mi	Ma	Ma	C	C
		L	N	N	N	N	Mi			L	Mi	Ma	Ma	Ma	C			L	Mi	Ma	Ma	C	C
		M	N	N	N	Mi	Mi			M	Mi	Ma	Ma	Ma	C			M	Mi	Ma	Ma	C	C
		H	N	N	Mi	Mi	Mi			H	Mi	Ma	Ma	Ma	C			H	Mi	Ma	Ma	C	C
		VH	N	N	Mi	Mi	Mi			VH	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	C	C
	M	VL	N	Mi	Mi	Ma	Ma		M	VL	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VL	Mi	Ma	Ma	C	C
		L	N	Mi	Mi	Ma	Ma			L	Mi	Ma	Ma	Ma	C			L	Mi	Ma	Ma	C	C
		M	N	Mi	Mi	Ma	Ma			M	Mi	Ma	Ma	Ma	C			M	Mi	Ma	Ma	C	C
		H	N	Mi	Ma	Ma	Ma			H	Mi	Ma	Ma	Ma	C			H	Mi	Ma	Ma	C	C
		VH	N	Mi	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	C	C
	H	VL	N	Mi	Ma	Ma	Ma		H	VL	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VL	Mi	Ma	Ma	C	C
		L	N	Mi	Ma	Ma	Ma			L	Mi	Ma	Ma	Ma	C			L	Mi	Ma	Ma	C	C
		M	N	Mi	Ma	Ma	Ma			M	Mi	Ma	Ma	Ma	C			M	Mi	Ma	Ma	C	C
		H	N	Mi	Ma	Ma	Ma			H	Mi	Ma	Ma	Ma	C			H	Mi	Ma	Ma	C	C
		VH	N	Mi	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	C	C
	VH	VL	N	Mi	Ma	Ma	C		VH	VL	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VL	Mi	Ma	Ma	C	C
		L	N	Mi	Ma	Ma	C			L	Mi	Ma	Ma	Ma	C			L	Mi	Ma	Ma	C	C
		M	N	Mi	Ma	Ma	C			M	Mi	Ma	Ma	Ma	C			M	Mi	Ma	Ma	C	C
		H	N	Ma	Ma	Ma	C			H	Mi	Ma	Ma	Ma	C			H	Mi	Ma	Ma	C	C
		VH	N	Ma	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	Ma	C			VH	Mi	Ma	Ma	C	C

EK 6. TANIMLANAN RİSKLERE AİT HESAPLANAN RİSK BÜYÜKLÜKLERİNİ İÇEREN TABLOLAR

Ek Tablo 51. Forkliftle taşıma işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_F1	0,5	0,5	0,87	0	4,59		70,50%	29,50%	
RM_F2	0,78	0,46	0,46	0	3,44		100%		
RM_F3	0,77	0,5	0,41	0	3,36		100%		
RM_F4	0,4	0,4	0,4	0	4,00		100%		
RM_F5	0,34	0,84	0,6	0	4,44		78%	22%	
RM_F6	0,66	0,84	0,5	0	3,76		100%		

Ek Tablo 52. Vinç ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_V1	0	0,32	0,84	0,16	6,64			100%	
RM_V2	0	0,84	0,33	0	4,85		57,50%	42,50%	
RM_V3	0	0,5	0,76	0	5,81		9,50%	90,5%	
RM_V4	0	0,58	0,66	0	5,60		20%	80%	
RM_V5	0	0,85	0,5	0	5,11		44,50%	55,50%	
RM_V6	0	0,66	0,75	0	5,60		20%	80%	
RM_V7	0	0,5	0,84	0	5,88		6%	94%	
RM_V8	0,34	0,5	0,84	0	4,89		55,50%	44,50%	

Ek Tablo 53. Torna işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_TO1	0	0,75	0,44	0	5,11		44,50%	55,50%	
RM_TO2	0	0	0,75	0,82	8,57			21,50%	78,50%
RM_TO3	0,5	0,5	0,41	0	3,81		100%		
RM_TO4	0,76	0,5	0,38	0	3,30		100%		

Ek Tablo 54. Matkap işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_M1	0,5	0,76	0,36	0	3,74		100%		
RM_M2	0	0	0,76	0,69	8,43			28,50%	71,50%
RM_M3	0	0,76	0,32	0	4,89		55,50%	44,50%	
RM_M4	0,76	0,5	0,34	0	3,21		100%		
RM_M5	0,5	0,5	0,82	0	4,53		73,50%	26,50%	

Ek Tablo 55. Elektrik ark kaynağı işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_EK1	0,34	0,5	0,76	0,41	5,85		7,50%	92,50%	
RM_EK2	0,34	0,5	0,84	0	4,89		55,50%	44,50%	

Ek Tablo 56. Gazaltı kaynağı işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_GK1	0,5	0,6	0,63	0	4,23		88,50%	11,50%	
RM_GK2	0,16	0,5	0,76	0,11	5,61		19,50%	80,50%	
RM_GK3	0,35	0,5	0,82	0	4,84		58%	42%	
RM_GK4	0,5	0,84	0,22	0	3,46		100%		

Ek Tablo 57. Tozaltı kaynağı işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_TK1	0,5	0,5	0,88	0,2	5,13		43,50%	56,50%	
RM_TK2	0,5	0,65	0,84	0	4,51		74,50%	25,50%	
RM_TK3	0	0,84	0,28	0	4,75		62,50%	37,50%	
RM_TK4	0	0,61	0,64	0	5,54		23%	77%	

Ek Tablo 58. Oksijenle kesme işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_O1	0,5	0,81	0,36	0	3,75		100%		
RM_O2	0,5	0,76	0,31	0	3,64		100%		
RM_O3	0	0,46	0,76	0,32	6,73			100%	
RM_O4	0	0	0,93	0,69	8,28			36%	64%
RM_O5	0,8	0,5	0,18	0	2,74	13%	87%		

Ek Tablo 59. Kurtağı ile taşıma işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_K1	0	0	0,84	0,75	8,42			29%	71%
RM_K2	0	0,62	0,72	0,21	6,21			100%	
RM_K3	0	0,63	0,67	0	5,55		22,50%	77,50%	
RM_K4	0	0,64	0,64	0	5,50		25%	75%	
RM_K5	0	0,65	0,57	0	5,40		30%	70%	

Ek Tablo 60. Sapan kullanma işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_S1	0	0,08	0,8	0,6	8,05			47,50%	52,50%
RM_S2	0	0,23	0,76	0,7	7,83			58,50%	41,50%
RM_S3	0	0,3	0,83	0,55	7,45			77,50%	22,50%

Ek Tablo 61. Depolama işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_D1	0,28	0,66	0,76	0	4,85		57,50%	42,50%	
RM_D2	0,36	0,76	0,5	0	4,26		87%	13%	
RM_D3	0,34	0,7	0,76	0	4,70		65%	35%	
RM_D4	0,17	0,61	0,63	0	4,98		51%	49%	

Ek Tablo 62. Malzeme kesme işlemine ait risklere ilişkin hesaplanan risk büyüklükleri

	N	Mi	Ma	C	RM	N	Mi	Ma	C
RM_MK1	0,84	0,25	0,25	0	2,68	16%	84%		
RM_MK2	0,5	0,53	0,77	0	4,45		77,50%	22,50%	
RM_MK3	0,5	0,5	0,80	0,34	5,37		31,50%	68,50%	
RM_MK4	0,5	0,84	0,5	0	4,00		100%		
RM_MK5	0,67	0,56	0,5	0	3,71		100%		

ÖZGEÇMİŞ

Özge ACUNER 1990 yılında Trabzon'da doğdu. 2008 yılında Trabzon Kanuni Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra aynı yıl Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı ve 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2014 yılı Mart ayından beri Karadeniz Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak görevine devam eden Özge Acuner iyi derecede İngilizce bilmektedir.