

**İBN HALDUN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DOĞALGAZ TESİSATININ BİNAYA KURULUM  
SÜRECİNDEKİ RİSKLERİN BULANIK-FMEA  
YÖNTEMİ İLE ANALİZİ: İBB UYGULAMASI**

**İSRAFİL CEYLAN**

**TEZ DANIŞMANI**

**DR. ÖĞR. ÜYESİ FATİH ÖZTÜRK**

**İSTANBUL, 2021**

**İBN HALDUN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DOĞALGAZ TESİSATININ BİNAYA KURULUM  
SÜRECİNDEKİ RİSKLERİN BULANIK-FMEA  
YÖNTEMİ İLE ANALİZİ: İBB UYGULAMASI**

**İSRAFİL CEYLAN**

**TEZ DANIŞMANI**

**DR. ÖĞR. ÜYESİ FATİH ÖZTÜRK**

**İSTANBUL, 2021**

## ONAY SAYFASI

Bu tez tarafımızca okunmuş olup kapsam ve nitelik açısından, İşletme alanında Yüksek Lisans Derecesini alabilmek için yeterli olduğuna karar verilmiştir.

### Tez Jürisi Üyeleri

Unvan – Ad Soyad

Kanaati

İmza


Bu tezin İbn Haldun Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından konulan tüm standartlara uygun şekilde yazıldığı teyit edilmiştir.

Teslim Tarihi

Mühür/İmza



ÖZ

DOĞALGAZ TESİSATININ BİNAYA KURULUM SÜRECİNDEKİ RİSKLERİN  
BULANIK-FMEA YÖNTEMİ İLE ANALİZİ: İBB UYGULAMASI

Ceylan, İsrail

İşletme Yüksek Lisans Programı

Öğrenci Numarası: 188037060

Open Researcher and Contributor ID (ORC-ID): 0000-0001-5828-4032

Ulusal Tez Merkezi Referans Numarası: 10371819

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZTÜRK

Temmuz 2021, 110 sayfa

Doğalgaz tesisatlarının kurulum süreçlerinde meydana gelebilecek hataların oldukça maliyetli ve tehlikeli sonuçları olabilmektedir. Bu noktada, doğalgaz tesisatının kurulum projelerinde risk yönetimi ve sistem güvenilirliği büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma doğalgaz tesisatının tasarım ve kurulum süreçlerindeki riskleri analiz edip mevcut sisteme iyileştirme önerileri sunmayı amaçlamaktadır. Çalışmada, kurulumu yapılacak bir doğalgaz tesisatında karşılaşılabilecek risklerin ve elde edilen verilerin etkilerinin tespit edilmesi amacıyla Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) yöntemi kullanılmıştır. FMEA'da gerekli risk eylemlerinin önceliklendirilmesi tahmini bazda subjektif olarak yapılır. Bu çalışmada riskleri daha hassas derecelendirme ve sıralama yapılabilmesi için bulanık FMEA kullanılmıştır. Bulanık-FMEA ile risklerin önceliklendirilmesinden sonra pareto analizi yardımı ile iyileştirme önerileri sunulacak olan riskler belirlenmiştir. Bu çalışma sonuçlarının hem doğalgaz kurulum hem de diğer yüksek risk içeren süreçlerinde sistem emniyeti sağlayan, profesyonellere yardımcı olması beklendiği gibi çalışmanın bu alanda çalışan araştırmacılara da faydalı olması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Analiz, Bulanık Mantık, Doğalgaz, FMEA, Kurulum, Riskler.

## ABSTRACT

### INSTALLATION OF NATURAL GAS INSTALLATION BULANIK-FMEA OF RISKS IN THE PROCESS ANALYSIS BY METHOD: ISTANBUL METROPOLITAN MUNICIPALITY EXAMPLE

Ceylan, İsrafil

MA in Management

Student ID: 188037060

Open Researcher and Contributor ID (ORC-ID): 0000-0001-5828-4032

National Thesis Center Reference Number: 10371819

Thesis Supervisor: Assist. Prof. Fatih ÖZTÜRK

July 2021, 110 pages

In addition to errors that may occur in the installation of natural gas installations, they can have dangerous consequences. Risk management and reliability are important in installation projects of natural gas installations. This study aims to analyze the risks in the design and installation processes of the natural gas installation and present the current system improvement suggestions. In the study, the error of the risks that may be encountered in a natural gas installation to be installed and the error of the risks that may be encountered Error Types and Effects Analysis (FMEA) method was used. In FMEA, the prioritization of required risk actions is done subjectively on an estimated basis. For more precise grading and sorting of this risk, fuzzy FMEA is used. Around the risks for which improvement suggestions will be presented with the help of pareto analysis after prioritizing risks with Fuzzy-FMEA. The results of this study have provided system security in both natural gas installation and other high-risk processes, and it is expected to be beneficial to researchers working in this field, as it is expected to assist professionals.

**Keywords:** Analysis, Fuzzy Logic, FMEA, Natural gas, Risks, Setup.

## İTHAF SAYFASI

Eşim Şeyma Betül CEYLAN ve Oğlum Fatih CEYLAN' a...

## TEŞEKKÜR

Araştırmamda beni yönlendiren, karşıma çıkan zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardım eden İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümündeki değerli Danışman Hocam Dr. Fatih ÖZTÜRK' e ve öğretim görevlisi Dr. Gülsüm Kübra KAYA' ya teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmalarımın yürütülmesinde yardımlarını gördüğüm İGDAŞ kurumda Endüstriyel ve Büyük Tüketimli Tesislerin Projelerinin Onaylama Şefliğinin Teknik Şefi Tangök YILMAZ beye teşekkür ediyorum. Ayrıca UGETAM kurumundaki yapılan yayınları yöneten Makine Yüksek Mühendisi-Saha Hizmetleri Şefi olan Abdülkadir Alper AKGÜNGÖR beye, tez için en önemli riskler hakkında bilgilerin edinilmesinde firmasının kapılarını açan Talep Mühendislik firmasının işletmecileri Sultan SAYLAĞ ve Burak ERKEK' e teşekkür ediyorum. Konularında uzman kişilerin anket çalışmamda sağladıkları katkılar için değerli görüşlerini benimle paylaşan uzman kişilere özellikle şükranlarımı sunarım. Düşünceleri ve fikirleri ile tezimi desteklemişlerdir.

Tezime sağladığı maddi katkılardan ötürü işyerime, tezimi yazarken her aşamada beni yalnız bırakmayan eşime ve oğluma sonsuz sevgimi ve saygımı sunarım.

İsrafil CEYLAN  
İSTANBUL, 2021

## İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iv
ABSTRACT .....	v
İTHAF SAYFASI.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR .....	xiii
<b>BÖLÜM I GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1.    Literatür Araştırması .....	2
<b>BÖLÜM II MEKANİK TESİSATLAR .....</b>	<b>6</b>
2.1.    Sihhi Tesisatı .....	6
2.2.    Isıtma Tesisatı.....	7
2.3.    Havalandırma Tesisatı.....	7
2.4.    Klima-Soğutma Tesisatı.....	8
2.5.    Yangından Korunma Tesisatı .....	8
2.6.    Doğalgaz Tesisatı Hakkında Genel Bilgiler .....	9
2.6.1.    Doğalgazın Tanımı ve Genel Özellikleri .....	9
2.6.2.    Doğalgazın Tarihi .....	11
2.6.3.    Dünyada Doğalgaz Rezervleri .....	12
2.6.4.    Türkiye’de Doğalgaz Kullanımı.....	13
2.6.5.    Doğalgazın Kullanım Alanları .....	14
2.6.6.    Mevzuat Araştırması .....	15
2.6.7.    Doğalgaz Tesisatı İş Akış Aşamaları.....	15
2.6.8.    Yaşanmış Doğalgaz Kazaları .....	20
2.6.9.    Doğalgaz Süreç Anketi .....	22
<b>BÖLÜM III RİSK KAVRAMI VE RİSK ANALİZİ.....</b>	<b>23</b>
3.1.    Risk Kavramı .....	23
3.2.    Risk Analizi .....	23
3.3.    Risk Değerlendirme ve Risk Yönetimi .....	24
3.4.    Risk Analiz Yöntemleri.....	25
3.4.1.    Ön Tehlike Analizi (PHA) .....	25

3.4.2. İş Güvenlik Analizi (JSA).....	26
3.4.3. Birincil Risk Analizi (PRA).....	26
3.4.4. Risk Değerlendirme Karar Matrisi .....	27
3.4.5. Hata Ağacı Analizi (FTA).....	27
3.4.6. Olay Ağacı Analizi (ETA) .....	28
3.4.7. Neden - Sonuç Analizi .....	28
3.4.8. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA).....	29
<b>BÖLÜM IV METOT-HATA TÜRLERİ VE ETKİ ANALİZİ (FMEA) .....</b>	<b>30</b>
4.1. FMEA'nın Tanımları.....	30
4.2. FMEA'nın Tarihsel Gelişimi .....	31
4.3. FMEA'da Kullanılan Kavramlar .....	31
4.4. FMEA'nın Amaçları ve Faydaları .....	33
4.5. FMEA Çeşitleri.....	33
4.5.1. Sistem FMEA.....	34
4.5.2. Tasarım FMEA.....	34
4.5.3. Süreç FMEA .....	35
4.5.4. Servis FMEA .....	35
4.6. Uygulanacak FMEA Çeşidinin Belirlenmesi .....	35
4.7. FMEA Uygulama Adımları .....	36
4.7.1. FMEA Takımının Kurulması .....	37
4.7.2. Hata Türlerinin Belirlenmesi .....	38
4.7.3. Hata Etkilerinin Belirlenmesi .....	42
4.7.4. Hata Nedenlerinin Belirlenmesi .....	42
4.7.5. Ağırlık Değerinin Belirlenmesi .....	45
4.7.6. Olasılık Değerinin Belirlenmesi .....	46
4.7.7. Saptama Değerinin Belirlenmesi .....	46
4.7.8. Risk Öncelik Sayısı (RÖS) Değerlerinin Hesaplanması.....	47
4.7.9. Alınacak Önlemler ve Kontrollerin Belirlenmesi.....	47
4.7.10. Yeni Risk Öncelik Sayısı (RÖS) Değerlerinin Hesaplanması.....	58
<b>BÖLÜM V METOT-BULANIK MANTIK.....</b>	<b>59</b>
5.1. Bulanık Mantık Kavramı ve Tanımı .....	59
5.2. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi.....	60
5.3. Bulanık Küme Teorisi .....	61
5.4. Bulanık Küme İşlemleri .....	63
5.5. Üyelik Fonksiyonu ve Çeşitleri .....	66

5.6. Bulanık Sistem.....	68
5.6.1. Bulanıklaştırma.....	69
5.6.1. Kural Tabanı.....	70
5.6.1. Çıkarım.....	71
5.6.1. Durulama.....	71
<b>BÖLÜM VI UYGULAMA METOTU-BULANIK FMEA.....</b>	<b>72</b>
6.1. Uygulama Yöntemi.....	72
6.1. FMEA Uygulaması.....	72
6.1. Bulanık-FMEA Uygulaması.....	72
<b>BÖLÜM VII SONUÇLAR.....</b>	<b>77</b>
<b>REFERANSLAR.....</b>	<b>79</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>84</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>110</b>

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Rös değerlendirmesi.....	32
Tablo 4.2. Fmea takımını oluşturacak işletme alışanları.....	37
Tablo 4.3. Fmea hata türleri .....	38
Tablo 4.4. Tasarım fmea beyin fırtınası alışması.....	43
Tablo 4.5. Proses fmea beyin fırtınası alışması .....	44
Tablo 4.6. Ağırlık/şiddet etkisi dereceleri.....	45
Tablo 4.7. Hatanın oluşma olasılığı dereceleri.....	46
Tablo 4.8. Saptana bilirlilik dereceleri.....	47
Tablo 4.9. Hata türü - öneri ve açıklama – Kontroller.....	48
Tablo 5.1. Klasik küme ve bulanık küme notasyonları .....	63
Tablo 5.2. En yaygın kullanılan üyelik fonksiyonu eşitleri .....	67

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Doğalgaz bileşenleri.....	9
Şekil 2.2. Dünya doğalgaz rezervinin dağılımı .....	13
Şekil 2.3. Türkiye doğalgaz ithalatı.....	14
Şekil 2.4. Projelendirme iş akış şeması.....	16
Şekil 2.5. Kurulum iş akış şeması.....	17
Şekil 2.6. Doğalgaz bina iç tesisat şeması.....	19
Şekil 3.1. Risk yönetim sistemine aşamaları.....	24
Şekil 4.1. FMEA çeşitleri.....	34
Şekil 4.2. FMEA süreci.....	36
Şekil 4.3. Tasarım fmea sebep sonuç diyagramı .....	43
Şekil 4.4. Proses fmea sebep sonuç diyagramı.....	44
Şekil 5.1. Klasik kümelerin üyelik fonksiyonu .....	62
Şekil 5.2. Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonu .....	62
Şekil 5.3. A ve B Bulanık kümesinin birleşim formül kümesi .....	64
Şekil 5.4. A ve B Bulanık kümesinin kesişim formül kümesi .....	65
Şekil 5.5. A Bulanık kümesi ve A kümesinin tümleyeni .....	65
Şekil 5.6. Bulanık mantık sistemin yapısı.....	69
Şekil 5.7. Algılayıcılar .....	70
Şekil 6.1. Bulanık Model .....	73
Şekil 6.2. Olasılık-Şiddet-Saptana bilirlilik girdi değişken üyelik fonksiyonları...	74
Şekil 6.3. Rös çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonları .....	74
Şekil 6.4. Kural tabanı .....	75
Şekil 6.5. Olasılık, Şiddet, Saptana bilirlilik durumu için RÖS sayısı örneği .....	75

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
AVM	Alış Veriş Merkezi
AKV	Ana Kesme Vanası
BBH	Bina Bağlantı Hattı
BEDAŞ	Boğaziçi Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
DİT	Daire İçi Tesisat
EN	Avrupa Standartları
ETA	Olay Ağacı Analizi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
FMEA	Hata Türleri ve Etkileri Analizi
FTA	Hata Ağacı Analizi
F1	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İGDAŞ	İstanbul Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi-İlgili Kurum
İKO	İç Hava Temaslı Kolon
JSA	İş Güvenlik Analizi
KH	Kolon Hattı
KFG	Kalite Fonksiyon Göçerimi
KKV	Kolon Kesme Vanası
KY	Kalitatif Yöntem
KKY	Kalitatif ve Kantitatif Yöntem
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
PHA	Ön Tehlike Analizi
PRA	Birincil Risk Analizi
RÖS	Risk Öncelik Katsayısı
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
SK	Servis Kutusu
TBT	Tetra Butil Merkaptan Katkı Maddesi
THT	Tetra Hidro Teofen Katkı Maddesi
TS	Türk Standartları

# BÖLÜM I

## GİRİŞ

Son yıllarda doğalgaz kullanımı doğalgazın çevre dostu özelliklere sahip olması, yüksek ısı değeri olması ve yüksek güvenlik özellikleri nedeniyle hızla gelişmiştir. Bunun sonucunda yaşam alanı olan her yere (konutlar, işyerleri ve sanayilere) doğalgazın taşınması ve depolanması için çok sayıda tesisatlar inşa edilmiştir. Aslında bu noktada, doğalgazın taşınması ve depolanması petrolden daha zor olmasına rağmen, doğalgaz hak ettiği önemin gerisinde kalmıştır (Economides and Wood 2009). Sistemlerde güvenilirlik, sistemin performansına etki için kritik bir indekstir. Sistemde hata kimi zaman kaçınılmaz olabildiğinden sistemin güvenilirliğini ve emniyetini sağlamak adına bu hataların ve etkilerin mümkün olduğunca azaltılması önem arz etmektedir (Der Kiureghian, Ditlevsen, and Song 2007);(Chang et al. 2008). Doğalgaz boru tesisatları nüfusu yoğun olduğu ortamlar için döşendiğinde boru hattındaki bir arıza ve bunu sonucunda meydana gelebilecek bir kazası yalnızca maddi zarara değil aynı zamanda çok sayıda can kaybına sebep olabilmektedir (Guo et al. 2016). Bu boru tesisatı hatlarındaki yaşanan kazalar gerek tasarım gerek kurulum esnasında personel hatalarından, sorunlu malzemelerden, yanlış hesaplamalardan, kötü inşaat ve hava koşullarından ve diğer dış sebepler farklı tehlikelere ve risklerine neden olabilmektedir (Ostfeld et al. 2013) (Scott and Scott 2019). Bu yüzden sistem için risklerin belirlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Yapılacak risk analizleri sözel ve sayısal yöntemler olarak iki şekilde yapılabilmektedir. Bu çalışmada sayısal risk analizi yöntemi olan FMEA kullanılmaktadır. Çalışmanın araştırma kapsamı; doğalgaz tesisatının binaya kurulum sürecindeki riskler nelerdir? FMEA'nın kullanım sebebi; farklı risk analizleri riskler için olasılık ve şiddet kriterlerini değerlendirirken, FMEA artı olarak tespit edilebilirlik kriterini de değerlendirmektedir. FMEA'nın dezavantajı olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik derecelerini belirlemek için uzman kişilerin tecrübeleri referans alındığından öznel olmasıdır. Bu öznel durum iki farklı kişi aynı risk için farklı risk öncelik sayısı belirleyebildiğinden hangisinin doğru olduğu karışıklığına neden

olabilmektedir. Bu ve benzer karışıklıkların azaltılması ve daha hassas sıralama ve öncelik oluşturulması için bulanık FMEA analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bulanık FMEA insan deneyimleri ve önsezilerinin sözel ifadeleri bilgisayara bilgi girişi olarak eklenip elde edilen veriler ile farklı çalışmalara olanak sağlamaktadır. Çalışmanın amacı konu ile ilgili tüm riskleri belirlemek, doğru öncelik sırası oluşturmak ve alınabilecek önlemler için öneri oluşturmaktır. Çalışmanın bu bölümünde doğalgaz tesisatı, FMEA ve Bulanık FMEA literatürü hakkında bilgi verilecek, ikinci bölümünde mekanik tesisatlar için genel bilgilerden bahsedilerek doğalgaz tesisatı hakkında bilgi verilecektir. Üçüncü bölümde risk kavramı hakkında bilgi verilecek, dördüncü bölümde kullanılan yöntemlerden ilk olarak FMEA hakkında bilgi verilecek ve ilk veriler oluşturulacak, daha sonra beşinci bölümde bulanık mantık irdelenip ardından altıncı bölümde Bulanık FMEA ile elde edilen veriler ile tekrar çalışılıp yeni veriler elde edilecektir. Yedinci yani son bölümde elde edilen veriler ile sonuçlar ve öneriler sunulmaktadır. Bu çalışmayı öncelikle mekanik tesisat yapan kişiler projelendirme ve kurulumda nelere dikkat edilmeli? Sorusunun cevabı, bizzat doğalgaz sektöründe bulunan insanların süreçleri detaylı şekilde görebilmesi ve sonrasında uygulanan metot nedeniyle farklı çalışmalar yapacak kişilere altlık bilgi vermesi amacıyla genel olarak da bilgi edinmek için herkes okumalıdır.

## **1.1. Literatür Araştırması**

Çalışmanın bu kısmında literatürde bulunan bazı kaynaklar hakkında bilgi verilecektir. Doğalgaz hakkında tarihsel sıra ile çalışmalara örnekler; Türkiye’de (Arslanbaş, 1996) ‘da doğalgaz kullanımı, doğalgaz tesisatlarının kurulum aşamalarında dikkat edilecek hususlar ve doğalgaz hakkında genel bilgilere yer veren bir çalışma yapmıştır. Binalar için doğalgaz iç tesisatında oluşması muhtemel karşılaşılabilecek hataları FMEA analiz yöntemi ile analiz edip seksen iki adet belirlediği hata için rös değerlerini oluşturmuştur (Duran, 2007). Çalışmada farklı bir metot uygulanıp belirlenemeyen tüm risklerin belirlenmesi ve literatürde bu konuyu daha geniş ifade ile genişletilmiş sonuçlar elde ederek katkı oluşturulması amaçlanmıştır. 2020 yılı düşünüldüğünde uygulanan şartnameler güncellenmiş ve projelendirmede, kurulumda yeni teknolojilerin ortaya çıkması sistemlere farklılıklar katmaktadır. Ankara’da ise konutlar için yapılan doğalgaz iç tesisatında belirlenen uygunsuzluk, proje dışında kullanım, yasal kurallara uymayan tesisat, uyumsuz

doğalgazlı cihazın kullanımı ve uyumsuz bacalarda karşılaşılan uygunsuzlukları sonuç ve değerlendirmeleri belirtilen bir çalışma yapılmıştır (Yalçın, 2019).

Sırasıyla FMEA, Bulanık Mantık ve Bulanık FMEA konularını hakkında kaynak araştırılıp bu konulara yakın birkaç çalışma hakkında da bilgi verilecektir. Mekanik termostatın parçaları için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ile öncelik oluşturmuş ve parçalara tasarım FMEA uygulanarak analiz sonucunda; zaman ve işgücünden yaklaşık %36 oranında tasarruf sağlandığı (Musubeyli Erginel, 2004) çalışmasında görülmüştür. Eğitim sisteminde başarıyı hedefleyerek ve bu doğrultuda sistemi başarısızlığa iten nedenleri tespit edip etkilerini olabildiğince azaltarak kaldırılmak için FMEA analiz yöntemini kullanılarak önemli risklerde yaklaşık %22 azaltma meydana geldiği (Eleren, 2007) bu çalışmada belirlenmiştir. Deterjan üretimi yapmakta olan bir fabrikanın en problemlili toz bölümü üretim süreci için proses FMEA yöntemi uygulanmış ve çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Alınan sonuçlar ile FMEA çalışması sonrasında hata oranı %5'e kadar indiği gözlenmiştir (Çeber, 2010), bir otomotiv fabrikasında altı bölümde iş güvenliği alanı gözeterek risk yöntemi için FMEA metodu uygulanmıştır. Yapılan uygulama ile oluşabilecek iş kazalarının ve meslek hastalıklarının oluşturabileceği riskler değerlendirilip, bu riskler için önlem alınmasına ve iyileştirilmesinde öneriler oluşturulmuş. Bazı iş makineleri değerlendirilmiş ve bunlarla bağlantılı 36 adet risk tespit edilmiştir. RÖS değerleri yüksek olanlar için yapılan iyileştirme sonrası yarı yarıya düşürüldüğü görüldüğünden alınan önlemlerin doğru olduğu kabul edilmekte olan (Kahraman ve Demirer, 2010) çalışması yapılmıştır.

Bulanık mantık kavramı ile bir bulaşık makinesinin modellemesi yapılmıştır. Bu yapılan modellemede belirlenen bazı kriterler ile (bulaşık miktarı, kirlilik dereceleri ve cinsine) en uygun ve ekonomik yıkama şartları sağlanması amaçlanmıştır. Sonucunda daha temiz bulaşıklar elde ederken yıkama esnasında tasarrufta elde etmiştir (Eğrisöğüt Tiryaki ve Kazan, 2007), bir çalışmada tekstilde bulunan mevcut giyim işletmelerinden temin edilen ölçü tabloları ve beden numaraları ile bulanık mantık yöntemi kullanılarak ortak beden numara oluşturma sistemini modellemek amaçlanmıştır. Sistem için matlab programında durum modellemesi yapılmış, ve geleneksel yöntemlerle belirlenen beden numaralamalarından daha hassas ve düzgün kararlar verildiği belirlenmiştir (Yıldız ve Kişoğlu, 2010), İstanbul Boğazına bağlı

alanlarda 2010 yılına dek yaşanılmış kazaların meydana gelme sebepleri üstünde Bulanık AHP ve FMEA analiz yöntemleri uygulanarak, boğaz trafiği sonucu oluşabilen riskleri tespit etmişler. Yapılan analiz sonucunda belirlenen risklerin oluşturabileceği tehlikeler ve olası meydana gelebilecek kazaların engellenebilmesi ve ortadan kaldırılması adımları belirlenmiş ve bu belirtilen riskler için acil durum eylem planları hazırlanması ve düzensiz zamanlarda yapılacak tatbikatlarla personelin müdahale gücünü, tepki hızını artıracak uygulamalar yapılması gerektiğini ortaya koymuş bir çalışma (Bayar, 2010) yapılmıştır.

Bulanık-FMEA analiz yöntemi ile KFG (kalite fonksiyon göçerimi) kalite iyileştirme yöntemi birlikte kullanılıp, Denizli’de bir kablo fabrikası için bir ürün geliştirilmiş. Üretim sırasında risk faktörlerine atanan bulanık ağırlıklar, bulanık AHP ile hesaplanmış. Belirlenen risk faktörleri için atanan ağırlık değerleri farklılaştığında hata türleri sıralamasının da değişebildiği görülmüş. İşletmenin kalite iyileştirme yöntemlerini daha düzgün ve özveri ile uygulayarak kendini geliştirebileceği sonucuna varılmış. Bulanık mantık ile hizmet gelişimi durumlarında karşılaşılan net bilginin olmaması ve belirlenen hata türlerine bağlı risk faktörleri için kesin verilerin bulunamaması, gibi tüm sorunlar bu çalışmada giderilmeye çalışılmıştır (Aytaç, 2011). Modern risk analizi yöntemi biri olan FMEA yöntemi ile bulanık mantığı birleştirip her ikisinin de pozitif yönlerinin bir araya getirilmesi amaçlanan, bulunan riskler değerlendirilip sonrasında risk öncelik katsayıları elde edilerek ve en tehlikeli sektörlerden biri olarak kabul edilen madencilik için çalışma gerçekleştirilmiş. Analiz sonuçlarında zehirlenme, gaz patlamaları, göçük ve yangın sebeplerinden kaynaklı riskler için proaktif ve reaktif önlemler kararlaştırılmış. Belirlenen önlemler ile tüm risklerin rös değerleri kullanılabilir seviyeye düştüğü gözlenmiştir (Mızrak Özfirat, 2014), yenilenebilir enerji kaynaklarından meydana gelebilecek risklerin tespit edilmesi, ortadan kaldırılması veya iyileştirilmesi amacı ile, FMEA ve Bulanık FMEA teknikleri kullanılarak risk analizleri gerçekleştirilmiş (Yörükoğlu, 2014), Bulanık FMEA yöntemi kullanılarak demir çelik haddeleme yapım aşamalarında meydana gelebilecek riskler için önlemlerinin alınması amaçlanmıştır. FMEA ’ya göre fazla olan risk öncelik değeri bulanık giriş değerlerine bağlı olarak Bulanık FMEA için daha az, az olan değerler ise daha fazla çıktığı görülmüş. Yapılan çalışmada bulanık mantığın, FMEA analiz yöntemiyle uygulandığında risk değerlendirme durumlarında karşılaşılabilecek olumsuz durumları önleme için daha etkili sonuç

elde etmeyi sağlayan bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur (Çakmak, 2015). Rekabetin oluştuduğu bu dönemlerde hatalardan kaçınmak istendiği için FMEA 'ya uygulamış, ancak yetersiz kaldığını düşünerek bu çalışmada riskleri belirleyip öncelik oluşturmak için yeni bir yaklaşım olan, Bulanık FMEA analizine yer verilmiştir. Bu çalışmada bir şirketin güç transformatörünün ürün grubu ele alınmış. Projelendirme ve kurulum süreçlerindeki risklerin tespit edilerek giderilmesi hedeflenmiş. Fabrika, yapılan analiz sayesinde kurulum ve projelendirme esnasında öne çıkan risklere daha temkinli olabilmektedir. Sonucu olarak olası riskler sebebiyle zaman, maliyet ve iş gücü kazanımını sağlanmıştır (Turan, 2018), deney ve ölçümlene yapılan laboratuvarlar için FMEA ve Bulanık FMEA analizi yöntemleri ile risk oluşturabilecek kısımların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu yapılan çalışmada laboratuvarların personelinin eğitimi, laboratuvarda kullanılan cihazları ve o alanlarda uygulanan metot vb. ilgili hususları önleyici faaliyetleri belirleyip oluşabilecek riskler için müdahalede bulunulması önerilmiştir (Tok Ünlü, 2019). Literatüre bakıldığında kullanıldđu alanlar için bu analiz yöntemleri etkili ve faydalı olmaktadır.

## BÖLÜM II

### MEKANİK TESİSATLAR

Türkiye’de yapılan inşaat işlerinin özellikle bina çalışmalarında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları esas alınmaktadır. Bu esaslara göre yapılan farklı türdeki binaların hepsinin kendine özgü ısı kazanç ve ısı kayıp değerleri mevcuttur. Hesaplanan bu değerlere göre mekanik tesisatlar için belirli seçimler ile uygulama imalatları yapılmaktadır. Mekanik tesisatlar inşaat yapım işleri için yaşam standartları ve konforu arttırılmaya yönelik yapılan ve yapının iç tasarımını ve genel sistemini oluşturan bileşenlerin tümüdür. Makine mühendisliği inşaat kapsamı alanı da girer. Yapılacak bir binada ihtiyaç duyulan hangi tesisatın olacağı farklılık gösterse de mekanik tesisatın yapılacak binayı modernleştirme ve temel ihtiyaçlarına kavuşturma gibi amaçları da vardır. Bu yüzden yapılan her mekanik tesisat çeşidi bir amaç için özelleşmiş ve o amaca hizmet için var olmuştur. Mekanik tesisat çeşitleri hakkında genel bilgilendirme yapılması çalışmanın konusu olan doğalgaz tesisatı için önem arz etmektedir. Temel olarak altı adet mekanik tesisat çeşidi kullanılır. Bu tesisatlar Sıhhi tesisatı, Isıtma Tesisatı, Havalandırma Tesisatı, Klima-Soğutma Tesisatı, Yangında Korunma Tesisatı ve Doğalgaz Tesisatı olarak bilinmektedir. Bunların dışında gerekliliklerine göre farklı tesisatlar da mevcuttur.

#### 2.1. Sıhhi Tesisatı

Sıhhi tesisat yapılacak binanın su ihtiyacını karşılamak için yapılan mekanik tesisat türüdür. Genel amaçları arasında yapılan inşaat alanı için su temin etmek; suyu depolamak, suyun yumuşatılmasını sağlamak, atık suların atılması ve arıtılmasını sağlamak, suyun ısıtılması, suyun basıncının arttırılması ve dağıtımı gibi amaçları içinde barındırmaktadır. Su en temel insan ihtiyaçlarından biri olduğu için sıhhi tesisat da bu ölçüde önemli bir mekanik tesisat işlemlerinden biridir. Sıhhi tesisat kendi içerisinde de bazı bölümlerden oluşmaktadır. Merkezi Sıcak Su Tesisatı ve

Hidrofor Tesisatının yapılması aşamaları bu bölümleri oluşturmaktadır. Sıhhi tesisat projelerinin yapılması belirli standartları kapsamaktadır bu standartlar; TS 1258 Temiz Su Tesisatı Hesap Kuralları ve TS EN 12056 Cazibeli Drenaj Sistemleri-Bina İçi standartları ile yapılmaktadır.

## **2.2. Isıtma Tesisatı**

Isıtma tesisatı yapılmış bir bina içerisindeki kapalı bir ortamın sıcaklığının istenilen derecelere gelmesi içi ayarlama durumuna olanak sağlayan bir mekanik tesisat türüdür. Isıtma tesisatında ana amaç ayarlanan sıcaklığın bina içinde uzun süre kalabilmesi ve olumsuz oluşabilecek sıcaklık kayıplarının önüne geçmektir. Isıtma tesisatı içerisinde; Isı Kaybı Hesapları, Isıtıcı Seçimi ve Tasarımları, Boru Tesisatı Tasarımları, Kazan Seçimi ve Yerleşimi, Genleşme Sistemi ve Tasarımı, Baca Tasarımı yapılması aşamalarından oluşmaktadır. Isıtma tesisatı yapılacak olan bir yapının maruz kaldığı ve kaybettiği ısının hesaplamaları için TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” esas alınmaktadır. Hesaplama sonucu her hacim için ısı kazanç-kayıp değerleri bulunur ve uygulanacak sistemin için seçilecek cihazların neler olacağı belirlenir ve bu yönde belirlenerek uygulama aşamasına geçilmektedir.

## **2.3. Havalandırma Tesisatı**

Havalandırma tesisatlarında kapalı bir ortam içine doğal ya da mekanik sistemler aracılığıyla temiz hava geçişinin sağlanmasına olanak sağlamak amacıyla yapılan bir mekanik tesisat türüdür. Havalandırma tesisatının yapılmasındaki amaç binanın veya kapalı ortamın hava kalitesinin yükseltilmesini sağlamaktır. Yapılan havalandırma tesisatlarının başka bir işlevi de kapalı ortamların insanlar için konfor kalitesini arttırmaktır.

Havalandırma tesisatı kendi içerisinde; Hava hareketini sağlayan (temiz havanın nasıl temin edileceği) durumlara göre üç çeşide ayrılır:

**1.Doğal havalandırmanın yapılması:** Ortamdaki havanın yenilenmesi ile temiz havanın hareketlerinin sıcaklık farklarına ve doğal rüzgâr etkisine bağlı olma durumudur. (Pencere açılması, Açık bacalar ve dış hava rüzgâr etkisi)

2.Doğal–mekanik havalandırma yapılması: Örnek olarak ortam havalandırması için yapılan dış ortamdaki rüzgârın etkisiyle çalışan baca aspiratörleri düşünülmektedir.

3.Mekanik havalandırma yapılması: Mekanik havalandırmalarda temiz havanın hareketi bir vantilatör ile gerçekleştirilir. Bu durum üç şekilde olur. • Mekanik (zorlanmış hava) girişi doğal şekilde çıkışlı (vantilatör) • Doğal (kendiliğinden) girişli fakat mekanik çıkışı (aspiratör) • Mekanik (zorlanmış hava) girişi ve çıkışı (vantilatör ve aspiratör) ile yapılması aşamalarından oluşmaktadır. Havanın taşınması için havalandırma kanalları sonrasında menfezler, difüzörler, damperler, hava filtresi ve fan çeşitleri (kanal tipi, pencere tipi ve çatı tipi) gibi uygulama imalatları uygun şekilde bağlantıları yapılarak ortamın hava kalitesinin ayarlanması amaçlanmaktadır.

#### **2.4. Klima-Soğutma Tesisatı**

Klima-Soğutma tesisatları da binanın içerisindeki sıcaklıklarla ilgilidir. Mevcut bir kapalı ortamda sıcaklığı çevre sıcaklığının altında belirli bir dereceye inmesini sağlamak veya istenen seviyelere çıkmasını sağlamak ve bu sıcaklıklarda kalmasını muhafaza etmek amacıyla yapılan tesisatlardır. Soğutma sistemleri bir merkezde soğutulmuş akışkan gazı nihai soğutuculara taşıma yoluyla yapılır. Klima tesisatları genel bir çevrime göre çalışmaktadır. Uygulama ürünlerinin hepsinin çalışma şekilleri aynı fakat kapasiteleri ve ortam şartları farklı olmaktadır.

#### **2.5. Yangından Korunma Tesisatı**

Yangın tesisatı, oluşması muhtemel yangın ihtimalini göz önüne alarak yangın anında ortamda bulunan insanların sağlığı ve maddi eşyalarına en az zarar ile çıkan yangının söndürülmesi amacıyla yapılması düşünülen bir mekanik tesisat türüdür. Yangın tesisatlarını oluşturan üç sistem mevcuttur. Birincisi yangının söndürülmesi için yapılan sistemler, ikincisi yangın anındaki oluşan dumanın tahliye edilmesi için yapılan sistem ve üçüncüsü mevcut ortamdaki hava ile dış ortam hava arasında basınç oluşturmak için yapılan sistemlerdir. Yangın tesisatında yangının söndürülmesi için yapılan sistemler kendi içerisinde sulu söndürme ve gazlı söndürme olarak iki gruba ayrılmaktadır. Sulu söndürme sistemlerinde belli kapasitede tehlike sınıfına uygun yangın suyu deposundan pompa yardımı ile çekilmiş boru hatlarında ısı algılanan alanlara sprink başlıklarından akan su ile

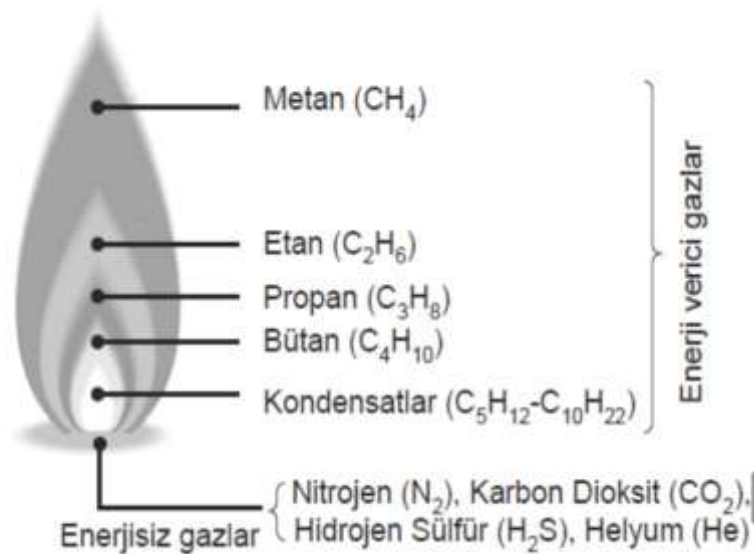
müdahale edilmesi durumudur. Gazlı söndürme sistemleri ise binalarda arşiv bölümlerinde ve elektrik pano odalarında yangın esnasında söndürme amaçlı kullanılan sistemlerdir. Bu aşamada ürün tasarımı ve uygulama durumları “Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmeliğe” ne tabi olarak yapılır ve uygulanır.

## 2.6. Doğalgaz Tesisatı Hakkında Genel Bilgiler

Farklı amaçlarda gaz ihtiyacının karşılanması için yapılan mekanik tesisat türüdür.

### 2.6.1. Doğalgazın Tanımı ve Genel Özellikleri

Doğalgaz yerin katmanlarının içinde bulunan fosil kaynaklı yanma oranı yüksek gaz karışımıdır. Bileşenleri şekil 2.1.’de gösterilmektedir. İçerisinde büyük ölçüde Metan ( $\text{CH}_4$ ) gazı bulunmakla birlikte, küçük oranlarda etan ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propan ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), bütan ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ) gazlarda bulunmaktadır. Bunun yanı sıra az miktarda da olsa karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), azot ( $\text{N}_2$ ), helyum(He) ve hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ) de ihtiva eden renksiz, kokusuz, yüksek kalorili (yakıldığında iyi derece ısıveren  $1\text{Nm}^3$ -8250 Kcal) bir gaz yakıttır. Doğalgaz petrolün üzerine uygulanmış kimyasal işlemler sonucunda elde edilen bir çeşit gazdır. Yakıtların önem sıralamasında doğalgaz petrolden sonra ikinci sırada gelir.



Şekil 2.1. Doğalgaz bileşenleri (Bulundu H. & Say S.S. 2016)

## Genel Özellikleri:

Doğalgaz havadan hafiftir; yoğunluğu çıkarıldığı bölgeye göre değişmekle birlikte 0 °C ve 1 atmosfer basıncında 0.601-0.801 kg/m<sup>3</sup> değerler arasındadır. Ortamdaki havaya nazaran (1 kg/m<sup>3</sup>) doğalgaz daha hafif gaz olduğundan atmosferik açık havada uçucu özelliği vardır. Hava içinde yükselme eğilimine sahiptir. Kapalı bir ortamda gaz kaçağı olduğunda gaz tavandan veya tavan yakınında cep tabir edilen kısımda birikir. Bu yüzden havalandırma bacaları, menfezler ve gaz alarm cihazları tavana yakın yerlerde uygun şekillerde tasarlanmalıdır.

Doğalgaz renksiz, zehirsiz ve kokusuzdur; doğalgazın önemli özelliği zehirsiz olmasıdır. Doğalgazın kaçağında ortam içerisinde oksijen ölçütüne göre solunum yapılması durumunda zehirleyici ve öldürücü etkisi yoktur. Ancak kaçak bulunan ortamlarda hava da gaz miktarının artmasıyla ortamdaki oksijenin azalmasından dolayı nefes almakta zorluk çekileceği için boğulma gerçekleşebilir. Kokusuz doğalgaz insanlar tarafından fark edilip hissedilemeyeceği için gaz şehir hatlarına verilmeden önce çürük sarımsak kokusu sağlayan THT (Tetra Hidro Teofen) ve TBT (Tetra Butil Merkaptan) karışımları ile koku verilerek fark edilmesi sağlanmaktadır.

Doğalgaz çevreyi kirletmeyen bir gazdır; doğalgaz ve temiz hava belli oranda (%5-15) karışım olduğunda yanabilmektedir. Bu ikili karışım belirlenen aralık altında veya üstünde olur ise yanma gerçekleşmez. İyi bir yanma gerçekleşmesi için gerçekleşen yanma karışımında %9 doğalgaz - %91 hava ölçütleri en uygun olan karışımdır. Doğalgaz için yanma esnasında ateş alma sıcaklığı 650 °C'dir."Tam yanma" sırasında mavi bir alev ile yanma başlar. Yakıtların yanma esnasında ortaya çıkaran ürünler içerisinde is, kül, kurum, katran gibi atıklar doğalgazda bulunmadığından hem hava kirlenmesi olmaz hem de sık aralıklar ile duman yolları ve yanma odasının temizlenmesine ihtiyaç duyulmaz. Doğalgazda yanma sonucu çıkan ürünler içerisinde karbondioksit (CO<sub>2</sub>), su buharı (H<sub>2</sub>O) ve bunların dışında karbon monoksit (CO) miktarı oldukça az olmaktadır. Bu durum daha az havanın kirlenmesine sebep olmaktadır. Yanma sonucu oluşan gazların solunması halinde insanlar için zehirleyici etkisi vardır. Doğalgaz içerisinde bulunan Azot (N<sub>2</sub>) ve Oksijen (O<sub>2</sub>) belirli sıcaklıklarda (1900-2000°C) reaksiyona girerse bunun sonucunda Azot oksitler (NO<sub>x</sub>) oluşur. Azot oksitler insan için fiziksel rahatsızlıklara sebep

olabilir aynı zamanda gözler üzerinde yanma ve ortam içerisinde yüksek dozda bulunursa boğulmaya neden olabilmektedir. Genel olarak açıklamak gerekirse bu durum şu anlama gelmekte, doğalgaz kendi başına açık ortamlarda zehirsiz ancak yanma gerçekleştiğinde ortaya çıkan diğer gazlar çevreye az şekilde etki yapmakla birlikte eğer ortaya çıkan gazları kapalı bir ortamda solunması halinde zehirli olduğu bilinmelidir (Doğalgaz Piyasası Durum Tespiti,2012).

Doğalgazın patlama özelliği; kapalı bir ortamda hava içindeki gaz oranı belli bir aşmaya ulaştıncaya patlama özelliği vardır. Ortam içerisindeki gaz karışım oranları arasında ateşleme, bir alev, oluşabilecek bir kıvılcım, o an ortama dâhil edilen kor ve en önemlisi elektrik kontağı vb. gibi tutuşturucu bir kaynak ile teması sonucu ortamda patlama gerçekleşir. Patlama kapalı bir ortam içerisinde ya da bir cihazın içinde olur ise şiddeti arttıracığından oluşabilecek bir tahribat da büyük olacağından uygun mesafede olabilir (Mesafeli Doğalgaz Bağlantı Sözleşme Hükümleri,2021)

Diğer özellikler; doğalgaz yanma verimi yüksek ve kontrole uygun bir yakıt çeşididir, doğalgaz ön hazırlama ve depolama gerektirmez, doğalgaz rutubetsiz ve kuru bir gaz olarak bilinir ve -162 °C sıcaklıkta sıvı hale gelmektedir. Doğalgazın yanma sırasında içerisinde yanmayan hiçbir madde yoktur tümü yanma sırasında yanar. 1 m<sup>3</sup> doğalgazın tutuşması ile ortalama 8250 kcal ısı meydana çıkar ve ısı geçişi kısa sürede olabilir, doğalgaz da alev hızı 0,36 m/sn olarak bilinir, doğalgaz her zaman kullanmaya hazırdır ve ekonomiktir. Zaman, iş gücü ve enerji tasarrufu sağlar, doğalgazın yanması sırasında gerekli hava karışımı az, bu karışım oranı kömürde ve fueloil ile aralarında yaklaşık %5-10 fark vardır. Genelde doğalgaz ile kullanılan cihazlara bakım ve denetleme oldukça az gerekmektedir.

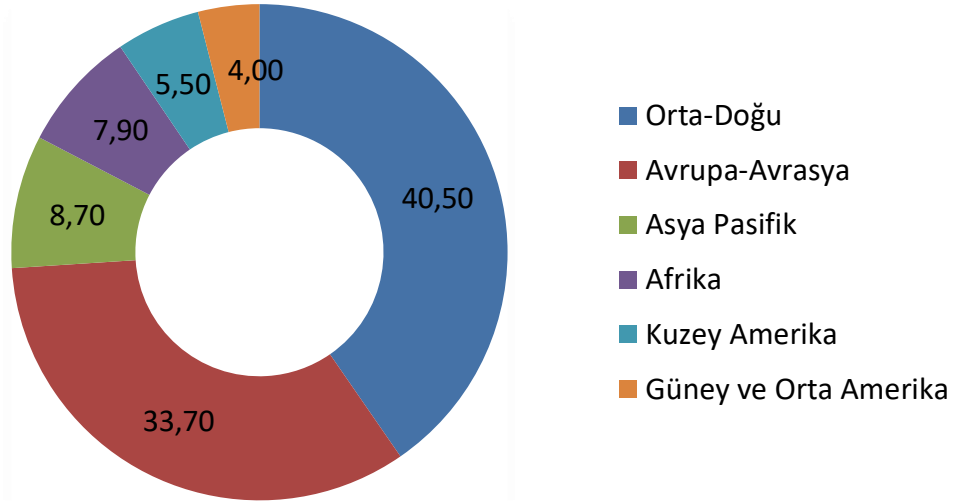
### **2.6.2. Doğalgazın Tarihi**

Eski tarihlerde yeraltındaki katmanlarda oluşan gaz sızıntılarında, şimşek çakması nedeniyle sızıntı yapan gazın yanmaya başlaması oldukça alışa gelmemiş bir durum olarak görülmüş, bazı batıl inançlara da zemin oluşturmuştur. Yaşanılan bu sızıntıların oluşturduğu alevlerin en önemlisi antik Yunanistan'daki Parnassus Dağı'nda bir çoban tarafından fark edilmiş ve bu alevin bir kehanet olduğu düşünüldüğü alevin olduğu o bölgede bir mabet yapılmış. Bölgede oluşan alev

kaynakları Hindistan'da, Yunanistan'da ve İran'da bazı insanlar inançlarında doğaüstü güç olarak kabul etmişlerdir. Çin'de yaşayan bazı insanlar ise oluşan bu alevlerden yararlanmaya başlamış ve bölgelerindeki gaz sızıntılarının olduğu alanları belirleyip bambulardan yaptıkları boru hatlarıyla meydana çıkan gazı yaşadıkları bölgelere taşıyarak orada deniz suyunu ısıtıp suyu tuzdan ayırıştırarak içme suyu elde etmişlerdir. Bakü'de Zoroastrian ateş tapınağı içinde yüzyıllardan beri yanan doğalgaz alevlerini Marco Polo gezileri sırasında tespit etmiş. Avrupa bölgesinde 1659 yılında İngiltere'de bulunmuş doğalgaz kaynakları 1790 yılında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Doğalgazın kendi tarihinde ilk olarak modern şekilde üretilmesi ve üretimin sonucunda tüketilmesi bazı teknikler ile ABD'de yapıldığı görülmüştür. Doğalgazın farklı alanda kullanımına bir örnek verecek olursak, William Hart 1821'de ilk olarak şehrin aydınlatılması için kullanılmış ve ilk endüstriyel şekilde kullanımı da 1841'de ABD'nin West Virginia'da tuz üretiminde olmuştur. 1855 yılında da Robert Wilhelm Bun Sen'in mavi alev gaz ocağını geliştirmesi ile evsel kullanım için bir adım atılmıştır. 1920'lerde doğalgazın boru hatları ile taşımıcılığı yöntemleri uygulandığında dünyada hızlı bir şekilde artan kullanım şekli oluşmaya başlamıştır (Bulundu, ve Say, 2016).

### **2.6.3. Dünyada Doğalgaz Rezervleri**

Dünyada bilinen doğalgaz rezervlerinin petrol değerlerine eş değer olduğu düşünülmektedir. Tüketimde doğalgaz kullanımı 1997 ile 2020 yılları arasında iki kattan fazla arttığı görülmektedir. Dünyada doğalgaz rezervinin kaynakları yoğun şekilde Orta Doğu'da, Avrupa ve Avrasya ülkelerinde mevcuttur. Dünya doğalgaz rezerv dağılımı şekil 2.2.'de belirtilmiştir. Dünya'da kesinleşmiş doğalgaz rezervleri yeni yapılan keşiflere rağmen insanın doğalgaz tüketiminin keşfedilenden fazla olması, OPEC kurumunun hazırladığı verilere göre 2015'de bir önceki yıla oranla binde üç oranı ile gerileme olmuş, 2014 yılı sonunda 203 trilyon m<sup>3</sup> buluna toplam rezerv gerileyerek 202 trilyon m<sup>3</sup> seviyesine gelmiş. Türkiye'de 2019 yılında 45 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz kullanımı gerçekleşmiştir. Yaklaşık 16 milyon doğalgaz kullanıcı abone mevcuttur. Yeni bir keşifte Türkiye'de Ekim 2020 tarihinde 405 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz rezervini Karadeniz açıklarında tuna bir bölgesinde bulunduğunu dünyaya bildirilmiştir.

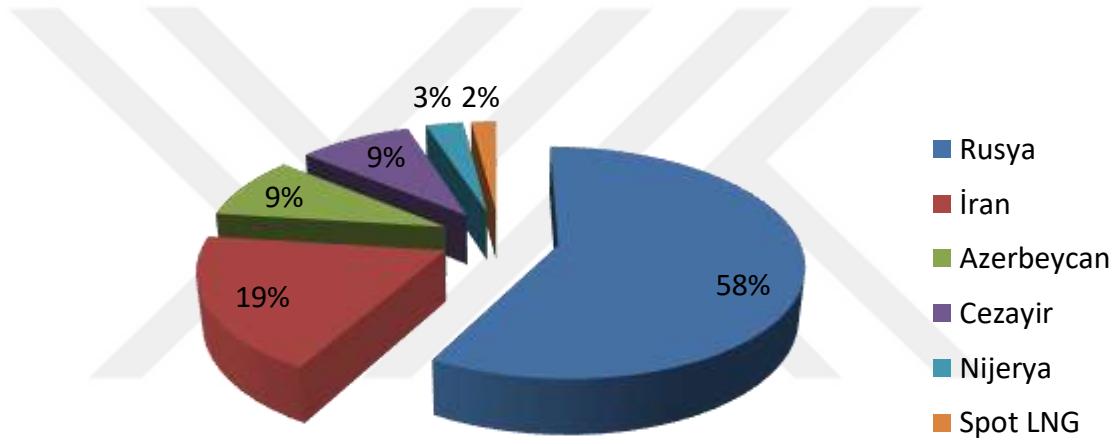


**Şekil 2.2. Dünya doğalgaz rezervinin dağılımı (Bulundu H. & Say S.S. 2016).**

#### 2.6.4. Türkiye’de Doğalgaz Kullanımı

Doğalgaz ilk defa Türkiye’de Ankara’da kullanılmaya başlanmış ve sonrasında İstanbul’da kullanıma alınmıştır. Türkiye’yi doğalgaz kullanmaya iten sebepler, sanayileşme, hava ve çevre kirliliği ile 1970’lerde Türkiye’de yaşanmış petrol krizi diyebiliriz. Türkiye’de doğalgazın aktif varlığı ilk defa 1970’li tarihlerde keşfedilmiş ve bazı tesisler için kullanılmış, ancak kaynaklardaki rezerv ve üretim miktarı düşük olduğundan kullanımı yaygın olamamıştır. 1984 yılında Sovyetler Birliği 84/8806 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile doğalgaz sevkiyatı anlaşması imzalanmış ve daha sonra da Bakanlar Kurulu kararı ile gelen gazın sanayi ve şehir şebekelerinde kullanılması karar verilmiştir. Sözü edilen karar Mayıs 1987’de İstanbul doğalgaz sisteminin malzemesi ve yapılan işçiliği yetkili bir Fransız ve bir yerli şirket işbirliği ile ihale edilmiştir. İthal edilen doğalgazın, ev için ve ticaret amaçlı doğalgaz kullanımına başlatılan ilk yer 1988 yılında Ankara olmuştur. En kalabalık şehir olan İstanbul için alt yapı yatırıma 1989 yılında başlanmış ve yatırımlar Mayıs 1993 tarihinde bitirilmiştir. 1992 yılı itibariyle İstanbul’da, Eskişehir’de, Bursa’da, İzmit’te doğalgaz kullanımı ve pazarlanması büyümeye başlamıştır. Abonelere ilk doğalgaz 1992 yılının Ocak ayı içerisinde verilmiştir. Daha sonraki çalışmalar ise yetkili gaz dağıtım şirketi olan İLGİLİ KURUM bünyesinde yürütülmüştür. İstanbul’da Nisan 1994’ten kullanımı yaygınlaştırılmaya başlamıştır. EPDK tarafından yapılan şehrin içinde doğalgaz dağıtım lisansı ihalesi ile bazı illerimizde dağıtım bölgeleri için verilen dağıtım lisansı ile kullanım ve dağıtım genişlemiştir. 68

doğalgaz dağıtım lisansı ile Türkiye'nin 81 ilinde ve bir çok alanda doğalgaz kullanımı hazır olarak mevcuttur. Türkiye'ye üç noktadan yapılmış borulama hatları ile doğalgaz getirilmektedir. Bu gelen hatlardan iki tanesi Trakya ve Karadeniz üstünden gelen boru hatları Rusya'dan gelen gaz hatlarıdır. Doğu Anadolu Hattı ile İran'dan gelen gaz hattı da bulunmaktadır. Tekirdağ Marmara Ereğlisi'nde mevcut olan sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) santraliyle yapılmış aynı boru hattından Nijerya ve Cezayir'den sıvılaştırılmış şekilde alınan doğalgazda takviye edilmektedir. Botaş kurumu tarafından inşası yapılmış olan ve işletimi de Botaş'a ait ulusal iletim şebekesi ile doğalgaz ülkemize ve yerleşim birimlerine ulaştırılmaktadır. Şekil 2.3.'da Türkiye doğalgaz ithalatı oranları gösterilmektedir (Doğalgaz Piyasa Bildirim Sistemi, 2018).



Şekil 2.3. Türkiye doğalgaz ithalatı (Bulundu H. & Say S.S. 2016)

#### 2.6.5. Doğalgaz Kullanım Alanları

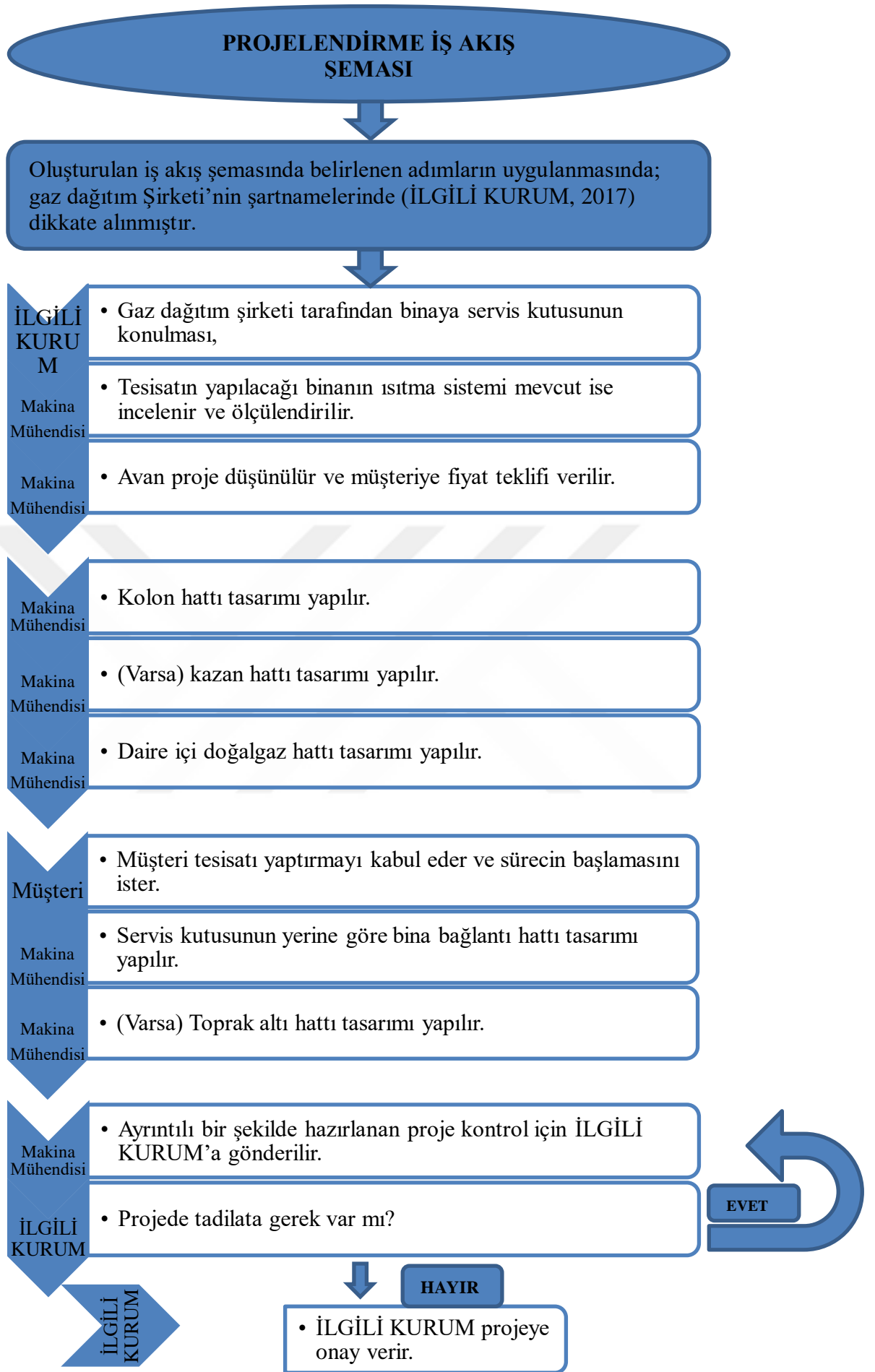
Bir binada dairelere özel bireysel kullanım var ise gaz kullanım seçenekleri şöyle sıralanabilir; sadece ısınma amaçlı (doğalgaz sobaları, kat kaloriferleri), hem ısınma ve hem de sıcak su temin amaçlı (kombiler, boyler kat kaloriferleri ve şofbenler), ısınma, sıcak su temini ve yemek pişirme amaçlı kullanımdan bahsedebiliriz. Sanayilerde kullanım, küçük sanayiler, atölyeler ve fırınlar için üretim amaçlı olmaktadır. Sanayi kullanım yerleri için örnek; demir-çelik sanayisinde, çimento fabrikasında, kimya sanayisinde, tuğla ve seramik-fayans fırınları için, cam yapılan yerlerde, sulu kazanlar için buhar üretiminde doğalgazdan oldukça çok yararlanılmaktadır. Türkiye'de elektrik üretimi yapan santrallerin çalışma kaynağının doğalgaz olduğu da bilinmektedir.

### **2.6.6. Mevzuat Araştırması**

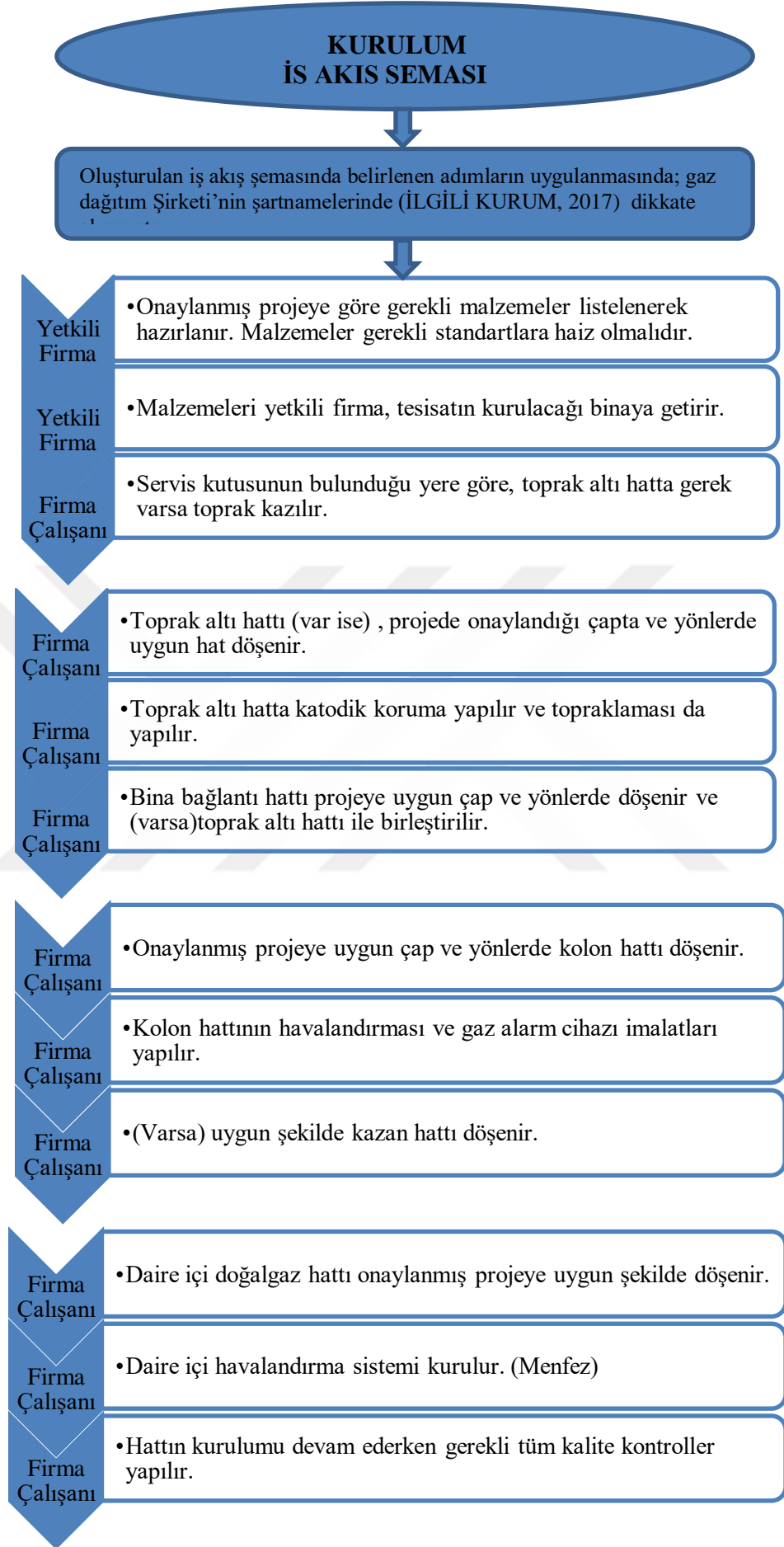
Doğalgaz için yetkili/lisanslı gaz dağıtım firması tüm yapılan hatların yönetimi açısından bir mevzuat oluşturmuş ve yapım önceliğinde bu mevzuat dikkate alınması istenmektedir. Bu çalışmada da doğalgazlı sistemlerle ilgili projelendirme ve kurulum gibi konularda hazırlanmış olan yasal mevzuatlar araştırılmıştır. Yapım standartları ve kuralları için doğalgaz iç tesisat hatlarını yaptıran İstanbul'da lisanslı kuruluş İlgili kurumun iç tesisat şartnamesindeki dokümanlardan bilgi olarak yararlanılmaktadır. İhtiyaç ve kontrol için şartname incelenerek ele alınıp bu çerçevede çalışmalara katkı sağlanması amaçlanmıştır. Doğalgaz tesisatının kurulum sürecinde başvurulacak standartlar genel olarak Temmuz 2017'de ve 30111 sayılı Resmi Gazete 'de güncellenerek yayınlanan 4646 sayılı doğalgaz piyasası kanunu, Doğalgaz Piyasası İç Tesisat Yönetmeliği de dikkate alınarak hazırlanmıştır.

### **2.6.7. Doğalgaz Tesisatı İş Akış Şemaları**

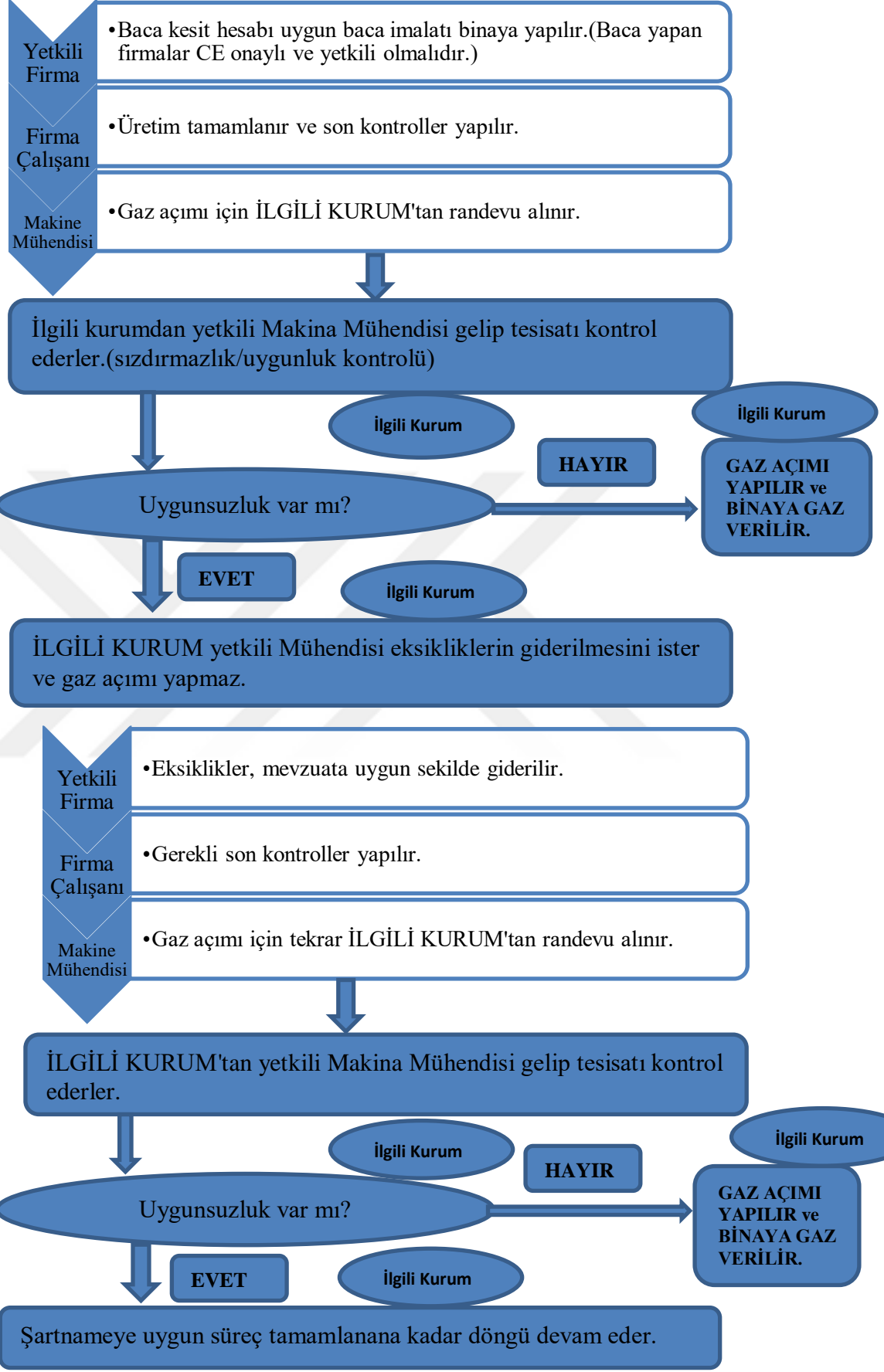
Yapılacak tesisatı analiz ederken, işin nasıl yapılacağı da incelenmeli ve bilinmelidir. İşin prosesinin ayrıntıları bilinmeden, o süreç üzerinde başarılı bir çalışma yapmak oldukça zordur. Bu yüzden burada, doğalgaz tesisatının yapımı sırasında projelendirilmesi ve kurulum kısımları hangi aşamalardan meydana geldiği ve ne şekilde yapıldığını anlatan iş akış şemaları oluşturulmuştur. Bu akış şemalarının oluşturulmasında ilgili şartname ve mevzuat bilgilerinden yararlanılmıştır. Projelendirme ve kurulum iş akış şeması aşamaları şekil 2.4.'de aşağıdaki şekillerde belirlenmiştir. Bu aşamalarda tesisatı kontrol eden kurum yetkili/lisanslı gaz dağıtım şirketi İlgili kurum, kontrollerde İlgili kurum personeli Makine Mühendisi proje ve kurulum aşamasında gerektiği yerde kontrole gelecek kişidir. Yapılan doğalgaz tesisatını projelendiren ve belirli süreçleri yürüten kişi imalatları uygulayıcı firmadan yetki belgesine sahip Makine Mühendisi ve doğalgaz tesisatını yapan ustada mesleki yetkilendirme kuruluşundan eğitimini alarak sertifika sahibi olan kişiler olmalıdır. İş akış aşamalarında süreçler bu kişiler arasında yapılan çalışmalar ile şekillenmektedir. Kurulum iş akış şeması şekil 2.5.'de uygunsuzluk tespit edilir ise yetkili mühendis eksik listesi verir ve tamamlanmasını ister bu döngü tesisat eksiksiz ve şartnamelere uygun imalat yapıldığında gazın açılması ile sonuçlanır.



Şekil 2.4. Projelendirme iş akış şeması



**Şekil 2.5. Kurulum iş akış şeması**



Şekil 2.5. (Devamı) Kurulum iş akış şeması



bulunmaktadır. Yapılan binada iki adet 2.250.000 kcal/h-2616 kW ve bir adet 400.000 kcal/h-465 kW kapasitesinde kazanlar tercih edilmiştir. Yapılan doğalgaz hattı tesisatları bir basınç düşürme ve ölçüm istasyonundan uygun 4bar basınç ve 891,86 m<sup>3</sup> gaz kazanlar için ve uygun 300mbar basınç ve 49,61 m<sup>3</sup> gaz çay ocakları için kaynak temini ile detaylıca projelendirilmiş kullanılan ekipmanlar numaralandırılmış ve hangi standartlarda olduğu özellikleri ile belirtilmiştir. Kazan dairesinin havalandırması ve hesapları da yapılan havalandırma kesiti de detaylarda mevcuttur. Ekler bölümüne bazı görseller ve endüstriyel bina iç tesisat şeması yer alacaktır.

### **2.6.8. Yaşanmış Doğalgaz Kazaları**

Doğalgaz kazaları hakkında yapılan araştırmalarda EPDK'nın Resmi Gazetede yayımlandığı detaylarda kazalarının zehirlenme ve ölümlerin nedenlerini ele almıştır. Gaz kaçağı nedeniyle oluşan doğalgaz kazaları genellikle doğalgaz tesisatı ve cihaz bağlantı noktalarındaki kaçaklardan meydana geldiği belirtilmiştir. Cihazların bağlantılarındaki kaçakların en yoğun şekli mutfaklarda temizlik yapılırken hareket ettirilen fırın ve ocaklarda görülmesi durumu olduğu belirtilmiştir. Kaçak oluşturan diğer bir husus yapılan elektrik tesisatları için topraklamalarının yapılmayışı ya da yapılan topraklamanın yetersiz olmasından kaynaklanan elektrik arklarının doğalgaz tesisatları üzerinde delinmelere sebep olarak gaz kaçağı oluşturmalarıdır. Genellikle mutfak mahallerinde yapılan menfezlerin kapatıldığıda belirlenmektedir. Karbon monoksit gazı nedeniyle oluşan doğalgaz kazalarında zehirlenmeler ve bağlı aynı tür olaylarda ölümlerin yaklaşık % 96 'sını kapsamaktadır. Karbon monoksit gazını oluşturan kaynaklar; Odun sobası, doğalgaz sobası, su ısıtıcı şofbenler, kombiler ve bu cihazların bacaları atık gazın oluşumunda etkili cihazlardır. Bu atık gazdan gerçekleşen zehirlenmelerin yaşandığı doğalgaz kazalarının incelenmesinde, üçüncü şahısların tesisat hatlarına izinsiz yaptıkları müdahaleler, sistemlere uyumlu olmayan cihaz bağlantılarının yapılması ve uyumsuz cihazlar için teknik olarak uygun olmayan bacaların bağlantılarının yapılması kaza sebepleri olarak görülebilmektedir.

Doğalgaz kazaları için örnekler; 2008 tarihinde Beşiktaş, Levent mahallesinde bir sokakta yangın ihbarı alınmış olay mahallinde yangının doğalgaz servis kutusunda olduğunu tespit edilmiş. Emniyet tedbirleri doğrultusunda ilgili vananın kapatılması

ile gaz akışı durdurulmuş ve gaz akışının azalması ile yangın söndürülmüş. Sebebi ise Bedaş ekipleri tarafından ilgili sokaktaki kaldırımda elektrik arıza kazısı yapılmış. Bu kazıda; elektrik hatlarının ark yapması sonucu Ø20'lik PE servis hattını erittiği ve çıkan basınçlı gazın elektrik arkıyla tutuşarak gaz yangınına neden olduğu anlaşılmıştır. 2018 tarihinde Güngören, Genç Osman mahallesinde bir sokakta doğalgazdan zehirlenme olayı gerçekleşmiş. Bu olayda ölen ya da yararlanan olmamış. Uzman kişilerin olayın çıkış sebebinin; bacaların çatıda kalan kısımlarının standartlara uygun olmaması sebebiyle bacanın geri tepme yapması sonucu zehirlenme olayı olduğu kanaatine varmışlar. Yaptıkları tespitlerde camda bulunan havalandırma menfezi içeriden önüne dolap konularak dışarıdan da bantlanarak kapatıldığı görülmüş. 2008 tarihinde Küçükçekmece, Kartaltepe mahallesinde bir sokakta daire içinde yapılan tespitlerde yangının pvc pencere ile kapatılmış balkondaki hermetik kombinin alt kısmında olduğu yangına neden olan elektrik arkının sayaç çıkışında görülmüş, bu olayda yaralı ve ölü olmamıştır. 2008 tarihinde Ortaköy, Mecidiye mahallesinde bir sokakta meydana gelen patlama sonucu bir kişi ölmüştür. Çıkan yangın için uzaman kişilerin yaptığı incelemede olayın meydana geldiği dairede soba vanasının kapalı, ocak vanasının ve ocak düğmesinin açık olduğunu, yakıcı cihazların bulunduğu ortam ile dış ortamı irtibatlandıran ve havalandırmayı sağlayan havalandırma menfezinin kapatıldığı görülmüş. 2009 tarihinde Fatih'te meydana gelen doğalgaz kazasında iki kişi hayatını kaybetmiş. Uzman ekiplerinin yaptığı inceleme sonrasında kazaya sebebiyet verdiği düşünülen kombinin ve daireye ait doğalgaz sayacı incelemeye alınmış ve kombinin bacalı tip olduğu ve kombi üzerinde yanma izleri olduğu belirtilmiş ve olayın karbon monoksit zehirlenmesi olduğu düşünülmüş. Sebepleri ise kazanın olduğu dairede menfez olmadığı görülmüş. Kazanın meydana geldiği kombinin bacasının şapkası kurlum standartlarına uygun baca şapkası olmadığı ve bacanın geri tepmesine yol açabilecek tipte bir flex borunun olduğu görülmüş ve atık gaz için kullanılan boru, çok çabuk deforme olabilen esnek alüminyum bağlantının net olarak kazaya sebebiyet verdiği düşünülmüştür. Bağcılarda doğalgaz tesisatında yüksek gerilim hatlarının manyetik etkileşimi bir patlama olmuş ve patlama sonucu bir yaralı olmuştur. Silivri'de doğalgaz ana dağıtım hattında bir patlama meydana gelmiş bu kaza olayında ölen ve yaralanan olmamış ve bu patlamaya Kuzey Marmara Otoyolu projesi güzergâhında yapılan yol çalışmasının sebep olduğu tespit edilmiştir. 2006 tarihinde İstanbul 4. Levent Büyükdere Caddesi'nde Metro şantiyesinde çalışan iş makinası doğalgaz

borularından birinin delinmesine sebep olmuş büyük gürültüyle ve kuvvetli basınçla fişkıran doğalgazın savurduğu taşlar, yoldan geçen ve park halindeki bazı araçlar ile binaların camlarını kırmış. İlgili kurum, sızıntının yeraltı kazısı sırasında ana borunun zarar görmesi nedeniyle meydana geldiğini belirtip gerekli müdahaleyi yapmıştır. Bahsedilen bu olaylar yaşanmış örnek kaza olaylarıdır (Mesafeli Doğalgaz Bağlantı Sözleşme Hükümleri, 2021)

#### **2.6.9. Doğalgaz Süreç Anketi**

Yapılacak doğalgaz tesisatı için gerekli çalışmaları kapsayan bir anket çalışması hazırlanmıştır. Anket soruları çeşitli kaynaklardan ve yetkili kişilerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Anket işinde uzman kişilere uygulanmıştır. Bu uygulama ile doğalgaz tesisatlarında proje yapımında ve kurulumunda doğru soruları yöneltmek ve gerçekleştirilen FMEA uygulaması için bir çeşit doğrulama yapılması amaçlanmıştır. Konunun bütünlüğünün bozulmaması açısından anket ve cevapları ekler bölümünde verilmiştir.

## BÖLÜM III

### RİSK KAVRAMI VE RİSK ANALİZİ

#### 3.1 Risk Kavramı

Risk, yapılması düşünülen süreçlerin bütünü için eğer ara işlemlerde tehdit oluşturabilecek ve işin genelini akışını sekteye uğratabilecek belirli bir olayın oluşma olasılığı ile süreçlerin sonunda ortaya çıkan sonuçların zarar ve kayıplar bütünü olarak ifade edilebilir. (Seber, 2012). Riskin kritikliği, süreçler içerisinde etkilediği operasyon adımları ve yapılan operasyon adımları sonucunda meydana gelen sonuçlar olarak ifade edilebilir. Oluşabilecek risklerin kontrol altına alınmaları belli bir düzen içinde alınacak önlemlerin tüm riskler için ayrı ayrı incelenmesi ile yapılabilir. Bu aşamalarda aynı zamanda yapılması düşünülen işlerin, öncelik sırası belirlenmelidir. Yapılacak bu aşamalarda amaç her zaman tehdit oluşturan durumları ortadan kaldırıp oluşabilecek riskin oluşmamasının sağlanmasıdır. Ancak bu durum her zaman mümkün olamamaktadır. Yapılması gerekli kontrollerin sıralı düzeni aşağıdaki gibi olabilmektedir (Ceylan ve Başhelvacı, 2011):

1-Oluşabilecek riski yok etmek, 2-Riski meydana getiren nedenin, daha az tehlikeli neden ile değiştirmek, 3-Riski azaltabilecek teknik önlemleri almak, 4-Oluşabilecek riskten kaçınmak, 5-Tüm önlemleri almak şeklinde sıralanmaktadır.

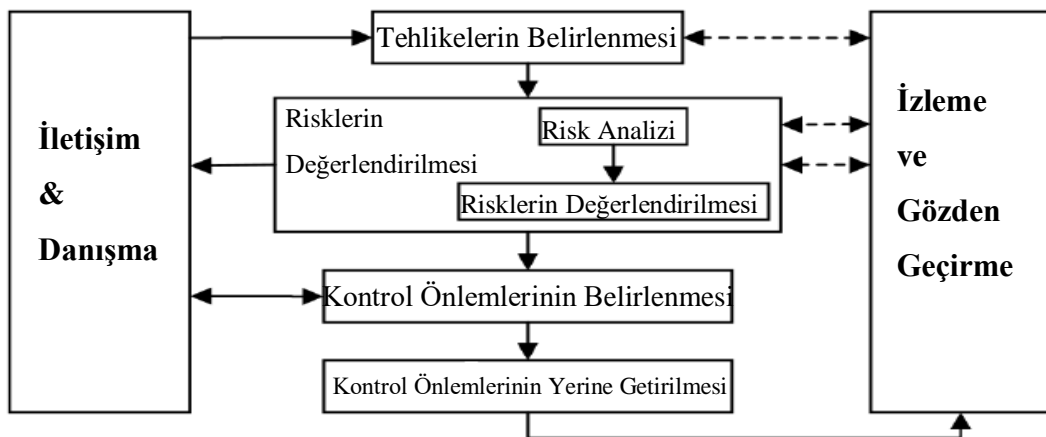
#### 3.2 Risk Analizi

Risk analizinde, tehdit oluşturan durumların vereceği zarar, oluşturacağı hasar veya mevcut süreç aksamalarının oluşma şiddeti ve bunların meydana gelme olasılığının belirlenmesi hedeflenir. Yapılan hatanın olduğu noktaları, hatanın giderilme süresini ve hata yapılmaması için alınan önlemler gibi unsurlar risk analizinde göz önünde bulundurulmalıdır (Seber, 2012). Risk analizi; oluşabilecek hatanın şiddetinin belirlenmesi, meydana gelebilecek hatanın oluşma olasılığı ve

gerçekleşebilecek hatanın saptanabilir olması durumları ile risk öncelik katsayısının hesaplanması ve daha sonra da rös'lerin sıralanması adımlarını içermektedir (Eleren, 2007). Yapılması düşünülen risk analiz yöntemi ile iş kazaları ve meslek hastalıklarının azaltılması hatta önleyebilmek için risk oluşturabilecek tehlikeleri belirlenmek ve tehlikelerin risk seviyelerini azaltıcı ve kontrol altına almak için uygulama adımlarının planları oluşturulması gerekmektedir (Yurdakul, 2019).

### 3.3. Risk Değerlendirmesi ve Risk Yönetimi

Risk değerlendirme, yapılan işin yapıldığı alanda mevcut veya o alana dışarıdan etki edebilecek tehlikelerin belirlenip, bu tehlikelerin risk oluşturmaya yol açan nedenler ile tehlikelerden kaynaklanacak riskleri analiz edip derecelendirilmesi ve bu risklerin kontrol tedbirlerini kararlaştırılmak için yapılması gereken çalışmaların tümü olarak ifade edilebilir. Risk yönetimi ise oluşabilecek risklerin değerlendirilmesinin daha da ilerisine giderek risklerin azaltılması ve risklerin kontrolüne ilişkin aksiyonları içinde barındıran yönetim şeklidir. Risk yönetimine; yapılması planlanan işler için oluşabilecek risklerin önceden özenli bir şekilde ve detayları ile açıklanıp değerlendirilmesi ve bu oluşabilecek riskleri minimum hale getirebilecek veya tamamını ortadan kaldıracak önlemlerin alınabilmesi de denebilir (Taşan, 2006). Risk yönetim sürecini kendi içerisinde iki aşamada değerlendirilebiliriz, birincisi sorunların açıklanması ile uğraşırken ikincisi sorunların çözümüne ulaştırılmasını sağlamayı hedeflemektedir (Özkılıç, 2005). Bu iki aşama şekil 3.1.'de risk yönetim süreci şematik olarak açıklanmıştır.



Şekil 3.1. Risk yönetim sistemine aşamaları (Toptancı ve Erginel, 2017)

### 3.4. Risk Analiz Yöntemleri

Yapılan hizmet veya üretim işlemleri teknolojinin gelişmesi ile karışık bir yapı halindedir. Bu durum; makine, ekipmanlar ve insan gibi etki yapan güçlerden kaynaklanan ve yapım sürecini aksatan kazaların miktarı arttırmıştır. İş yapımı sürecinde meydana gelen kazalara sebebiyet veren potansiyel tehditlerin incelenmesinde risk analiz yöntemleri kullanılmakta ve bu durumların belirlenmesinde risk analiz yöntemlerinin kullanımı oldukça çok tercih edilmektedir. Risk analizi yöntemi, oluşan risklerin analiz sürecinin matematiksel işlemlerini ve risklerin yorumlanmasını içeren ana unsurdur. Risk analizleri için risk öncelik katsayısı hatanın şiddeti, oluşma olasılığı ve saptanabilir olması durumları belirlenerek çarpımından elde edilen sayıdır. Risk analiz yöntemleri iki çeşittir. Bunlar; kantitatif (sorunun değer şekilde miktarı, matematiksel analizi) ve kalitatif (sorunun ne olduğunu anlamaya yönelik yapılan bir analiz) yöntemleridir (Demirer ve Kahraman, 2010). Kantitatif risk analizinde, risk hesaplanırken sayısal yöntemlere başvurulur. Kalitatif risk analizinde ise risk hesaplanırken ve ifade edilirken sayısal değer yerine yüksek, çok yüksek gibi tanımlayıcı değerlerin kullanıldığı analiz yöntemleri oluşturulur. Risk analiz yöntemlerini birbirinden ayırıcı en önemli şey oluşan risklerin değerlerinin bulması için kullandıkları kendilerine özgü yöntemlerdir (Özkılıç, 2008). Dünyada oldukça fazla risk analiz yöntemlerinin bulunduğu görülmektedir. Bu yöntemlerden en çok kullanılan bazı yöntemler ile ve yapılan bu çalışma kapsamında incelenecek analiz yöntemi hakkında bilgi verilecektir. Seçilen analiz metodu ayrı başlıklarda detaylandırılıp ve çalışmaları daha derin şekilde yapılacaktır.

#### 3.4.1. Ön Tehlike Analizi (PHA) / KY

Oluşabilecek muhtemel tehditleri tespit etmek ve bu potansiyel tehditler için az ya da çok kaza oluşma olasılıklarını ortaya koymak ön tehlike analizinin bir görevidir. Ön tehlike analizi uygulanırken, tehlikeleri gösteren kontrol listeleri oluşturulur ve bu kontrol listeleri dayanak alınarak analiz yapılmaktadır. Bu listelerde belirlenmiş tehditler sonrasında risk değerlendirme formunda da analiz edilmektedir. Ön tehlike analizi, yapılmış bir proje aşamasında veya detaylı yapılan çalışmalar için bir model olarak kullanılabilen kalitatif bir risk değerlendirme yöntemi olarak

kullanılabilmektedir. Bu yöntemde her bir risk için belirlenebilen düzeltmeler ve önleyici aksiyonlar belirlenir. Bu analiz yönteminden çıkacak sonuç ise, hangi türde risklerin sıkça yaşandığının belirlenmesi ve hangi analiz yönteminin uygulanması gerektiğinin belirlenmesini amaçlamaktadır (Seber, 2012).

### **3.4.2. İş Güvenlik Analizi (JSA) / KY**

İş güvenlik analizi, insan veya insan gruplarının oluşturduğu topluluk/kişiler tarafından yapılan işler üzerinde durmaktadır. Yapılacak bir işin sistemi, yapılacak işlerin detayları ve görevlendirmeler iyi ifade edilmiş ise bu yöntemi uygulamak ve çözüm elde etmek mümkün olabilir. İş güvenlik analizi, bir süreçten kaynaklanan tehditlerin detayını ve kaynağını doğrudan incelemektedir (Koru, 2006). Etkili bir iş güvenlik analizi potansiyel risklerin oluşmamasını sağlar ve sistemdeki yapının işleyişinde güvenilirliğin artmasını da sağlamış olur. İş güvenlik analizi beş aşamadan oluşmaktadır. Sürecin kritik adımlarından birincisi iş görev listelerinin oluşturulmasıdır. Bu listeler yapı aşamasında hazırlanmış ve bitmiş olmalıdır. Sonrasında alt görevler detaylı olarak incelenmeli bu inceleme sonucunda alt görevleri bozabilecek tehlikelerin özellikleri ortaya çıkmış olacaktır. İkinci aşamada oluşacak tehlikelerin tanımlanmasına yönelik sorular ile tehlikeler tanımlanmış olur. Üçüncü aşamada risklerin değerleri belirlenir. Oluşabilecek tehlikelerin veya problemlerin tanımlanması ile şiddeti, etkilenecek kişi sayısı ve meydana gelme olasılığına göre değerleri belirlenir. Dördüncü aşamada oluşacak risklerin azaltılması için kâğıt üzerinde güvenlik tedbirleri öneriler ile oluşturulabilir. Son aşamada ise tehlikeler için alınabilecek kontrol önlemlerine karar verilir (Özkılıç, 2014).

### **3.4.3. Birincil Risk Analizi (PRA) / KY**

Birincil risk analizi, süreç içerisinde ortaya çıkabilecek risklerin analiz edilmesi için kullanılmakta olan sistematik bir yöntemdir. Olası karşılaşılabilecek her risk için önlemler belirlenir. Bu analiz oluşabilecek riskler ile ilgili tehlikeleri azaltıcı tavsiyelerde bulunulması için kullanılmaktadır (Koru, 2006).

Birincil risk analizinde risklerin tespit edilebilmesi için şu sorunun cevabı aranmalı; “Bir aktivite yapılırken ne gibi potansiyel hatalar oluşabilir?” sorusunun cevabı ile bu

analiz yönteminde, bir süreç zincirini tamamlayan ekipte düşük risk içeren kazaların gerçekleşmemesini sağlayarak oluşacak sürecin düzen içerisinde yapılmasına olanak sağlanması amaçlanmaktadır (Özkılıç, 2005).

#### **3.4.4. Risk Değerlendirme Karar Matrisi / KY**

Risk değerlendirme karar matrislerini kalitatif analiz türüne örnek verebiliriz. Bu analiz yönteminin uygulanmasında oluşabilecek risklerin oluşma olasılıkları ve önem dereceleri ile bir matris oluşturulmaktadır. Bu matrisler L Tipi Matris ve Çok Değişkenli X Tipi Matris olarak iki tip şekilde incelenebilir. Uygun tip matris ile iki ya da daha fazla değişken ile arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanılan bir değerlendirme yöntemidir. Bir sistemin güvenlik program gereksinimini karşılamak maksadıyla geliştirilmiştir. Risk matrislerinde tüm risklerin detaylı bir biçimde gösterilmesi sağlanmaktadır. Bu analiz yöntemi tek başına kullanılabileceği gibi, kantitatif analiz yöntemlerine geçiş için ilk basamak olarak da kullanılabilir. Risk değerlendirme karar matrisinin analizinin avantajları, sistemin dinamik bir sistem olma durumu ve tekrar tekrar uygulanabilir veya farklı analizlere uyarlanabilir olmasıdır (Koru,2006).

#### **3.4.5. Hata Ağacı Analizi (FTA) / KKY**

Hata ağacı analizi, 1962 yılında Bell Laboratuvarlarında, kıtalararasında balistik füze hedef noktası belirlemede kontrol sistemi için güvenliğini değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu analiz yöntemi, ilgili sistemde hataları ve sistemi oluşturan bileşenlerinin hatalarındaki sıkıntı oluşturabilecek olaylar arasındaki bağlantıları gösteren mantıksal diyagramların bulunduğu bir yöntemdir. Hata ağacı analizi; bir süreç zinciri için yapılacak işler ile ilgili önem arz eden ve kritik sayılabilecek hataların sebepleri ve bu sebeplere karşı alınan önlemlerinin şematik gösterimine de denilebilir. Hata ağacı analizinde amaç, hataların oluşma şekilleri, fiziksel veya insandan sebepli hata olaylarına neden olacak yolları belirlemek ve belirli seviyede bir hata olayı üstünde odaklanmayı benimseyen bir analiz yöntemidir. Bu analiz yönteminde odaklanılan hata için daha sonra muhtemel alt olayları mantıksal bir diyagram ile şema tize edip grafik ile insan veya malzemedeki kaynaklı hataların ihtimal kombinasyonları oluşturulur. Önceden tahmin edilen istenmeyen en üst en

önemli hata olayını grafikte gösterir. Kalitatif olan bu analiz yöntemi bir hatanın alt bileşenleri irdelediği için oldukça kullanışlı olmaktadır. İrdelenen her bir olayın değiştirilebilmesi, çıkarılması ya da yeni olayın elde edilmesine imkân sağlar. Hiçbir iletişim geçmişinin olmadığı yeni teknik süreçlerinde kullanım oldukça fazla yararlı olabilir (Koru, 2006). Hata ağacı analizinin kesin hedefleri; bir yapım işinin güvenilirliğinin tanımlanması, bir sorunu etkileyen karmaşık ve birbirleri ile karşılıklı bağlantı içinde bulunan olumsuzluğun belirlenmesi ve bu olumsuzlukların meydana gelme olasılıklarının değerlendirilmesi denebilir. Bazı analiz yöntemlerinin amaçlarının aynı olduğu kesinlikle bilinmelidir. Hata Ağacı Analizi, sistem analizi, hata ağacının oluşturulması, hata ağacının değerlendirilmesi ile üç temel aşamadan oluşmaktadır.

#### **3.4.6. Olay Ağacı Analizi (ETA) / KKY**

Olay ağacı analizinin ilk olarak kullanımı nükleer endüstri ve nükleer enerji santrallerinde yapılmıştır. Bu kullanım sonrasında farklı sektörlerde farklı şekillerde uygulama alanları çoğalmıştır. Olay ağacı analizi, belirlenmiş bir olayın oluşmasından sonra oluşabilecek tüm sonuçların akışını ifade eden bir analiz yöntemidir. Hata ağacı analizi ile farklı bu analiz yönteminde tümevarım mantığı uygulanmaktadır (Bayar, 2010). Olay ağacı analizinde tüm sistemin güvenliğini belirlemek için her bir alt bileşenin güvenliğini inceleyerek bir model oluşturulur. Analizin tümü başlangıç olayından, olası birbirini takip eden olaylar ve bu olayların ortaya çıkardığı sonuçlardan meydana gelmektedir. Olası olaylar birbirinden bağımsızdır ve sonuç, başlangıç olayını takip eden olaylarla değişim göstermektedir. Bu yüzden, her bir olayın gerçekleşme olasılığı, olay ağacında yaşanan olaylar bütününe sonuca giden olayların olasılıklarının çarpımı ile elde edilmektedir (Özkılıç, 2005).

#### **3.4.7. Neden - Sonuç Analizi / KKY**

Neden sonuç analizi, eta gibi nükleer enerji santralleri için risk analizinde kullanılması için Danimarka'da bir laboratuvarında keşfedilmiştir. Bu analiz yöntemi diğer endüstri sistemlerinde güvenlik düzeylerinin belirlenmesi için de kullanılmaktadır. Detaylı bir neden-sonuç diyagramı, balık kılıçığı olarak ifade etmek

mümkündür. Neden-sonuç analizi için diyagramların oluşturulması gerekli sebepler beyin fırtınası ile ya da benzer analiz yöntemleri ile oluşturulan belirli kişi toplulukları tarafından tespit edilebilmektedir (Seber, 2012). Neden - Sonuç analizi, detaylı bir şekilde bakıldığında Hata Ağacı Analizi ile Olay Ağacı Analizinin birleşiminden oluştuğu görülmektedir. Bu yöntem, neden analizini ve sonuç analizini birleştirir. Analizin tekniği hem tümünden gelim hem de tüme varım yaklaşımlarına kolaylıkla uyum sağlamaktadır (Özkılıç, 2005).

#### **3.4.8. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) / KKY**

Hata türleri ve etkileri analizi kalite yönetim sistemlerinin problem çözme teknikleri içerisinde yer almaktadır. Hata türleri ve etkileri analizi belirli bir yapım durumlarında riskler için bilgi vermekte ve bu risklerin verebileceği zarar durumlarının azaltılması sağlanmaktadır. FMEA için; Hatanın sebebi nedir? Hatanın etkileri nelerdir? Hataların mevcut kontrol aşamaları neler olabilir? Soruları için cevap arayarak ve buluna cevaplarda analiz edilerek sonuç veren bir analiz yöntemidir (Kahraman, 2009).

FMEA çalışmasıyla belirlenen tüm riskler için olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik değerleri ile değerlendirme yapılmakta ve bu üç kriterin her risk faktörü için bir değer elde edilmektedir. Üç kriterin değerlendirmesi 1-10 skalasında gerçekleştirilmektedir. Risklerin analizi bu belirlenen değer ile yapılmaktadır (Musubeyli Erginel, 2004).

## BÖLÜM IV

### METOT-HATA TÜRLERİ VE ETKİ ANALİZİ (FMEA)

#### 4.1. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)'nin Tanımları

Piyasada bulunan bir firma hem gelişmesi hem de kendini ispatlaması için sunduğu hizmet ve üretimlerde mümkün olduğunca hatasız iş yapmak zorundadır. Yapılan hataların oluşmadan önce önleme amaçlı bir sistem olarak FMEA analiz yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanılması yapılan hizmet ve üretimlerde hem maliyeti hem de hatalı ürün miktarını azaltmaktadır. FMEA'nın yönetim esası hatayı ve hatanın kullanıcıya etkisini tespit etmektir. Bu sebeple FMEA çalışmalarında başarılı bir sonuç için, yapılacak çalışmayı mümkün olduğunca erken yapmak gerekmektedir. Bu analiz yönteminde erken hata tespiti ve alınan önlemler uygulanacak sistemin güvenilirliği arttırır (Duran,2007).

Yeni bir ürünün piyasalara sürülmesinden önce oluşum süreçleri vardır. Bu süreçlere kısmen örnek verecek olursak önce ürünün projelendirilmesi, üretim önü planlama, montaj/üretim, paketlenme, sevkiyat ve müşteriye sunum aşamaları olarak sıralanmaktadır. Bu aşamalarda yapım/uygulama sırasında farklı sorunlar ile karşılaşılabilir. Bu farklı sorunlara ürün/hizmet kullanıcıya ulaşmadan önce yapım aşamalarında tespit edilip çözülmesi işletme açısından büyük öneme sahiptir. Bazı hatalar kolaylıkla görülebilir bazıları ise gizli kalabilmektedir. Gizli olan hataların süreci bizzat çok iyi bilen kişiler ile kısmen ortaya çıkarılabilmektedir. FMEA'nın kullanım tekniğinden önce hata ve potansiyel hatanın tanımları bilinmelidir. Aşamaların tüm süreçlerini etkileyen makine, teçhizat, malzeme ve insan gibi unsurlardan biri veya birden fazlası belirlenen kalite şartları ve özelliklerinin standartlar dışına çıkma olaylarına hata denebilir. Potansiyel hata, yapılması düşünülen ürün/hizmet üzerinde yapım aşamalarında oluşması muhtemel olan hatalar kümesine denebilir. Uygulama adımlarında hatanın oluşabileceği varsayımı ile hareket edilir, ancak bu hatanın gerçekleşmesinde kesinlik aranmaz (Çeber, 2010).

#### 4.2. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)'nin Tarihsel Gelişimi

FMEA'nın tarihi 1945'li yıllara kadar uzanmaktadır. FMEA analiz yöntemi Amerikan ordusu tarafından geliştirilmiş. Bu analiz yöntemi için uyulması, tutulması gereken yol ve yöntemler olarak ilk "Bir Arıza Modu, Etkileri ve Kritiklik Analizi Gerçekleştirme Prosedürleri" adıyla yayınlanan 9 Kasım 1949 (Military Procedure) kaynağı bilinmektedir. ABD ordusu askeri usullerde ve bununla ilgili yapılan sistemlerde hatalarının, etkilerinin belirlenmesi ve askeri çalışmalarda başarı değerlendirmesi için yapılan önemli bir teknik olarak bilinmektedir. Nasa'nın aya göndereceği Apollo projesinde her detay oldukça önemli, pahalı ve sorun istenmeyen bir proje olduğu için sistemlerinde arıza yaşanmaması ve yüksek maliyetlerden kaçmak için FMEA uygulanmış. 10 yıl bu yöntemin kullanıldığı bildirilmemiş ancak 1961 yıllarında ilk FMEA tablolarını yayınlayarak bu bilgiler açığa çıkmıştır. FMEA'nın ilk endüstriyel kullanımının da 1975 yılı bir Japon firmanın bilgisayar üretiminde olmuş ve bu analiz yönteminin dünyada da kullanımı yaygınlaşmıştır. 1980 yılında da Ford ve 1985 yılında Fiat otomotiv firmaları bu analiz yöntemini kendi süreçlerine uygulamıştır. Otomotivdeki yaygın kullanım Chrysler ve General Motor'da kullanımına sebep olmuştur. Ardından Fransız şirketler Renault ve Citroen otomotiv firmaları da kullanmıştır. Otomotiv firmaları QS 9000, TS 16949, ISO 9001:2000 ve diğer Kalite yönetimi sistemleri için FMEA analiz yönteminin kullanılması tercih etmektedirler. FMEA analiz yöntemi bir sistem veya olay için ürün veya hizmet kalitesi veya verimliliğini artırmaktadır (Chang 2008). Günümüzde FMEA analiz yöntemi otomotiv şirketlerinin çoğunluğu oluşturmak suretiyle, gıda, metal, yazılım, nükleer tasarımlar, sağlık sektörü gibi alanlarda kullanılarak ürün ve hizmetlerde kalite planlamasında önleyici faaliyetler oluşturup üstünlük elde etme amaçlanmaktadır (Atalay, 2019).

#### 4.3. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)'de Kullanılan Kavramlar

Aşağıda FMEA yönteminde kullanılan kavramların açıklamaları verilmiştir;

**Müşteri:** Hata türünden etkilenebilecek ürünün veya hizmetin ulaştığı son kişi olarak tanımlanabilir. Son kişi; iç ve dış departmanlar/kişiler/prosesler olabilir.

**Fonksiyon:** Bir proses, bir ürün veya işlemde talep edilen özellikler ve üründen gerçekleştirilmesi beklenen amaçlardır.

**Hata Türü:** Bir ürünün veya prosesin, kendisinden beklenen fonksiyonları gereği gibi veya hiç yerine getirememesi durumu veya normal olmayan işleyişidir.

**Hata Nedeni:** Tasarımda veya kurulumda belli bir durumun, hata türü ile sonuçlanması olayına yol açan nedenlerdir.

**Hata Etkisi:** Müşterinin karşılaşabileceği memnuniyetsizlik ve tehlike doğurabilecek durumlar olarak kabul edilir. Burada müşteri; sonraki işlemler, sıradaki işlemler veya son kullanıcı olabilir. Hata türü ile bağlantılıdır.

**Mevcut Kontroller:** FMEA analizi sırasında meydana gelebilecek hatanın ortaya çıkması veya müşteriye yani kullanıcıya ulaşmasını engellemek ve önlemek için kullanılan denetim yöntemleridir.

**FMEA Elemanı:** FMEA analizinde belirlenen veya incelenen konular bütünüdür. Hata türünden, hata etkilerinden, yapılan kontrollerden, uygulanan tüm faaliyetler bu kısım için örnek verilebilir.

**Kritiklik:** Hatanın önceliğini belirlemek için kullanılan ve zaman kaybını engelleyen bir etmendir. Hatanın müşteriye ulaşmadan saptanabilme ihtimali ile ortaya çıkma ihtimalinin çarpımı sonucunda tespit edilir.

**Ağırlık/Şiddet:** Hata etkisinin müşteriye yansıyan sonuçlarının değerlendirilmesidir.

**Olasılık:** Hata nedeninin ne kadar sıklıkta oluştuğunun göstergesidir.

**Saptana bilirlilik / Tespit Edilebilirlik:** Mevcut kontrollerde hatanın bulunarak müşteriye ulaşmasını engelleme derecesidir. Bu tespit; ürün, parça, üretim veya montaj hattı sırasında belirlenmelidir.

**Risk Öncelik Sayısı:** Belirlenen Ağırlık/Şiddet (Ş), Ortaya Çıkma Olasılığı (O) ve Saptana bilirliliği (S) değerlerinin çarpımıdır. Hata türlerinin seviye sıralamasını yapmakta kullanılır (Çakmak, 2015).

$$\text{Risk Öncelik Sayısı (RÖS)} = \text{Şiddet (Ş)} \times \text{Olasılık (O)} \times \text{Tespit Edilebilirlik (T)}$$

**Tablo 4.1. Rös değerlendirmesi (Özfirat, 2014)**

RÖS Değeri	Önlem
RÖS < 40	Önlem almaya gerek yok
40 ≤ RÖS ≤ 100	Önlem alınabilir
RÖS > 100	Önlem alınması gereklidir.

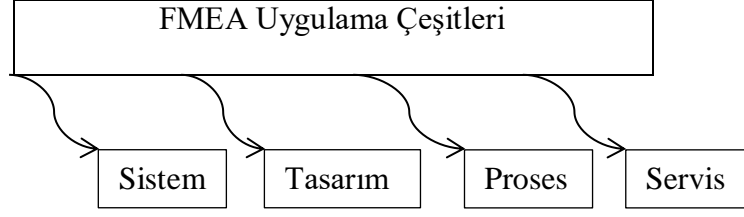
#### **4.4. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) 'nın Amaçları ve Faydaları**

FMEA analiz yönteminin amaçları sıralandığında; Sistem içinde meydana gelebilecek hata türleri, hata etkileri ve hatanın kritiklerini belirlemek, Sistem içinde meydana gelebilecek potansiyel hataları önceden belirleyip bu hataların meydana gelmesini önlemek, Kullanılacak ürün için ihtiyaç ve beklentileri karşılama için, belirlenen imalat ve kurulum prosesleriyle ilişkili olan ürünün tasarım karakteristikleri belirlemek ve analiz etmek, Potansiyel hata türlerinin belirlenmesi, bu hataların ortadan kaldırılması ve önleyici faaliyetleri oluşturmak veya devamlı bir şekilde hataların oluşma potansiyellerinin azaltılması ve böylece ürünün gelişimini sağlamak, Kurulum veya imalat prosesi için genel sistemin dayandığı neden ve ilkeler hakkında dosya oluşturmak (Çakmak,2015).

FMEA analiz yönteminin faydaları sıralandığında; Ürün veya hizmet kalitelerini ve güvenilirliğini artırıp müşteri memnuniyetini sağlamak, Düzeltici ve önleyici faaliyetlerin izlemesine olanak sağlamak, verilerin belgelenmesi ile hata olasılığını azaltmak, Sistem içinde tüm süreçlerinde hataların oluşum olasılığını sebeplerini belirlemek. Üretim maliyetini düşürüp, işletme kazancı artırılarak firmanın imajı ve rekabet gücünü arttırmak, Kayıpları önleyerek hatalı üretimi azaltmak, bu sayede verimliliği arttırmak, Ürünün tasarım noktasında, bu aşamanın en hassas ayrıntısına kadar analiz edilmesi, tasarımındaki hataların ana nedenlerinin belirlenmesi, ürünlerin veya süreçlerin tamamlanma süresini kısaltmak. Analiz yönteminin kullanılması ile önemli kazanımlar da beraberinde oluşmaktadır. Sağladığı avantaj ile firmalar yüksek güvenilirlik elde ettiği, ürünlerindeki kaliteyi artırarak düşük maliyetler ile tasarlamasını ve üretmesini sağlamıştır. Elde edilen kazanımlar ile maliyetler kontrol altına alınarak, oluşan hatalardaki zararları da düşürmüştür (Atalay, 2019).

#### **4.5. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA) Çeşitleri**

FMEA analiz yöntemi ilk donanım kapsamlı işlerde yapılmış; ancak zaman geçtikçe kullanımı artıp fonksiyonel şekilde hataları belirleyip giderilmesi için kullanılmaya başlanmıştır. FMEA analiz yöntemi dört ( sistem, tasarım, proses ve servis ) çeşittir. Şekil 4.1.'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.1. FMEA Çeşitleri**

#### **4.5.1. Sistem Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)**

Sistem FMEA; tüm donanımların ve ürün/hizmet tasarımlarının tamamlanmasının sonrasında yapılan üretimde, kalite ve güvence gibi sistemlerin akışını etkili sonuçlar alabilir hale getirmek için kullanılan bir analiz yöntemidir. Sistem FMEA' nın faydaları için bazı örnekler; potansiyel hataların ve problemlerin bulunabileceği alanları önemli ölçüde daraltır, sistem derecelendirmedeki teşhis ve tespit prosedürleri için bir temel konu oluşturulması için yardımcı olan yapıya sahiptir, sistemler için fazlalık oluşumlarının tespit edilmesine yardım eder, optimum sistem projelendirme alternatifleri seçilmesinde ve belirlenmesinde yol göstericidir. Sistem FMEA uygun şekilde uygulanabilirse belirlenen hata türleri ile güvenlik konularında hâkimiyet olacak ve oluşabilecek hataları aza indirebilecek potansiyel tasarım faaliyetlerin bir listesi, potansiyel hata türlerinin rös tarafından derecelendirmiş bir listesi ve aynı zamanda hata türlerini tespit edebilecek sistem fonksiyonlarının bir listesi elde edilebilmektedir (Çakmak, 2015).

#### **4.5.2. Tasarım Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)**

Tasarım FMEA, ürün ve hizmetler için üretim kararı verilmeden önce uygulanır. Tasarım FMEA, tasarımdaki hatalar yüzünden servis veya imalat aşamalarında artan olası hata türlerini inceler. Tasarımı bir bütün olarak ele alma amacı doğrultusunda imalat sırasında, montajda, donanım için ve müşterinin uygunsuz kullanımından dolayı üründe meydana gelen tasarım ile ilgili sorunları belirler. Tasarım FMEA' nın tasarım aşamasında faydaları için bazı örnekler; ürün için hatanın önce tespit edilmesini sağlar, ürün tasarım ihtiyaçları ve alternatifleri daha detaylı değerlendirilebilir, detay durumların ve özelliklerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır, dizayn düzeltmeleri için öncelik hataların bulunmasına yarar, tasarım

yapılırken oluşturulmuş doğru ve gerçekçi bir belgelendirme sistemi sonra yapılan ürün tasarımları için rehberlik oluşturabilmektedir (Kahraman, 2009).

#### **4.5.3. Proses (Süreç) Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)**

Kurulum sürecindeki eksiklikler yüzünden meydana gelen hata türlerini yok etme ve süreçleri analiz etmek amacıyla kullanılmaktadır. Hatasız ürünlerin üretilmesi amacıyla kurulum ve imalat süreçlerinde kullanılan makinaları, aletleri ve insan gücünün etkilerini analiz edilerek; imalat süreçlerinin belirlenmesi ve zayıf noktalarının bulunmasında olanak sağlamaktadır. Proses FMEA' nın faydaları için bazı örnekler; risk öncelik sayısını tespit ederek hataların önceliklerine göre sıralanmasını sağlar, süreç eksikliklerini belirler ve buna göre düzeltilecek ve önlenecek faaliyetlerin planlılarını önerir. Kritik ve mühim karakteristikleri belirler ve kontrol planlarının geliştirilmesine yardım eder, değişikliklerin hangi maksatla yapıldığını dokümanter eder, imalat veya kurulum süreçlerinin analiz edilmesinde yardımcı olan etkili bir analiz yöntemidir (Duran, 2007).

#### **4.5.4. Servis Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA)**

Servis FMEA hizmet sektörlerinde yapılan hatanın müşteriye veya ürüne olan etkileri üzerinde inceleme yapar. Belirlenen hatalar için önleme faaliyetleri planlanarak uygulama safhasında kullanılmaktadır. Servis FMEA' nın faydaları için bazı örnekler; iş akışının analiz edilmesinde yardımcı olarak işlem yetersizliklerini belirler, sistem ve/veya proseslerin analiz edilmesinde yardımcıdır, düzeltme çalışmaları için ilk öncelikleri oluşturup değişikliklerin hangi amaçla yapıldığının belgelendirilmesine yardımcı olur (Kahraman, 2009).

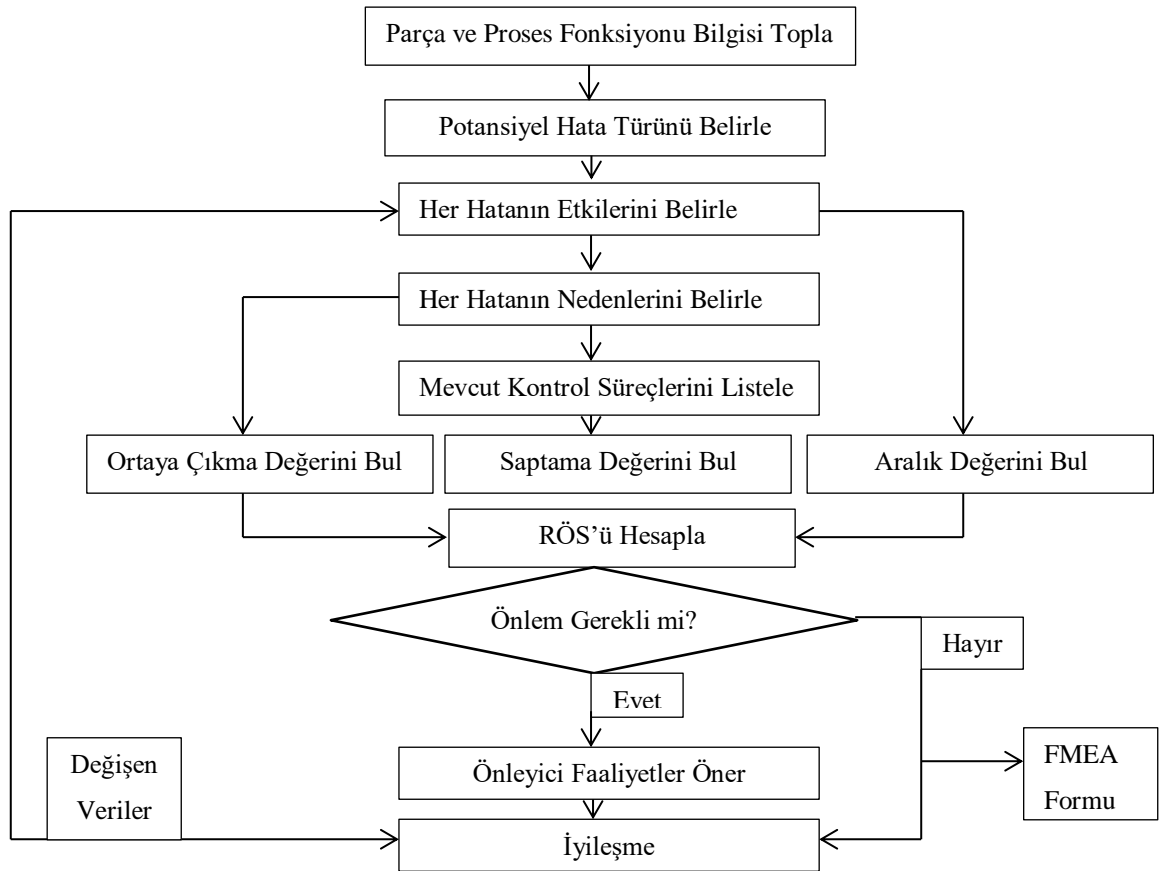
#### **4.6. Uygulanacak FMEA Çeşidinin Belirlenmesi**

Uygulamada dört çeşit FMEA vardır. Bu çeşitler sistem, tasarım (projelendirme), proses (süreç) ve servis olarak bilinmektedir. Ayrı ayrı tekrar değerlendirme yapılır ise sistem FMEA, tasarım sürecinde ve ilgili kavramların ön aşamalarında sistemleri ve alt sistemleri analiz etmek için kullanılır. Servis FMEA bazı kaynaklarda hizmet FMEA olarak geçebilir, yapılması düşünülen ürün/hizmet müşteriye ulaşmadan

hemen önce durumların analiz edilmesinde kullanılır. Tasarım (projelendirme) FMEA ürün tasarımını şekillendirmektedir. Üretime başlanmadan önce yapılacak ürünün tasarımının şekillendirilmesinde kullanılır. Çalışmada öncelikle binaya uygun doğalgaz hattı projelendirmesi yapılmalıdır. Proses (süreç) FMEA yöntemi süreç aşamalarının belirlenmesinde kullanılır. Bu yöntem üretim veya kurulum/montaj proseslerini analiz etmek amacı ile hareket eder. Sonuç aşamasında tasarım FMEA ve proses (süreç) FMEA analiz yöntemleri uygulaması yapılacaktır.

#### 4.7. FMEA Uygulama Adımları

Uygulama adımlarında ele alınacak durumlar, bir ürünün veya hizmetin oluşum süreçlerinde meydana gelebilecek hataların son kullanıcıya ulaşmadan engellenebilmesi için FMEA takımından, literatür ve çeşitli kaynaklardan yararlanılarak olası hataların tespit edilmesi, risk öncelik katsayılarının hesaplanması ile yapılacaktır.



Şekil 4.2. FMEA süreci (Demirer ve Kahraman, 2010)

Yukarıda şekil 4.2.'de belirtilen süreçlerde FMEA yöntemi; yeniden süreç, ürün, yöntem ve modelde değişiklik istendiğinde, mevcut sistem için yeniden yapılandırma istendiğinde ve genel olarak geliştirme ve iyileştirme düşünüldüğünde kullanılabilir bir yöntemdir (Eleren, 2007).

#### 4.7.1. FMEA Takımının Kurulması

Tez çalışması için mevzuat ve literatür araştırmasına ek olarak FMEA ekip analizi olduğu bilindiğinden incelenecek alan için konuya hakim kişilerden oluşan bir ekip oluşturularak bilgi ve tecrübelerine başvurulmuştur. Ekip konu hakkında tecrübeli kişiler ile kurulur. Bir lider olmalı, en az 5 kişiden oluşmalıdır. Yapılacak bilgi alış veriş süreci iki ay içerisinde belirli günlerde yapılacak toplantılarda net ifadeler ile sonuç bilgileri elde edilerek noktalanmalıdır. Ekip üyeleri Talep Mühendislik Doğalgaz Proje Taahhüt Mekanik Tesisat firmasından seçilmiştir. Bilgileri tablo 4.2. da verilmiştir.

**Tablo 4.2. Fmea takımını oluşturacak işletme çalışanları**

İSİM	UNVAN	ÖĞRENİM DURUMU
Personel 1	EKİP YÖNETİCİSİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
Personel 2	İŞLETME SAHİBİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
Personel 3	ŞANTIYE ŞEFİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
Personel 4	TEKNİK RESSAM	MAKİNE MÜHENDİSİ
Personel 5	KAYNAKÇI	YETKİ SERTİFİKALI ÇALIŞAN
Personel 6	KAYNAKÇI	YETKİ SERTİFİKALI ÇALIŞAN
Personel 7	MONTAJCI	YETKİ SERTİFİKALI ÇALIŞAN
Personel 8	MUHASEBE MÜDÜRÜ	-

Ekip ile birer hafta ara ile belirli görüşmeler yapılmış dört adet görüşme için toplantı tutanağı düzenlenmiş ve bilgiler toplanmıştır. İlk toplantıda tanışma, ikinci toplantıda tasarım hataları için tasarımı yapan, projeleri onaylatan ve bu aşamalar ile ilgilenen kişiler ile ayrı bir görüşme, üçüncü toplantıda kurulum sürecindeki hata türleri için kurulumu yapan kişiler ile ayrı bir görüşme yapılarak daha etkili veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Dördüncü toplantıda sonuç ve öneriler görüşülmüştür. İncelenen sistem servis kutusundan başlayarak baca imalatının son şapkasına kadar olan imalat kısımlarıdır. Elde edilen veriler FMEA'nın tasarım ve proses analiz yöntemleri ile belirlenmiştir.

Çalışmada İlgili kurum doğalgaz iç tesisat şartnamesi esas alınmış, bu konudaki literatürdeki bilgilerinden, konusunda uzman personellerin görüşlerinden ve yetkili firma çalışanları ile yapılan toplantılarda belirlenen bilgiler kullanılmaktadır. Uzman kişiler ile yapılan görüşmeler ve FMEA takımı ile yapılan toplantı tutanakları ekler kısmına eklenmiştir. Sistemin analiz edilmesi aşamasında; Hata türü, Hata etkisi ve Hata nedeni tanımlanmalıdır. Belirlenen rös değerleri ekibin tamamının kanaati ile oluşturulmuştur.

#### 4.7.2. Hata Türlerinin Belirlenmesi

Hata Türü bir prosesin, kendisinden beklenen fonksiyonları olması gerektiği gibi veya yerine getirememesi durumu veya normal olmayan işleyiştir. Hata türlerini belirlemek için yaşanmış doğalgaz kaza tespit raporları, bilgi dokümanlarındaki test raporları, kontrol sırasında belirlenen sistem verileri, literatürde bulunan sonuçlar çıktı olarak kabul edilir ve kullanıla bilinir. Doğalgaz proje tasarımında FMEA çalışması yaparken hata türlerinin belirlenmesinde tasarıma özgü özelliklerden yararlanır. Önemli ve kritik özellikler veri olarak ele alınıp değerlendirme yapılarak analiz edip hata türleri belirlenir. Hata türleri aşağıda tablo 4.3.'de belirtildiği gibi belirlenmiştir.

**Tablo 4.3. Fmea hata türleri**

Hata No	Hata Türü	Hata Yeri - Bulunduğu Hat
1	Projede yapılacak boru hatlarının çaplarının yanlış verilmesi	Tasarım ve Kolon Hattı
2	Yapılan doğalgaz boru hatları ve vanaları için uygun mesafelerde kelepçe kullanılmaması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
3	Basıncın $P \leq 50$ mbar olduğu durumlarda akış hızının $v \leq 6$ m/s' yi geçmesi	Tasarım ve B.B.H.-D.İ.T.
4	Basıncın $P \geq 50$ mbar olduğu durumlarda DN65 ve küçük çaplarda akış hızı $v \leq 15$ m/s' yi geçmesi	Tasarım ve B.B.H.-D.İ.T.
5	Büyük tüketimli tesislerde, DN80 ve büyük çaplarda $v \leq 25$ m/s' yi geçmesi	Tasarım ve B.B.H.-D.İ.T.
6	Gazın teslim noktası ile kullanılan cihaz arasındaki toplam basınç kaybının $\Delta P_{\Sigma} \leq 1,8$ mbar' dan fazla olması	Tasarım ve B.B.H.-D.İ.T.
7	Sayaç gaz basıncı 300 mbar ise servis kutusu ile arasındaki toplam basınç kaybının $\Delta P_{\Sigma} \leq 21$ mbar' dan fazla olması	Tasarım ve B.B.H.-K.H.
8	Doğalgaz boru hatları ile tüm zayıf akımla çalışan telefon, zil, kapı otomatları, kablolu TV. anten vb. kabloları ile bunların bağlantı hatlarından 15 cm' den yakın yapılması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.

**Tablo 4.3. (Devam) Fmea hata türleri**

9	Yanlış vida tipi olan vidalı bağlantıların yapılması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
10	Toprakaltı boru hatlarında dirsek gerekli yerler için dirsek yerine mevcut borulara büküm yapılması	Kurulum ve B.B.H.
11	Toprakaltı yapılan boru hatları polietilen kaplı ancak bağlantı yerlerine sıcak pe sargı yerine, soğuk sargı kullanılması	Kurulum ve B.B.H.
12	Toprakaltı boru hatları polietilen kaplı ancak bağlantı yerlerine sıcak polietilen sargının, yeterince ısıtılmadan ve % 50 sargı bindirme yöntemi ile yapılmaması	Kurulum ve B.B.H.
13	Toprakaltı borulamalarının DN 25 çapından küçük çapta boru kullanılması	Kurulum ve B.B.H.
14	Toprakaltında yapılan borulama hatlarında katodik koruma yapılmaması veya yetersiz olması	Kurulum ve B.B.H.
15	Mg anot uygulama yerinin yanlış yapılması	Kurulum ve B.B.H.
16	Toprakaltı ve toprak üstü hatların izolasyon mafsalı ile ayrılmaması	Kurulum ve B.B.H.
17	Yapılan borulama hatlarında servis kutusundan sonraki hat toprak altından geçip kapalı bir alana gidiyor ise S.K.' dan sonra AKV. takılmaması	Kurulum ve B.B.H.
18	Doğalgaz borusu harici boru kullanılması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
19	Tasarım aşamasında yapılacak boru hatlarının yönünün yanlış verilmesi	Tasarım ve B.B.H.-D.İ.T.
20	Uygulama yapılacak bina için boru hatları ölçülerinin yanlış alınması yapılacak projenin yanlış alınan ölçüler ile yapılması	Tasarım ve B.B.H.-D.İ.T.
21	Doğalgaz tüketim cihazlarıyla bağlantısı esnek borular ile yapılmaması	Kurulum ve D.İ.T.
22	Binaların dilatasyon hatlarında ara bağlantıların esnek borular ile yapılmaması	Kurulum ve B.B.H.
23	Doğalgaz boruları amacı dışında kullanılması ve statik elektrik yüklenmelerin karşı korunmaması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
24	Toprak üstü tesisatta yapılan soğuk bükümde borunun normalinden fazla kıvrılması	Kurulum ve B.B.H.
25	Toprak üstü boru hatlarında DN 50 ve üstündeki çaplarda büküm yapılması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
26	Yapılan boru hatlarında kullanılan vananın, kullanıldığı yerdeki boru çapından farklı çapta olması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
27	Ana boru bağlantı hatlarının havalandırma olmayan, rutubetli, zor ulaşılabilen, bina ortak mahalli sayılmayan ve boruların hasara uğrayacağı uygunsuz yerlerden geçirilmesi	Kurulum ve B.B.H.-K.H.
28	TS ve standartlara uygun olmayan vana ve malzeme kullanılması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.

**Tablo 4.3. (Devam) Fmea hata türleri**

29	Doğalgaz tesisatındaki boru hatlarının, gaz açımından önce antipas üzeri sarı renkli boya ile boyanması ve sızdırmazlık kontrolü yapılmaması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
30	AKV ve KKV' nin tesisata rekorlu bağlantı harici bir yöntemle monte edilmesi	Kurulum ve B.B.H.-K.H.
31	Doğalgaz vanalarının tesisata montajı esnasında vananın bağlantı yerlerinin fazla ya da az sıkılması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
32	300 mbar çıkışlı servis kutularında domestik regülâtörün shut off' suz olması	Kurulum ve B.B.H.
33	Fittingsler delik olduğunda, yamalı kaynak yapılması	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.
34	Sayaca bağlantılarının sağdan girip soldan çıkması	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.
35	Sayaç konumunun yanlış belirlenmesi	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.
36	Doğalgaz borularının sıva altına gömülmesi	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.
37	Havalandırma menfezi olmaması ya da var olan menfezin sonradan iptal edilmesi (kapatılması)	Kurulum ve D.İ.T.
38	Doğalgaz boru hatları için yanlış kaynak yönteminin uygulanması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
39	Kaynakla birleştirilecek borularda eksen kaçıklığı, yetersiz temas ve yapışma noksanlığı yapılması	Kurulum ve B.B.H.-K.H.
40	Kaynak yaparken yakıp delme hatası yapılması ve yanma çentiği oluşumu	Kurulum ve B.B.H.-K.H.
41	Kaynak yaparken curuf hatası, gözenekler ve çatlak hatası yapılması	Kurulum ve B.B.H.-K.H.
42	Kolon hattında sayaç vanasına kadar dişli bağlantı ya da manşon kaynağı olması	Kurulum ve K.H.
43	Kolon hattında kat geçişlerinde çelik kılıf kullanılmaması	Kurulum ve K.H.
44	Kolon hattında kat geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluğun doldurulmaması	Kurulum ve K.H.
45	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde kılıf kullanılmaması, yapılan kılıf ve boru arası koruyucu malzeme ile yalıtılmaması	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.
46	Kolon hattının en alt ya da en üst noktasına temizlik amaçlı branşman bırakılması	Kurulum ve K.H.
47	Her sayaç girişine keme vanası konulmaması	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.
48	Sayaçtan sonra test ağzı ve test nipelini bırakılmaması	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.
49	Kat ve duvar geçişlerinde koruyucu kılıfın içinde kalan doğalgaz borularında ek yeri olması	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.
50	Kazanın yerleştirildiği mahallin ölçülerinin, bakım onarımına izin vermeyecek kadar küçük olması	Kurulum ve Kazan Hattı

**Tablo 4.3. (Devam) Fmea hata türleri**

51	Brülörün yanlış kapasite ve özelliklerde seçilmesi	Kurulum ve Kazan Hattı
52	Kazan dairesine boru hatlarının bulunduğu yerin en üst noktasına gaz alarm cihazı konmaması	Kurulum ve Kazan Hattı
53	Kazan dairesinde, gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış selenoid vana olmaması	Kurulum ve Kazan Hattı
54	Meydana gelebilecek gaz kaçaqları için ana kesme şalteri konmaması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
55	Kazan dairesi içinde yapılan elektrik kumanda panolarının ve aydınlatmaların etanj tipi exproof olmaması	Kurulum ve Kazan Hattı
56	Kazan dairesindeki alt havalandırma ve üst havalandırma menfezlerinin boyutlarının farklı ölçülerde yapılması	Kurulum ve Kazan Hattı
57	İmalat sırasında karşılaşılan delinmiş boru hatları veya kopma durumuna gelen borulara yanlış müdahale yapılması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
58	Karşılaşılan hatalarda can güvenliği, mal güvenliği, çevre emniyeti ve işin prosedür ve kurallarına uygun yapılmaması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
59	Kontrolsüz gaz çıkışlarında hatalı müdahale tekniğinin uygulanması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
60	Yapılacak brülör gaz kontrol hattında eksik ekipman uygulamasının yapılması	Kurulum ve Kazan Hattı
61	Uygulama yapılacak tesisat için sayacın Qmin değerinden daha küçük ve gaz geçişinin ölçülememesi	Kurulum ve Kazan Hattı
62	Ürünlerin kapasiteleri net olarak bilinmemesi durumunda cihazlar için uygunsuz debi değerlerinin seçilmesi	Tasarım ve B.B.H.-D.İ.T.
63	Gaz verilmiş Endüstriyel Tesisat için sonradan mutfak için hat, ısıtma tesisatı hattı, buhar tesisatı hattı yapılacağı zaman şartnameye göre projesi hazırlanmaması ve tesisatın o yönde yapılmaması	Tasarım ve B.B.H.-D.İ.T.
64	İki servis kutusu ile beslenen hatların kutu çıkış kolektörü simetrik yapılmaması	Kurulum ve B.B.H.
65	Çalışma, imalatın yapılması sırasında güvensiz hareketlerde bulunulması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
66	Kazan dairelerinde elektrik jeneratörleri ve katı, sıvı, gaz yakıt tankının bulundurulması	Kurulum ve Kazan Hattı
67	Kazan dairesi kapılarının yanar malzemeden ve içeriye açılır biçimde yapılması	Kurulum ve Kazan Hattı
68	Doğalgazlı cihazlar için ortak (şönt) baca ya da adi baca kullanılması	Kurulum ve Baca Hattı
69	Doğalgaz bacasının ağızının, çatı mahyasının altında kalması veya yönünün solunum yapılabilecek mahalle bağlantılı yapılması	Kurulum ve Baca Hattı
70	Projeye/tesisata baca konmaması ve baca çekiş hesabının yapılmaması	Tasarım ve Baca Hattı

**Tablo 4.3. (Devam) Fmea hata türleri**

71	Baca etiketindeki kesit, yükseklik, konum değerleriyle projedeki baca değerlerinin uyuşmaması	Kurulum ve Baca Hattı
72	Baca imalatçısının TS 11383 sertifikasına sahip olmaması ve bacaya etiket yapıştırılmaması	Kurulum ve Baca Hattı
73	Baca şapkası kullanılmaması	Kurulum ve Baca Hattı
74	Baca topraklamasının yapılmaması	Kurulum ve Baca Hattı
75	Projede gösterilenden fazla dirsek olması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
76	Kazı yapılan alanda çalışan iş makineleri, kamyonlar ve geçen diğer motorlu araçlar için tedbirlerin alınmaması	Kurulum ve B.B.H.
77	Taşıma ile boru kesme, boru üzerindeki izolasyonun temizlenmesi ve kaynak ağzı açma esnasında spiral taşın koruyucusunun olmaması	Kurulum ve B.B.H.-K.H.
78	Kaynak işlemi sırasında eriyik metalin sıçraması ve kaynak gözlüğünün kullanılmaması	Kurulum ve B.B.H.-K.H.
79	Boru hatlarına yapılan kaynak işlemlerinin röntgen veya ultrasonik yöntemle kontrol edilmemesi	Kurulum ve B.B.H.-K.H.
80	Boru hatlarının yanıcı maddelere yakın yapılması	Kurulum ve B.B.H.-D.İ.T.
81	Sayaç bağlantısının elektriksel köprülemesinin yapılmaması	Kurulum ve K.H.-D.İ.T.

#### **4.7.3. Hata Etkilerinin Belirlenmesi**

Olası hata etkileri; müşteri için hatanın ortaya çıkması durumunda yaşanan olumsuz sebepler olarak bilinir. Hata türü ile bağlantılıdır. Burada müşteri son kullanıcıdır. Bu tez çalışmasında belirlenen hatalar son kullanıcı için genel etkileri düşünülerek belirlenmiştir.

#### **4.7.4. Hata Nedenlerinin Belirlenmesi**

Olası hata nedenleri; hataların oluşma aşamalarındaki normal olmayan durumlar veya bir olayı ya da durumu sabit olduğu halde etkileyerek başka bir olay ya da duruma yol açan sebepler olarak bilinmektedir. Hata çeşitlerinin meydana çıkarılmasında ve tasarım veya kurulum esnasındaki sorunların ortaya çıkma nedenlerinin etkili sebepleri gösterir. Hata nedenlerinin belirlenmesinde Balık Kılıcı yönteminin (Ishikawa neden sonuç diyagramı) diyagramından da faydalanılmıştır. Belirlenecek nedenler genel kabul olarak “İnsan”, “Makine”, “Metot / Yöntem”, “Malzeme”, “Ölçüm” ve “Çevre” başlıklarından yararlanılmaktadır. Yapılan FMEA

çalışmasında risk oluşturan tasarım 11 adet ve proses 70 adet belirlenerek ve nedenler için beyin fırtınası çalışmaları ile balık kılıcı yönteminde de belli başlı hata nedenleri tespit edilmiştir. Bu hata nedenleri birbirine benzer bulunmuştur. Doğalgazlı sistem tasarımı ve imalatı, fabrika üretim sektörlerinden farklıdır. Hata türlerinin sebepleri gerek tasarım, gerekse proses aşamalarında yanlış malzeme, standart dışı ekipman kullanımı, bilgi eksikliği, dikkatsizlik gibi şeyler olabileceği gibi; çoğunlukla insandan kaynaklanmaktadır. Tasarım için yapılan beyin fırtınası çalışması tablo 4.4. proses beyin fırtınası tablo 4.5.'de verilmiştir:

**Tablo 4.4. Tasarım fmea beyin fırtınası çalışması**

BEYİN FIRTINASI ÇALIŞMASI		
<b>AMAÇ</b>	Doğalgaz projesi tasarımı sırasında bazı uygunsuzlukları ortadan kaldıracak tedbirlerin alınması amaçlanmaktadır.	
<b>KATILIMCILAR</b>	FMEA takımı ile beyin fırtınası yapılmıştır.	
<b>PROBLEM</b>	Tasarım/Projelendirme için hata türlerinin nedenleri ile ilgili yapılan çalışmada ekip üyelerinin fikirlerine başvurulmuş aynı fikirli olan kişiler ile puanlama yapılmıştır.	
<b>Ekip Üyelerinin Hata Nedenlerine Katılım Fikirleri</b>	Hata Nedenleri	Puan
	Tasarım projesinin çizimini yapanın hatası	6
	Yanlış ölçü verilmesi hatası	6
	Boru çapı hesap hatası	4
	Projenin kontrol edilmemesi	6
	Tasarım yapım talimatının olmaması	6
	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	5
<b>SONUÇ</b>	Puanlamada en yüksek puanı alan dört fikir için çözüm önerileri ve uygulanacak tedbirler aşağıda sunulmuştur.	
<b>ÖNERİLER</b>	1 Sorumluluk bilinci olmayan personel çalıştırılmamalı işini seven ve özveri ile yapan kişiler seçilmelidir.	
	2 Teknik Ressamlar işe alınmadan önce, ölçü alma bilgisi ve ölçüyü projeye aktarma bilgisinin sınanması gereklidir.	
	3 Tasarım projeleri imalat yani kurulum aşamasına geçmeden ön onay kontrolünden geçmelidir.	
	4 İş talimatı oluşturulması ve çalışanlara talimatları uygulayabilme eğitiminin verilmesi	



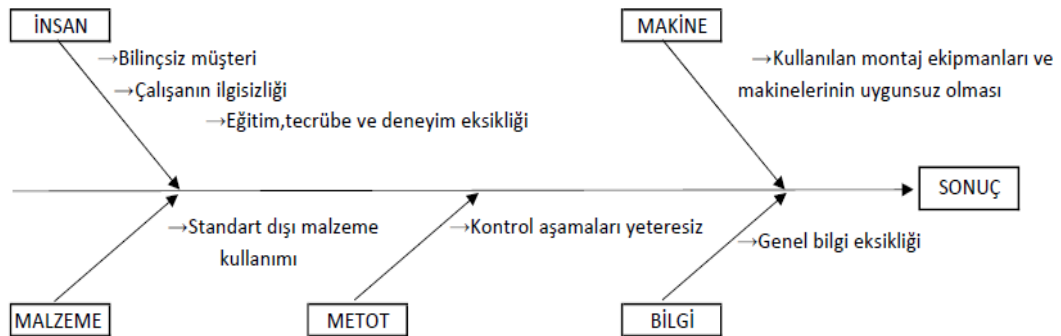
**Şekil 4.3. Tasarım fmea sebep sonuç diyagramı**

Bu beyin fırtınası çalışması sonucu çıkarılmış tasarım için FMEA neden sonuç diyagramı şekil 4.3.'de verilmiştir.

**Tablo 4.5. Proses fmea beyin fırtınası çalışması**

BEYİN FIRTINASI ÇALIŞMASI		
<b>AMAÇ</b>	Doğalgaz projesinin imalatı sırasında oluşabilecek muhtemel bazı uygunsuzlukları ortadan kaldıracak tedbirlerin alınması amaçlanmaktadır.	
<b>KATILIMCILAR</b>	FMEA takımı ile beyin fırtınası yapılmıştır.	
<b>PROBLEM</b>	İmalat/Kurulum aşaması için hata türlerinin nedenleri ile ilgili yapılan çalışmada ekip üyelerinin fikirlerine başvurulmuş aynı fikirli olan kişiler ile puanlama yapılmıştır.	
<b>Ekip Üyelerinin Hata Nedenlerine Katılım Fikirleri</b>	Hata Nedenleri	Puan
	Müşterinin maliyetlerden kaçma isteği	6
	Çalışanın imalat/kurulum sırasındaki isteksizliği	6
	Şantiye şefi mühendisin ilgisizliği	4
	Kurulum aşamalarının zamanında kontrol edilmemesi	6
	İş yapım talimatının olmaması	5
	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	6
<b>SONUÇ</b>	Puanlamada en yüksek puanı alan dört fikir için çözüm önerileri ve uygulanacak tedbirler aşağıda sunulmuştur.	
<b>ÖNERİLER</b>	1	Bilinçsiz müşteriye imalat hakkında uygun standartlar ve yapımı için eğitim verilmelidir.
	2	İmalat/Kurulum için operatör belirli standartlara uygun şekilde sistemi uyarlamalı ve yapım talimatına uymalıdır.
	3	Şantiye şefi Mühendis kurulumu takip edip uygunsuzluklara müdahale etmelidir.
	4	Yapım sırasında ve her durumda sorumlu kişilerin gerekli eğitimleri almaları gereklidir.

Bu beyin fırtınası çalışması sonucu proses için FMEA çıkarılmış neden sonuç diyagramı şekil 4.4'de verilmiştir.



**Şekil 4.4. Proses fmea sebep sonuç diyagramı**

#### 4.7.5. Ağırlık/Şiddet Değerlerinin Belirlenmesi

Ağırlık, yapılan hatanın son kullanıcıya yansıyan sonuçları olarak ifade edilebilir. Gerçekleşen hatanın etkisi arttıkça ağırlık değeri de artmış olur. Ağırlıkları değerlendirebilmek maksadıyla önem ya da kritiklik sınıflandırması yapılır. Belirlenen hatalar için yaşanan kayıplar; yapılan sistemin çalışma durumunu kaybetmesi, zarar görmesi veya yaralanma ya da ölüm gibi sebepler ile ortaya çıkarabilir. Ağırlık belirlemede yasal mevzuat kuralları ve konusunda uzman personelin görüşlerinden yararlanılmıştır. Ağırlık etki dereceleri Tablo 4.6.' da verilmiştir.

**Tablo 4.6. Ağırlık/şiddet etkisi dereceleri (Duran, 2007)**

<b>ETKİ</b>	<b>KRİTER</b>	<b>DERECE</b>
Tehlikeli	Emniyetle ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata herhangi bir ikaz olmadan meydana gelir.	10
Ciddi	Emniyetle ilgili arıza, yasalarla uyumsuz bir arıza. Hata herhangi bir ikazla meydana gelir.	9
Çok Büyük	Üretimin tümü hurdaya ayrılabilir. Ürün kullanılamaz hale gelip temel fonksiyonlarını kaybeder. Müşteri büyük hoşnutsuzluk duyar.	8
Büyük	Ürün/proses üzerinde büyük etki. Ürün kullanılamaz. Üretimin ayıklanması ve bir bölümünün (%100' den az) hurdaya ayrılması gerekir. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.	7
Önemli	Parçanın yeniden işlenmesi/onarılmasına neden olur. Ürün performansının derecesi düşmüştür. Ürün çalışmaktadır fakat kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar çalışmaz. Müşteri hoşnutsuzluk duyar.	6
Orta	Ürün performansı veya proses üzerinde orta şiddette etki. Müşteri ürünün kullanımında bazı rahatsızlıklar duyar. Kolaylık/rahatlık sağlayan bazı parçalar düşük performansla çalışır.	5
Küçük	Ürün performansı veya proses üzerinde küçük şiddette etki. Hata müşteri tarafından fark edilir ve ürün kullanımında bazı rahatsızlıklar yaşanır.	4
Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilir.	3
Çok Önemsiz	Ürün performansı veya proses üzerinde çok önemsiz etki. Hata müşteriler tarafından fark edilmez.	2
Etkisi Yok	Ürün performansı veya proses üzerinde hiç etkisi yok.	1

#### 4.7.6. Olasılık Değerlerinin Belirlenmesi

Meydana gelebilecek hatanın oluşma olasılığının değerini gösterir. Hatanın hangi sıklıkta oluştuğu bilgisi önemlidir. Oluşan hata için ortaya çıkma olasılığının en düşük olduğu durumlara “1” ve en yüksek olduğu durumlara “10” değerleri kullanılacaktır.

Olasılık değerlerinin belirlenmesinde yasal mevzuat kuralları ve konusunda uzman personelin görüşlerinden yararlanılmıştır. Olasılık değerleri Tablo 4.7.’ de verilmiştir.

**Tablo 4.7. Hatanın oluşma olasılığı ve derecesi (Duran, 2007)**

HATA OLASILIĞI	OLASI HATA	DERECE
Hemen hemen kesin	1/2 ‘ den fazla	10
Çok yüksek	1/3	9
Yüksek	1/8	8
	1/20	7
Orta	1/80	6
	1/400	5
	1/2.000	4
Düşük	1/15.000	3
Çok düşük	1/150.000	2
Hemen hemen olanaksız	1/1.500.000’den düşük	1

#### 4.7.7. Saptama Değerlerinin Belirlenmesi

Meydana gelebilecek hata için neden ve çeşitlerinden biri; alınan her tür tedbir ve önleme rağmen oluşur ise; oluşan hatanın son kullanıcıya ulaşmaması istenir. Saptama ise, sistem çalışmadan önce oluşabilecek hatanın tespit edilebilme olasılığıdır. Oluşabilen hata için saptama değeri; hatanın son kullanıcıya ulaşma olasılığına göre en düşük haller için “1” değeri alınır, ulaşmama olasılığına göre değerlendirilirse, bu olasılık çok yüksek olacağından “10” değeri ile tanımlanır.

Saptama değerlerinin belirlenmesinde yasal mevzuat kuralları ve konusunda uzman personelin görüşlerinden yararlanılmıştır. Saptama değerleri Tablo 4.8.’ da verilmiştir.

**Tablo 4.8. Saptana bilirlilik dereceleri (Duran, 2007)**

SAPTAMA	KRİTER	DERECE
İmkansız	Tespit etme imkânı yok	10
Çok zor	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok zor.	9
Zor	Kontrollerin hata türünü belirlemesi zor.	8
Çok az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok azdır.	7
Az	Kontrollerin hata türünü belirlemesi azdır.	6
Orta	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortadır.	5
Ortanın üstü	Kontrollerin hata türünü belirlemesi ortanın	4
Yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi yüksek.	3
Çok yüksek	Kontrollerin hata türünü belirlemesi çok yüksek.	2
Hemen hemen kesin	Kontrollerin hata türünü belirlemesi hemen hemen kesindir.(Hatalı tasarım / üretim yapılamaz).	1

#### 4.7.8. Risk Öncelik Sayısı (RÖS) Değerlerinin Hesaplanması

Risk öncelik sayısı belirlenen risk faktörleri için; ağırlık, ortaya çıkma ve tespit değerlerinin çarpımı ile meydana gelen bir sayıdır. Rös değeri en yüksek bulunan hata türü sıralama olarak öncelikli ele alınması gereklidir. Riskler için tablo 3.1.'deki değerler dikkate alınarak hareket edilmelidir. Uygulamalarda risk öncelik sayısı ile ilgili karşılaşılan durumlardan biri de farklı hataların aynı rös değerine sahip olması durumudur. Aynı rös değerine sahip iki veya daha fazla hata varsa, ilk olarak ağırlık, sonra da saptama değeri yüksek olan ele alınmalıdır. Önlem alınacak hata türlerine karar verildikten sonra alınacak önlemler belirlenmektedir. FMEA ekibi hata etki, sebep ve kontrollerine göre kendi bilgi ve tecrübesini kullanarak rös değerlerini tablo 3.7.'de olduğu gibi belirlemiştir. Rös değerlerinin tümü hesaplanarak tez sonuna ekler kısmında yer almaktadır. FMEA uygulamasında amacın riski yani risk öncelik sayısını düşürmek olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle önleyici faaliyetler ile rös içeriğindeki değerleri düşürmeye yönelik olmalıdır. Öneriler sonrası bazı hatalar için değerler yeniden hesaplanır. Bu değerler olması istenen değerlerde ise önerilerin uygun olduğu kabul edilir. Uygun olmayan değerler için farklı öneriler araştırılır (Çakmak, 2015).

#### 4.7.9. Alınacak Önlemler ve Kontrollerin Belirlenmesi

Tespit edilen hata türleri için tasarım hataları proje bitiminde kontrol edilerek önlem alınabilir. Kurulum hataları olarak belirlenen hatalara ise iş bitiminde gaz açılımı

olmadan kontroller ve gerektiğinde düzenlemeler yapılarak iş sonuçlandırılabilir. Bu durumlar kontrol aşamalarını ifade eder. Bu bölümde alınabilecek önlemler için öneri tablo 4.9.'daki yapılan işler için kontrol metodu oluşturulması amaçlanmakta ve düzeltici faaliyetler yapılarak, yüksek rös değerleri için iyileştirme yapılması hedeflemektedir. Olasılık, Şiddet ve Tespit Edilebilirlik değerleri küçültülerek rös değeri aşağıya çekilmiş olmaktadır.

Düzeltilici faaliyetler FMEA takımı ile uygulanabileceği gibi her konu ile sorumlu olan kişiler veya farklı gruplarca da ele alınabilmektedir. Uygulamanın yapıldığı Talep Mühendislikte doğalgaz sistem tasarımı Makine Mühendisi tarafından yapılmakta ve denetlemesi de Makine Mühendisi tarafından yapılmaktadır. Yapılacak doğalgaz hatlarının kurulumu da yetki sertifikalı çalışanlar tarafından yapılıp ve şantiye şefi olan Makine Mühendisi tarafından denetlenmektedir.

**Tablo 4.9. Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

Hata No	Hata Türü	Öneri ve Açıklama	Kontrol
1	Projede yapılacak boru hatlarının çaplarının yanlış verilmesi	İlgili standartlar ve kabullere göre uygun şekilde boru hatlarının çapları belirlenmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki formüller geçerlidir.
2	Yapılan doğalgaz boru hatları ve vanaları için uygun mesafelerde kelepçe kullanılmaması	Boru üzerinde eğim oluşturup bağlantı yerlerine baskı yaparak müdahalede kaçağa sebep olabilir sabitlemeler yapılmalıdır.	Ölçeme aleti ( Metre ) kullanılmalıdır.
3	Basıncın $P \leq 50$ mbar olduğu durumlarda akış hızının $v \leq 6$ m/s' yi geçmesi	Uygun hız olmadığı takdirde sistem gürültülü ve titreşimli çalışacağından dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
4	Basıncın $P \geq 50$ mbar olduğu durumlarda DN65 ve küçük çaplarda akış hızı $v \leq 15$ m/s' yi geçmesi	Uygun hız olmadığı takdirde sistem gürültülü ve titreşimli çalışacağından dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
5	Büyük tüketimli tesislerde, DN80 ve büyük çaplarda $v \leq 25$ m/s' yi geçmesi	Uygun hız olmadığı takdirde sistem gürültülü ve titreşimli çalışacağından dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

6	Gazın teslim noktası ile kullanılan cihaz arasındaki toplam basınç kaybının $\Delta P_{\Sigma} \leq 1,8$ mbar' dan fazla olması	Sistem verimli çalışmayacağından imalat hatası olarak görülür dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
7	Sayaç gaz basıncı 300 mbar ise servis kutusu ile arasındaki toplam basınç kaybının $\Delta P_{\Sigma} \leq 21$ mbar' dan fazlası	Sistem verimli çalışmayacağından imalat hatası olarak görülür dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
8	Doğalgaz boru hatları ile tüm zayıf akımla çalışan telefon, zil, kapı otomatları, kablolu TV. anten vb. kabloları ile bunların bağlantı noktalarından 15 cm'den yakın yapılması	Gaz hattının diğer tesisatlar ile aralarında olması gereken mesafeler ek dosya olarak verilmiştir. Etkileşim olmaması için uygun şekilde yapılmalıdır. Trifaze elektrik hatları için 30 cm, yüksek gerilim hatları için 10 m'den aşağı mesafe olmamalıdır.	Ölçme aleti ( Metre ) kullanılmalıdır.
9	Yanlış vida tipi olan vidalı bağlantıların yapılması	Diş tipi uygun olmadığı zaman kaçak oluşabileceğinden dikkat edilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
10	Toprakaltı boru hatlarında dirsek gerekli yerler için dirsek yerine mevcut borulara büküm yapılması	Toprak altı hatlarda dönüş gerekirse patent dirsek kaynak yapılarak kullanılmalıdır. Büküm yapılmamalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
11	Toprakaltı yapılan boru hatları polietilen kaplı ancak bağlantı yerlerine sıcak pe sargı yerine, soğuk sargı kullanılması	Korozyonu önleme amacı ile yapılan bu işlemde sıcak pe sargı ısı ile büzülerek yapıştırıldığından sağlam ve kalıcı olmakta ancak soğuk sargı ise elle sarıldığından açık alan kalma payı yüksek olduğundan dikkat edilmeli.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
12	Toprakaltı boru hatları polietilen kaplı ancak bağlantı yerlerine sıcak pe sargının, yeterince ısıtılmadan ve % 50 bindirme yöntemi ile yapılmaması	Yeterince ısıtılmadan ve sargı bandının kalınlığının yarısı üst üste bindirilmeden yapılan sıcak pe sargı yapıştırılmamalı aksi durumda boru üzerindeki sargıda pot ve boşluk olur ve boru zamanla korozyona uğrayabilir.	Elle ve Göz ile kontrol yapılmalıdır.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

13	Toprakaltı borulamalarının DN 25 çapından küçük çapta boru kullanılması	Doğalgaz tesisatlarında toprakaltı hatlarda kullanılacak min. boru çapı DN 25' tir.	Kumpas ile kontrol yapılmalıdır.
14	Toprakaltında yapılan borulama hatlarında katodik koruma yapılmaması veya yetersiz olması	Toprakaltı yapılan çelik boru hatları uygun standart kabullerindeki detaylara göre katodik olarak, magnezyum anot ile korunmalıdır.	Göz ile ve avometre ile kontrol yapılmalıdır.
15	Mg anot uygulama yerinin yanlış yapılması	Mg anot uygun yere yapılmamışsa toprak altı hatlar korozyona uğrar ve delinir buda kaçağa sebep olur dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
16	Toprakaltı ve toprak üstü hatların izolasyon mafsali ile ayrılmaması	Toprakaltı ve toprak üstü boru hatları birbirlerinden toprak seviyesinden en az 60 cm yukarıda uygun izolasyon mafsali seçilerek ayrılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
17	Yapılan borulama hatlarında servis kutusundan sonraki hat toprak altından geçip kapalı bir alana gidiyor ise S.K.' dan sonra AKV takılmaması	Servis kutusundan çıkan hat toprak altından geçip, toprak üstüne yükselmeden direk kapalı bir alana giriyor ise, S.K.' dan çıkar çıkmaz bir adet Ana Kesme Vanası koymak zorunludur. Müdahale amaçlıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
18	Doğalgaz borusu harici boru kullanılması	Uygun standartlara haiz çelik borular ve polietilen borular kullanılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
19	Tasarım aşamasında yapılacak boru hatlarının yönünün yanlış verilmesi	Proje belirtilen boru hatlarının yönleri kurulum aşamalarında yapılacak boru hatları yönleri ile aynı yapılmalı yanlış uygulama yapılmamalıdır.	Proje üzerinden göz ile kontrol yapılmalıdır.
20	Uygulama yapılacak bina için boru hatları ölçülerinin yanlış alınması yapılacak projenin yanlış alınan ölçüler ile yapılması	Yapılacak hatlarda çaplar ve fittings adetleri hat uzunluğuna göre belirlenir. Yanlış ölçü alınması çap ve uygun malzeme tayinini etkileyerek hattaki akış hızını etkiler.	Yerinde yapılacak boru ölçüleri ve çizilen projenin ölçülerinin karşılaştırması yapılmalıdır.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

21	Doğalgaz tüketim cihazlarıyla bağlantısı esnek borular ile yapılmaması	Cihaz bağlantıları yerinden oynama kaçak oluşturma ihtimali sebebiyle alev ve sıcak bağlantılardan etkilenmeyecek esnek borular ile bağlanmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
22	Binaların dilatasyon hatlarında ara bağlantıların esnek borular ile yapılmaması	Binalardaki oluşabilecek hareketlilik sebebiyle dilatasyonlardaki boru hatlarında kırılma olabilir bu yüzden esnek boru bağlantısı yapılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
23	Doğalgaz borularını amacı dışında kullanılması ve statik elektrik yüklenmelerin karşı korunmaması	Doğalgaz borularını kendi amacı dışında (topraklama hattı, koruma ve paratoner olarak vb.) kullanılmamalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
24	Toprak üstü tesisatta yapılan soğuk bükümde borunun normalinden fazla kıvrılması	Soğuk büküm toprak üstü tesisatta kabul edilebilir olsa bile, normalden fazla kıvrım malzemenin yırtılmasına sebep olur.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
25	Toprak üstü boru hatlarında DN 50 ve üstündeki çaplarda büküm yapılması	Toprak üstü boru hatlarında DN 50' nin üstündeki çaplarda büküm yapılamaz. Büküm yerine dönmek gerektiğinde patent dirsek kullanılmalıdır.	Kumpas ile kontrol yapılmalıdır.
26	Yapılan boru hatlarında kullanılan vananın, kullanıldığı yerdeki boru çapından farklı çapta olması	Aynı çapta boru hattında farklı çaplarda vana bağlantıları yapılmamalıdır. Hattın çapı ile aynı çapta vana kullanılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
27	Ana boru bağlantı hatlarının havalandırma olmayan, rutubetli, zor ulaşılabilen, bina ortak mahalli sayılmayan ve boruların hasara uğrayacağı uygunsuz yerlerden geçirilmesi	Bağlantı hatları binaya ana girişine yakın, yeterince aydınlatılmış, kuru, havalanabilen ve kolayca ulaşılabilen hasara uğramayacak biçimde korunaklı ve bina ortak mahalli sayılmayan kapıcı dairesi, sığınak, yakıt deposu, dükkân, depo gibi yerlerden geçirilmemelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
28	TS ve standartlara uygun olmayan vana ve malzeme kullanılması	Standart dışı malzeme kullanımı boru hatlarında her şeye sebep olabilir bu yüzden dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

29	Doğalgaz tesisatındaki boru hatlarının, gaz açımından önce antipas üzeri sarı renkli boya ile boyanması ve sızdırmazlık kontrolü yapılmaması	Doğalgaz tesisatının gaz açımından önce boyanması durumunda; borunun ve kaynak bağlantı yerlerinin kontrolü sağlıklı yapılamamaktadır. Ayrıca boya maddesi, özellikle dişli bağlantılarının arasını doldurur ve sızdırmazlık kontrolü hataya neden olur.	Yapılan boru bağlantılarına köpük testi ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
30	AKV ve KKV' nin tesisata rekorlu bağlantı harici bir yöntemle monte edilmesi	Birden fazla kolon için Ana ve kolon kesme vanaları konulmalı, tesisata rekorlu bağlantıyla monte edilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
31	Doğalgaz vanalarının tesisata montajı esnasında vananın bağlantı yerlerinin fazla ya da az sıkılması	Vana bağlantılarının fazla sıkılması, dış sıyrmasına, malzeme deformasyonuna az sıkılması kaçaklara neden olduğundan uygun işçilik ile bağlantıları yapılmalıdır.	Yapılan vana bağlantılarına köpük testi ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
32	300 mbar çıkışlı servis kutularında domestik regülâtörün shut off' suz olması	Servis kutularında, domestik regülâtörün shut off' lu olması (gaz debi ayar vana dahil olması) zorunludur. Hatta debi ayar vanası olması gereklidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
33	Fittingsler delik olduğunda, yamalı kaynak yapılması	Fittingslerde delik olması halinde kaynak yapılmamalı ve fittings yenisi ile değiştirilmelidir. Yapılabilecek kaynak gaz geçiş sırasında zamanla dökülüp gaz kaçağına sebebiyet verebileceğinden dikkat edilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
34	Sayaca bağlantılarının sağdan girip soldan çıkması	Sayaca boru hattı soldan girilip sağdan çıkmalıdır. Aksi takdirde düzgün şekilde gaz boru hatlarına iletilemez gaz geçse bile sayaç dönmez.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
35	Sayaç konumunun yanlış belirlenmesi	Doğalgaz sayaçları ve sayaç bağlantı boruları duman bacaları üzerinden geçmemeli, asansör giriş kapısı üzerine, balkonlara, konut kapıları üzerine ve kazan daireleri dışına konulmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

36	Doğalgaz borularının sıva altına gömülmesi	Yönetmelikler gereği sıva altında doğalgaz tesisat borusu döşenmemelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
37	Havalandırma menfezi olmaması ya da var olan menfezin sonradan iptal edilmesi (kapatılması)	Menfezin olmaması oluşabilecek kaçaklarda yanma patlama oluşturacak gazın kapalı ortamda kalmasına ve boğulmalara sebep olabilir kesinlikle havalandırma yapılmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
37	Doğalgaz boru hatları için yanlış kaynak yönteminin uygulanması	Kaynak yöntem seçiminde DN 65'e (dahil) kadar elektrik ark kaynağı, argon veya oksisasetilen kaynağı, DN 80 dahil üstünde boru çapları için sadece elektrotlar ile elektrik ark veya argon (tıg) kaynağı, mıg / mag kaynağı uygulanmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
39	Kaynakla birleştirilecek borularda eksen kaçıklığı, yetersiz temas ve yapışma noksanlığı yapılması	Kaynaklı birleştirmelerde hata genel sistemi etkilemektedir. Oluşan bir hata var ise ve tespit edilebilir ise boru hatları yeniden çekilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
40	Kaynak yaparken yakıp delme hatası yapılması ve yanma çentiği oluşumu	Kaynaklı birleştirmelerde hata genel sistemi etkilemektedir. Oluşan bir hata var ise boru hatları yeniden çekilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
41	Kaynak yaparken curuf hatası, gözenekler ve çatlak hatası yapılması	Kaynaklı birleştirmelerde hata genel sistemi etkilemektedir. Olması halinde kesinlikle yama yapılmamalı, boru hatları yeniden çekilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
42	Kolon hattında sayaç vanasına kadar dişli bağlantı ya da manşon kaynağı olması	Kolon hattında, sayaç vanasına kadar tüm bağlantılar kaynaklı olmalıdır. Dişli bağlantı ya da manşon kaynağı olamaz.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
43	Kolon hattında kat geçişlerinde çelik kılıf kullanılmaması	Kat geçişlerinde kılıf olarak çelik kılıf kullanılmalı duvar ile borular temas etmemelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
44	Kolon hattında kat geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluğun doldurulmaması	Kolon hattında kat geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluk koruyucu malzemeler ile yalıtılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

45	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde kılıf kullanılmaması, yapılan kılıf ve boru arası koruyucu malzeme ile yalıtılmaması	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde pvc kılıf kullanılmalıdır. Eğer istenirse çelik kılıf da kullanılabilir. Duvar ve kılıf arası uygun malzeme ile yalıtılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
46	Kolon hattının en alt ya da en üst noktasına temizlik amaçlı bransman bırakılması	Kolon hatlarının en alt ve en üst noktaları dirsek veya T parçası ile sonlandırılmalı; boşaltma, temizleme, ilave tüketim gibi amaçlarla bransman kullanılmamalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
47	Her sayaç girişine keme vanası konulmaması	Her sayaç girişine kesme vanası monte edilmelidir.	Proje üzerinden ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
48	Sayaçtan sonra test ağzı ve test nipeli bırakılmaması	Test için ağız bırakılmalıdır. Aksi halde sistemin gaz seviyesi ve basıncı, debisi belirlenemez.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
49	Kat ve duvar geçişlerinde koruyucu kılıfın içinde kalan doğalgaz borularında ek yeri olması	Kılıf içinde ek yerinin olması ,tespitte zorluk ve müdahale yapılamayacağından ek yeri müdahale yapılabilecek ve uygun imalat alanında bırakılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
50	Kazanın yerleştirildiği mahallin ölçülerinin, bakım onarımına izin vermeyecek kadar küçük olması	Uygun standartlara göre kazan dairesinin büyüklüğü belirlenmelidir. Kazan ve brülöre müdahaleye izin verecek alan olmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
51	Brülörün yanlış kapasite ve özelliklerde seçilmesi	Projede belirtilen cihaz kapasitesine uygun ve belirlenen yakıt tüketimini karşılayacak özelliklerde brülör seçilmelidir.	Yapılan hesaplara göre brülör broşürden göz ile kontrol
52	Kazan dairesine boru hatlarının bulunduğu yerin en üst noktasına gaz alarm cihazı konmaması	Kazan dairesine mutlaka gaz alarm cihazı konmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
53	Kazan dairesinde, gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış selenoid vana olmaması	Kazan dairesinde, gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış bir selenoid vana olmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
54	Meydana gelebilecek gaz kaçakları için ana kesme şalteri konmaması	Tüm elektrik tesisatının beslemesini kesecek şekilde binada standartlara uygun ana kesme şalteri konulmalıdır.	İlgili kurumun şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

55	Kazan dairesi içinde yapılan elektrik kumanda panolarının ve aydınlatmaların etanj tipi exproof olmaması	Kazan dairesi içerisinde kullanılan panolar ve aydınlatmalar patlamaya ve kıvılcıma dayanıklı ve su geçirmez olmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
56	Kazan dairesindeki alt havalandırma ve üst havalandırma menfezlerinin boyutlarının farklı ölçülerde yapılması	Kazan dairesi havalandırma imalatları projeye göre yapılmalıdır.	Proje üzerinden göz ile kontrol yapılmalıdır.
57	İmalat sırasında karşılaşılan delinmiş boru hatları veya kopma durumuna gelen borulara yanlış müdahale yapılması	Boru hatlarında kopma veya delinme olması durumunda kazı alanında bulunan taş toprak gibi cisimler basınca bağlı olarak sağa sola fırlar ve bu durumun çeşitli sorunlara yol açar dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
58	Karşılaşılan hatalarda can güvenliği, mal güvenliği, çevre emniyeti ve işin prosedür ve kurallarına uygun yapılmaması	Müdahale edecek kişi kendi emniyetini, ekipmanlarının sağlığını ve işin uygulama alanının çevre güvenliğini ve kuralları uygulamada dikkat etmelidir.	İSG çalışma koşullarını yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.
59	Kontrolsüz gaz çıkışlarında hatalı müdahale tekniğinin uygulanması	Kontrolsüz gaz çıkışlarında vana kapatma, boru boğma, geçici tamir kelepçesi gibi üç yöntem uygulanmakta yapılacak fizibilite sonucu doğru yöntem seçilip uygulanmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
60	Yapılacak brülör gaz kontrol hattında eksik ekipman uygulamasının yapılması	Hat üzerinde unutulmuş ekipman sistemin çalışmasını etkileyeceğinden dikkat edilmeli proje ile uygulama birebir olmalıdır.	Proje üzerinden ve yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.
61	Uygulama yapılacak tesisat için sayacın Qmin değerinden daha küçük ve gaz geçişinin ölçülememesi	Endüstriyel tesisat projelerinde yapılabilecek bir hata olduğundan dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
62	Ürünlerin kapasiteleri net olarak bilinmemesi durumunda cihazlar için uygunsuz debi değerlerinin seçilmesi	Endüstriyel tesisat projelerinde yapılabilecek bir hata olduğundan dikkat edilmelidir.	Cihaz broşürlerinden debileri göz ile kontrol yapılmalıdır.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

63	Gaz verilmiş Endüstriyel Tesisat için sonradan mutfak için hat, ısıtma tesisatı hattı, buhar tesisatı hattı yapılacağı zaman şartnameye göre projesi hazırlanmaması ve tesisatın o yönde yapılmaması	Yapılmış bir tesisata uygunsuz müdahale yapılması farklı sonuçlar doğuracağından dikkat edilmelidir.	Yeni proje ve o projenin uygulanışının göz ile kontrolü yapılmalıdır.
64	İki servis kutusu ile beslenen hatların kutu çıkış kolektörü simetrik yapılmaması	Bu durumda hat üzerinde bulunan regülatörlerden birine aşırı yük gelerek devre dışı kalabileceğinden projede ve imalatta bu hususa dikkat edilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
65	Çalışma, imalatın yapılması sırasında güvensiz hareketlerde bulunulması	İmalat sırasında disiplinsiz hareketler, talimatlara aykırı davranma, kişisel koruyucu malzeme kullanmama, gereksiz acelecilik, acemilik, dikkatsizlik, tedbirsizlik gibi hareketlerden kaçınılmalıdır.	Uygun çalışma kurallarının uygulanışları göz ile kontrol edilmelidir.
66	Kazan dairelerinde elektrik jeneratörleri ve katı, sıvı, gaz yakıt tankının bulundurulması	Kazan dairelerinde kaçak durumlarında ve tedbir amaçlı daha patlama, can ve mal kaybının önlenmesi için dikkat edilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
67	Kazan dairesi kapılarının yanan malzemeden ve içeriye açılır biçimde yapılması	Isı merkezi kapıları yanmaz malzemeden ve dışarıya açılacak şekilde yapılmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
68	Doğalgazlı cihazlar için ortak (şönt) baca ya da adi baca kullanılması	Doğalgaz tüketen cihazlar sadece müstakil (ferdi) bacalara bağlanabilirler. Bunlar tek kolon halinde, hitap edeceği birimden çatıya kadar yükselen ve sadece bir birimin kullanımı için tasarlanmış bacalardır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
69	Doğalgaz bacasının ağzının, çatı mahyasının altında kalması veya yönünün solunum yapılabilecek mahalle bağlantılı yapılması	Doğalgazlı cihaz bacalarının baca ağzı, çatı mahyasının altında kalmamalı ve standartlara uygun ve zehirli gaz solunumu yapılmaması için dikkat edilmelidir.	Proje üzerinden ve yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

70	Projeye/tesisata baca konmaması ve baca çekiş hesabının yapılmaması	Atık gazların uygun standartlara göre hesabı ve imalatı sağlanmalı farklı sorunlar oluşabileceğinden dikkat edilmelidir.	Proje üzerinden ve yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.
71	Baca etiketindeki kesit, yükseklik, konum değerleriyle projedeki baca değerlerinin uyuşmaması	Yapılan baca imalatları yetkili firmalar tarafından baca raporu ile onaylanması gereklidir.	Proje üzerinden ve yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.
72	Baca imalatçısının TS 11383 sertifikasına sahip olmaması ve bacaya etiket yapıştırılmaması	Baca imalatçısı TS 11383 sertifikasına sahip olmalı, baca veya cihaz üzerinde kolaylıkla görülebilecek noktaya “baca etiketini” yerleştirmelidir. Bu etiketin görülmediği tesisata Dağıtım Şirketi gaz arzını sağlamaz.	Uygun belgelerin göz ile kontrolü yapılmalıdır.
73	Baca şapkası kullanılmaması	Rüzgârlı havalarda baca tepmesi görülebilir ve yağmurlu havalarda su girip baca malzemesi korozyona uğramasına neden olur.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
74	Baca topraklamasının yapılmaması	Doğalgaz tüketen cihaz bacalarına topraklama yapılmak zorundadır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
75	Projede gösterilenden fazla dirsek olması	Her dirsek yeni bir basınç kaybı demektir. Dirsek sayısı değiştiğinde, hesap da değişir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
76	Kazı yapılan alanda çalışan iş makineleri, kamyonlar ve geçen diğer motorlu araçlar için tedbirlerin alınmaması	Çalışma olduğunu gösteren levhaların yetersiz olması, reflektif olmayan iş kıyafetleri çeşitli sorunlara sebep olacağından dikkat edilmelidir.	Uygun çalışma kurallarının uygulanışları göz ile kontrol edilmelidir.
77	Taşlama ile boru kesme, boru üzerindeki izolasyonun temizlenmesi ve kaynak ağzı açma esnasında spiral taşın koruyucusunun olmaması	Çalışma sırasında ekipmanın uygun kullanımı gerekmektedir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
78	Kaynak işlemi sırasında eriyik metalin sıçraması ve kaynak gözlüğünün kullanılmaması	Çalışma sırasında ekipmanın uygun kullanımı gerekmektedir.	Çalışma kuralları uygulanışları göz ile kontrol edilmelidir.

**Tablo 4.9. (Devam) Hata türü - Öneri ve açıklama – Kontroller**

79	Boru hatlarına yapılan kaynak işlemlerinin röntgen veya ultrasonik yöntemle kontrol edilmemesi	Kaynak sebebiyle borularda çatlak ve kaçak olmaması için kontrol edilmelidir.	Uygun çalışma kurallarının uygulanışları göz ile kontrol edilmelidir.
80	Boru hatlarının yanıcı maddelere yakın yapılması	Yapılacak hatlara yakın yanıcı maddeler var ise kolay tutuşmayan ve yanmayan bir malzeme ile kaplanmalı ve uygun mesafe aralığında yapılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
81	Sayaç bağlantısının elektriksel köpülemesinin yapılmaması	Kaçak sırasında borularda kıvılcım oluşturma ihtimaline dikkat edilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.

#### **4.7.10. Yeni Risk Öncelik Sayısı (RÖS) Değerlerinin Hesaplanması**

Önerilen faaliyetler yapım sırasında uygulandığı düşünülüp bazı hatalar için rös değerleri yeniden hesaplanır ve değişimler gözlenir. Bu değerler olması istenen değerlerde ise öneriler uygun olduğu kabul edilir. Ancak değerler istenilen değerlere yakın oluşmadıysa etken durumlar yeniden incelenir ve farklı öneriler araştırılır. Gerektiği durumlarda FMEA süreçleri yeniden başlatılabilir (Çakmak, 2015).

## BÖLÜM V

### METOT-BULANIK MANTIK

#### 5.1. Bulanık Mantık Kavramı ve Tanımı

Bulanık mantık tanımı kısaca bilgileri net olmayan durumların tanımlanması ve belirsiz durumlar karşısında düzen oluşturmak için bilgi verilebilmesi amacıyla oluşturulmuş bir yapıdır. Bu yapıda oluşturulmak istenen amaç sistemde ki kişilerin net olmayan bilgiler doğrultusunda anlamlı ve doğru düşüncelere yakın kararlar verilmesini sağlayan karar şartlarının belirlenmesidir. Karşılaşılan bu gibi durumlar için genellikle konusunda işinde uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılır. Bulanık mantıkta söz ile açıklanabilen durumlar, sayısal değerlere dönüştürülmesi mümkün olur. Bu düşünceyle bulanık kümeler kesin olmayan söz ile belirtilen kişisel görüşlerin sayısal değere dönüştürülerek bulanık sayılar ile ifade edilmesinde kullanılmaktadır. Bulanık küme üyelik fonksiyonlarının en çok kullanılanları üç gensel ve yamuk üyelik fonksiyonlarıdır (Eskioğlu, 2012).

Mantık sisteminde temel amaç başka bir deyişle, verilen önerilerden yeni öneriler oluşturmak ve bu önerilerin doğruluk değerlerini belirlemektir. Bulanık mantıkta ise temel amaç, insanların net ve kesin olmayan bilgiler doğrultusunda, tutarlı ve düzeyli yani doğru kararlar vermesini sağlayan, düşüncelerin ve karar verme mekanizmalarının modellenmesini sağlamasıdır. Kesin olmayan bilgilerin çözümlenebilmesi için güçlü bir araç olarak kullanılan bulanık mantık, bilimsel terminolojide “Fuzzy Logic” olarak bilinmekte ve geçmişi Aristo mantığına dayanan klâsik mantık sistemine karşı geliştirilmiş karşılaşılan belirsizlikler için beyin fırtınası ile çok değerli mantığın birleştirildiği mantık sistemi olarak kabul edilmiştir. Bulanık mantık durumların oluşum olasılığından çok oluşum derecesiyle ilgilendiğinden bazı bilim adamları bulanık mantığın olasılığın devamı olarak görmektedir. Fakat iki kavramda birbirinden oldukça farklıdır. Olasılık bir şeyin

olma ya da olmama durumunu ölçerken, bulanık mantık ise bir olayın ne dereceye kadar olduğunu ölçmekte ve bilgi vermekte kullanılmaktadır ( Işık,2011 ).

Bulanık mantığın başlıca özellikleri (Bayar, 2010): bulanık mantıkta bilgi doğru, çok doğru, az doğru gibi sözel olarak ifade edilen doğruluk derecelerini ifade etmesi, doğruluğu kesin olmamakla birlikte yaklaşık sonuç verme durumunu ifade etmesi, her kavramın bir derece ile ifade edilebilir olması, her mantıksal sistemin bulanık hale getirilebilmesi sayılmaktadır.

Bulanık mantığın algoritması aşağıdaki adımlara sahiptir (Turan, 2018):

Dilsel ve sözel değişkenleri ve terimleri tanımla (başlangıç), üyelik fonksiyonlarını belirleme (başlangıç), kural tabanlarının belirleme (başlangıç), üyelik işlevlerini kullanarak net giriş verilerini bulanık sayılara çevrilmesi (bulanıklaştırma), kural tabanının kurallarını değerlendirme (çıkartım), kuralların sonuçlarını birleştirme (çıkartım), çıktı verilerini bulanık olmayan sayılara dönüştürme (bulanıklaştırma).

## **5.2. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi**

Bulanık mantığın tarihi gelişimi çok eskilere dayanmaktadır. 1920’li yıllarda Polonyalı Jan Lukasiewicz, önerilerin yalnızca bir veya sıfır doğruluk değerini alabildiği klasik mantıktan daha farklı olarak, önerilerin bir ve sıfır arasında da kesirli doğruluk değerleri alabildiği mantık ilkelerinin olduğunu ortaya koymuştur. 1937 tarihinde ise kuantum felsefecisi Max Black yayımlanan bir makalesinde liste veya nesnelere meydana gelen kümeler için “çok değerli mantığı” uygulanarak ilk bulanık küme eğrileri oluşturulmuştur (Yörükoğlu, 2014). Fuzzy Logic-Bulanık Mantık kavramı ilk olarak, 1960’lı yıllarda Azerbaycanlı bilim adamı Prof. Lotfi A. Zadeh tarafından kaleme alınan makale ile gündeme gelmiştir. Zadeh 1965 yılında bulanık küme teorisini; belirsizlik ve belirsizlik nedeniyle ortaya çıkan durumlara ve olaylara belli ölçüde açıklık getirebilmek için tanıtmıştır. Bulanık küme teorisinin önemli bir katkısı, belirsiz olan verileri temsil etme yeteneğidir. Bulanık küme teorisi kavramı eski tarihten bu zamana kadar, yöneylem araştırmasında, yönetim bilimlerinde, kontrol teorisinde, yapay zeka, akıllı sistemler ve insan davranışları olmak üzere oldukça fazla uygulama için kullanılmış ve artan farklı uygulama çeşitliliği ile dünyada yaygınlaşmıştır .

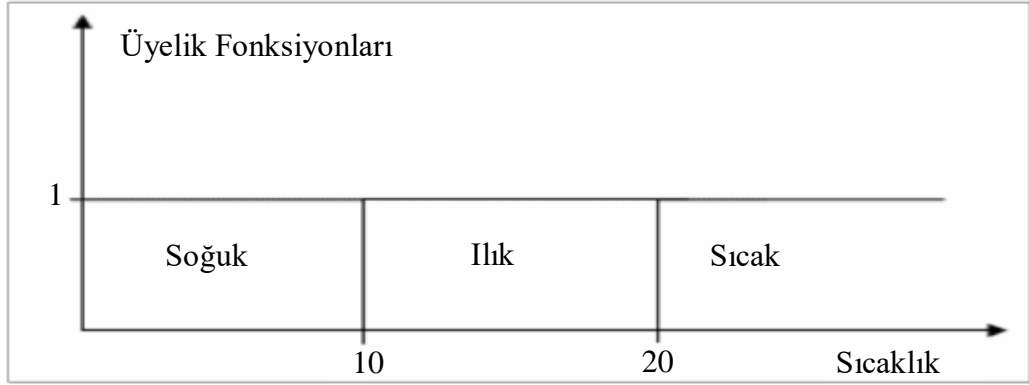
Bulanık küme değişkenleri olarak tanımladığı dilbilimsel değişkenleri, detaylı olarak anlattığı bir makale daha yayınlamıştır (Zadeh,1973). Bulanık mantığın ilk uygulaması 1974 yılında, Londra'da bir okulda profesör Ebrahim H. Mamdani tarafından bir buhar makinası için sabit hız ve basınç kontrolünü sağlamak amacıyla yapılmıştır (Mamdani, 1974). Ticaret sektöründe ilk olarak 1975 yılında Danimarka'da bir çimento fabrikasında kullanılan fırını kontrol etmek için kullanılmıştır. Bulanık mantığın havacılık alanındaki ilk çalışmasını ise 1984 yılında Lawrance İ. Larkin isimli bilim adamı gerçekleştirmiştir (Larkin,1984). Larkin'den sonra 1993 yılında aynı konuda daha gelişmiş bir sistem tasarlayan Steinberg, F/A-18 Hornet askeri uçağının güvenli bir iniş gerçekleştirmesi için uçağın her 3 eksenindeki hareketlerini göz önüne alarak simülasyon etmiş ve yaptığı uygulama başarılı olmuştur (Steinberg,1993). 2003 yılında insansız hava araçları, 2004 yılında ise bulanık kontrolün insansız hava araçlarının uçuş problemine uygulanması üzerine de çalışmaları bulunmaktadır (Dufrene, 2004). Bulanık mantığın önümüzdeki yıllarda uygulama alanları daha da genişleyip birçok sorun için öneri ve çözüm üreteceği gibi gözükmektedir. Etkili kullanım ile oldukça avantaj elde etmek mümkün olacaktır.

### **5.3. Bulanık Küme Teorisi**

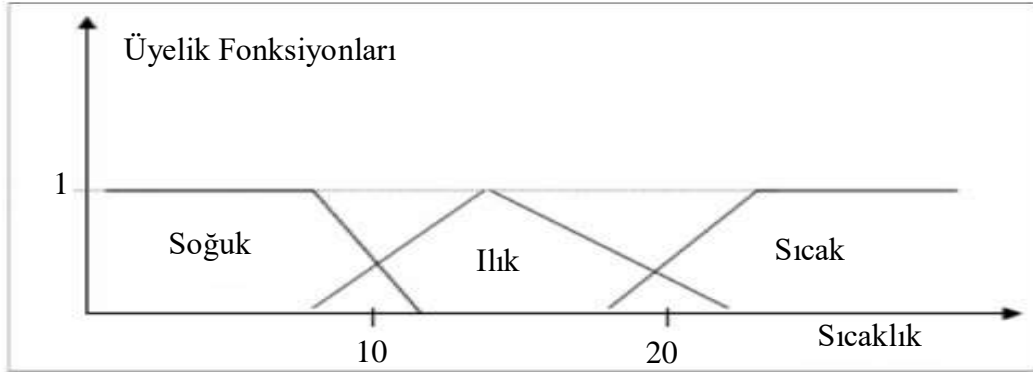
İnsan düşüncesinin temel öğeleri bu sistem için mantığın ve matematiğin kullanılması küme kavramının oluşumu ve gündeme gelmesini sağlamaktadır. Gündeme gelen küme kavramları klasik küme ve bulanık küme olarak iki tip bilinmektedir. Bulanık mantığın temelini oluşturan bulanık küme teorisinin, önemi insanın düşünce ve algılarındaki belirsizliklerle ve bu belirsizliklerin sayısal değerlere dönüştürülmesi ile ilgilenmektedir (Türkbey,2003).

Teori kabulüne göre bir küme elemanı için o kümenin elemanı olması, o elemanın tanımlanması için yeterli bir bilgi değildir. Bulanık küme teorisi için bilinen elemanın üyelik derecesi ve hangi kümeye ait olduğu durumunu bilmek gerekli bir durumdur. Bu durumu açıklamak gerekirse; bir yerleşim yeri için 10 derecenin altı soğuk, 10-20 derece aralığı ılık ve 20 derecenin üzeri sıcak olarak sınıflandırma yapılmaktadır. Sınıflandırma klasik küme yaklaşımı ile yapıldığında üyelik fonksiyonu şekil 5.1.'deki gibi olmaktadır. Şekil detaylı incelenirse sıcaklık kümeleri

arasında kesin geçişlerin olduğu fark edilmektedir. Örneğin 20 derece sıcak kabul edilirken 19 derece ılık kabul edilmektedir. Sınıflandırmanın şekil 5.2.'de olduğu gibi bulanık küme mantığı ile yapılması halinde ise 9 derece hem soğuk hem de ılık, 11 derece hem ılık hem de soğuk, 19 derece hem ılık hem sıcak, 21 derece hem sıcak hem de ılık olarak kabul edilebilmektedir (Yörükoğlu, 2014).



**Şekil 5.1. Klasik kümelerin üyelik fonksiyonu (Yörükoğlu, 2014)**



**Şekil 5.2. Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonu (Yörükoğlu, 2014)**

Bulanık mantık, yaşam içerisinde kullanılan nesnelere verdiği üyelik değerleri, bu yönüyle de insan davranışlarını örnek aldığını göstermektedir. Örnek verecek olursak elini bir suya sokan kişi net şekilde suyun ısısını bilmez, bilemediği için onun yerine sıcak, normal, az sıcak, soğuk, çok soğuk gibi dilsel niteleyiciler kullanır. Bu yaklaşım mantığının hiçbir esnekliği yoktur. Yaşanılan hayatta karşılaşılan sınırlar klasik küme mantığında olduğu gibi keskin değildir. Klasik kümelerden farklı olarak bulanık kümeler için üyelik dereceleri  $[0,1]$  arasında sonsuz sayıda değişebilen değerler alabilir (Elmas, 2003). Böylece değerlerin bir bulanık kümeye aitlik

ölçüsünü gösteren “üyelik dereceleri” her zaman her yerde aynı olamayabilir. Buradan da açık olarak görülmektedir ki bulanık kümelerin kullanışlı olabilmesi büyük oranda farklı kavramlar için uygun üyelik derecelerinin oluşturulabilmesine bağlı olmaktadır (Klir, 1995). İnsanların olağan yaşam dönemlerinde kullandığı çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek gibi durumları temsil eden çeşitli bulanık kümeler, bir değişken için durumunu tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu değişkenler bulanık değişkenler olarak bilinmekte ve bu değişkenlerin alt durumların da belirlenen terimleri ise bulanık terimler olarak ifade edilmektedir. Bulanık kümeyle ait olacak bulanık değişkenler gerçeğe daha uygundur ve bilgiler hakkında klasik değişkenlere dayanan bilgilerden daha doğru bilgiler verebilmektedirler (Şentürk, 2006).

#### 5.4. Bulanık Küme İşlemleri

Klasik kümeler ve bulanık kümeler karşılaştırıldığında birbiri arasında kurulan matematiksel yapılar için, küme özelliklerinin tanımlanması bazı notasyonlar ile mümkün olmaktadır. Bulanık küme ve klasik küme işlemleri, hangi notasyonlarla ifade edildiği Tablo 5.1’de özet halinde gösterilmektedir.

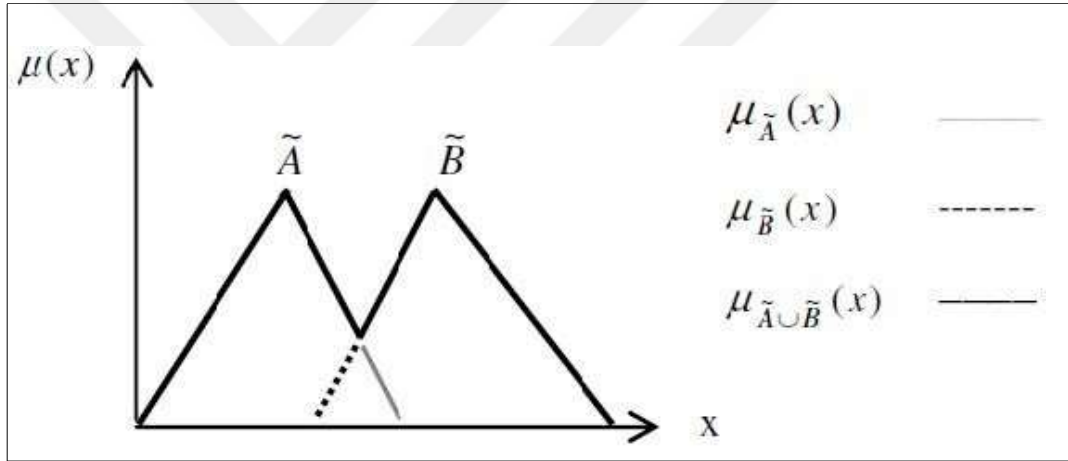
**Tablo 5.1. Klasik küme ve bulanık küme notasyonları (Yörükoğlu, 2014)**

Klasik	Kümeler
<b>Bulanık Kümeler</b>	
$x \in A \rightarrow x, A$ uzay kümesi elemanıdır.	$x \in \hat{A} \rightarrow x, \hat{A}$ uzay kümesi elemanıdır.
$x \notin A \rightarrow x, A$ uzay kümesi eleman değil.	$x \in \hat{A} \rightarrow x, \hat{A}$ uzay kümesi eleman değil.
$A \subset B \rightarrow B$ kümesi $A$ kümesinin tümünü içerir. (Eğer $x \in A$ ise $x \in B$ ’dir.)	$\hat{A} \subset \hat{B} \rightarrow \hat{B}$ kümesi $\hat{A}$ kümesinin içerir. (Eğer $x \in \hat{A}$ ise $x \in \hat{B}$ ’dir.)
$A \subseteq B \rightarrow B$ kümesi $A$ kümesinin tümünü içerir veya $A$ kümesi $B$ kümesine denktir.	$\hat{A} \subseteq \hat{B} \rightarrow \hat{B}$ kümesi $\hat{A}$ kümesinin tümünü içerir veya $\hat{A}$ kümesi $\hat{B}$ kümesine denktir.
$A = B \rightarrow A \subseteq B$ ve $B \subseteq A$	$\hat{A} = \hat{B} \rightarrow \hat{A} \subseteq \hat{B}$ ve $\hat{B} \subseteq \hat{A}$
$A \neq \emptyset \rightarrow A$ kümesinin hiçbir elemanı yoktur. $A$ kümesi boş kümedir.	$\hat{A} \neq \emptyset \rightarrow \hat{A}$ kümesinin hiçbir elemanı yoktur. $\hat{A}$ kümesi boş kümedir.

**Tablo 5.1. (Devamı) Klasik küme ve bulanık küme notasyonları (Yörükoğlu, 2014)**

Klasik	Kümeler
<b>Bulanık Kümeler</b>	
$X = \{a, b, c\}$ ise $X$ kardinali	
$P(x) = ( \emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\} )$ $( \{a, b\}, \{a, c\}, \{b, c\}, \{a, b, c\} )$	
kümesi olur ki bu küme, $X$ kümesinin olabilecek tüm alt kümelerinin kümesidir.	

Bulanık Kümelerde Birleşim İşlemi; A bulanık kümesi ve B bulanık kümesi, bu iki bulanık kümenin birleşiminin şekil 5.3.'de gösterimi ve formül şeklinde gösterimi de aşağıdaki gibi ifade edilir.

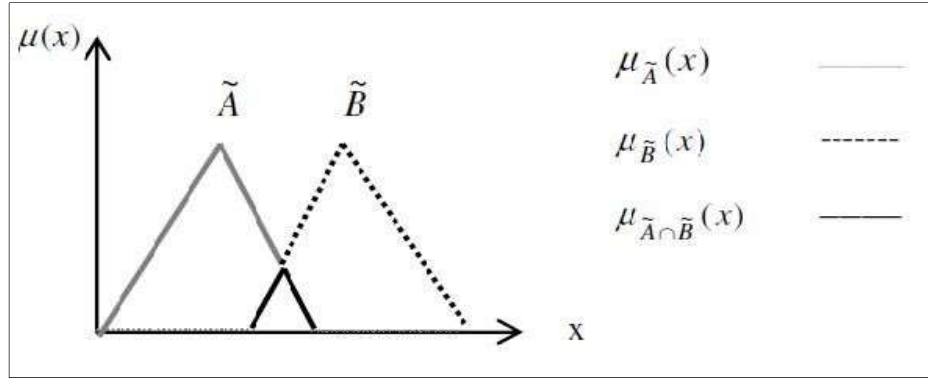


**Şekil 5.3. A ve B Bulanık Kümesinin Birleşim Formül Kümesi (Yörükoğlu, 2014)**

$$\mu(A \cup B) = \max [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (5.4.1)$$

Bu işlem, iki bulanık kümeyle ait elemanların ait oldukları kümelerdeki üyelik derecelerinin karşılaştırılarak en büyük olan üyelik derecelerinin birleşim kümesine atanması esasına dayanır (Çakmak, 2015).

Bulanık Kümelerde Kesişim İşlemi; A bulanık kümesi ve B bulanık kümesi, bu iki bulanık kümenin birleşiminin şekil 5.4.'de gösterimi ve formül şeklinde gösterimi de aşağıdaki gibi ifade edilir.

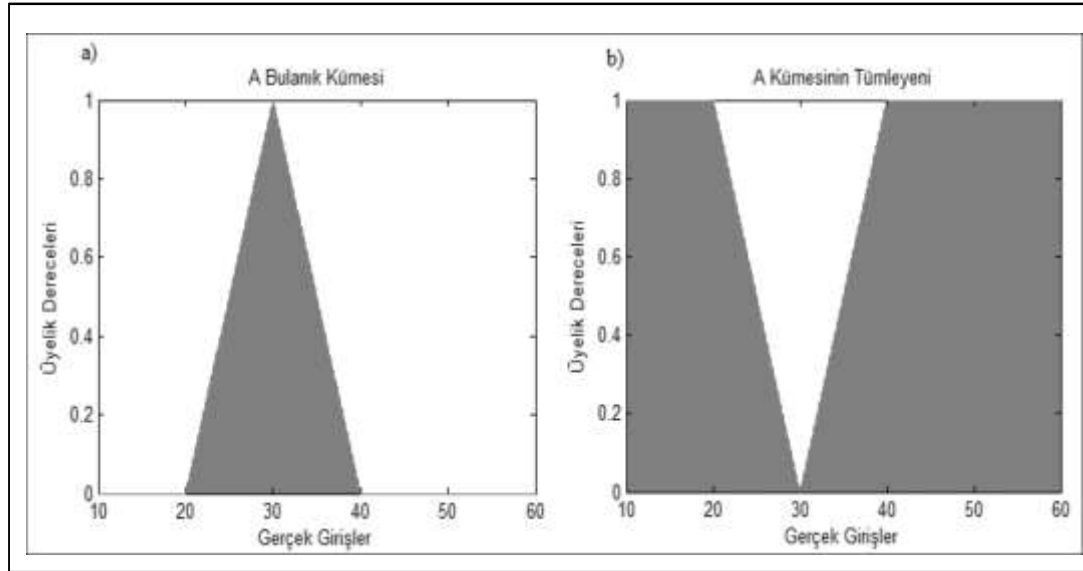


Şekil 5.4. A ve B Bulanık Kümesinin Kesişim Formül Kümesi (Yörükoğlu, 2014)

$$\mu(A \cap B) = \min [\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (5.4.2)$$

Bu işlemde ise, iki bulanık kümeye ait elemanların ait oldukları kümelerdeki üyelik derecelerinin karşılaştırılarak küçük olan üyelik derecelerinin birleşim kümesine atanması esasına dayanır.

Bulanık Kümelerde Tümlleme İşlemi; Bulanık bir kümenin tümleyeni, bu kümeye ait elemanların üyelik derecelerinin 1'den çıkartılmasıyla hesaplanır. Şekil gösterimi 5.5.'de formül şeklinde gösterimi de aşağıdaki gibi ifade edilir (Çakmak, 2015).



Şekil 5.5. A Bulanık kümesi ve A kümesinin tümleyeni (Yörükoğlu, 2014)

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (5.4.3.)$$

Bulanık Kümelerde Kartezyen Çarpım İşlemi; Bulanık kümelerden farklı uzaydaki iki kümenin kartezyen çarpımı bulanık kümeler arası ilişki olarak tanımlanmaktadır. A, X evrensel uzayında B, Y evrensel uzayında iki bulanık küme ise kartezyen çarpımı yani aralarındaki ilişki R olacak şekilde, kartezyen çarpım 5.4.3.'de ifade edilmiştir. Burada bulanık ilişki R, 5.4.4.'de ifade edilmiştir. Klasik küme özelliklerinden 5.4.5. ve 5.4.6.'da belirtilen denklemler dışındaki bütün özellikler bulanık kümeler içinde geçerlidir. Bulanık kümelerde klasik küme özelliklerinden farklı olarak bir küme ile tümleyeninin birleşimi evrensel kümeyle eşit değildir. Benzer şekilde bulanık bir küme ile tümleyeninin kesişimi de boş küme değildir (Yörükoğlu, 2014).

$$A \times B = R \subset X \times Y \quad (5.4.4.)$$

$$\mu_R = \mu(x, y) = \min [\mu_A(x), \mu_B(y)] \quad (5.4.5.)$$

$$A \vee \bar{A} = X \quad (5.4.6.)$$

$$A \wedge \bar{A} = \emptyset \quad (5.4.7.)$$

## 5.5. Üyelik Fonksiyonu ve Çeşitleri

Bulanık kümelerin ifade edilmesi için üyelik fonksiyonları kullanılmalıdır. Üyelik fonksiyonu; bir nesne için veya durum için bulanık kümeyle aitlik derecesini belirten, üyelik değeri kavramının hesaplanmasını sağlayan ve bir bulanık kümenin içerdiği tüm bilgilerin ifade edilebilmesini sağlayan fonksiyonlardır. Bu fonksiyonların bulanık mantık için çok önemli bir yere sahip olduğunun göstergesidir.

Birçok üyelik fonksiyonu olmasına rağmen pratik olarak en yaygın olarak kullanılanlar üçgen, yamuk, gaussian ve çan şekilli fonksiyonlardır. Ayrıca literatürde sigmoidal, S ve Pi (II) gibi üyelik fonksiyonları da tanımlanmıştır. Tablo 5.2.'de görüldüğü gibi yaygın kullanılan üyelik fonksiyonları farklı şekillerde olabilmektedir. Farklı şekillerin uygun olup olmayacağını tespiti, üzerinde çalışılan uygulama alanları tarafından elde edilen verilerle şekillenmektedir. Ancak yapılan birçok uygulama, şekil değişikliklerine karşı çok fazla belirginlik göstermemektedir. Sistemler için yapılan hesaplamaların sağladığı avantajlar göz önüne alınarak istenilen şekilde üyelik fonksiyonlarının seçilebilmesi, bulanık küme teorisi için

esnekliğin yansıtılmasında öncelikli bir durum olmaktadır. Çoğu durumda, üçgensel ve yamuksal üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Kolay ve basit kullanım sebepleri, bilgi işlemindeki kolaylıklar üçgensel ve yamuksal üyelik fonksiyonlarının çok sık kullanılmasında tercih edilme nedenleridir (Yörükoğlu, 2014).

Üyelik fonksiyonlarının belirlenebilmesinde genel bir yöntem bulunmamaktadır. Üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasında üç yol kullanılabilir. Birincisi, kavramlar hakkında tecrübe sahibi olan kişiler ile görüşmek ve gerekli düzenlemeleri yapmaktır. Belirlenen üyelik fonksiyonları karar vericinin tecrübesi, kültürü, olaylara bakış açısına bağlı olarak farklılıklar belirtilebilmektedir. İkinci yol, sonuçlardan yararlanarak üyelik fonksiyonlarını oluşturmaktır. Sonuncu yol ise, sistem performansının etkilerinin geri bildirimleri kullanılarak üyelik fonksiyonlarını belirlemektir. Düzenleme stratejileri eksik olduğundan dolayı günümüzde yapılan birçok bulanık sistem deneme yanılma süreci şekline dönüşmüştür (Yen, Langari, 1999).

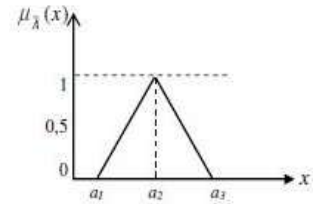
**Tablo 5.2. En yaygın kullanılan üyelik fonksiyonu çeşitleri (Yörükoğlu, 2014)**

<b>Üyelik Fonksiyonlarının</b>	
<b>Matematiksel</b>	<b>Gösterimi</b>

**Grafik Şekli**

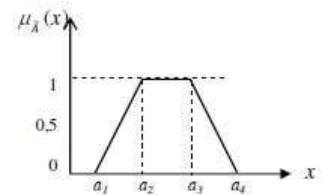
Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} (x - a_1) / (a_2 - a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3 - x) / (a_3 - a_2), & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \text{ veya } x < a_1 \end{cases}$$

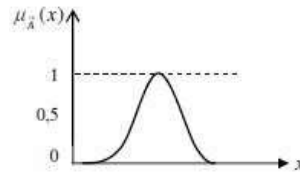
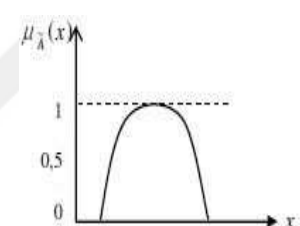


Yamuksal Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} (x - a_1) / (a_2 - a_1), & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ (a_4 - x) / (a_4 - a_3), & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \text{ veya } x < a_1 \end{cases}$$



**Tablo 5.2. (Devamı) En yaygın kullanılan üyelik fonksiyonu çeşitleri (Yörükoğlu, 2014)**

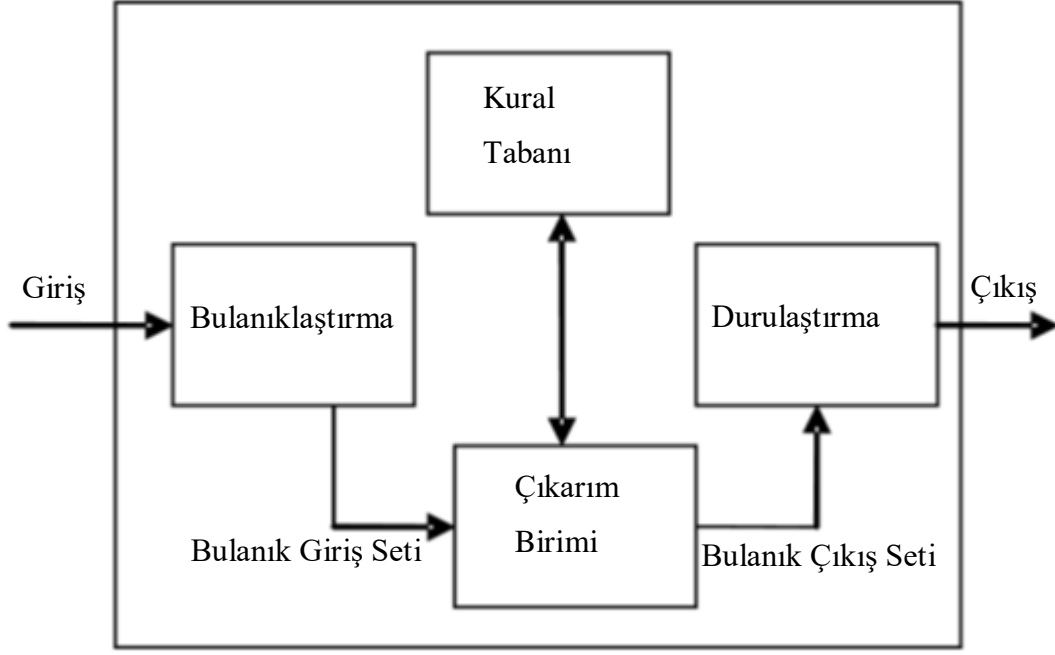
Üyelik Fonksiyonlarının	
Matematiksel	Gösterimi
Grafik Şekli	
<u>Gaussian Üyelik Fonksiyonu</u>	
$\mu_A(x; m, \sigma) = \exp\left[-\frac{(x - m)^2}{\sigma^2}\right]$	
<u>Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu</u>	
$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \frac{1}{1 + \left  \frac{a_3 - x}{a_2 - a_1} \right ^{2a_2}}$	

Bulanık kümenin bir alt kümesinde birden fazla elemanın üyelik dereceleri 1'e eşit olabilmektedir. Yalnızca o alt kümeye sahip olan ve üyelik dereceleri 1'e eşit olan elemanlar için öz adı verilmektedir. Bir alt küme için tüm elemanlarını içeren aralığa ise dayanak adı verilebilmektedir.

Üyelik derece değerleri 1 veya 0'a eşit olmayan elemanlarının meydana getirdiği kısımlara üyelik fonksiyonlarının sınırları veya geçiş bölgeleri diye adlandırılmaktadır.

## 5.6. Bulanık Sistem

Bulanık mantık ya da bulanık kümeler ve buna karşılık gelen matematiksel yapıyı oluşturan durağan veya hareketli sistemlere bulanık sistemler denilir. Bulanık mantık sistemini; bulanıklaştırma, üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi, kural tabanları, çıkarımlar ve etkili bir durulaştırma bölümlerinden oluşmaktadır. Bulanık mantık sisteminin yapısı Şekil 5.6.' de gösterilmektedir (Turan, 2018).

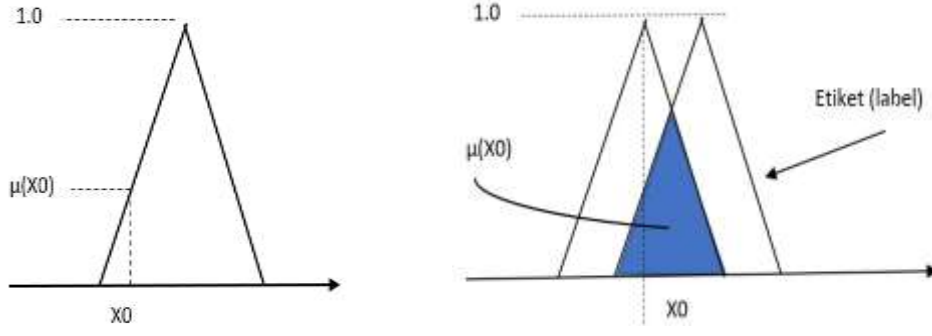


**Şekil 5.6. Bulanık mantık sistem yapısı (Eğrisöğüt Tiryaki ve Kazan, 2007)**

### 5.6.1. Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırma için; belirli bir olaydan veya sistemden alınan kontrol giriş bilgilerinin dilsel niteleyicileri sembolik değerlere dönüştürme sürecidir. Üyelik fonksiyonlarının görevlerinden faydalanıp giriş bilgilerinin sahip olduğu bulanık kümeleri ve üyelik dereceleri tespit edilip, girilen sayısal değerler için küçük, en küçük gibi dilsel değişkenlerin değerleri verilmektedir. Bir başka deyişle o kümeye ne kadar ait oldukları belirlenir.

Algılayıcı kesin bir değer olursa, o zaman şekil 5.7.'de keskin algılayıcıda görüldüğü gibi bulanıklaştırma işleminde dilsel etiketin üyelik fonksiyonlarıyla algılayıcı ölçme karşılaştırılması gerektirir. Algılayıcının okuyucusu gürültülü ise, üçgenin tepesi, algılayıcının ölçülerinin verilerin küme değerleri anlamında tercih edilen üçgen üyelik fonksiyonu kullanılarak modellenmiş olabilir ve bilgi tabanı için de standart sapma fonksiyonuna başvurulabilmektedir. Bulanıklaştırma üyelik fonksiyonunu şekil 5.7.'de bulanık algılayıcıda görüldüğü gibi anlamlandırılmış bir yapı haline getirmektedir (Turan, 2018).



a) Keskin algılayıcı

b) Bulanık algılayıcı

Şekil 5.7. Algılayıcılar (Turan, 2018)

Bulanıklaştırmada aşağıdaki işlemler izlenmektedir (Turan,2018); giriş değişkenlerinin alabileceği değer aralığı belirlenir, giriş değişkenlerinin oranına dönüştüren performans değerlendirmesi yapılır, üyelik fonksiyonları uygun sözel değişkenlere dönüştürülür ve diğer adımlara ileilmek için bulanık veriler hazırlanır.

### 5.6.2. Kural Tabanı

Bir sistem için kural tabanı, sistemin bilgi girişlerine verilebilecek çeşitli verilere göre mantıklı olarak uygunluğu gösterilen sistem çıkış için alacak değerleri, kural satırları şekline getirip, kural tabanları oluşturulmaktadır. Bir sistem için basit bir kural tabanı geliştirmek için, sistemin çıkışını etkileyebilecek ölçülebilen giriş değerlerinin tespiti gereklidir. Giriş değerlerinin bilgisi uzayı, üyelik fonksiyonları ile belirli bölgelere ayırarak, dilsel ifadeleri belirlenir ve bunun yanı sıra her giriş verisi için bir üyelik fonksiyon ağırlığı oluşturulmuş olur. Bu işlem sayesinde tüm giriş değerleri sahip olduğu bir bölge ve bir üyelik ağırlığı oluşmaktadır. Kural tabanında, veriler bir bölgeyi temsilen dilsel ifadeler ile düzenlenir. Örnek; 1. Giriş değeri sıcak, 2. Giriş değeri normal ise, çıkışın ifadesi yüksektir gibi bir kural satırı düşünüldüğünde, kural tabanını oluşturan bilgilerin hepsi dilsel ifaden oluşmaktadır. Ancak her kural satırında, belirlenmiş olan çıkış verisi, fonksiyonları oluşturulmuş ise, sayısal değerler ile ifade edilir. Bu durum için oluşturabilecek kural satırları 1. Giriş değeri sıcak 2. Giriş değeri normal ise, çıkış değeri 1.5.'tir. Şeklinde bir kural tabanının benzeri oluşturulabilir (Çakmak,2015). Kural tabanının oluşturulabilmesi için tasarım parametreleri aşağıda verildiği gibi yapılabilmektedir (Özek ve Sincen, 2003); kontrol edici giriş ve çıkış değişken değerlerini belirlenmek (sıcaklık, nem, ısı),

kontrol edici belirlenen giriş ve çıkış değişken ifadeleri kümeler halinde belirlemek (büyük, küçük, kısa, uzun, soğuk, sıcak), belirlenen kural kümelerinin türetilmesidir.

### **5.6.3. Çıkarım**

Bulanık mantıkta çıkarım işlemi, bulanık kurallar dilsel ifadelerin birbirleri arasında tanımlanan kurallar üzerine bulanık mantığı uygulayarak oluşturulabilen ve elde edilen ifadeler ile oluşturulan yapıdır. Bu aşamada bilgi tabanı ve karar verme mantığı kullanılmaktadır. Minimum bağlantı yöntemi kullanıp elde edilen çıkarım sonuçları “ve” bağlacı kullanılarak incelenmekte “veya” bağlacı ise bulanık mantıkta maksimum işlemde elde edilen çıkarım sonuçlarına karşılık gelmektedir. Birinci aşamada girişler için minimum işlemi uygulayarak, her bir kuralın çıkış üzerinde ne kadar etkisinin olacağı belirlemektedir. Daha sonra çıkışlar üzerinde maksimum işlemi uygulayarak bulanık sonuç elde edilmektedir (Çakmak, 2015).

### **5.6.4. Durulama**

Bulanık çıkarımın son adımı da durulaştırmadır. Çıkarım sürecinde belirlenen bulanık bilgilerin, gerçek sistem için kullanılabilmesi gerçek veya net değerlere çevrilmesi ile yapılabilmektedir. Bulanık bir nicel durumu lineer bir sayıya dönüştürme işlemine durulama veya bulanıklık giderme denir. Bulanık sistemlerin üyelik fonksiyonları ile oluşturulan kural cümlelerinin hükümleri, durulaştırma ile tek bir ifade şeklinde elde edilir. Kontrol edici biriminden alınan bilgi bulanık bir bilgi kabul edilir. Bu bulanık bilgiyi sayısal verilere dönüştürmek için durulaştırma işleminin yapılması gerekmektedir. Durulaştırma işlemi, bulanık çıkarım sisteminin son adımını oluşturmaktadır.

Durulama yöntemlerinde genel anlamda dört temel özellik bulunmaktadır. Bu özellikler (Bodur, 2012); sistemlerin durulama işlemcisi her zaman sayısal bir değer olarak hesaplanır, üyelik fonksiyonu durulanan değerleri belirler, iki üçgen bulanık sayısının hesaplaması yapılarak durulaştırma yapıp işleme sokulmasıyla, elde edilen değerler ile sonuç verileri arasında yer alır, engelleyici bir durumda, durulaştırma değerleri sınırlı bölgeye denk getirilmelidir.

## BÖLÜM VI

### UYGULAMA METOTU-BULANIK FMEA

#### 6.1. Uygulama Yöntemi

Bulanık FMEA analizi uygulama yöntemi ile doğalgaz tesisatının binaya kurulum sürecindeki risklerin ilk olarak FMEA yöntemi ile tespit edilip riskler için bulanık mantık analiz yöntemi kullanılarak değerlendirme yapılmaya çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmayı istenilen amaç doğrultusunda, öncelikli olarak doğalgaz tesisatının kurulum sürecindeki riskler için FMEA analiz yöntemi ile sağlanan Olasılık, Şiddet ve Tespit Edilebilirlik durumları bulanık mantık sisteminin meydana getirilmesinde giriş olarak kullanılmakta ve sırasıyla üyelik fonksiyonlarının oluşturulması, kural tabanları ve çıkış verilerinin fonksiyonları oluşturulmaktadır.

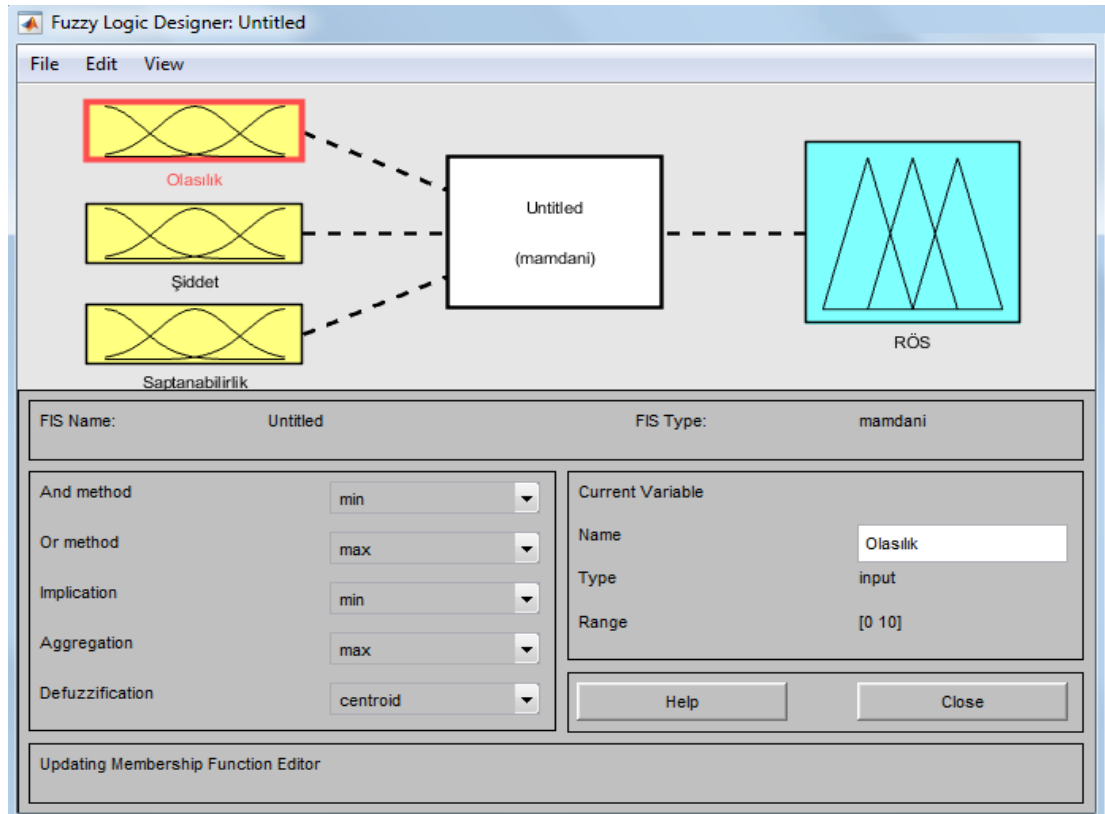
#### 6.2. FMEA Uygulaması

Tez çalışmasının FMEA bölümünde ekip üyeleri ile birlikte dizayn (tasarım) ve proses (kurulum) süreçlerindeki riskler değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda; dizayn (tasarım) için 11 adet risk, proses (kurulum) süreci için 70 adet risk belirlenmiştir. Tespit edilen riskler için alınabilecek önlemler ve yapılması gereken kontroller uzman kişiler ile FMEA bölümünde belirlenmiştir. Risk öncelik sayısı ilk aşamada  $RÖS = \text{Olasılık} \times \text{Şiddet} \times \text{Saptana bilirlilik}$  formülü ile hesaplanmıştır. Risklere ait RÖS 'lerin değerlendirilmesi belirlenmiştir. Yapılan değerlendirme ve puanlama sonucunda oluşan FMEA tabloları ek olarak tezin sonunda verilmektedir.

#### 6.3. Bulanık-FMEA Uygulaması

Bulanık girişlerin belirlenmesi; FMEA analiz yöntemi ile belirlenen girişler için

matlab programında giriş ve çıkış birimleri Mamdani bulanık çıkarımı kullanılmak üzere belirlenir. Mamdani; Mamdani tipi bulanık model insan davranışlarına çok uygun olduğundan kullanışı en yaygın olan modelledir. Bu model ilk bir buhar motoru için insan tecrübelerinden elde edilmiş sözel bilgilerin kontrol edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Modelde girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonları ile ifade edilmekte ve kural tablosu ile birbirine bağlantı yapılmaktadır. Bu modelde önce “eğer” şart ifadesi sonra “ise” hüküm cümlesi gelmektedir. Kuralın “ise” hüküm vermesi bulanık önermelere göre olmaktadır. Mamdani sistemi min. – max. Yöntemi olarak da bilinmekte ve bir sistem için karar verme aşamalarında, yani kuralların birleştirilmesi durumlarında min. Ve max. Operatörlerini birlikte kullanmaktadır. Max ve min operatörlerinin kullanılması, kuralları oluşturma kısmında ise, bize giriş değerlerinin veya – ve bağlaçları ile birbirine bağlanabileceğini göstermektedir. Şekil 6.1.’ de giriş ve çıkışlar gösterilmiştir (Yörükoğlu, 2014)

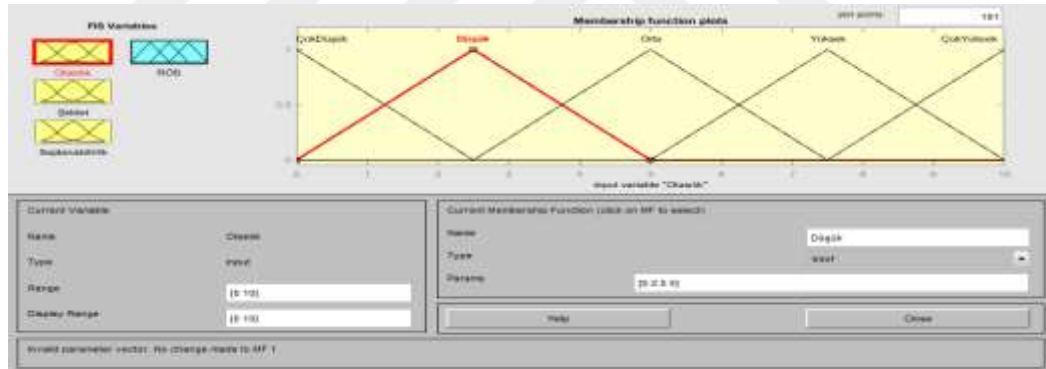


**Şekil 6.1. Bulanık Model**

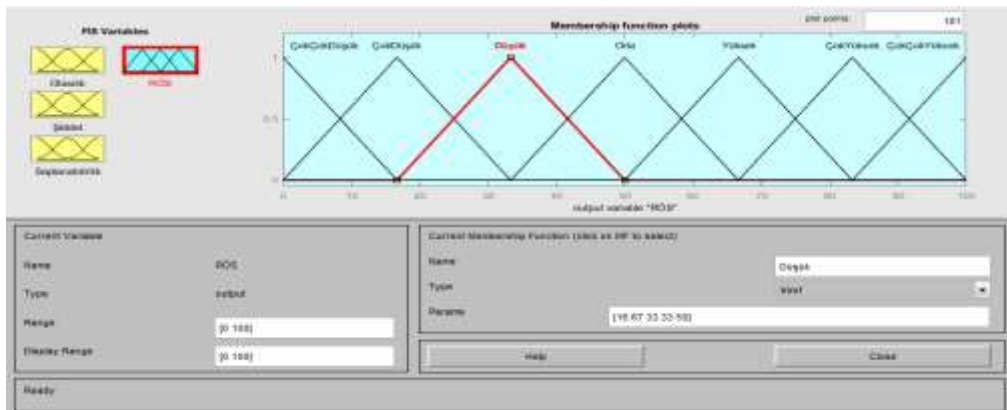
Bu çalışmada ve metodu için minimum değerleri veya metodu için maksimum değerleri kullanılmıştır. Durulaştırma için ağırlık merkezi yaklaşımı kullanılmıştır.

Ağırlık Merkezi; Bulanık mantık kontrol uygulamaları için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Ağırlık merkezi ile elde edilen sonuç, bulanık bir küme için olasılık dağılımının çekim noktasını vermelidir.

Üyelik girişlerinin belirlenmesi; Olasılık, Şiddet ve Saptana bilirlık girişleri için üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Üyelik fonksiyonu için onlu bir skala kullanılmıştır. Üyelik fonksiyonlarının giriş değerleri için trimf fonksiyonu kullanılmış. Risk Öncelik Sayısı giriş için şekil 6.2. ve çıkış için şekil 6.3.' deki üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Risk durumları için beş durum belirlenip, uzman görüşü ve mevcut tecrübelerle dayanarak fonksiyonun aralık değeri onlu skalaya göre yapılmıştır. Üçgen giriş üyelik fonksiyonlarının alt bölgeler sırasıyla; ÇDÜ (çok düşük), DÜ (düşük), OR (orta), YÜ (yüksek) ve ÇYÜ (çok yüksek)'dir. Çıkış değişkeni için ise yüz puanlık skala 7 farklı parçaya bölünmüştür. Bunlar sırasıyla; ÇÇDÜ (çok çok düşük), ÇDÜ (çok düşük), DÜ (düşük), OR (orta), YÜ (yüksek), ÇYÜ (çok yüksek) ve ÇÇYÜ (çok çok yüksek)'dir.

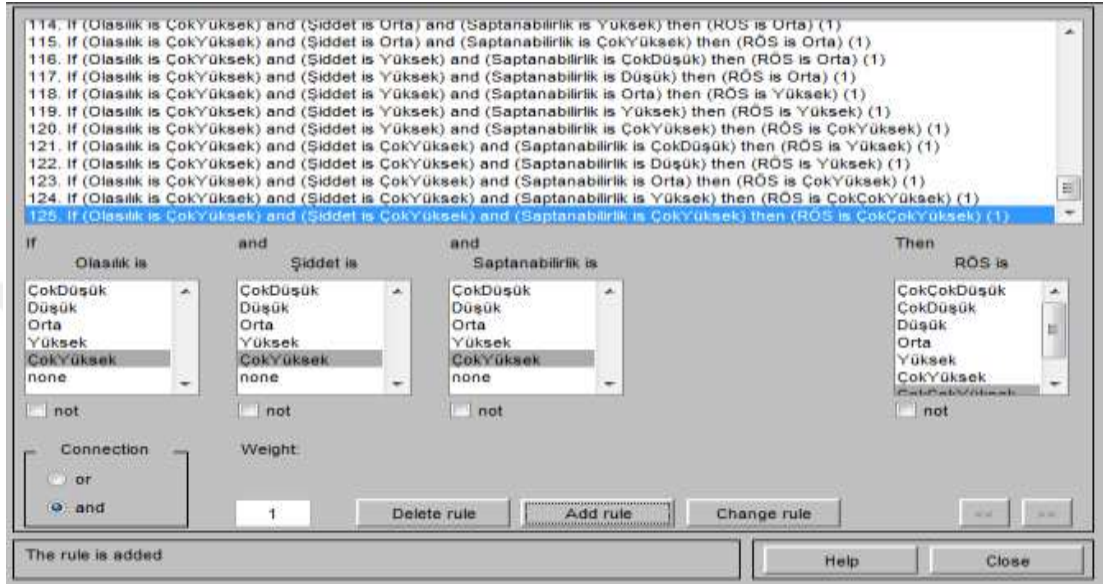


Şekil 6.2. Olasılık-Şiddet-Saptana bilirlık girdi değışken üyelik fonksiyonları



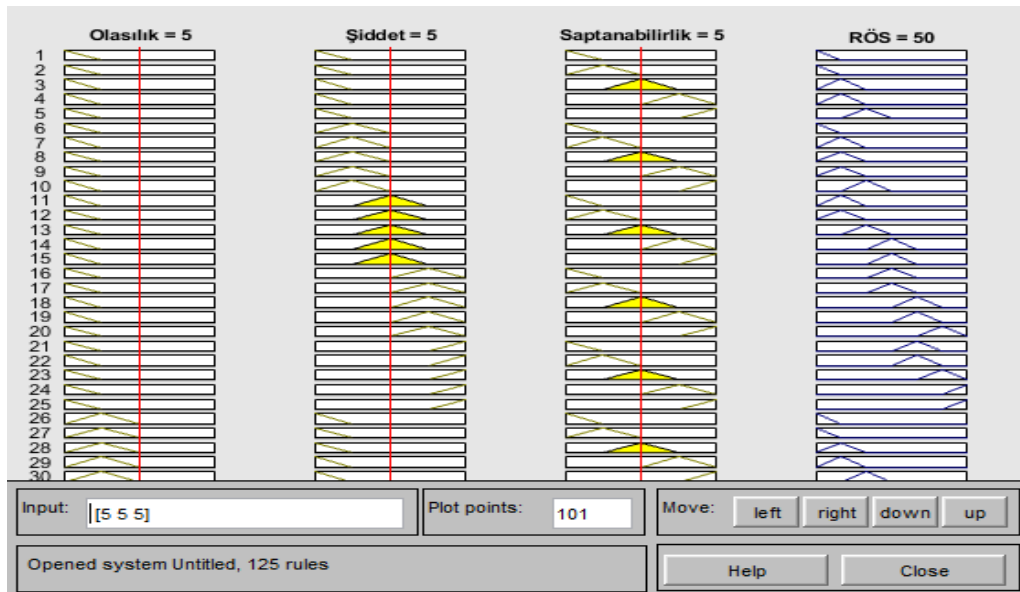
Şekil 6.3. Rös çıktı değışkenleri üyelik fonksiyonları

Kural tabanı oluşturulması; doğalgaz tesisat kurulumdaki süreçler için elde edilen risk durumlarının Bulanık Mantık ile çözümlenebilmesi için kural tabanı belirlenmektedir. Modelde yüz yirmi beş tane kural tabanı oluşturulmuştur. Şekil 6.4.'da görülen ekranda görüldüğü gibi kurallar olası bütün durumlar tek tek incelenerek hazırlanmıştır.



Şekil 6.4. Kural Tabanı

Kuralların tamamı ek olarak tezi sonunda tablo şeklinde verilmiştir. Kural tabanı matlab görünümü şekil 6.5'te verilmiştir.



Şekil 6.5. Olasılık, Şiddet, Saptana bilirlilik durumu için RÖS sayısı örneği

Bulanık FMEA ile elde edilen sonuçlar ile FMEA sonuçlarının karşılaştırılması; kurulum sürecindeki risklerin durumlarının risk öncelik sayılarının elde edilmesinden sonra klasik FMEA'daki giriş değerleri ile Bulanık FMEA ile işlenen olasılık, şiddet ve saptana bilirlilik girişlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda rös sıralamalarındaki bir değişimin olduğu gözlenmiştir. Bulanık FMEA analizine göre risk öncelik sıralamasına bakıldığı zaman iki riskin önem seviyesi birbirleri ile aynı olmadıkları gözlenmiştir. Bu durumun en büyük nedeni ise FMEA'da risk etkenleri eşit önem seviyesine sahip olduğu görülürken, Bulanık FMEA'da ise risk etkenlerinin önem derecelerinin yeniden yorumlanabilmesidir. Seksen bir durum için karşılaştırmanın tamamı tezin sonunda ek olarak verilmiştir.

## BÖLÜM VII

### SONUÇLAR

Tüm işletmeler yaptıkları işin kalitesini korumak için planlı çalışmalar yapmalıdır. Bu çalışmada ise bir sistemin tasarım ve proses süreçleri üzerinde durulmaktadır. Bir faaliyet çalışması yapılırken çeşitli nedenlerden kaynaklanan riskler ile karşılaşmaktadır. Bu durumda önemli olan kısım riskleri oluşmadan tespit ederek, bu riskleri önlemek için aksiyonların belirlenmesidir. Bu aksiyonların belirlenmesinde risk analizlerinden ve tecrübeli işinde uzman kişilerin görüşlerinden alınan veriler kullanılmaktadır. Bu kapsamda Talep Mühendislik doğalgaz proje taahhüt mekanik tesisat firması ile doğalgaz tesisatlarının binalara kurulum sürecindeki tasarım ve proses süreçlerinde çalışmalar gerçekleştirilmiş ve firmanın çıkan sonuçlara uygun talimatları kullanarak kalite standardının yükseltilmesi amaçlanmıştır. FMEA analiz yöntemi ile tasarım ve proses süreçlerinde rös hesabı klasik yöntemle yapılmıştır. Bulanık FMEA analiz yöntemi ile rös hesabı matlab programında kurulan model ile hesaplanmıştır. FMEA ve Bulanık FMEA sonuçlarında çıkan rös değerleri pareto analizi ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda çizilen pareto diyagramında seksen bir adet hata türü aktarılmıştır. Elde edilen pareto diyagramlarından çıkan sonuç, yüksek risk taşıyan FMEA için on dört hata türünden giderilmesi halinde, Bulanık FMEA için on yedi hata türünün giderilmesi halinde gereksiz hatalardan kaynaklanacak zaman kaybı azaltılarak belirlenen bu hataların iyileştirilmesi risklerin % 80 lik kısmına, belirlenen bu %20 lik kısmının neden olduğu bilinip çözülmesi ile sisteme gerçekte etkili fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Pareto analizleri ekler bölümünde verilecektir.

Önem arz eden riskler için alınabilecek önlemler ve kontroller uzman kişiler ile detaylı bir çalışma yapılarak bölüm dört içerisinde oluşturulmuştur. Alınan önlemlerden sonra tüm risklerin rös değerleri kabul edilebilir seviyeye düşmüştür. Doğalgaz kaza örneklerine ait görseller ekler bölümünde verilecektir. Uygulamacı

firmada önerilerin hayata geçirilip etkilerine bakıldığında yazılı kaynakların uygulama esnasında dikkate alınması uygulama açısından yüksek öneme sahiptir. Bulunan verilerin etkili ve faydalı olduğu, bu çalışma içinde amaca ve hedefe uygun hareket edildiği düşünülmektedir. Elde edilen verilerin bu tez çalışması için gelişen teknoloji ve değişen yapım standartları düşünülerek literatüre katkı yapması amacıyla tamamlanmıştır.



## REFERANSLAR

- Arslanbaş H.B. (1996). Bina içi doğalgaz tesisatı ve emniyet tedbirleri. *Yüksek Lisans Tezi*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Atalay, B. E. (2019). Bulanık mantık ve gri teori esaslı HTEA ile kablo sektöründe hata önceliklendirme / Risk prioritization in the cable industry with FMEA using fuzzy logic and grey theory. *Yüksek Lisans tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aytaç, E. (2011). Kalite iyileştirme sürecinde bulanık mantık yaklaşımı ile hata türü ve etkileri analizi ve uygulama örneği / Failure mode and effects analysis with fuzzy logic approach at quality improvement process and application sample. *Doktora Tezi*, Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bayar, N. (2010). İstanbul Boğazı'nda deniz trafik güvenliğinin risk tabanlı bulanık-AHP ve FMEA yöntemleri ile incelenmesi / Analysis of maritime traffic safety in Istanbul Strait using fuzzy-AHP and FMEA methods based on risk. *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bodur, K. (2012). Bulanık mantık yaklaşımı ile deprem konumlarının belirlenmesi / Fuzzy logic approach on earthquake locations. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bulundu H. & Say S.S. (2016). *Genel Doğalgaz*, İstanbul Uygulamalı Gaz ve Enerji Teknolojileri Araştırma Mühendislik San. ve Tic. A.Ş. ,59 - ISBN: 978-605-4706-18-1.
- Bulundu H. & Say S.S. (2016). *Büyük Endüstriyel Tesis Doğalgaz*, İstanbul Uygulamalı Gaz ve Enerji Teknolojileri Araştırma Mühendislik San. ve Tic. A.Ş. ,54 - ISBN: 978-605-4706-22-8.
- Bulundu H. & Say S.S. (2016). *Doğalgaz İç Tesisat*, İstanbul Uygulamalı Gaz ve Enerji Teknolojileri Araştırma Mühendislik San. ve Tic. A.Ş. ,56. - ISBN:978-605-4706-16-7.
- Bulundu H. & Say S.S. (2016). *Mühendisler İçin Doğalgaz İç Tesisatı Projelendirme Ve Uygulama Kuralları*, İstanbul Uygulamalı Gaz ve Enerji Teknolojileri Araştırma Mühendislik San. ve Tic. A.Ş. ,53. - ISBN: 978-605-706-19-8.
- Ceylan, H. ve Başhelvacı, V.S. (2011). Risk Değerlendirme Tablosu Yöntemi İle Risk Analizi: Bir Uygulama. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3, (2).
- Chang, Daejun, Taejin Rhee, Kiil Nam, Kwangpil Chang, Donghun Lee, and Samheon Jeong. (2008). "A Study on Availability and Safety of New Propulsion Systems for LNG Carriers." *Reliability Engineering and System Safety* 93(12):1877–85.

- Çakmak, M. (2015). Demir-çelik sektöründe bulanık hata türleri ve etkileri analizi (BULANIK FMEA) yöntemi ile risk değerlendirme uygulaması / Risk assessment practice with fuzzy failure and effects analysis method (FUZZY FMEA) in the iron and steel industry. *Yüksek Lisans tezi*, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Çeber Y. (2010) Hata türü ve etkileri analizi yönteminin (FMEA) üretim sektöründe uygulanması / Application of failure modes and effects analysis (FMEA) in production sector, *Yüksek Lisans tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, s.92-93.
- Demirer, A. ve Kahraman, Ö. (2010). OHSAS 18001 Kapsamında FMEA Uygulaması. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi* , 7 (1).
- Demirhindi, V. (2017). İLGİLİ KURUM - İç Tesisat Şartnamesi, Caretta Reklam ve Halkla İlişkiler Tic. Ltd. Şti. İLGİLİ KURUM Yayınları 29, ISBN:978-605-5169-81-7, Sertifika No: 15719.
- Der Kiureghian, Armen, Ove D. Ditlevsen, and Junho Song. 2007. "Availability, Reliability and Downtime of Systems with Repairable Components." *Reliability Engineering and System Safety* 92(2):231-42.
- Duran A. (2007). Bina doğalgaz iç tesisatı imalatı için hata türü ve etkileri analizi / Failure modes and effect analysis for building natural gas internal installation. *Yüksek Lisans Tezi*. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dufrene W. R. (2004), AI techniques in uninhabited aerial vehicle flight, *Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 19, 8-12.
- Economides, MJ ve Wood, DA (2009). Doğalgazın durumu. Doğalgaz Bilimi ve Mühendisliği Dergisi , 1 (1-2), 1-13.
- Eğrisöğüt Tiryaki, A. ve Kazan, R. (2007). Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 48 (565).
- Eleren, A. (2007) "Eğitim Başarısının Artırılmasında Süreç Geliştirme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama", Afyon Kocatepe Üniversitesi, *İ.İ.B.F. Dergisi (C.IX ,S II, 2007)*.
- Elmas, Ç. (2003). Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık). Ankara: Seçkin Yayıncılık San. Ve Tic. A.Ş. , 24-125.
- Eskioğlu, H. (2012). Ürün geliştirmede bulanık kalite fonksiyonu göçerimi endüstriyel bir uygulama / Fuzzy quality function deployment in product development and an industrial application. *Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Guo, Y., Meng, X., Meng, T., Wang, D., & Liu, S. (2016). A novel method of risk assessment based on cloud inference for natural gas pipelines. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 30, 421-429

- Işık, T. A. (2011). Bütünleşik üretim plânlamasında bulanık mantık yaklaşımı ve bir uygulama / Fuzzy logic approach to aggregate production planning and an application, Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 312314.
- Kahraman, Ö. (2009). Bir otomobil fabrikasında iş sağlığı ve güvenliği alanında HTEA (FMEA) yöntemi ile risk analizi / The risk analysis with fmea method in the area of occupational health and safety in a car factory. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koru, E. (2006). Otomotiv yan sanayiinde süreç hata türleri ve etkileri analizi ve bir uygulama / Process failure made effect analysis and application examples from automative supplier sector. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Klir J. G. (1995), Yuan B., Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications, Prentice Hall, New Jersey.
- Larkin I. L. (1984), A fuzzy logic controller for aircraft flight control, Proceedings of IEEE, 23, 894-897.
- Mamdani E. H. (1974). Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant, Proceedings of IEEE, 121, 1585-1588.
- Mızrak Özfirat P. (2014). Bulanık önceliklendirme metodu ve hata türü ve etkileri analizini birleştiren yeni bir risk analizi yöntemi. Celal Bayar Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimimarlık Fakültesi Dergisi*. Cilt 29, No 4, 755-768.
- Musubeyli Erginel, N. (2004) “Tasarım Hata Türü ve Etkileri Analizinin Etkinliği için Bir Model ve Uygulaması”, Anadolu Üniversitesi - *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, s.23-26.
- Ostfeld, Avi, Elad Salomons, Z. Skolicki, M. M. Wadda, M. H. Houck, T. Arciszewski, Lina Perelman, Avi Ostfeld, State St, D. H. I. Water, Agern Alle, Denmark Ph, Mark H. Houck F. Asce, Tomasz Arciszewski M. Asce, Dan Kroll, Karl King, R. Gueli, D. Grayman, W., Murray, R., and Savic, World Environmental, Mohammad Karamouz, Sara Saadati, Azadeh Ahmadi, M. Katherine Banks, D. Marshal Porterfield, World Environmental, A. Preis, Avi Ostfeld, Detection Versus Identification, Avi Ostfeld, Mark H. Houck F. Asce, and Elad Salomons. (2013). “Icptt 2012 © Asce 2013 1574.” *Journal of Water Resources Planning and Management* 136(5):1–10.
- Özkılıç, Ö. (2005). İş sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, Ankara: Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş., 50-60.
- Özkılıç, Ö. (2008). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk Değerlendirmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, Sayı 40, Ankara, 6-9.

- Özkılıç, Ö. (2014). Risk Değerlendirmesi “Atex Direktifleri – Patlayıcı Ortamlar – Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması – Kantitatif Risk Değerlendirme”. Ankara: Ajans-Türk Gazetecilik Matbaacılık İnşaat Sanayi A.Ş., 125-350.
- Özek, A. ve Sinecen, M. (2003). Klima Sistem Kontrolünün Bulanık Mantık ile Modellemesi. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (3), 353-358.
- Scott, Ryan P., and Tyler A. Scott. 2019. “Investing in Collaboration for Safety: Assessing Grants to States for Oil and Gas Distribution Pipeline Safety Program Enhancement.” *Energy Policy* 124(April 2018):332–45.
- Seber, V. (2012). İşçi Sağlığı Ve Güvenliğinde Risk Analizleri Nasıl Yapılır?. *Elektrik Mühendisliği*, (445).
- Steinberg M. (1993), Development and simulation of an F/A-18 fuzzy logic automatic carrier landing system, *Proceedings of IEEE 2nd International Fuzzy Systems Conference*, 2, 797-802.
- Şentürk S. (2006) Deney planlamasında bulanık mantık yaklaşımı / Fuzzy logic approach in experimental design, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006, 181558.
- Taşan, K. (2006). Bir güvenilirlik ve risk değerlendirme metodu olarak hata türü ve etkileri analizi (HTEA) yöntemi: Bir otomotiv yan sanayi işletmesinde uygulanması / Failure mode and effects analysis (FMEA) as a risk assessment and reliability method: An application in automotive parts industry. *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Turan, M. (2018). Transformatör üreten bir firmada Bulanık FMEA ile risk analizi uygulaması / Application of risk analysis with fuzzy fmea in a company which transformer producer. *Yüksek Lisans tezi*, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Toptancı, Ş. ve Erginel, N. (2017). Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Kalite Fonksiyon Yayılımı ile Bir İnşaat Firması İçin Risk Değerlendirmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5 (ÖS: Ergonomi2016), 189-199.
- Tok Ünlü, E. (2019).Risk değerlendirmesinde FMEA yöntemine bulanık mantık yaklaşımı: Deney ve kalibrasyon laboratuvarları uygulaması / Fuzzy logic approach to FMEA method in risk assessment: An application in test and calibration laboratory. *Yüksek Lisans tezi*, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türkbey, O. (2003) “Çok Amaçlı Makine Sıralama Problemi için Bir Bulanık Güçlü Metod”, Dokuz Eylül Üniversitesi , Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 5, 3.

- Yalçın H. (2019). Ankara'da doğalgaz kullanımının konutlardaki mevcut durumu, kontrolü, kullanım emniyetinin değerlendirilmesi ve öneriler / The current situation of the usage of natural gas in Ankara, control, assesment of safety of use and recommendations *Yüksek Lisans Tezi*. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yen, J. ve Langari, R. (1999) Fuzzy Logic, Intelligence, Control and Information, Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ.
- Yıldız, Ş. ve Kişoğlu, S. (2010). Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Hazır Giyimde Beden Numarası Belirleme. e-Journal of New World Sciences Academy, 6 (1), Article Number: 2C0031 ISSN:1306-3111.
- Yörükoğlu, H. (2014). Yenilenebilir enerji kaynakları risklerinin Bulanık FMEA yöntemi ile analizi / The analysis of the risks of renewable energy resources by using Bulanık FMEA technique. *Yüksek Lisans tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yurdakul, M., Gökpınar, E. , İç Y.T. (2019). Resmi Bir Kurumda Risk Analizi Uygulaması. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 60, 696.
- Zadeh L. A., Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decisions process, IEEE Transaction on Systems, 1973, 3, 28-44.
- Doğalgaz Piyasası Durum Tespiti ve Alınması Gerekli Önlemlere Dair Değerlendirmeler (2012,10 Eylül) Erişim Adresi <https://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/dogalgazraporlar/2011-2012durumtespit.pdf>
- Doğalgaz Piyasa Bildirim Sistemi (2018,15 Haziran) Erişim Adresi <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/19-0-1007/dogal-gaz-piyasasi>
- Mesafeli Doğalgaz Bağlantı Sözleşme Hükümleri (2021,10 Haziran) Erişim Adresi [https://cdn.igdas.com.tr/web/Docs/sozlesme-genel-hukumleri-mesafeli-islemler-icin-web-sitesi-son-hali\\_5366285.pdf](https://cdn.igdas.com.tr/web/Docs/sozlesme-genel-hukumleri-mesafeli-islemler-icin-web-sitesi-son-hali_5366285.pdf)
- İç Tesisat Teknik Şartnamesi ve Uygulama Teknikleri (2021,10 Mayıs) Erişim Adresi <https://www.surmeligaz.com.tr/page.aspx?SayfaIcerik=117>
- 4646 Doğalgaz piyasası kanunu ( T.C. Resmi Gazete, 2017 tarihli, sayı: 30111 ).

## EKLER

### EK-A

#### KAHRAMANMARAŞ DOĞALGAZ TESİSATI İÇİN BAZI GÖRSEL RESİMLER VE ENDÜSTRİYEL BİNA İÇ TESİSAT ŞEMASI

##### Regulation and Measuring Station-Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonu Görsele



##### Binada bulunan dilatasyon kısmından doğalgaz hattının boru geçiş görseli



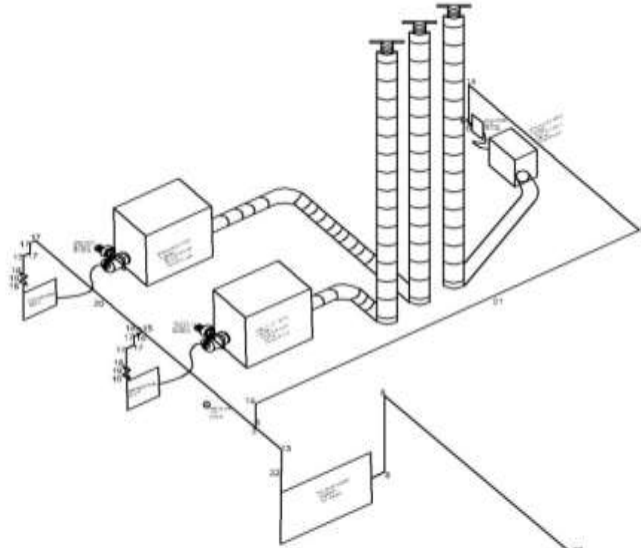
##### Doğalgaz boru binaya girişine ait görseli



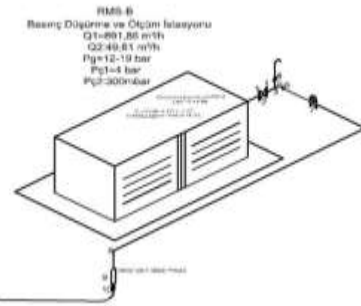
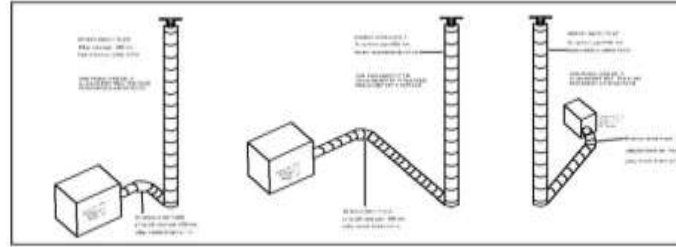
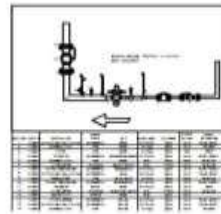
Kazanların doğalgaz tesisatını gösteren görseller



DOĞAL GAZ ENDÜSTRİYEL BİNA İÇ TESİSAT SEMASI



S.N.	MALZEME	QEP	STANDART	MARKE	QREN	QREN	QREN
1	Doğal Gazın Fiyatı (SCH40)	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	2	ADET	
2	PLASTİK DÖNÜŞÜMLÜ GAZ SİLMESİ	D140	TS 3003	PIB	2	ADET	
3	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	PIB	2	ADET	
4	PATENT DÖNÜŞÜMLÜ (SCH40)	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	1	ADET	
5	PATENT REDÜKSİYONLU (SCH40)	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	1	ADET	
6	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	PIB	1	ADET	
7	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	13	ADET	
8	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	2	ADET	
9	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	2	ADET	
10	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	20	METRE	
11	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	1	ADET	
12	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	4	ADET	
13	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	1	ADET	
14	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	2	ADET	
15	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	7	ADET	
16	Doğal Gazın Fiyatı (SCH40)	D140	TS EN 10253-1	SARCOVAN	4	ADET	
17	PLASTİK DÖNÜŞÜMLÜ GAZ SİLMESİ	D140	TS 3003	PIB	2	ADET	
18	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN ISO 3183 2012	YÖSCELİK	6,5	METRE	
19	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN ISO 3183 2012	YÖSCELİK	18	METRE	
20	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN ISO 3183 2012	YÖSCELİK	4	METRE	
21	DELİK DÖNÜŞÜMLÜ	D140	TS EN ISO 3183 2012	YÖSCELİK	47	METRE	



**EK-B**  
**DOĞALGAZ ANKET ÇALIŞMASI**

Adı-Soyadı: \_\_\_\_\_ Unvan: \_\_\_\_\_ İşyeri: \_\_\_\_\_

Tecrübe Yılı: \_\_\_\_\_

**DOĞALGAZ ANKET ÇALIŞMASI**

**1. Bulduğunuz bir ortamda gaz kaçağı olduğu nasıl anlaşılır?**

- a) Ortamda yoğun ve ağır bir gaz kokusunun hissedilmesinde
- b) Doğalgaz hattına kaçak detektörü ve manometre ile kaçak testi yapılması durumunda
- c) Doğalgaz hattı üzerinde gaz sızıntısının belirgin fark edilmesinde
- d) Hepsi

**2. Olası bir gaz kaçağı tespitinde hangi tedbirleri almak gerekir?**

- a) 187 Doğalgaz Acil Hattı' nı aranır
- b) Doğalgaz ana kesme vanası kapatılır ve insanlar o ortamdaki tahliye edilir
- c) Gaz kaçağında çakmak, kibrit, kapı zili ve elektrik anahtarları kullanılmaması için önlem alınır
- d) Hepsi

**3. Kurulum yapılan tesisatlar da işçinin karşılaştığı kazalar nelerdir?**

- a) Elektriksel şok, çarpılma, yüksekte düşme riski
- b) İş ekipmanları kazaları ( testere, boru dış açma, kaynak makinesi vs.)
- c) Kişisel koruyucu donanım kullanılmaması riskleri ( göze çapak kaçması, kaynak işleminde göze ve kıyafete ve çevreye kıvılcım sıçraması gibi)
- d) Hepsi

**4. Tesisat projelerinin yapımında hataların önlenmesi için yapılacak çalışmalar neler olabilir?**

- a) Yetkili mühendise Gaz Dağıtım Şirketi' nin Doğalgaz Teknik Şartnamesi eğitimini vermek
- b) Uygun kalite standartları temel alınarak çalışmalarını o yönde yapmak
- c) Proje kontrol listesi oluşturmak, projeyi onaya öncesi bu liste ile tekrar kontrol etmek
- d) Hepsi

**5. Tesisat bitirildikten sonra gaz açımına gelen yetkili mühendis doğalgaz tesisatında sizce ne gibi sorunları sıkça tespit etmektedir?**

- a) Tesisatın toprak altı hattında uygunsuzluk tespit edilmesi
- b) Kolon ve daire içi hatlarında uygunsuzluk tespit edilmesi
- c) Kazan hatlarında uygunsuzluk tespit edilmesi
- d) Hepsi

**6. Toprak altında yapılan gaz tesisatında en önemli risk nedir?**

- a) Çelik borularda yetersiz koruma nedeniyle korozyon, kaçak ve delinme durumları
- b) Toprak altında PE boru kullanımı ve kazı vb. işler nedeniyle hatlarda delinme kopma
- c) Toprak altı gaz sızıntısının bina bodrum katından veya kanalizasyondan binalara dolması, patlaması
- d) Hepsi

**7. Bacalı cihaz kullanımında karşılaşılan riskler nelerdir?**

- a) Çelik baca bağlantılarının delinmesi, çürümesi ve gevşek olması nedeniyle atık gaz (CO) zehirlenmeleri
- b) Baca tasarımının yanlış yapılması ya da baca tasarım hesaplamasının olmaması
- c) Cihazların yatak odası, banyo, WC gibi uygun olmayan mahallere kurulumlarının yapılması
- d) Paslanmaz çelik olmayan ve standart dışı malzemeler (Galvanizli, DKP, tuğla/beton baca) kullanımı

**8. Endüstriyel gaz tesisatlarındaki en önemli risk nedir?**

- a) Yüksek basınçlı tesisatlar da müdahale
- b) Kaynaklarda radyografik film çekilmemesi (işlem esnasında radyasyon yayılımı)
- c) Standart dışı yakıcı cihaz ve tesisat malzemelerinin kullanılması
- d) Kamyon, iş makinesi, forklift gibi araçların gaz tesisatına veya gaz istasyonlarına çarpması

Sıra No	Zaman	Ad Soyad	Meslek-Unvan	İşyeri Ve Tecrübe	1.Soru	2.Soru	3.Soru	4.Soru	5.Soru	6.Soru	7.Soru	8.Soru
1	10.04.2020	A1	Makine Müh.	F1-8 Yıl	D	D	D	D	D	D	C	B
2	10.04.2020	A2	Makine Müh.	F1 - 7 Yıl	D	D	D	D	D	D	B	C
3	10.04.2020	A3	Makine Müh.	F1 - 20 Yıl	D	D	D	D	D	D	B	C
4	10.04.2020	A4	Makine Müh.	F1 - 20 Yıl	D	D	D	D	D	D	A	B
5	10.04.2020	A5	Tekniker	F2 - 2 Yıl	D	D	D	D	D	D	D	A
6	10.04.2020	A6	Makine Müh.	F1 - 11 Yıl	D	D	D	D	D	B	A	A
7	10.04.2020	A7	Makine Müh.	F2 - 24 Yıl	D	D	D	D	D	D	D	C
8	10.04.2020	A8	Makine Müh.	F3 -5 Yıl	B	D	D	C	D	D	A	C
9	11.04.2020	A9	Makine Müh.	F4 - 4 Yıl	D	D	D	D	D	D	D	C
10	11.04.2020	A10	Makine Müh.	F4 - 17 Yıl	D	D	D	D	D	D	C	D
11	11.04.2020	A11	Makine Müh.	F1 - 4 yıl	D	D	D	D	D	D	A	C
12	11.04.2020	A12	Makine Müh.	F5 - 3 Yıl	D	D	D	D	D	D	A	A
13	11.04.2020	A13	Makine Müh.	F1 - 10 Yıl	D	D	D	D	D	A	A	D
14	11.04.2020	A14	Makine Müh.	F1 - 15 Yıl	A	B	D	D	D	B	A	B
15	11.04.2020	A15	Makine Müh.	F6 - 2 yıl	D	D	D	C	A	B	D	D
16	11.04.2020	A16	Makine Müh.	F1 - 7 Yıl	D	D	D	D	A	A	C	D
17	11.04.2020	A17	Makine Müh.	F1 - 14 Yıl	B	D	D	D	A	C	C	A
18	11.04.2020	A18	Makine Müh.	F1 - 7 Yıl	D	D	D	D	D	D	D	C
19	11.04.2020	A19	Makine Müh.	F1 - 7 Yıl	D	D	D	D	D	D	A	C
20	12.04.2020	A20	Makine Müh.	F1 - 7 Yıl	D	D	D	D	D	D	A	C
21	12.04.2020	A21	İnşaat Müh.	F1 - 5 Yıl	D	D	C	B	B	B	B	B
22	14.04.2020	A22	Harita Müh.	F7- 23 Yıl	D	D	D	D	D	D	C	B
23	15.04.2020	A23	Makine Müh.	F8 - 4 Yıl	D	D	D	D	D	D	A	D
24	15.04.2020	A24	Endüstri Müh.	F8 - 4 Yıl	A	D	C	B	A	A	A	A
25	15.04.2020	A25	Makine Müh.	F4 - 22 yıl	D	D	D	D	D	D	D	C
26	15.04.2020	A26	Makine Müh.	F4 - 27 yıl	B	D	D	C	B	C	D	A

27	15.04.2020	A27	Makine Müh.	F9 -20 Yıl	A	A	D	D	D	D	A	B
28	15.04.2020	A28	Makine Müh.	F10 - 26 yıl	A	D	D	A	B	A	A	C
29	15.04.2020	A29	Makine Müh.	F4 - 47 yıl	D	D	D	C	D	D	D	D
30	16.04.2020	A30	Makine Müh.	F4 - 17 yıl	D	D	D	D	D	D	C	C
31	16.04.2020	A31	Makine Müh.	F11 - 4 Yıl	D	D	D	D	D	D	A	C
32	22.04.2020	A32	İnşaat Mühendisi	F1 - 3 Yıl	B	D	D	C	B	C	B	A
33	22.04.2020	A33	Makine Müh.	F12 - 8 Yıl	D	A	D	D	D	A	A	C
34	22.04.2020	A34	Makine Müh.	F7 - 5 yıl	D	D	D	D	B	A	D	A
35	08.05.2020	A35	Tekniker	F2 - 5 Yıl	D	D	D	D	D	D	A	A
36	08.05.2020	A36	Teknisyen	F2 - 5 Yıl	D	A	D	D	D	D	A	B
37	08.05.2020	A37	Makine Müh.	F2 - 4 Yıl	A	B	D	A	D	D	A	A
38	10.06.2020	A38	Makine Mühendisi	F4 - 7 yıl	D	D	D	D	D	D	B	C

#### ANKET SONUÇLARI % GÖSTERİMİ

SEÇENEKLER					AÇIKLAMA
SORU NO↓	a	b	c	d	Sonuç olarak açıklama yapılmıştır.
1	13,10	10,50	-	76,30	
2	7,80	5,20	-	86,80	
3	-	-	5,20	94,70	
4	2,60	5,20	13,10	78,90	
5	10,50	13,10	-	76,30	
6	15,70	10,50	7,80	65,70	
7	47,30	13,10	15,70	23,60	
8	26,30	18,40	39,40	15,70	

**Sonuç:** Sonuçlara bakıldığında gaz kaçakları ve kaçaklar için alınabilecek tedbirlerin uzman kişiler tarafından kolay tespit edebileceği öngörülmektedir. Anket sonuçlarına göre % 94,70 hata şekilleri uzman kişilerin görüşleri ve tez çalışmasında çıkan hata sonuçları ve şekilleri ile örtüşmektedir. İşi yapan mühendisin gerekli eğitimi alması gerektiğini bu sayede projelerde hata yapılmadığı takdirde imalat içinde hata oranının azalacağı anlamı çıkartılmaktadır. Yapılan doğalgaz tesisatında güvenilirlik problemleri yoğun olarak eğitim eksikliği, niteliksiz personel, bilinçsiz müşteri ,standart dışı malzeme kullanımı olduğunu göstermiştir.

EK-C.1.TOPLANTI TUTANAKLARI

<b>TOPLANTI TUTANAĞI</b>	Sayfa No
	1/1
	Tarih
	10.02.2020

**1.TOPLANTI KONUSU**

**Tanışma ve Bilgilendirme**

**2.KATILIMCILAR**

İSİM	UNVAN	ÖĞRENİM DURUMU
K1	EKİP YÖNETİCİSİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K2	İŞLETME SAHİBİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K3	ŞANTIYE ŞEFİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K4	TEKNİK RESSAM	MAKİNE MÜHENDİSİ
K5	KAYNAKÇI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K6	KAYNAKÇI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K7	MONTAJCI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K8	MUHASEBE MÜDÜRÜ	-

**3.GÖRÜŞÜLEN KONULAR**

SIRA	AÇIKLAMALAR
1	Tanışma
2	Bilgilendirme
3	Amaç ve Kapsam
4	FMEA Ekip Bilgilendirme

**4.ALINAN KARARLAR**

SIRA	AÇIKLAMALAR
1	İlk toplantı için çalışanlar ile tanışıldı.
2	FMEA için bilgilendirme yapılmış nasıl uygulanacağına değinilmiştir.
3	Belirlenen kapsam doğalgazlı sistem tasarımı ve kurulumu aşamalarına uygulanacaktır. Tasarım aşaması için Tasarım FMEA, kurulum aşaması için Proses FMEA yöntemlerine başvurulacağı katılımcılara anlatılmıştır.
4	FMEA ekibi aşağıdaki gibi belirlenmiştir. Tasarım ve proses hatalarını aşağıda seçilen ekip ile belirlenmesi amaçlanmıştır; Ekip Lideri;K1 Üyeler;K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8

## EK-C.2. FMEA Tasarım Toplantı Tutanağı

	<b>TOPLANTI TUTANAĞI</b>	Sayfa No
		1/1
		Tarih
		17.02.2020

### 1.TOPLANTI KONUSU

Tasarım FMEA Toplantısı

### 2.KATILIMCILAR

İSİM	UNVAN	ÖĞRENİM DURUMU
K1	EKİP YÖNETİCİSİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K2	İŞLETME SAHİBİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K3	ŞANTIYE ŞEFİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K4	TEKNİK RESSAM	MAKİNE MÜHENDİSİ
K5	KAYNAKÇI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K6	KAYNAKÇI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K7	MONTAJCI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN

### 3.GÖRÜŞÜLEN KONULAR

SIRA	AÇIKLAMALAR
1	Tasarım aşamalarında karşılaşılan hatalar

### 4.ALINAN KARARLAR

SIRA NO	AÇIKLAMALAR
1	FMEA ekibi toplantıda tasarım aşamasında görülmesi muhtemel hata türlerini belirlemiştir. Hata belirleme aşamalarında yasal mevzuatlardan, ilgili kurumun teknik şartnamesinden, FMEA ekip üyelerinin fikirlerinden ve doğalgaz başarılı olmuş kişilerin görüşlerinden yararlanılmıştır. Tasarım aşaması için 11 adet potansiyel hata tespit edilmiştir. Bu hata türleri için; ortaya çıkma, ağırlık ve sapma dereceleri belirlenmesinde yasal mevzuatlar ve teknik personel bilgisinden yararlanılmıştır. Daha sonra bu üç değerın çarpılmasıyla elde edilen Risk Öncelik Sayısı değerleri belirlenmiş ve hata türleri risk sel öncelik sırasına konmuştur. Tespit edilen bu potansiyel hata türlerinin engellenmesi için önleyici faaliyet çalışmaları başlatılmış ve ilgili olan kişilere bildirilmiştir.

EK-C.3. FMEA Proses Toplantı Tutanağı

	<b>TOPLANTI TUTANAĞI</b>	Sayfa No
		1/1
		Tarih
		24.02.2020

**1.TOPLANTI KONUSU**

Proses FMEA Toplantısı

**2.KATILIMCILAR**

İSİM	UNVAN	ÖĞRENİM DURUMU
K1	EKİP YÖNETİCİSİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K2	İŞLETME SAHİBİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K3	ŞANTIYE ŞEFİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K4	TEKNİK RESSAM	MAKİNE MÜHENDİSİ
K5	KAYNAKÇI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K6	KAYNAKÇI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K7	MONTAJCI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN

**3.GÖRÜŞÜLEN KONULAR**

SIRA	AÇIKLAMALAR
1	Proses aşamalarında karşılaşılan hatalar

**4.ALINAN KARARLAR**

SIRA NO	AÇIKLAMALAR
1	FMEA ekibi bu toplantıda kurulum aşamasında görülmesi muhtemel hata türlerini belirlemiştir. Hata belirleme aşamalarında yasal mevzuatlardan, ilgili kurumun teknik şartnamesinden, FMEA ekip üyelerinin fikirlerinden ve doğalgaz başarılı olmuş kişilerin görüşlerinden yararlanılmıştır. Kurulum aşaması için 70 adet potansiyel hata tespit edilmiştir. Bu hata türleri için; ortaya çıkma, ağırlık ve sapma dereceleri belirlenmesinde yasal mevzuatlar ve teknik personel bilgisinden yararlanılmıştır. Daha sonra bu üç değerın çarpılmasıyla elde edilen Risk Öncelik Sayısı değerleri belirlenmiş ve hata türleri risk sel öncelik sırasına konmuştur. Tespit edilen bu potansiyel hata türlerinin engellenmiş için önleyici faaliyet çalışmaları başlatılmış ve ilgili olan kişilere bildirilmiştir.

EK-C.4. FMEA Proses Toplantı Tutanağı

	<b>TOPLANTI TUTANAĞI</b>	Sayfa No
		1/1
		Tarih
		02.03.2020

**1.TOPLANTI KONUSU**

FMEA Sonuç Toplantısı

**2.KATILIMCILAR**

İSİM	UNVAN	ÖĞRENİM DURUMU
K1	EKİP YÖNETİCİSİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K2	İŞLETME SAHİBİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K3	ŞANTIYE ŞEFİ	MAKİNE MÜHENDİSİ
K4	TEKNİK RESSAM	MAKİNE MÜHENDİSİ
K5	KAYNAKÇI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K6	KAYNAKÇI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN
K7	MONTAJCI	SERTİFİKALI ÇALIŞAN

**3.GÖRÜŞÜLEN KONULAR**

SIRA	AÇIKLAMALAR
1	FMEA çalışmasının sonucunda tespit edilen hataların değerlendirilmesi

**4.ALINAN KARARLAR**

SIRA NO	AÇIKLAMALAR
1	FMEA ekibi bu toplantıda tasarım ve kurulum aşamasında ortaya çıkması muhtemel hata türlerini görüşmüştür. Daha sonra elde edilen belirlenen Risk Öncelik Sayısı değerleri hata türleri risk sel öncelik sırasına konmuştur. Düzenleyici ve önleyici faaliyetler kararlaştırılmış ve ortaya çıkmadan oluşabilecek hatalar engellenmeye çalışılmıştır. Analiz sonucunda belirlenen hatalar yapılan sistemden uzaklaştırılmaya çalışılmıştır.

		<b>FMEA EKİP ÜYELERİ İLE TASARIM RÖS DEĞERLERİNİ HESAPLAMA ÇALIŞMASI</b>							
<b>Proses</b>		<b>Tasarım</b>		<b>Grup Üyeleri</b>		<b>Tarih</b>	<b>Mevcut Durum</b>		
						<b>2/17/2020</b>			
<b>Hata No</b>	<b>Oluşabilecek Hata Türleri</b>	<b>Oluşabilecek Hata Etkileri</b>	<b>Oluşabilecek Hata Sebepleri</b>	<b>Mevcut Kontroller</b>		<b>Ağırlık</b>	<b>Ortaya Çıkma Olasılığı</b>	<b>Saptama</b>	<b>RÖS A*O*S</b>
1	Projede yapılacak boru hatlarının çaplarının yanlış verilmesi	Kullanımda uygun akış hızı verilememesine neden olma durumu	Boru çapı hesap hatası	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		7	3	1	21
3	Basıncın $P \leq 50$ mbar olduğu durumlarda akış hızının $v \leq 6$ m/s' yi geçmesi	Kullanımda akış hızının sorun oluşturma durumu	Yanlış hesap hatası	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		5	3	2	30
4	Basıncın $P \geq 50$ mbar olduğu durumlarda DN65 ve küçük çaplarda akış hızı $v \leq 15$ m/s' yi geçmesi	Kullanımda akış hızının sorun oluşturma durumu	Yanlış hesap hatası	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		5	3	2	30
5	Büyük tüketimli tesislerde, DN80 ve büyük çaplarda $v \leq 25$ m/s' yi geçmesi	Kullanımda akış hızının sorun oluşturma durumu	Yanlış hesap hatası	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		5	3	2	30
6	Gaz teslim noktası ile cihaz arasındaki toplam basınç kaybının $\Delta P_{\Sigma} \leq 1,8$ mbar' dan fazla olması	Uygun basınç olmadan cihaz kullanımı verimli olmayacağı durumu	Tasarım yapım talimatından fazla ekipman kullanma hatası	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		4	2	3	24
7	Sayaç gaz basıncı 300 mbar ise servis kutusu ile arasındaki toplam basınç kaybının $\Delta P_{\Sigma} \leq 21$ mbar' dan fazla olması	Uygun basınç olmadan cihaz kullanımı verimli olmayacağı durumu	Tasarım yapım talimatından fazla ekipman kullanma hatası	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		4	2	3	24
19	Tasarım aşamasında yapılacak boru hatlarının yönünün yanlış verilmesi	Uygulama ve proje farklı olabileceğinden yanlış imalat yapılma durumu	Projenin kontrol edilmeme hatası	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		6	3	2	36
20	Uygulama yapılacak bina için boru hatları ölçülerinin yanlış alınması yapılacak projenin yanlış alınan ölçüler ile yapılması	Hesaplamalar yanlış olacağından uygunsuz bir hat döşenir, sonrasında denetimden geçemez bu yüzden gazın açılımı yapılmama durumu	Yanlış ölçü verilmesi hatası	Yerinde yapılacak boru ölçüleri ve çizilen projenin ölçülerinin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		7	4	3	84
62	Ürünlerin kapasiteleri net olarak bilinmeme durumunda cihazlar için uygunsuz debi değerlerinin seçilmesi	Yanlış kapasite belirleme yüzünden kullanıma engel teşkil etme durumu	Yanlış seçim yapılması hatası	Cihaz broşürlerinden debilerin kontrol edilmesi		4	2	1	8
63	Gaz verilmiş Endüstriyel Tesisat için sonradan mutfak için hat, ısıtma tesisatı hattı, buhar tesisatı hattı yapılacağı zaman şartnameye göre projesi hazırlanmaması ve tesisatın o yönde yapılmaması	Şartnameye uygun imalatın yapılmaması durumu	Projesiz iş yapılması ve tasarım projesinin çizim hatası	Yeni hazırlanması gereken projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		5	4	6	120
70	Projeye/tesisata baca konmaması ve baca çekiş hesabının yapılmaması	Eksik proje yapılması yüzünden kabul edilmez	Eksik iş ve dikkatsizlik hatası	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti		1	2	2	4

		<b>FMEA EKİP ÜYELERİ İLE PROSES RÖS DEĞERLERİNİ HESAPLAMA ÇALIŞMASI</b>							
<b>Proses</b>		<b>Kurulum/İmalat</b>	<b>Grup Üyeleri</b>		<b>Tarih</b>	<b>Mevcut Durum</b>			
					<b>2/24/2020</b>				
<b>Hata No</b>	<b>Oluşabilecek Hata Türleri</b>	<b>Oluşabilecek Hata Etkileri</b>	<b>Oluşabilecek Hata Sebepleri</b>	<b>Mevcut Kontroller</b>	<b>Ağırlık</b>	<b>Ortaya Çıkma Olasılığı</b>	<b>Saptama</b>	<b>RÖS A*O*S</b>	
2	Yapılan doğal gaz boru hatları ve vanaları için uygun mesafelerde kelepçe kullanılmaması	Kullanılan boruların aşırı yük sebebiyle hareket etmesi ve birleşim yerlerinden kaçak oluşturma durumu	Dikkatsizlik ve iş deneyim eksikliği	Yapım sırasında uygunluğun tespiti	3	2	1	6	
8	Doğal gaz boru hatları ile tüm zayıf akımla çalışan telefon, zil, kapı otomatları, kablolu TV, anten vb. kabloları ile bunların bağlantı noktalarından 15 cm'den yakın yapılması	Yakın yapılması durumunda kaçak oluştuğunda kıvılcım ile yangın ya da patlama oluşturma durumu	Uygulama esnasında yeterli ölçümlerin yapılmaması	Tesisatın projeye uygunluğunun tespiti	10	4	7	280	
9	Yanlış vida tipi olan vidalı bağlantıların yapılması	Boru bağlantılarında gaz kaçağı durumu	Yanlış vidalı birleştirme seçimi	Diş tipinin standart malzemeye uygunluğunun tespiti	4	2	2	16	
10	Toprakaltı boru hatlarında dirsek gerekli yerler için dirsek yerine mevcut borulara büküm yapılması	Malzemeye korozyon etkisi daha fazla olma durumu	Dikkatsizlik, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	3	4	1	12	
11	Toprakaltı yapılan boru hatları polietilen kaplı ancak bağlantı yerlerine sıcak pe sargı yerine, soğuk sargı kullanılması	Malzemede koruma yetersizliğinden korozyon etkisi daha fazla olma durumu	Hatalı imalat uygulama yönteminin seçilmesi	Uygulama yapılırken imalatın kontrolü ve uygunluğunun tespiti	3	5	2	30	
12	Toprakaltı boru hatları polietilen kaplı ancak bağlantı yerlerine sıcak polietilen sargının, yeterince ısıtılmadan ve % 50 sargı bindirme yöntemi kullanılarak yapılmaması	Malzemede koruma yetersizliğinden korozyon etkisi daha fazla olma durumu	Dikkatsizlik ve iş deneyim eksikliği	Yapım sırasında uygunluğun tespiti	4	5	2	40	
13	Toprakaltı borulamalarının DN 25 çapından küçük çapta boru kullanılması	Gaz akış hızının yeterli olmaması durumu	Şartnameye uygunsuz malzeme kullanımı	Tesisatın projeye uygunluğunun tespiti	3	1	2	6	
14	Toprakaltında yapılan borulama hatlarında katodik koruma yapılmaması veya yetersiz olması	Statik yük toprağa aktarılamaması, cihazın zarar görmesi ve borunun korozyonla çürümesi durumu	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Tesisatın projeye uygunluğunun tespiti	9	4	1	36	
15	Mg anot uygulama yerinin yanlış yapılması	Katodik korunamama ve statik yük aktarmama durumu	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Yapım sırasında uygunluğunun tespiti	9	4	1	36	
16	Toprakaltı ve toprak üstü hatların izolasyon mafsalı ile ayrılması	Topraklama ve katodik koruma yetersiz olma durumu	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Tesisatın projeye uygunluğunun tespiti	5	3	2	30	
17	Yapılan borulama hatlarında servis kutusundan sonraki hat toprak altından geçip kapalı bir alana gidiyor ise S.K.' dan sonra AKV takılmaması	Tesisat kabul edilmez takılması istenir	Gözden kaçırılma durumu	Tesisatın projeye uygunluğunun tespiti	5	1	2	10	
18	Doğalgaz borusu harici boru kullanılması	Kullanılan malzemeye göre farklı etkiler olma durumu	Yanlış malzeme seçimi	Malzeme özellik ve standart kontrolünün tespiti	5	1	1	5	

21	Doğal gaz tüketim cihazlarıyla bağlantısı esnek borular ile yapılmaması	Cihaz hareketlerinde bağlantı yerlerinde kaçak oluşturma durumu	Kontrollerde eksiklik	Gaz açım sırasında standartlara uygunluk kontrolünün tespiti	4	2	1	8
22	Binaların dilatasyon hatlarında ara bağlantıların esnek borular ile yapılmaması	Boru hatlarında bina hareketinde eğilme ve kırılma durumu	Dikkatsizlik, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Tesisatın projeye uygunluğunun tespiti	6	3	2	36
23	Doğal gaz boruları amacı dışında kullanılması ve statik elektrik yüklenmelerine karşı korunmaması	Hattın topraklama hattı gibi kullanılması durumu	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Tesisatın projeye uygunluğunun tespiti	9	5	3	135
24	Toprak üstü tesisatta yapılan soğuk bükümde borunun normalinden fazla kıvrılması	Büküm yapılan borunun kalınlığının incilmesi ve dayanımının azalması durumu	İşi yapanın özen göstermemesi ve dikkatsizliği	Tesisatın projeye uygunluğunun tespiti	5	4	1	20
25	Toprak üstü boru hatlarında DN 50 ve üstündeki çaplarda büküm yapılması	Büküm yapılan borunun kalınlığının incilmesi ve dayanımının azalması durumu	İşi yapanın özen göstermemesi ve dikkatsizliği	İş bitiminde denetlenir	6	3	2	36
26	Yapılan boru hatlarında kullanılan vananın, kullanıldığı yerdeki boru çapından farklı çapta olması	Hat üzerinde basınç kaybı oluşma durumu	İşi yapan kişinin iş talimatına uymaması	İş bitiminde gerekli ölçme işlemleri ile hat kontrol edilir.	5	3	1	15
27	Ana boru bağlantı hatlarının havalandırma olmayan, rutubetli, zor ulaşılabilen, bina ortak mahalli sayılmayan ve boruların hasara uğrayacağı uygunsuz yerlerden geçirilmesi	Boruların korozyona uğraması ve müdahale yapılamama durumu	Standartlara uymama ve dikkatsizlik	Gaz açım sırasında denetlenir.	4	3	1	12
28	TS ve standartlara uygun olmayan vana ve malzeme kullanılması	Yapılan hattın verimli çalışmaması ve kolay tahribata uğrama durumu	Maliyetlerden kaçma isteği	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	6	7	2	84
29	Doğalgaz tesisatındaki boru hatlarının, gaz açımından önce antipas üzeri sarı renkli boya ile boyanması ve sızdırmazlık kontrolü yapılmaması	Kaçak gazların tespit edilememe durumu	İş talimatına uymama	İşlem adımlarında yetersiz kontrol	3	1	1	3
30	AKV ve KKV' nin tesisata rekorlu bağlantı harici bir yöntemle monte edilmesi	Sökülemeyen bir bağlantı ve müdahale yapılamama durumu	İş talimatı adımlarının atlanması	İş bitiminde kontrol edilir.	6	2	1	12
31	Doğal gaz vanalarının tesisata montajı esnasında vananın bağlantı yerlerinin fazla ya da az sıkılması	Fazla sıkma malzemeye zarar verme, az sıkma gaz kaçağı oluşturma durumu	İşi yapanın özen göstermemesi ve dikkatsizliği	İş adımlarının düzenli kontrol edilmesi	5	6	8	240

32	300 mbar çıkışlı servis kutularında domestik regülâtörün shut off" suz olması	Gaz akışını ani kapatamama durumunda yaşanabilecek patlama durumları	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	İş talimatına göre kontrol edilmesi	9	1	1	9
33	Fittingsler delik olduğunda, yamalı kaynak yapılması	Tesisatta kaçak oluşma durumu	Mazleme dayanım yetersizliği	İş bitiminde kontrol edilir.	8	2	1	16
34	Sayaca bağlantılarının sağdan girip soldan çıkması	Doğalgaz sayacı gaz miktarını ölçememe durumu	Hatalı montaj	İş bitiminde kontrol edilir.	3	2	1	6
35	Sayaç konumunun yanlış belirlenmesi	Hat üzerindeki malzemeleri olumsuz etkileme durumu	İş talimatına projeye uymama	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	3	3	3	27
36	Doğalgaz borularının sıva altına gömülmesi	Müdehaleye olanak tanımaması durumu	Standart dışı imalat	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	6	1	1	6
37	Havalandırma menfezi olmaması ya da var olan menfezin sonradan iptal edilmesi (kapatılması)	Ortamda boğulmaya, yangına sebep olma durumu	İşi yapanın ve kullanıcının eğitimsiz ve bilgisiz oluşu	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	9	5	6	270
38	Doğal gaz boru hatları için yanlış kaynak yönteminin uygulanması	Hat kullanımında imalat hatalarından dolayı gaz kaçakları oluşma durumu	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	5	2	1	10
39	Kaynakla birleştirilecek borularda eksen kaçıklığı, yetersiz temas ve yapışma noksanlığı yapılması	Yapılan hattın verimli çalışmaması ve kolay tahribata uğrama durumu	İşi yapanın hatası ve özensizliği	Yapım sırasında göz ile kontrol edilir.	6	5	5	150
40	Kaynak yaparken yakıp delme hatası yapılması ve yanma çentiği oluşumu	Belirli süre sonra tekrar tadilat gereksinimi durumu	İşi yapanın hatası ve özensizliği	Yapım sırasında göz ile kontrol edilir.	6	4	1	24
41	Kaynak yaparken curuf hatası, gözenekler ve çatlak hatası yapılması	Yapılan hattın verimli çalışmaması ve kolay tahribata uğrama durumu	İşi yapanın hatası ve özensizliği	Hat üzerinden göz ile kontrol edilir.	5	4	6	120
42	Kolon hattında sayaç vanasına kadar dişli bağlantı ya da manşon kaynağı olması	Sonraki zamanlarda gaz kaçağı oluşma durumu	Standartlara projeye uymama	Proje kontrolü yapılır.	6	2	1	12
43	Kolon hattında kat geçişlerinde çelik kılıf kullanılmaması	Bina hareketi ve sarsıntıda hat üzerinde tahribat oluşma durumu	Yanlış mazleme kullanımı	İş bitiminde gözle kontrol edilir.	4	3	1	12

44	Kolon hattında kat geçişlerinde boru ile kılıf arasındaki boşluğun doldurulmaması	Bina hareketi ve sarsıntıda hat üzerinde tahribat oluşma durumu	İş yapmanın dikkatsizliği özen göstermemesi	İş bitiminde gözle kontrol edilir.	3	2	1	6
45	Daire içi tesisatta duvar geçişlerinde kılıf kullanılmaması, yapılan kılıf ve boru arası koruyucu malzeme ile yalıtılmaması	Boru hattı zarar görebilir ve korunmadığı için korozyon oluşma durumu	İş yapmanın dikkatsizliği özen göstermemesi	İş bitiminde gözle kontrol edilir.	3	2	1	6
46	Kolon hattının en alt ya da en üst noktasına temizlik amaçlı branşman bırakılması	Farklı amaçlar için kullanıldığında tehlike oluşturma durumu	Bilinçsiz kullanıcı ve projesiz çalışan işçi	İş bitiminde gözle kontrol edilir.	4	2	1	8
47	Her sayaç girişine kesme vanası konulmaması	Kaçaklarda ve hatalarda gaz kesilememe durumu	İş yapmanın dikkatsizliği özen göstermemesi	İş bitiminde gözle kontrol edilir.	10	1	1	10
48	Sayaçtan sonra test ağzı ve test nipeli bırakılmaması	Hatta kaçak testinin yapılamama durumu	İş yapmanın özen göstermemesi ve uygulama hatası	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	7	1	2	14
49	Kat ve duvar geçişlerinde koruyucu kılıfın içinde kalan doğalgaz borularında ek yeri olması	Gaz kaçağında müdahale edememe durumu	Uygulama hatası	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	6	2	8	96
50	Kazanın yerleştirildiği mahallin ölçülerinin, bakım onarımına izin vermeyecek kadar küçük olması	Bakımların ve oluşabilecek arızaların çözülmemesi durumu	Kullanıcının kazanın başka mahalde olmasına izin vermemesi	Standart kazan dairesi ölçüleri kontrolü	9	1	1	9
51	Brülörün yanlış kapasite ve özelliklerde seçilmesi	Kazan için yetersiz olma durumu	Hesaplamalar dikkate alınmadan seçim yapılması	Malzeme özellik ve standart kontrolünün tespiti	6	4	1	24
52	Kazan dairesine boru hatlarının bulunduğu yerin en üst noktasına gaz alarm cihazı konmaması	Gaz kaçaklarının farkedilememe durumu	Uygulama hatası ve dikkatsizlik	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	9	1	2	18
53	Kazan dairesinde, gaz alarm cihazı ile irtibatlandırılmış selenoid vana olmaması	Gaz kaçağında gaz akışının kapatılamama durumu	Uygulama hatası ve dikkatsizlik	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	8	1	2	16
54	Meydana gelebilecek gaz kaçaqları için ana kesme şalteri konmaması	Elektrik kesilemediğinde daha büyük zararların oluşma durumu	Maliyetten kaçma düşüncesi	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	9	5	2	90
55	Kazan dairesi içinde yapılan elektrik kumanda panolarının ve aydınlatmaların etanj tipi exproof olmaması	Çıkan patlamada veya yangında korunamama ve tahribat oluşma durumu	Maliyetten kaçma ve özen göstermeme	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	9	2	2	36

56	Kazan dairesindeki alt havalandırma ve üst havalandırma menfezlerinin boyutlarının farklı ölçülerde yapılması	Yeteri kadar standart düzeyde havalandırma durumu ortamın havasız kalma durumu	Projedeki ölçülere uygun imalat yapılması	İş bitiminde proje kontrolü yapılır.	8	3	1	24
57	İmalat sırasında karşılaşılan delinmiş boru hatları veya kopma durumuna gelen borulara yanlış müdahale yapılması	Hatlar üzerinde kaçak oluşma ve patlama durumu	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Standart müdahale tekniği yapım sırasında kontrol edilir.	6	2	1	12
58	Karşılaşılan hatalarda can güvenliği, mal güvenliği, çevre emniyeti ve işin prosedür ve kurallarına uygun yapılmaması	Çeşitli kazalara sebebiyet olma durumu	İş yapım talimatlarına uymama	İş sağlığı ve güvenliği kontrolü yapılır	9	3	3	81
59	Kontrolsüz gaz çıkışlarında hatalı müdahale tekniğinin uygulanması	Farklı patlama durumları ortaya çıkabilir	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Standart müdahale tekniği yapım sırasında kontrol edilir.	8	3	1	24
60	Yapılacak brülör gaz kontrol hattında eksik ekipman uygulamasının yapılması	Sistemin verimli yada hiç çalışmama durumu	Maliyetten kaçma isteği	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	5	7	1	35
61	Uygulama yapılacak tesisat için sayacın Qmin değerinden daha küçük ve gaz geçişinin ölçülememesi	Sayaçtan gaz geçişi ölçülememesi uygun basınçta gazın gelme durumu	Yanlış hesaplar sonucu belirlenen gaz basınç işlemleri	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	9	1	1	9
64	İki servis kutusu ile beslenen hatların kutu çıkış kolektörü simetrik yapılmaması	Devamında yapılan hat için gaz geçişlerini etkileme durumu	İşi yapanın projeye uymaması	İş bitiminde proje kontrolü yapılır.	6	2	2	24
65	Çalışma, imalatın yapılması sırasında güvensiz hareketlerde bulunulması	İşi yapanın kendini sakatlaması ve yapılan işin kalitesizliği durumu	İşi yapanın özen göstermemesi ve dikkatsizliği	İş sağlığı ve güvenliği kontrolü yapılır	10	4	2	80
66	Kazan dairelerinde elektrik jeneratörleri ve katı, sıvı, gaz yakıt tankının bulundurulması	Doğalgaz hatlarında ve genel kendi hatlarındaki sorunların oluşması durumu	Standartlara uymama ve dikkatsizlik	İş bitiminde gaz açılımı öncesi kazan dairesi kontrolü	9	2	1	18
67	Kazan dairesi kapılarının yanar malzemeden ve içeriye açılır biçimde yapılması	Kapının yanması ve müdahale zorluğu durumu	Standart dışı malzeme kullanımı	Uygun malzeme kontrolü yapılır.	8	2	1	16
68	Doğal gazlı cihazlar için ortak (şönt) baca ya da adi baca kullanılması	Baca basması ve çöküntüler oluşma durumu	Etkili kontrol eksikliği	Müstakil baca olduğu kontrol edilmeli	9	3	1	27
69	Doğalgaz bacasının ağızının, çatı mahyasının altında kalması veya yönünün solunum yapılabilecek mahalle bağlantılı yapılması	Verimsiz çekiş ve solum ile zehirlenme oluşabilme durumu	Özensiz çalışma standartlara uymama	İş bitiminde proje kontrolü yapılır.	10	3	2	60

71	Baca etiketindeki kesit, yükseklik, konum değerleriyle projedeki baca değerlerinin uyuşmaması	Verimsiz çalışma durumu	Hatalı iş yapma ve dikkatsizlik	İş bitiminde proje kontrolü yapılır.	6	3	2	36
72	Baca imalatçısının TS 11383 sertifikasına sahip olmaması ve bacaya etiket yapıştırılmaması	Standartlara uygun olmadığı ve istenen özellikleri taşımaması durumu	Düşük maliyet için yetkisiz firma çalıştırma	Şartnameye uygunluk tespiti	5	4	1	20
73	Baca şapkası kullanılmaması	Yağmur sularının ve farklı cisimlerin bacaya girmesi	Baca imalatını yapanın dikkatsizliği	Standartlara uygun baca firması kontrol yapar.	6	2	1	12
74	Baca topraklamasının yapılmaması	Yıldırım afetinden etkilenme durumu	Baca imalatını yapanın dikkatsizliği	Standartlara uygun baca firması kontrol yapar.	8	1	2	16
75	Projede gösterilenden fazla dirsek olması	Basınç kaybı verim düşüklüğü	Mevcut proje dışı imalat uygulamaları	Proje kontrolü yapılır.	5	2	2	20
76	Kazı yapılan alanda çalışan iş makineleri, kamyonlar ve geçen diğer motorlu araçlar için tedbirlerin alınmaması	Hem çalışan hemde çalışma alanı için sorun teşkil etme durumu	Önlem alınmama durumu	İş sağlığı ve güvenliği kontrolü yapılır	9	2	2	36
77	Taşıma ile boru kesme, boru üzerindeki izolasyonun temizlenmesi ve kaynak ağız açma esnasında spiral taşın koruyucusunun olmaması	Çalışanın kendi için sorun teşkil etme durumu	Ekipman yetersizliği	İş sağlığı ve güvenliği kontrolü yapılır	8	2	2	32
78	Kaynak işlemi sırasında eriyik metalin sıçraması ve kaynak gözlüğünün kullanılmaması	Çalışanın kendi için sorun teşkil etme durumu	İşi yapanın özen göstermemesi ve dikkatsizliği	İş sağlığı ve güvenliği kontrolü yapılır	10	5	2	100
79	Boru hatlarına yapılan kaynak işlemlerinin röntgen veya ultrasonik yöntemle kontrol edilmemesi	İmalat sırasındaki kılcal çatlakların fark edilemem durumu	İşi yapanın özen göstermemesi ve dikkatsizliği	Standartlara uygunluk kontrolü yapılır	6	4	1	24
80	Boru hatlarının yanıcı maddelere yakın yapılması	Gaz kaçağı oluşumunda patlama oluşması durumu	Standartlara uymama ve dikkatsizlik	Şartnameye göre imlat kontrol edilir.	10	3	2	60
81	Sayaç bağlantısının elektriksel köpülemesinin yapılmaması	Elektrik kaçağında patlama oluşması durumu	Dikkatsizlik ve iş deneyim eksikliği	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	9	3	1	27

FMEA EKİP ÜYELERİ İLE YÜKSEK RÖS DEĞERLERİNİ YENİDEN HESAPLAMA ÇALIŞMASI																	Bulanık FMEA
Proses	Tasarım	Grup Üyeleri	Oluşabilecek Hata Sebepleri	Mevcut Kontroller	Tarih				Mevcut Durum		Yapılacaklar		*İyileştirme Sonrası Durum				
					17.02.2020				Ağırlık	Ortaya Çıkma Olasılığı	Saptama	RÖS A*O*S	Aksiyon Planı	Sorumlu	Ağırlık	Ortaya Çıkma Olasılığı	
Hata No	Oluşabilecek Hata Türleri	Oluşabilecek Hata Etkileri	Oluşabilecek Hata Sebepleri	Mevcut Kontroller	Ağırlık	Ortaya Çıkma Olasılığı	Saptama	RÖS A*O*S	Aksiyon Planı	Sorumlu	Ağırlık	Ortaya Çıkma Olasılığı	Saptama	RÖS A*O*S			
20	Uygulama yapılacak bina için boru hatları ölçülerinin yanlış alınması yapılacak projenin yanlış alınan ölçüler ile yapılması	Hesaplamalar yanlış olduğundan uygunsuz bir hat döşenir, sonrasında denetimden geçmez bu yüzden gazın açılımı yapılmama durumu	Yanlış ölçü verilmesi hatası	Yerinde yapılacak boru ölçüleri ve çizilen projenin ölçülerinin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	7	4	3	84	Yerinde yapılacak boru ölçüleri ve çizilen projenin ölçülerinin karşılaştırması yapılmalıdır.	Tasarım Sorumlusu	4	4	2	32	21,1		
63	Gaz verilmiş Endüstriyel Tesiât için sonradan mutfak için hat, ısıtma tesiatı hattı, buhar tesiatı hattı yapılacağı zaman şartnameye göre projesi hazırlanmaması ve tesiatın o yönde yapılması	Şartnameye uygun imalatın yapılması durumu	Projesiz iş yapılması ve tasarım projesinin çizim hatası	Yeni hazırlanması gereken projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	5	4	6	120	Yeni proje ve o projenin uygulansının göz ile kontrolü yapılmalıdır.	Tasarım Sorumlusu	5	3	2	30	33,4		
8	Doğal gaz boru hatları ile tüm zayıf akımla çalışan telefon, zil, kapı otomatları, kablolu TV, anten vb. kabloları ile bunların bağlantı bustlarından 15 cm'den yakın yapılması	Yakın yapılması durumunda kaçak oluştuğunda kıvılcım ile yangın ya da patlama oluşurma durumu	Uygulama esnasında yeterli ölçümlerin yapılması	Tesiatın projeye uygunluğunun tespiti	10	4	7	280	Ölçüme aleti ( Metre ) kullanılmalıdır.	Proses Sorumlusu	10	3	1	30	62,2		
23	Doğal gaz boruları amacı dışında kullanılması ve statik elektrik yüklenmelerine karşı korunmaması	Hattın topraklama hattı gibi kullanılması durumu	Eğitim, tecrübe ve iş deneyim eksikliği	Tesiatın projeye uygunluğunun tespiti	5	6	8	240	Göz ile kontrol yapılmalıdır.	Makine Mühendisi-Proses Sorumlusu	5	6	1	30	73,7		
28	TS ve standartlara uygun olmayan vana ve malzeme kullanılması	Yapılan hattın verimli çalışmaması ve kolay tahribata uğrama durumu	Maliyetlerden kaçma isteği	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	6	7	2	84	İGDAŞ'ın ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.	Proses Sorumlusu	5	7	1	35	56,4		
31	Doğal gaz vanalarının tesisata montajı esnasında vananın bağlantı yerlerinin fazla ya da az sıkılması	Fazla sıkma malzeme zarar verme, az sıkma gaz kaçağı oluşurma durumu	İşi yapanın özen göstermemesi ve dikkatsizliği	İş adamlarının düzenli kontrol edilmesi	9	5	3	135	Yapılan vana bağlantılarına köpük testi ve göz ile kontrol yapılmalıdır.	Proses Sorumlusu	8	4	1	32	54,5		
37	Havalandırma menfezi olmaması ya da var olan menfezin sonradan iptal edilmesi (kapatılması)	Ortamda boğulmaya, yangına sebep olma durumu	İşi yapanın ve kullanıcının eğitimsiz ve bilgisiz oluşu	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	9	5	6	270	İGDAŞ'ın ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.	Proses Sorumlusu	9	4	1	36	59,7		
39	Kaynaklı birleştirilecek borularda eksen kaçıklığı, yetersiz temas ve yapışma noksanlığı yapılması	Yapılan hattın verimli çalışmaması ve kolay tahribata uğrama durumu	İşi yapanın hatası ve özensizliği	Yapım sırasında göz ile kontrol edilir.	6	5	5	150	İGDAŞ'ın ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.	Proses Sorumlusu	6	5	1	30	50		

41	Kaynak yaparken cıvaf hatası, güzenekler ve çatlak hatası yapılması	Yapılan hattın verimli çalışmaması ve kolay tahribata uğrama durumu	İşi yapının hatası ve özensizliği	Hat üzerinden göz ile kontrol edilir.	5	4	6	120	Göz ile kontrol yapılmalıdır.	Proses Sorumlusu	5	4	1	20	50
47	Her sıyaç girişine kesme vanası konulmaması	Kaçaklarda ve hatalarda gaz kesileme durumu	İşi yapının dikkatsizliği özen göstermemesi	İş bitiminde gözle kontrol edilir.	10	1	1	10	Göz ile kontrol yapılmalıdır.	Proses Sorumlusu					40,3
49	Kat ve duvar geçişlerinde kuruyucu kılıfın içinde kalan doğalgaz borularında ek yeri olması	Gaz kaçığında müdahale edileme durumu	Uygulama hatası	Projenin kontrol edilmesi ve uygunluğunun tespiti	6	2	8	96	Göz ile kontrol yapılmalıdır.	Proses Sorumlusu	6	2	2	24	47,8
54	Meydana gelebilecek gaz kaçakları için ana kesme şalteri konulmaması	Elektrik kesilemediğinde daha büyük zararların oluşma durumu	Maliyetten kaçma düşüncesi	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	9	5	2	90	İGDAŞ'ın ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.	Proses Sorumlusu	9	4	1	36	45,5
55	Kazan dairesi içinde yapılan elektrik kumanda panolarının ve aydınlatmaların etanj tipi exproof olmaması	Çıkan patlamada veya yangında korunamama ve tahribat oluşma durumu	Maliyetten kaçma ve özen göstermeme	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	9	2	2	36	İGDAŞ'ın ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.	Proses Sorumlusu	9	2	1	18	38,4
58	Karşılıklı hatalarda can güvenliği, mal güvenliği, çevre emniyeti ve işin prosedür ve kurallarına uygun yapılması	Çeşitli kazalara sebebiyet olma durumu	İş yapım talimatlarına uymama	İş sağlığı ve güvenliği kontrolü yapılır	9	3	3	81	İSG çalışma koşullarında yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.	Proses Sorumlusu	9	3	1	27	47,2
60	Yapılacak brülör gaz kontrol hattında ekipman uygulamasının yapılması	Sistemin verimli yada hiç çalışmama durumu	Maliyetten kaçma isteği	Hazırlanan projenin kontrol edilmesi, şartnameye uygunluğunun tespiti	5	7	1	35	İGDAŞ'ın ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.	Proses Sorumlusu	5	7	1	35	52,8
65	Çalışma, imalatın yapılması sırasında güvensiz hareketlerde bulunulması	İşi yapının kendini sakatlaması ve yapılan işin kalitesizliği durumu	İşi yapının özen göstermemesi ve dikkatsizliği	İş sağlığı ve güvenliği kontrolü yapılır	10	4	2	80	Uygun çalışma kuralları göz ile kontrol edilmelidir.	Proses Sorumlusu	10	3	1	30	45,5
69	Doğalgaz bacasının ağızının, çatı mahyasının altında kalması veya yeminin solumun yapılabilecek mahalle bağlantılı yapılması	Verimsiz çekiş ve solum ile zehirlenme oluşabilme durumu	Özensiz çalışma standartlara uymama	İş bitiminde proje kontrolü yapılır.	10	3	2	60	Proje üzerinden ve yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.	Proses Sorumlusu	10	2	1	20	46
78	Kaynak işlemi sırasında eriyik metalin sıçraması ve kaynak güzliğünün kullanılmaması	Çalışanın kendi için sorun teşkil etme durumu	İşi yapının özen göstermemesi ve dikkatsizliği	İş sağlığı ve güvenliği kontrolü yapılır	10	5	2	100	Proje üzerinden ve yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.	Proses Sorumlusu	9	3	1	27	50
80	Boru hatlarının yanıcı maddelere yakın yapılması	Gaz kaçağı oluşumunda patlama oluşması durumu	Standartlara uymama ve dikkatsizlik	Şartnameye göre imalat kontrol edilir.	10	3	2	60	Göz ile kontrol yapılmalıdır.	Proses Sorumlusu	9	2	2	36	46

## EK-E Kural Tabanları

Bulanık FMEA Kural Tabanlarının Oluşturulması								
Kural No	Olasılık	Şiddet	Saptanabilirlik	Risk Öncelik Sayısı	O	Ş	S	RÖS
1	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Çok Düşük	1	1	1	1
2	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Çok Çok Düşük	1	1	2	1
3	Çok Düşük	Çok Düşük	Orta	Çok Düşük	1	1	3	2
4	Çok Düşük	Çok Düşük	Yüksek	Çok Düşük	1	1	4	2
5	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Yüksek	Düşük	1	1	5	3
6	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Çok Düşük	1	2	1	1
7	Çok Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük	1	2	2	2
8	Çok Düşük	Düşük	Orta	Çok Düşük	1	2	3	2
9	Çok Düşük	Düşük	Yüksek	Çok Düşük	1	2	4	2
10	Çok Düşük	Düşük	Çok Yüksek	Düşük	1	2	5	3
11	Çok Düşük	Orta	Çok Düşük	Çok Düşük	1	3	1	2
12	Çok Düşük	Orta	Düşük	Çok Düşük	1	3	2	2
13	Çok Düşük	Orta	Orta	Düşük	1	3	3	3
14	Çok Düşük	Orta	Yüksek	Orta	1	3	4	4
15	Çok Düşük	Orta	Çok Yüksek	Orta	1	3	5	4
16	Çok Düşük	Yüksek	Çok Düşük	Orta	1	4	1	4
17	Çok Düşük	Yüksek	Düşük	Orta	1	4	2	4
18	Çok Düşük	Yüksek	Orta	Yüksek	1	4	3	5
19	Çok Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	1	4	4	5
20	Çok Düşük	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	1	4	5	6
21	Çok Düşük	Çok Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	1	5	1	5
22	Çok Düşük	Çok Yüksek	Düşük	Yüksek	1	5	2	5
23	Çok Düşük	Çok Yüksek	Orta	Çok Yüksek	1	5	3	6
24	Çok Düşük	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Çok Yüksek	1	5	4	7
25	Çok Düşük	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Çok Yüksek	1	5	5	7
26	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Çok Düşük	2	1	1	1
27	Düşük	Çok Düşük	Düşük	Çok Çok Düşük	2	1	2	1
28	Düşük	Çok Düşük	Orta	Çok Düşük	2	1	3	2
29	Düşük	Çok Düşük	Yüksek	Çok Düşük	2	1	4	2
30	Düşük	Çok Düşük	Çok Yüksek	Düşük	2	1	5	3
31	Düşük	Düşük	Çok Düşük	Çok Çok Düşük	2	2	1	1
32	Düşük	Düşük	Düşük	Çok Düşük	2	2	2	2
33	Düşük	Düşük	Orta	Çok Düşük	2	2	3	2
34	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	2	2	4	3
35	Düşük	Düşük	Çok Yüksek	Düşük	2	2	5	3
36	Düşük	Orta	Çok Düşük	Çok Düşük	2	3	1	2
37	Düşük	Orta	Düşük	Düşük	2	3	2	3
38	Düşük	Orta	Orta	Orta	2	3	3	4
39	Düşük	Orta	Yüksek	Orta	2	3	4	4
40	Düşük	Orta	Çok Yüksek	Yüksek	2	3	5	5

EK-E (Devamı) Kural Tabanları

41	Düşük	Yüksek	Çok Düşük	Orta	2	4	1	4
42	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	2	4	2	5
43	Düşük	Yüksek	Orta	Yüksek	2	4	3	5
44	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	2	4	4	5
45	Düşük	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	2	4	5	6
46	Düşük	Çok Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	2	5	1	5
47	Düşük	Çok Yüksek	Düşük	Çok Yüksek	2	5	2	6
48	Düşük	Çok Yüksek	Orta	Çok Yüksek	2	5	3	6
49	Düşük	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Çok Yüksek	2	5	4	7
50	Düşük	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Çok Yüksek	2	5	5	7
51	Orta	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Çok Düşük	3	1	1	1
52	Orta	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük	3	1	2	2
53	Orta	Çok Düşük	Orta	Çok Düşük	3	1	3	2
54	Orta	Çok Düşük	Yüksek	Düşük	3	1	4	3
55	Orta	Çok Düşük	Çok Yüksek	Düşük	3	1	5	3
56	Orta	Düşük	Çok Düşük	Çok Çok Düşük	3	2	1	1
57	Orta	Düşük	Düşük	Çok Düşük	3	2	2	2
58	Orta	Düşük	Orta	Düşük	3	2	3	3
59	Orta	Düşük	Yüksek	Düşük	3	2	4	3
60	Orta	Düşük	Çok Yüksek	Orta	3	2	5	4
61	Orta	Orta	Çok Düşük	Düşük	3	3	1	3
62	Orta	Orta	Düşük	Düşük	3	3	2	3
63	Orta	Orta	Orta	Orta	3	3	3	4
64	Orta	Orta	Yüksek	Yüksek	3	3	4	5
65	Orta	Orta	Çok Yüksek	Yüksek	3	3	5	5
66	Orta	Yüksek	Çok Düşük	Orta	3	4	1	4
67	Orta	Yüksek	Düşük	Yüksek	3	4	2	5
68	Orta	Yüksek	Orta	Yüksek	3	4	3	5
69	Orta	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek	3	4	4	6
70	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	3	4	5	6
71	Orta	Çok Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	3	5	1	5
72	Orta	Çok Yüksek	Düşük	Çok Yüksek	3	5	2	6
73	Orta	Çok Yüksek	Orta	Çok Yüksek	3	5	3	6
74	Orta	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Çok Yüksek	3	5	4	7
75	Orta	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Çok Yüksek	3	5	5	7
76	Yüksek	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	4	1	1	2
77	Yüksek	Çok Düşük	Düşük	Çok Düşük	4	1	2	2
78	Yüksek	Çok Düşük	Orta	Düşük	4	1	3	3
79	Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	Orta	4	1	4	4
80	Yüksek	Çok Düşük	Çok Yüksek	Orta	4	1	5	4

EK-E (Devamı) Kural Tabanları

81	Yüksek	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	4	2	1	2
82	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	4	2	2	3
83	Yüksek	Düşük	Orta	Orta	4	2	3	4
84	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	4	2	4	5
85	Yüksek	Düşük	Çok Yüksek	Yüksek	4	2	5	5
86	Yüksek	Orta	Çok Düşük	Düşük	4	3	1	3
87	Yüksek	Orta	Düşük	Orta	4	3	2	4
88	Yüksek	Orta	Orta	Orta	4	3	3	4
89	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	4	3	4	5
90	Yüksek	Orta	Çok Yüksek	Çok Yüksek	4	3	5	6
91	Yüksek	Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	4	4	1	5
92	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	4	4	2	5
93	Yüksek	Yüksek	Orta	Çok Yüksek	4	4	3	6
94	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek	4	4	4	6
95	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Çok Yüksek	4	4	5	7
96	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	4	5	1	5
97	Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Çok Yüksek	4	5	2	6
98	Yüksek	Çok Yüksek	Orta	Çok Yüksek	4	5	3	6
99	Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Çok Yüksek	4	5	4	7
100	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Çok Yüksek	4	5	5	7
101	Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	5	1	1	3
102	Çok Yüksek	Çok Düşük	Düşük	Düşük	5	1	2	3
103	Çok Yüksek	Çok Düşük	Orta	Orta	5	1	3	4
104	Çok Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	Yüksek	5	1	4	5
105	Çok Yüksek	Çok Düşük	Çok Yüksek	Yüksek	5	1	5	5
106	Çok Yüksek	Düşük	Çok Düşük	Düşük	5	2	1	3
107	Çok Yüksek	Düşük	Düşük	Orta	5	2	2	4
108	Çok Yüksek	Düşük	Orta	Orta	5	2	3	4
109	Çok Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	5	2	4	5
110	Çok Yüksek	Düşük	Çok Yüksek	Çok Yüksek	5	2	5	6
111	Çok Yüksek	Orta	Çok Düşük	Orta	5	3	1	4
112	Çok Yüksek	Orta	Düşük	Orta	5	3	2	4
113	Çok Yüksek	Orta	Orta	Yüksek	5	3	3	5
114	Çok Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	5	3	4	5
115	Çok Yüksek	Orta	Çok Yüksek	Çok Yüksek	5	3	5	6
116	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	5	4	1	5
117	Çok Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	5	4	2	5
118	Çok Yüksek	Yüksek	Orta	Çok Yüksek	5	4	3	6
119	Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok Çok Yüksek	5	4	4	7
120	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Çok Yüksek	5	4	5	7
121	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük	Yüksek	5	5	1	5
122	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Düşük	Çok Yüksek	5	5	2	6
123	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Orta	Çok Çok Yüksek	5	5	3	7
124	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek	Çok Çok Yüksek	5	5	4	7
125	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Çok Yüksek	5	5	5	7

EK-F RÖS Sıralama

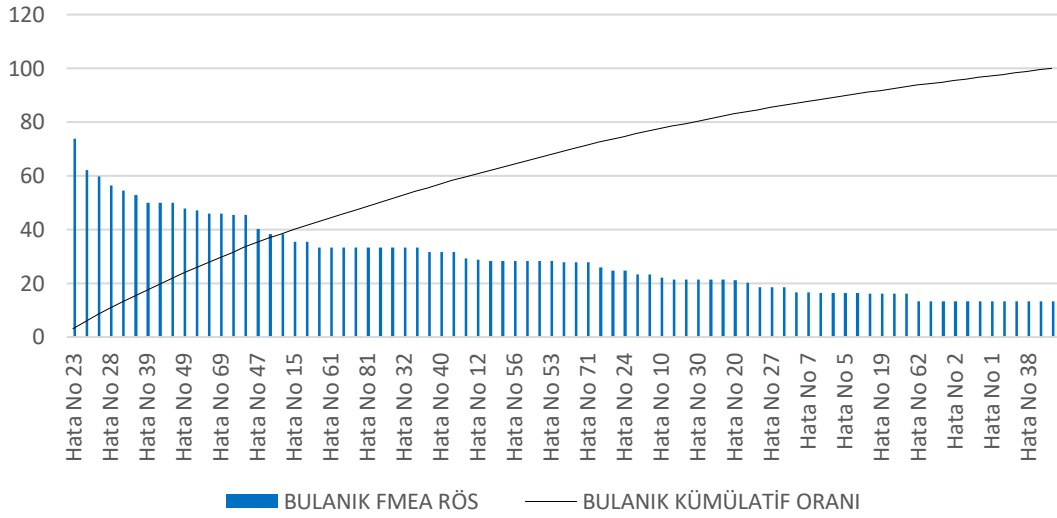
HATA TÜRLERİ	BULANIK FMEARÖS	SIRALAMA	SIRALAMA	FMEA RÖS	HATA TÜRLERİ
Hata No 23	73,7	1	1	280	Hata No 8
Hata No 8	62,2	2	2	270	Hata No 37
Hata No 37	59,7	3	3	240	Hata No 23
Hata No 28	56,4	4	4	150	Hata No 39
Hata No 31	54,5	5	5	135	Hata No 31
Hata No 60	52,8	6	6	120	Hata No 63
Hata No 39	50	7	6	120	Hata No 41
Hata No 78	50	7	7	100	Hata No 78
Hata No 41	50	7	8	96	Hata No 49
Hata No 49	47,8	8	9	90	Hata No 54
Hata No 58	47,2	9	10	84	Hata No 20
Hata No 80	46	10	10	84	Hata No 28
Hata No 69	46	10	11	81	Hata No 58
Hata No 65	45,5	11	12	80	Hata No 65
Hata No 54	45,5	11	13	60	Hata No 69
Hata No 47	40,3	12	13	60	Hata No 80
Hata No 55	38,4	13	14	40	Hata No 12
Hata No 76	38,4	13	15	36	Hata No 19
Hata No 15	35,4	14	15	36	Hata No 14
Hata No 14	35,4	14	15	36	Hata No 15
Hata No 63	33,4	15	15	36	Hata No 22
Hata No 61	33,4	15	15	36	Hata No 25
Hata No 66	33,4	15	15	36	Hata No 55
Hata No 68	33,4	15	15	36	Hata No 71
Hata No 81	33,4	15	15	36	Hata No 76
Hata No 50	33,4	15	16	35	Hata No 51
Hata No 52	33,4	15	17	32	Hata No 77
Hata No 32	33,4	15	18	30	Hata No 3
Hata No 77	33,3	16	18	30	Hata No 4
Hata No 79	31,7	17	18	30	Hata No 5
Hata No 40	31,7	17	18	30	Hata No 11
Hata No 51	31,7	17	18	30	Hata No 16
Hata No 11	29,3	18	19	27	Hata No 35
Hata No 12	28,9	19	19	27	Hata No 68
Hata No 74	28,2	20	19	27	Hata No 81
Hata No 67	28,2	20	20	24	Hata No 6
Hata No 56	28,2	20	20	24	Hata No 7
Hata No 59	28,2	20	20	24	Hata No 40
Hata No 33	28,2	20	20	24	Hata No 51
Hata No 53	28,2	20	20	24	Hata No 56

EK-F (Devamı) RÖS Sıralama

Hata No 22	27,8	21	20	24	Hata No 59
Hata No 25	27,8	21	20	24	Hata No 64
Hata No 71	27,8	21	20	24	Hata No 79
Hata No 35	26	22	21	21	Hata No 1
Hata No 72	24,7	23	22	20	Hata No 24
Hata No 24	24,7	23	22	20	Hata No 72
Hata No 48	23,2	24	22	20	Hata No 75
Hata No 64	23,2	24	23	18	Hata No 52
Hata No 10	22,1	25	23	18	Hata No 66
Hata No 73	21,5	26	24	16	Hata No 9
Hata No 42	21,5	26	24	16	Hata No 33
Hata No 30	21,5	26	24	16	Hata No 53
Hata No 57	21,5	26	24	16	Hata No 67
Hata No 36	21,5	26	24	16	Hata No 74
Hata No 20	21,1	27	25	15	Hata No 26
Hata No 16	20,2	28	26	14	Hata No 48
Hata No 26	18,5	29	27	12	Hata No 10
Hata No 27	18,5	29	27	12	Hata No 27
Hata No 43	18,5	29	27	12	Hata No 30
Hata No 6	16,7	30	27	12	Hata No 42
Hata No 7	16,7	30	27	12	Hata No 43
Hata No 3	16,3	31	27	12	Hata No 57
Hata No 4	16,3	31	27	12	Hata No 73
Hata No 5	16,3	31	28	10	Hata No 17
Hata No 75	16,3	31	28	10	Hata No 38
Hata No 9	16,2	32	28	10	Hata No 47
Hata No 19	16,2	32	29	9	Hata No 32
Hata No 70	16,2	32	29	9	Hata No 50
Hata No 17	16,2	32	29	9	Hata No 61
Hata No 62	13,4	33	30	8	Hata No 62
Hata No 21	13,4	33	30	8	Hata No 21
Hata No 46	13,4	33	30	8	Hata No 46
Hata No 2	13,4	33	31	6	Hata No 2
Hata No 13	13,4	33	31	6	Hata No 13
Hata No 18	13,4	33	31	6	Hata No 34
Hata No 1	13,4	33	31	6	Hata No 36
Hata No 44	13,4	33	31	6	Hata No 44
Hata No 45	13,4	33	31	6	Hata No 45
Hata No 38	13,4	33	32	5	Hata No 18
Hata No 34	13,4	33	33	4	Hata No 70
Hata No 29	13,4	33	34	3	Hata No 29

## EK-G.2. Bulanık-FMEA-Pareto Değerleri

### BULANIK FMEA DEĞERLERİ PARETO ANALİZİ GÖSTERİLİŞİ



S. No	Hata No	Öneri ve Açıklama	Kontrol
1	Hata No 23	Doğalgaz boruları kendi amacı dışında (topraklama hattı, koruma ve paratoner olarak vb.) kullanılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
2	Hata No 8	Gaz hattının diğer tesisatlar ile aralarında olması gereken mesafeler ek dosya olarak verilmiştir. Etkileşim olmaması için uygun şekilde yapılmalıdır. Trifaze elektrik hatları için 30 cm, yüksek gerilim hatları için 10 m den aşağı mesafe olmamalıdır.	Ölçme aleti (Metre) kullanılmalıdır.
3	Hata No 37	Menfezin olmaması oluşabilecek kaçaklar da yanma patlama oluşturacak gazın kapalı ortamda kalmasına ve boğulmalara sebep olabilir kesinlikle havalandırma yapılmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
4	Hata No 28	Stveart dışı malzeme kullanımı boru hatlarında her şeye sebep olabilir bu yüzden dikkat edilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
5	Hata No 31	Kullanılan vana bağlantılarının fazla sıkılması, dış sıyrmasına ve malzemenin deformasyonuna az sıkılması kaçaklara neden olabilir. Uygun standartlarda işçilik ile bağlantıları yapılmalıdır.	Yapılan vana bağlantılarına köpük testi ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
6	Hata No 60	Hat üzerinde unutulmuş ekipman sistemin çalışmasını etkileyeceğinden dikkat edilmeli proje ile uygulama birebir olmalıdır.	Proje üzerinden ve yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.

7	Hata No 39	Kaynaklı birleştirmelerde hata genel sistemi etkilemektedir. Oluşan bir hata var ise ve tespit edilebilir ise boru hatları yeniden çekilmelidir.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
8	Hata No 78	Çalışma sırasında ekipmanın uygun kullanımı gerekmektedir.	Uygun çalışma kurallarının uygulanışları göz ile kontrol edilmelidir.
9	Hata No 41	Kaynaklı birleştirmelerde hata genel sistemi etkilemektedir. Olması halinde kesinlikle yama yapılmamalı, boru hatları yeniden çekilmelidir.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
10	Hata No 45	Kılıf içinde ek yerinin olması, tespitte zorluk ve müdahale yapılamayacağından ek yeri müdahale yapılabilecek ve uygun imalat alanında bırakılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
11	Hata No 58	Müdahale edecek kişi kendi emniyetini, ekipmanlarının sağlamlığını ve işin uygulama alanının çevre güvenliğini ve kuralları uygulamada dikkat etmelidir.	İSG çalışma koşullarını yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.
12	Hata No 80	Yapılacak hatlara yakın yanıcı maddeler var ise kolay tutuşmayan ve yanmayan bir malzeme ile kaplanmalı ve uygun mesafede yapılmalıdır.	Göz ile kontrol yapılmalıdır.
13	Hata No 69	Doğalgazlı cihaz bacalarının baca ağzı, çatı mahyasının altında kalmamalı ve stveartlara uygun yapılması zehirli gaz solunumu yapılmaması için dikkat edilmelidir.	Proje üzerinden ve yerinde göz ile kontrol yapılmalıdır.
14	Hata No 65	İmalat sırasında disiplinsiz hareketler, talimatlara aykırı davranma, kişisel koruyucu malzeme kullanmama, gereksiz acelecilik, acemilik, dikkatsizlik, tedbirsizlik gibi hareketlerden kaçınılmalıdır.	Uygun çalışma kurallarının uygulanışları göz ile kontrol edilmelidir.
15	Hata No 54	Tüm elektrik tesisatının beslemesini kesecek şekilde binada stveartlara uygun bir yere ana kesme şalteri konulmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.
16	Hata No 47	Her sayaç girişine kesme vanası monte Edilmelidir.	Proje üzerinden ve göz ile kontrol yapılmalıdır.
17	Hata No 55	Kazan dairesi içerisinde kullanılan panolar ve aydınlatmalar patlamaya ve kıvılcıma dayanıklı ve su geçirmez olmalıdır.	İlgili kurumun ilgili şartnamesindeki yöntemler geçerlidir.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler:

Ad Soyadı İsrail CEYLAN

### Eğitim:

Üniversite (Yüksek Lisans) İbn Haldun Üniversitesi - (Örgün Öğretim) Lisansüstü  
2018-Halen Eğitim Enstitüsü -İşletme Tezli Yüksek Lisans Programı  
Üniversite (Lisans) Sakarya Üniversitesi - (Örgün Öğretim) Mühendislik  
Fakültesi, Makine Mühendisliği-2013-2016  
Üniversite (Lisans) Anadolu Üniversitesi - (Açık Öğretim) İşletme  
Fakültesi, İşletme-2010-2014  
Üniversite (Ön Lisans) Yıldız Teknik Üniversitesi, (Örgün Öğretim) Yıldız  
Meslek Yüksek Okulu – Makine-2007-2009  
Lise Kartal Şeht. Öğrt. Hüseyin Ağırman TEKNİK LİSESİ –  
Makine-2003-2007

### İş Deneyimleri:

F1 – Kasımpaşa Ek Hizmet Binası/Beyoğlu  
Yapı İşleri Müdürlüğü, (Mayıs 2017-Halen)  
Daikın A.Ş. – Genel Merkez/Kozyatağı –Lisans Stajı  
Strateji Müdürlüğü, (Temmuz 2015-Ağustos 2015)  
İbs Isıtma Soğutma Havalandırma Taahüt San. Ve Tic. A.Ş. – Yukarı  
Dudullu/Ümraniye  
Ar-Ge Sorumlusu/Tasarım Teknikeri, (Eylül 2010-Mayıs 2013)  
Alarko Carrier Şirketler Topluluğu – Gebze/Kocaeli  
Bakım-Onarım/Yardımcı İşletmeler Teknikeri, (Aralık 2009-Mart 2010)  
Ototrim Otomotiv San. Ve Tic. Ltd. Şti.– Gebze/Kocaeli  
İmalat/Boru Büküm Operatörü, (Ekim 2009-Aralık 2009)