

**KÖMÜRDEN METANOL ÜRETİLECEK BİR PİLOT  
TESİSİN TASARIM SÜREÇLERİ İLE UYUMLANMIŞ BİR  
TEKNİK RİSK YÖNETİM YÖNTEMİ**

**A TECHNICAL RISK MANAGEMENT METHODOLOGY  
HARMONIZED WITH DESIGN PHASES OF A COAL-TO-  
METHANOL PILOT PLANT**

**EKİN KAYA**

**PROF. DR. TÜLAY DURUSOY**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü  
BÜTÜNLEŞİK DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2022

## ÖZET

# KÖMÜRDEN METANOL ÜRETİLECEK BİR PİLOT TESİSİN TASARIM SÜREÇLERİ İLE UYUMLANMIŞ BİR TEKNİK RİSK YÖNETİM YÖNTEMİ

**Ekin KAYA**

**Bütünleşik Doktora, Kimya Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay DURUSOY**

**Ocak 2022, 178 sayfa**

Bu çalışmada, kömürden gazlaştırma yöntemiyle üretilen sentez gazından metanol üretmeyi hedefleyen bir pilot tesis projesinin tasarım süreçlerinde kullanılacak bir teknik risk yönetim yöntemi geliştirilmiştir.

Kimyasal tesislerin tasarım süreçleri endüstriyel uygulamalarda genellikle kapı-geçiş yaklaşımıyla bölünmüş birden fazla proje aşamasını içerir. Su akışı şeklinde ilerleyen ve her biri önceki aşamadaki tasarımı olgunlaştırma hedefi taşıyan bu tasarım aşamaları literatürde genel olarak dörde ayrılır; ÖTG-1, ÖTG-2, ÖTG-3 ve detay tasarım aşamaları olarak sınıflandırılabilir. Bu aşamaların herbirinde farklı amaçlar doğrultusunda risk yönetim aktiviteleri yürütülür. Bu durum, her bir aşamada önem kazanan risk faktörlerini, bu risk faktörlerini yönetmek için kullanılacak yöntemleri, zamanlamasını ve uygulamanın detay düzeyini büyük ölçüde değiştirir. Ayrıca, herbir projenin kendine has karakteristikleri, kapsamı ve değişen tasarım aktiviteleri de risk yönetim aktivitelerinin proje yaşam çevrimine uyumlanmasını gerektirir. Kimyasal tesis tasarım süreçlerinde bu uyumlama çalışmaları genellikle endüstriyel tecrübeler ile yürütülür ve tanımlı bir yöntemi esas almaz.

Risk yönetim aktivitelerini proje yaşam çevrimi ile uyumlaştırmak için bu çalışmada PMI (Project Management Institute) risk yönetim felsefesini temel alarak geliştirilen bir planlama yöntemi sunulmuştur. Bir projeyi ve ilgili tasarım süreçlerini karakterize etmek için gerekli olan adımlar tanımlandıktan sonra, risk kategorileri ve ilgili riskler proje aşamaları ile ilişkilendirilmiştir. Çalışma kapsamında, teknolojik hazıroluşluk, kendiliğinden güvenlik, inşa edilebilirlik, proses güvenliği ve diğer çeşitli proje teknik risk kategorilerini de kapsayacak şekilde bütüncül bir risk yönetim stratejisi benimsenmiştir.

Geliştirilen yöntem, TÜBİTAK tarafından tasarlanan bir metanol üretim pilot tesis projesinde örneklenmiştir. Bu amaçla, proje süreçleri karakterize edilmiş ve risk yönetim aktiviteleri ilgili tasarım aşamalarına adreslendikten sonra örnek risk değerlendirme çalışmaları yürütülmüştür. Önemli görülen riskler bir risk yazmacı ile sunulmuştur.

İlerleyen süreçlerde bu çalışma ile belirlenen risklerin, methanol üretim teknolojileri için yürütülecek benzer projelere dair planlama çalışmalarında ve ticarileşme süreçlerine dair tartışmalarda yol gösterici olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, geliştirilen yöntemin TÜBİTAK tarafından ileride, pilot tesis projelerinin teknik risk yönetim aktivitelerinde kılavuz olarak kullanılması da hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Metanol, Pilot tesis, Teknik risk yönetimi, PMI, Ön tasarım geliştirme

## **ABSTRACT**

# **A TECHNICAL RISK MANAGEMENT METHODOLOGY HARMONIZED WITH DESIGN PHASES OF A COAL-TO- METHANOL PILOT PLANT**

**Ekin KAYA**

**Combined Master and PhD, Department of Chemical Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Tülay DURUSOY**

**January 2022, 178 pages**

In this study, a technical risk management methodology is developed which can be used in design processes of a pilot plant project aiming to produce methanol from coal gasification synthesis gas.

Chemical plant design processes often involve more than one project phase that are divided by gate-pass approach. These phases follow a waterfall trajectory through which each step is aimed to develop the previous step further. In the literature, these steps are often divided into four and classified as FEL 1, FEL 2, FEL 3 and detailed design for which risk management activities are done for different purposes. Accordingly, among these phases, the governing risk factors, methodologies to manage these risks factors, timing for relevant activities and the level of detail for application significantly differs. In addition, the specific characteristics of each project, the scope and potentially differing design activities necessitate harmonization of risk management activities with project lifecycle. In chemical plant design processes, these harmonization efforts often performed heuristically and do not follow a systematic approach. PMI (Project Management Institute)'s risk management philosophy sets the ground for developing a planning methodology used for harmonization of risk management activities

with project lifecycle in this study. After the definition of each step being used for characterization of the project and relevant design phases, risk categories and activities are addressed to the project life cycle. Within the scope of this study, a holistic risk management strategy is followed to involve risks under the categories of technological readiness, inherent safety, constructability, process safety and other several project technical risk categories.

A case study for the developed methodology is done in a methanol production pilot plant project designed by TUBİTAK. For this purpose, once after the project phases are characterized and risk management activities are addressed to relevant design phases, risk assessment studies are done. Major risks are presented under a risk register.

It is anticipated that the risks identified within this study will advice in risk planning studies of further projects for methanol production technologies and in discussions of commercialization. Additionally, it is particularly aimed to propose this methodology as a guideline to TUBİTAK for technical risk management activities of further pilot plants.

**Anahtar Kelimeler:** Methanol, Pilot plant, Technical risk management, PMI, Front-end loading

## TEŞEKKÜR

Disiplinerarası bu tezi yazabilmek için geçirdiğim uzun yolculukta, sabırla çalışmalarımı takip ederek çok çeşitli alanlara vakit ayırmama mücadele eden ve yol gösteren tez danışmanım, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Tülay Durusoy'a,

Risk mühendisliğinin çok farklı uygulama alanlarını ve tekniklerini tanıma fırsatı bulduğum Liverpool Üniversitesi Risk ve Belirsizlik Enstitüsü'ne beni davet ederek araştırma görevlisi olarak çalışma imkanı sağlayan dönemin Enstitü Müdürü Sayın Prof. Dr. Michael Beer'a,

Tezin ortaya koyduğu yöntem ve argümanlar ile kendi projelerinin ihtiyaçlarını bağdaştırarak, geliştirilen yönteme bir uygulama alanı yaratan, TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü bünyesinde ortak bir risk değerlendirme grubu oluşturarak bu süreçte çok değerli tavsiyelerle tezin şekillenmesine katkıda bulunan Sayın Dr. Aykut Argönül ve Sayın Orçun Er'e ve onların nezdinde TÜBİTAK MAM'a,

MAM ile yürütülen örnek çalışma için gerekli yazılımları sağlayan, şirketin bu alandaki deneyimlerini sonuna kadar kullanmam için ortam hazırlayan ve moral desteği sağlayan değerli hocam Dr. Zeynep Yöntem'e ve onun nezdinde bir dönem çalışmaktan gurur duyduğum Ekodenge Mühendislik, Mimarlık ve Danışmanlık A.Ş.'ye,

Son olarak, bu tezin olgunlaşması, endüstriyel uygulama alanı bulması ve uluslararası bir tasarım kültüründen beslenmesine vesile olan yöneticilerime ve onların nezdinde tüm TEKFEN Mühendislik ailesine,

Teşekkürlerimi sunarım.

Ekin Kaya

Şubat 2022, Ankara

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. PROBLEM TANIMI .....	5
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	7
4. YÖNTEM .....	11
5. KİMYASAL TESİS TASARIM AŞAMALARI İÇİN RİSK YÖNETİMİ PLANLAMASI.....	12
5.1 Amaçlar ve Planlama Kurgusu .....	12
5.2 Proje Karakterizasyonu.....	14
5.2.1 Kapsam Değerlendirmesi .....	14
5.2.2 Sistem Karakterizasyonu.....	15
5.2.3 Tasarım Yönteminin Belirlenmesi .....	18
5.2.4 Tipik Proje Aşamalarının Tanımlanması .....	19
5.2.5 Sözleşme Yapıları .....	28
5.2.6 Proje Performans Hedefleri .....	32
5.2.7 Proje Durum-İlerleme Raporları .....	32
5.3 Kaynak Planlama .....	33
5.4 Risk Kategorilerinin Belirlenmesi .....	33
5.4.1 Risk Kırılım Şeması (RKŞ) Kavramı.....	33
5.4.2 Risk Kırılım Şemasının Oluşturulması .....	38
5.5 Teknik Risk Yönetimi Aktivitelerinin Proje Yaşam Çevrimi ile İlişkilendirilmesi 43	
5.5.1 ÖTG 1 (Fizibilite).....	55
5.5.2 ÖTG 2 (Seçim) .....	57

5.5.3	ÖTG 3 (Tanımlama) .....	68
5.5.4	Detay Tasarım.....	84
5.6	Ölçüt, Sınır ve Karşılaştırma Profillerinin Belirlenmesi.....	99
5.7	İletişim Planı .....	101
5.8	Görev ve Sorumlulukların Tayini .....	101
5.9	Raporlama Biçiminin Belirlenmesi.....	102
6.	ÖRNEK ÇALIŞMA .....	106
6.1	Örnek Proje Hakkında Özet Bilgi .....	106
6.2	Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Tasarım Süreci Teknik Risk Değerlendirme Çalışması Planı.....	106
6.2.1	Proje Karakterizasyonu.....	106
6.2.2	Kaynak Planlama .....	121
6.2.3	Risk Kategorilerinin Belirlenmesi .....	122
6.2.4	Teknik Risk Yönetimi Aktivitelerinin Proje Yaşam Çevrimine İlişkilendirilmesi.....	134
6.2.5	Ölçüt, Sınır ve Karşılaştırma Profillerinin Belirlenmesi .....	142
6.2.6	İletişim Planı .....	143
6.2.7	Görev ve Sorumlulukların Tayini .....	143
6.2.8	Raporlama Biçiminin Belirlenmesi .....	145
6.3	Risk Değerlendirmesi.....	146
6.3.1	ÖTG 1 .....	146
6.3.2	ÖTG 2 .....	148
6.3.3	Proses Yönelik Detay Tasarım (ÖTG 3 – A).....	150
6.3.4	İmalata Yönelik Detay Tasarım (ÖTG 3 – B) .....	151
6.4	Durum Değerlendirme .....	152
7.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	156
	KAYNAKLAR .....	159
	EKLER.....	163
	EK 1: PMBOK (6. Baskı) Uyarınca Risk Yönetim Çerçevesi .....	164
	EK 2. Tipik Bir Risk Yazmacı İçeriği .....	165
	EK 3: ÖTG Çıktıları ve Sorumluluklar.....	166
	EK 4: ÖTG 2 İş Akışı ve Sorumluluklar .....	167
	EK 5: ÖTG 3 İş Akışı ve Sorumluluklar .....	168



EK 6: HAZID Çalışma Sayfası Örneği .....	169
EK 7: ÖTG 2 ve ÖTG 3 Aşamalarında Netleşmediği için Maliyet Belirsizliği Yaratabilecek Bazı Temel Tasarım Güvenliği Unsurları .....	170
EK 8: Güvenlik Açısından Kritik Ekipman Listesi Örneği.....	172
EK 9: Etki Değerlendirme Skalası Örneği .....	174
EK 10: Skorlama Esasına Dayalı Bir Risk Matrisi Örneği .....	175
EK 11: Kimya Endüstrisi Proses Tehlike Analizi Çalışmaları Esnasında Kullanılan Bir Risk Matrisi Örneği .....	176
EK 12: Tez Çalışması Orjinallik Raporu .....	177
ÖZGEÇMİŞ .....	178

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1- Ön Tasarım Geliştirme Aşamaları için Farklı Örnekler [16], [17] .....	21
Çizelge 2-ÖTG aşamalarının temel karakteristikleri ( [17], [19], [20], [12].....	23
Çizelge 3-En Çok Karşılaşılan Sözleşme Biçimleri .....	29
Çizelge 4-Proje Erken Aşamaları için Genelleştirilmiş Bir RKŞ .....	35
Çizelge 5 -Proje Aşaması ve Faaliyetleri ile Risk Yönetim Faaliyetleri Arasındaki İlişkiye Bir Örnek [27].....	44
Çizelge 6-Proses Tehlike Analizi (HAZOP) Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	71
Çizelge 7- SIL Hedef Belirleme (LOPA) Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	72
Çizelge 8 - Konsept Güvenlik Gereksinimleri Tanımlama Dökümanı (GGT) Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	73
Çizelge 9- Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 1 Kılavuz Bilgi Çizelgesi .....	74
Çizelge 10 – Alarm Yönetim Felsefe Dökümanı Kılavuz Bilgi Çizelgesi .....	75
Çizelge 11- Yangın ve Gaz Algılama Sistemi Felsefe Dökümanı Kılavuz Bilgi Çizelgesi .	76
Çizelge 12 – Yangın ve Gaz Detektör Yerleşimi Kılavuz Bilgi Çizelgesi .....	77
Çizelge 13 – Yangın ve Gaz Neden-Etki Matrisi Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	78
Çizelge 14 – Yangın, Patlama, Toksik Yayılım Modelleme Çalışması Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	79
Çizelge 15 – Sayısal Risk Değerlendirme Raporu Kılavuz Bilgi Çizelgesi .....	80
Çizelge 16 – Patlayıcı Ortam Sınıflandırma Çalışması Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	81
Çizelge 17 – Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirme Çalışması-1 Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	82
Çizelge 18 – Devreye-Alma Öncesi Güvenlik Gözden Geçirmesi Kılavuz Bilgi Çizelgesi	88
Çizelge 19 – Alarm Rasyonalizasyonu Kılavuz Bilgi Çizelgesi .....	89
Çizelge 20 – SIL Doğrulama Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	90
Çizelge 21 - Detay Güvenlik Gereksinimleri Tanımlama Dökümanı Kılavuz Bilgi Çizelgesi .....	91
Çizelge 22 – Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 2 Kılavuz Bilgi Çizelgesi .....	92
Çizelge 23 – Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirme Raporu 2 Kılavuz Bilgi Çizelgesi .....	93
Çizelge 24 – Güvenlik Dökümantasyonu Dosyası Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	94
Çizelge 25 – Güvenlik Son Gözden Geçirme Raporu Kılavuz Bilgi Çizelgesi.....	95

Çizelge 26 – Yangın Tehlikesi Olan Ekipmanların Tespiti ve Yangın Zarfı Belirleme Çalışması .....	96
Çizelge 27 – Yangın Açısından Telikeli Alanların Çizimi .....	97
Çizelge 28 – Yangına Dayanımlı Tasarlanması Gereken Yapı ve Ekipman Listesi.....	98
Çizelge 29 – Örnek Bir Detay Tasarım Projesine Ait Proje Çıktıları ve Risk Değerlendirme Raporları.....	103
Çizelge 30 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Tasarım Süreçleri Karakterizasyonu.....	114
Çizelge 31 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Teknik Risk Değerlendirme Çalışması Risk Kırılım Şeması .....	132
Çizelge 32 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Risk Yönetimi Çalışması Çıktı Döküman Listesi .....	145
Çizelge 33 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Projesi Risk Yazmacı .....	153

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1-Teknik Risk Yönetimi için Planlama Çerçevesi.....	13
Şekil 2-Su Akışı Şeklinde Bir Projenin Tipik Yaşam Çevrimi.....	31
Şekil 3- Bir Tehlike Analizi Balık Kılçığı Şematiği (Kötü bir RKŞ Örneği).....	37
Şekil 4- Risk Yönetim Aktivitelerinin Kimyasal Tesis Tasarım Aşamalarına Adreslemesi	54
Şekil 5 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Tasarım Süreci Soğan Modeli .....	112
Şekil 6 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Proje Aşamaları.....	116
Şekil 7 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 1 Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri .....	135
Şekil 8 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 2 Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri .....	137
Şekil 9 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 3A Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri-Kısım 1 .....	139
Şekil 10 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 3A Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri-Kısım 2 .....	139
Şekil 11 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 3B Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri .....	141
Şekil 12 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Proje Organizasyon Şeması .....	144
Şekil 13 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 1 Aşaması Teknolojik Ön Değerlendirme Şeması.....	147

## KISALTMALAR DİZİNİ

*Not: Kısaltmalardaki İngilizce terminoloji hem yabancı hem de yerli endüstride ortak ve yaygın olarak kullanılan kısaltmaları takip edebilmek için bilgilendirme amaçlı sunulmuştur. Bu kısaltmalar çoğunlukla tezin yöntem önermesinin çatısını oluşturmamaktadır ve kaynakçadaki genel kullanımları esnasında takip edilen isimlendirmeler okuyucu ile paylaşılmıştır. Tezin endüstride kullanımı konusunda kavram kargaşası yaratmayacak ifadeler için ve yöntem önermesinin ana çatısını oluşturan kavramlar için ise Türkçe kısaltmalar önerilmiş, tez ana metni içerisinde kullanılmıştır.*

AD2: Advancement Degree of Difficulty (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

ALARP: As Low As Reasonably Practicable

ATEX: Atmosphere Explosive (Patlayıcı Ortam)

AR-GE : Araştırma-Geliştirme

BAŞ: Blok Akış Şeması

BİF: Request For Information

BT: Basınç Tranmitteri

CCPS: Center for Chemical Process Safety

CII : Construction Industry Institute

CEI: Chemical Exposure Index (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

DOW F&EI: DOW Fire and Explosion Index (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

FEL: Front End Loading

FEED: Front End Engineering Design

GA: Genetic Algorithm (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

GGT: Güvenlik Gereksinimleri Tanımlama

GLİ: Garp Linyitleri (TKİ'ye Bağlı Kurum)

HAZID: Hazard Identification Study (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

HAZOP: Hazards and Operability Analysis (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

IFA: Issued for Approval

IFC: Issued for Construction

IFCwth: Issued for Construction with Hold

IFR: Issued for Review

IRL: Integration Readiness Level (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

İSG: İş, İşçi Sağlığı ve Güvenliği

İMA: İnsan Makine Arayüzü

LOPA: Layers of Protection Analysis (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

MAM KTE : Marmara Araştırma Merkezi Kimyasal Teknolojiler Enstitüsü

MEA: Mono Ethyl Amin çözeltisi

MINLP: Mixed Integer Non-Linear Programming (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

MTİ : Mühendislik Tedarik İnşaa

MR: Material Requisition

MRL: Manufacturing Readiness Level (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

ORL: Operational Readiness Level (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

ÖTG: Ön Tasarım Geliştirme

PDRI: Project Definition Rating Index

PMI: Project Management Institute

P&ID: Piping and Instrumentation Diagram

PAŞ: Proses Akış Şeması

PSV: Pressure Safety Valve (Basınç Güvenlik Vanası)

RD3: Research and Development Degree of Difficulty (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

RKŞ: Risk Kırılım Şeması

SA: Simulated Annealing (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

SGDR : Su Gaz Dönüşüm Reaktörü

SIF: Safety Instrumented Function (Güvenlik Enstrümanlı Fonksiyon)

SIL: Safety Integrity Level (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

SIS: Safety Instrumented Sytem (Güvenlik Enstrümanlı Sistem)

SRL: System Readiness Level (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

TBE: Technical Bid Evaluation

TKİ : Türkiye Kömür İşletmeleri

TRL: Technological Readiness Assessment (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

TPRI: Technology Performance Risk Index (Metoda özgü yaygın kısaltmadır)

TRIZ: Özel isimdir ('theory of inventive problem solving' olarak da bilinir)

TUBİTAK MAM EE: TUBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü

YÇA: Yaşam Çevrimi Analizi

YGS: Yangın ve Gaz Algılama Sistemi

# 1. GİRİŞ

Bu tez, kömür gazlaştırma yöntemiyle üretilen sentez gazından metanol üretmeyi hedefleyen bir pilot tesis projesinin, tasarım aşamalarında yürütülmesi gereken teknik risk yönetimi çalışmalarını proje yaşam çevrimi ile uyandırmak için bir yöntem geliştirmek için yazılmıştır.

Tezin İkinci Bölümü'nde tez çalışmasının gerekçelendirildiği problem tanımı bölümüne yer verilecektir. Üçüncü Bölüm'de sunulan literatür araştırmasını takiben, teknik risk yönetim aktivitelerini proje yaşam çevrimine adreslemek, ilgili aktiviteleri yürütmek için gerekli ilişkileri tanımlamak ve tüm süreci detaylı planlamak için oluşturulan ve tezin yöntem tanımı bölümü olarak da kabul edilebilecek Beşinci Bölüm yer almaktadır. Altıncı Bölüm'de TÜBİTAK tarafından tasarlanan pilot tesis özelinde geliştirilen yöntemin uygulaması örneklenecektir. Bu örnekleme çalışması, tez yazarının ilgili projeye dahil olduğu zaman diliminde ortaklaşa yürütülen risk yönetim aktivitelerini planlama ve icra çalışmaları içermektedir. Ayrıca, tasarım ekibinin erken aşamalarda ayrı olarak yürüttüğü risk yönetim aktiviteleri de hem geliştirilen yöntemin erken aşamalarındaki uygulama usullerini örneklemek hem de projenin tüm sürecine dair bir teknik risk değerlendirme raporu elde etmek için çalışmaya dahil edilmiştir.

Son olarak, pilot tesis risk yönetimi çalışmaları esnasında tespit edilen riskler ve tezin genel değerlendirmesini içeren bir sonuç bölümü sırasıyla sunulacaktır.

Tez süresince sıklıkla risk, teknik risk, risk yönetimi, risk değerlendirme, risk analizi, risk yazmacı kavramları kullanılacaktır. Bu nedenle, herhangi bir olası kavram karışıklığını önlemek için Giriş Bölümü'nde terminolojik bir açıklama gerekli görülmüştür.

Risk, Latince kökenli risicare (cüret etmek) kelimesinden türemiştir. Bu açıdan bakıldığında kader ile ilgili olmaktan çok bir tercihi ifade eder [1]. Literatürde bu kavram çeşitli şekillerde tanımlanabilmektedir. Smith [1], çalışmasında aşağıdaki tanımlara yer vermiştir:

*"Ansel ve ark. (1992)'a göre risk, bir sonucun ortaya çıkma şansının, büyüklüğünün ya da her ikisinin birleşimidir"*

*"Lowrance (1976)'a göre risk, kötü sonuçların ortaya çıkmasının ve şiddetinin bir ölçütüdür."*



*"BS 6079 (British Standards Institution, 1996)'a göre risk, planlardaki belirsizliktir ve proje ya da işin amaçlarına ulaşmasını etkileme olasılığıdır. "*

Modarres'e [2] göre, risk doğal veya insan kaynaklı aktivitelere bağlı olarak ortaya çıkan potansiyel kayıpların bir ölçütüdür. Mühendislik bilimi için özel olarak, tehlikeye maruz kalanla ilişkilidir ve tehlikenin ortaya çıkma olasılığı ile sonucunun birleşimi şeklinde ifade edilebilir. Modarres, tehlike ve risk kavramlarının ayrı olduğunu ve tehlikenin olasılık ve şiddet ile ifade edilmediğini vurgulamıştır.

Risk kavramının tanımıyla ilgili bu örnekleri çoğaltmak mümkündür. Bu çalışmada ise, risk kavramı standartlaşmış bir kılavuz temel alınarak, PMI (Project Management Institute) tarafından yayınlanan PMBOK® (Project Management Body of Knowledge) Kılavuzu'ndaki haliyle kullanılacaktır; risk, eğer ortaya çıkarsa en az bir proje hedefi üzerinde etkisi olabilecek olay ya da durumdur. Proje hedefleri, kapsam, maliyet, zaman ya da kalite ile ilgili olabilir [3]. Risk tanımı için tercih edilen ifade, ileri aşamalarda kullanılacak metodların seçimini ve risk yönetim çerçevesini şekillendirir.

Riskin bir ya da birden çok sebebi ve sonucu olabilir. Sebepler, bir gereklilik, bir varsayım, bir sınırlayıcı veya negatif ya da pozitif sonuçlar doğurabilecek bir durumdan kaynaklanabilir. Her ne kadar endüstride yaygın olarak risk kavramı negatif durumları ifade etse de PMI [3], pozitif ve negatif risk kavramlarını özellikle kullanmaktadır.

Kavramsal olarak proje riski her zaman gelecekte gerçekleşecek olaylar ile ilgilidir [3]. Bu çok önemli bir kavramsal ayrıntıdır. Eğer bir etki hali hazırda ortaya çıktıysa ya da çıkacağı kesinse bu bir proje olgusudur, risk değildir. Bir diğer deyişle; eğer bir olayın ortaya çıkma olasılığı % 0 ise risk yoktur. Eğer, bir olayın ortaya çıkma olasılığı % 100 ise bu bir olgudur, risk değildir [4]. Bu açıdan bakıldığında bir kontrol listesi, 'gereklilikler matrisi (literatürde yaygın adıyla requirements matrix)', 'izlenebilirlik çizelgesi (literatürde yaygın adıyla traceability table)', CII (Construction Industry Institute)'nin PDRI (Project Definition Rating Index) gibi tasarım gözden geçirme yöntemleri esnasında yaygın olarak adına risk denilen çoğu olay ve durumun olgu olduğu söylenebilir.

Özel olarak, teknik risk için bu çalışmada yeni bir tanımlama yapılmayacaktır. Risk için yukarıda PMI tarafından yapılmış olan tanımlama kullanılacaktır.

Risk yönetimi kavramı, CCPS (Center for Chemical Process Safety) [5] tarafından , yine Enstitü'nün bir diğer yayını olan 'Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis' uyarınca [6] bu tezde izlenen genel yaklaşımla da uyumlu olacak şekilde aşağıdaki şekilde tanımlamıştır:

*'Proses risk yönetimi, prosese ait tehlikeleri azaltmak, etkilerini ve ortaya çıkma olasılıklarını düşürmek amacıyla, stratejileri, teknikleri, prosedürleri, politikaları ve sistemleri bütünsel olarak yönetme çabasıdır'.*

PMI [3] ise risk yönetimi kavramını benzer bir yaklaşımla kullanmakla beraber kapsam çok ilgili çekici bir vurgu yapmıştır:

*'Proje risk yönetimi diğer proje yönetim prosesleri tarafından adreslenmeyen riskleri tespit edip yönetmeyi amaçlar'.*

Bununla birlikte PMI [3], CCPS'in yaklaşımına benzer olarak risk değerlendirme ifadesini yönetsel bir kavram olarak kullanmamaktadır. Bu tezde de herhangi bir süreci ifade etmekten ziyade bir riskin nedenleri ile sonuçlarını tespit etme ve nasıl yönetilebileceğini yorumlama gibi süreçleri kapsayan genel bir kavram olarak zaman zaman kullanılacaktır. PMI [3] uyarınca risk yönetimi, yöntem olarak planlama, tespit, analiz, aksiyonların planlanması ve uygulanması ile aksiyonların izlenmesi aşamalarını kapsar.

Risk Yönetimi için literatürde çeşitli çerçeveler önerilmiştir. Bu çerçeveler genel olarak [3], bilişim sistemleri için [7] ya da savunma sanayi projeleri için [8] önerilmiş olabilir. Bu çalışmada geliştirilen teknik risk yönetimi çerçevesi, bir kimyasal tesis projesinin tasarım aşamasında yürütülecek risk yönetim aktivitelerini proje yaşam çevrimi ile uyumlaştırmayı amaçladığı için, endüstride yaygın kabul görmüş bir proje yönetim algoritması sunan PMI PMBOK Kılavuzu'nun Risk Yönetim Bilgi Paketini ana şablon olarak kullanmıştır. EK 1'de bu kılavuza ait tipik yapı görülebilir.

Risk Analizi kavramının tanımı için de PMI [3] ve CCPS [5]'in yaklaşımları benzerdir. Literatürde de bu konuda herhangi bir karışıklık olduğu söylenemez. Tespit edilen riskin ortaya çıkma frekansı ve sonuçlarının etkilerini sayısal veya sayısal olmayan yöntemlerle

(değerlendirme matrisleri, fiziksel modeller, istatistiksel modeller vs.) tahmin etmek için yürütülen çalışmaları ifade etmek için risk analizi kavramı kullanılmaktadır.

Risk yazmacı, bir proje için tespit edilen tüm risklerin üzerine yazıldığı bir dökümandır. Risk yazmacında her risk kategorilere ayrılmış olarak, ortaya çıkma olasılığı, etkisi, azaltım / bertaraf önerileri, sorumluları ve son haldeki durumu ile kaydedilir [9]. EK 2’de tipik bir risk yazmacı içeriği görülebilir.

Her ne kadar bazı riskler, daha az ciddi olarak değerlendirilebilirse de tüm riskler, bir proje ele alınırken dikkate alınmalıdır. Bir projenin çeşitli aşamalarındaki risk yazmaçlarına konu olabilecek risk kategorileri aşağıdaki gibi özetlenebilir [9]:

- Teknik riskler
- Yönetimsel riskler
- Ticari riskler
- Dışsal Riskler

## 2. PROBLEM TANIMI

Kimyasal tesis projeleri günümüzde bazen iyi tanımlanmış proje yönetim çerçeveleri temel alınarak bazen de şirketlere özgü hazırlanan alt proje aşamalarına bölünerek yürütülmektedir. Her durumda, projede geriye dönülmesi zor adımlar atılmadan önce ön tasarım geliştirme (ÖTG) çalışmalarının doğru planlanması ve tasarım aşamasında teknik risklerin doğru yönetilmesi projenin başarı şansını arttıracaktır..

Teknik risk değerlendirme çalışmalarının tipik olarak tasarım süreçlerine aşağıdaki konularda bilgi sağlaması hedeflenir:

- Temin süresi uzun proses elemanlarının tespiti ve alınması gereken önlemler
- Tesis tasarımında güvenli bir yerleşim planı hazırlığı veya seçimi
- Yerel hizmet sağlayıcıların yetkinlik değerlendirmesi
- Yangın, patlama ve toksik yayılım gibi olaylara karşı, tesis koruma katmanlarının etkinliği ve güvenilirliği
- Etkin ve dayanıklı bir mekanik tasarım
- En çok umut vaad eden proses şemalarının seçimi
- Ekipman işlemsellik ve performans hedefleri
- Enstrüman ve kontrol sisteminin risk temelli tasarımı
- Maliyet ve süre için ihtiyati tedbir tespiti ve ayrılması
- Özel teknoloji sağlayıcılarının tespiti
- Özel uzmanlık gerektirecek personelin tespiti
- Kendiliğinden güvenli tasarım stratejileri

Erken tasarım aşamaları, bir kimyasal tesis tasarımı için söz konusu olan çeşitli alternatifler arasından birinin seçildiği ve temel düzeyde proses mühendisliği çalışmalarının yürütüldüğü aşamadır. Bu aşamada alternatiflerin teknik risk düzeyleri göz önünde bulundurularak karşılaştırılması da söz konusu olur. Bu nedenle konsept tasarım aşamasının erken zamanlarından başlayarak riskli karar problemleri ortaya çıkar.

Projenin erken aşamalarında teknik risk değerlendirmesi için tasarımın yeterli ölçüde ilerlememiş olması ve sadece güvenliğin değil diğer pek çok kriterin de tipik olarak kısa bir süreç içerisinde değerlendirilmeye çalışılması erken aşama teknik risk değerlendirmesini zorlaştırmaktadır.

Teknik risk analizi esnasında bir başka güçlük ise projenin farklı aşamalarında kullanılan risk değerlendirme yöntemlerinin, ilgili girdi ve çıktılarının ve oluşturulan bilginin proje yaşam çevrimi ile uyum gösterme zorunluluğudur. Projenin farklı aşamalarında kimyasal tesis tasarımı farklı kriterler açısından ilerletilmektedir ve ilgili aşamada kullanılan risk değerlendirme yönteminin söz konusu kriterler açısından bilgi sağlayabilir olması beklenmektedir.

Proses güvenliği yönetimi için yazılmış çeşitli standartlarda yaşam çevrimi kavramından bahsedilmekle birlikte çoğu zaman bu yaşam çevriminin proje yaşam çevrimi ile nasıl örtüştürüleceğine yer verilmez. Örneğin güvenlik enstrümanlı sistemlerin tasarım, işletme ve bakım-onarım sürecini bağlayan IEC 61511-1 standardı ve alarm sistemleri için izlenen ANSI/ISA 18.2 standardı, ilgili tasarım ögesinin (otomatik durdurma sistemi, alarm) nasıl mükemmelleştirileceğinin yaşam çevrimi kurgusunu anlatırken, proje ve tasarımın diğer öğeleri ile zaman açısından örtüştürmeye çalışmaz. Bu esasen bir tasarım standardı için gerekli de değildir. Bu örtüştürmeyi yapmak risk mühendisinin görevidir ve bu çalışmanın hedeflerinden birisi olmuştur.

Projelerin özellikle erken aşamalarında teknik risk değerlendirme çalışmaları için aşama geçiş süreleri kısıtlı olduğu için, bu kısıtlı süre içerisinde kabul görebilecek bir hassasiyette risk tespiti yapılması beklenmektedir. Ancak, hangi risk kategorisinin projenin hangi aşamasında, hangi detay düzeyinde ele alınabileceği konusu endüstride metodolojik olarak oturmuş bir konu değildir. Literatürde önerilmiş teknik risk değerlendirme çerçeveleri bir kimyasal prosesin tasarım sürecinde söz konusu olan tüm risk faktörlerini yönetebilecek bir yaklaşım sunmamaktadır. Sadece proses tehlike analizi ya da emre amadelik odaklı pek çok risk analiz yönteminden farklı olarak, teknik riskin pek çok boyutunun beraberce ele alındığı ve tasarım seçimlerinin risk bilgisinden doğru aşamalarda beslenebildiği çerçevelere ihtiyaç olduğu görülmektedir.

### 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Teknik risk yönetimi literatürü incelendiğinde karşılaşılan teknik risk değerlendirme yöntemlerinin bu tez kapsamında aşağıdaki şekilde sınıflandırılması uygun görülmüştür:

#### A- Benzerlik Yaklaşımlı Yöntemler (TPRI, TRIZ vs.)

- Özel olarak geliştirilen yaklaşımlar, tipik göstergeler kullanılırlar
- Cihaz bazında inceleme zordur
- Yaygın olarak kabul edilmiş değildir
- Proses endüstrisinde kullanımına rastlanmamıştır
- Risk dağılım şeması özgürce oluşturulamamaktadır
- Güvenlik, inşa-edilebilirlik gibi bazı faktörler göz önüne alınamamaktadır

#### B- Proses Tehlike Analizi Temelli Yöntemler

- Olasılıksal Risk Analizi (Hata Ağacı, Olay Ağacı, Monte Carlo Benzetimi vs.)
  - Tipik olarak teki bir performans hedefine yönelik kullanılırlar; proses güvenliği, emre-amadelik gibi
  - İleri aşamalara dair yöntemlerdir
  - Hem istatistiksel modelleme bilgisi hem de cihaz bazında uzmanlık isterler
  - Sistem geliştirme çalışmaları için uygundur
  - Ekipman düzeyinde tipik ve geçmişe dair tarihsel bilgiyi içeren veri tabanları gerektirirler
  - Görsel olarak sistem hata modlarını ve kök sebep-sonuç ilişkilerini göstermek için kullanılabilirler
  - Risk yönetmek yerine risk analizi için kullanılırlar
- HAZOP, Olursa-Ne-Olur Analizi, HAZID gibi yöntemler:
  - Endüstride karşılaşılan çeşitli proses tehlike analizi yöntemleri [10] ve [11] numaralı kaynaklarda geniş bir şekilde derlenmiştir. Özellikle Tixier ve ark. [10] tarafından yürütülen çalışmada endüstride karşılaşılabilecek 62 farklı yöntemden bahsedilmiştir.
  - Her ne kadar çeşitli gerekçeler ile kimya endüstrisinde çok sayıda risk analizi yöntemi ile karşılaşılsa da bunların arasından en çok kullanılanlarına ve bu tez

kapsamında da değinilen yöntemlere dair bilgi edinmek için CCPS tasarından yayınlanan [5] ve [12] numaralı kılavuzlar incelenebilir. [5] numaralı kaynakça her bir metodun yaşam çevrimindeki yeri, kaynak gereklilikleri, ortaya çıkan sonuç tipi, avantajlar ve dezavantajlar konularına değinirken, [12] numaralı kaynakça ise bu tezde de detaylı inceleme konularından biri olan yaşam çevrimi adreslemelerine daha geniş bir şekilde yer vermektedir.

#### C- Hazıroluşluk Değerlendirmesi (TRL, IRL, SRL, MRL, ORL, RD3, AD2) Temelli Yöntemler

- Risk indikatörü temelli bir yaklaşım içerir
- Seviyeyi belirlemek için sorulacak soruların projeye özel uyarlanması gerekir; çok benzer projelerde aynı ordinal sınıflar, sınıfları atlamak için benzer kriterler ve ilgili sınıfa atanmak için benzer sorular kullanılabilir.
- Benzer projeler üzerinde ancak çok sayıda denenerek, her bir hazıroluşluk (olgunluk) seviyesinin içerdiği risk faktörleri konusunda deneyim kazanılabilir.
- Çoğu zaman bir indikatör diğer indikatörler ile de ifade edilmeye çalışılan hazıroluşluk düzeyine dair bilgi taşır. Bu nedenle beraberce kullanımları tekrara veya yanılısamaya sebep olabilir. Örneğin, TRL (Technological Readiness Level) entegre edilebilirlik, imal edilebilirlik gibi faktörleri de içerebildiği için TRL indikatörü, IRL (Integration Readiness Level) ve MRL (Manufacturing Readiness Level) indikatörleri ile beraber üst perspektiften risk analizinde kullanılmamalıdır. Ya da birbirlerini içermeyecek şekilde sınıf tanımlamaları ve ilgili sorular yeniden düzenlenmelidir. Bir konunun önemini vurgulamak gerekir; bu yöntemler deneyimler üzerine kurulu sınıflandırma yaklaşımı içerdiği için sınıf tanımları ve karşılık geleceği riskler konusunda örnek alınan uygulamalardan çok da farklı yaklaşımlar sergilenmemesi önerilebilir. Örneğin, TRL için kavram ilk ortaya çıktığında NASA tarafından 1-9 arası bir sınıflandırmaya gidilmiştir ve daha sonraki yıllarda bu sınıflara ait tanımlar da büyük ölçüde Amerika Enerji Bakanlığı Projeleri'nde kabul edilmiştir. Uygulama özelinde sınıf tanımlamalarına dair detaylar eklenmekle beraber genel karakteristiklerin bozulmadığı söylenebilir.

#### D- Performans Çıktıları Temelli (Garvey's method- MITRETEK, Borda Matrix) Yöntemler

- Garvey Metodu:

- Sisteme dair eski performans çıktı değerlerini kullanır. Yeni durumda yeni bir sonuç ortaya çıkması söz konusu ile yöntemin riski tespit etkinliği konusunda kuşku duyulmuştur inceleme esnasında.
- Yeni sistem tasarımı için kullanımı zor olur.
- Karmaşık benzetim modelleri gerekir.
- Kendine has bir 'risk' tanımı vardır.
- Yöntem kompanzasyon temelli (çarpım) bir yöntem olduğu için risk faktörlerine ait özel bilgiler çarpım işlemleri sonrasında kaybolmaktadır.
- Hali hazırda yatırımı yapılmış bir sistem gerekli eskiye dair veri kullanımı üzerine kurulu bir metod olduğu için. Bir diğer deyişle, yeni teknoloji, yeni akış şeması değerlendirmeleri için kullanılamayacaktır.
- Sistem integrasyon konusunun da ayrıca önem taşıdığı belirtilmiş ama nasıl ele alınacağına dair bir yöntem sunulmamıştır.
- Kompanzasyon işlemi esnasında, özellikle sistemlerin sistemi başlığında, ağırlıklandırmaların hangi kurallara göre yapılabileceğine dair bilgilendirme sunulmamıştır.

- Borda Matrix:

- Öznel çıkarımlar kullanılır. Projenin aşamalara bölünmesi metodun doğasına çok uygun değildir. PDRI'ye benzer.

#### E- Proje Yönetim Temelli Yöntemler

- PRINCE2

- PMI (Project Management Institute) tarafından kurulan uygulama sistematığı ve yetkinlik sınavlarının İngiltere özelindeki uygulamasıdır.
- Hem PRINCE2 hem de PMI yaklaşımı Dünya'da pek çok projede takip edilmektedir.
- Proje yönetim sürecinin bir parçası olarak riskin de nasıl yönetilmesi gerektiğine dair genel yaklaşımları sunar.



- PMI PMBOK
  - Proje yönetim sürecinin bir parçası olarak riskin de nasıl yönetilmesi gerektiğine dair genel yaklaşımları sunar.
  - Bu kılavuz kitap içeriğinde sunulan risk yönetimi bölümü, uyarlanarak bu çalışmadaki genel çerçeveyi oluşturmuştur

Yapılan literatür çalışması esnasında, karşılaşılan herhangi bir tipte kompleks proses ya da sistem tasarımı projesinde, proje ve sistem karakteristiklerine göre şekillenebilecek, ilgili olabilecek tüm teknik risk başlıklarında incelemeye izin verecek ve de tasarım aktiviteleri ile uyum sağlayabilecek bir teknik risk yönetim çalışmasının nasıl planlanabileceğine dair bir yöntemle karşılaşılmamıştır. Bu çalışmada böyle bir planlama sürecinin nasıl kurgulanması gerektiğine dair bir yöntem arayışı söz konusu olmuştur.

#### 4. YÖNTEM

Yapılan literatür araştırması ve çalışmanın hedefleri göz önünde tutulunca tek bir risk değerlendirme yönteminin veya birkaçının bir arada kullanımının hedeflere ulaşmak için yeterli olmayacağı değerlendirilmiştir. Problem, riskin hangi yöntemle değerlendirmesi gerektiğine karar vermekten ziyade riski yönetme problemidir ve bir projenin tüm tasarım aşamaları boyunca doğru zamanda doğru detay düzeyinde bilgi sağlanması hedeflenmektedir. Bu açıdan bakılınca, kimyasal tesis tasarım süreci ile uyum sağlamak için özelleşmiş bir planlama kurgusunun literatürde gerekli olduğu görülmüştür. Ayrıca, risk yönetim planlama kurgusunun da genel olarak büyük projelerde takip edilen bilindik bir proje yönetim algoritması ile uyum içinde olması hedeflendiği için, PMI PMBOK Proje Yönetim Algoritması ve ilgili kitapta sunulan risk yönetim çerçevesi ana şablon olarak kullanılmıştır [3]. Bu örnek risk yönetim çerçevesi EK 1’de sunulmuştur.

## **5. KİMYASAL TESİS TASARIM AŞAMALARI İÇİN RİSK YÖNETİMİ PLANLAMASI**

Tezin bu bölümünde, geliştirilen yönteme dair detaylar sunulmaktadır. Problem tanımı bölümünde belirtilen konularda bilgi sağlayacak şekilde bir yapı ortaya çıkması hedeflenmiştir çünkü; PMI yaklaşımında esas, proje algoritması ile uyum sağlayabilecek genel bir risk yönetim şablonu önermektir ve bu proje bir savunma sanayi projesi, yol projesi ya da yazılım geliştirme projesi olabilir. Proje sürecinin hangi noktalarında ne detayda risk bilgisi sağlanması gerektiği, hangi risk faktörlerine yer verilmesi gerektiği, tasarım süreci boyunca üretilen tasarım dökümanları ile risk analizi dökümanlarının ilişkisi veya gibi konulara girmeyi hedeflemez. Bu detayda bir risk planı hazırlama, ilgili tasarım sürecini tanımayı gerektirir ki tezin özgünlüğünü ortaya çıkaran konulardan biri de 5. Bölüm'de bu harmonizasyonun gerçekleştirilmiş olmasıdır.

TUBİTAK Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi özelinde, geliştirilen bu planlama yöntemi tüm başlıkları ile detaylı uygulanacak ve planlama sonrasında risk yönetimi adımlarının nasıl yürütülebileceğine dair örnekleme yapılacaktır.

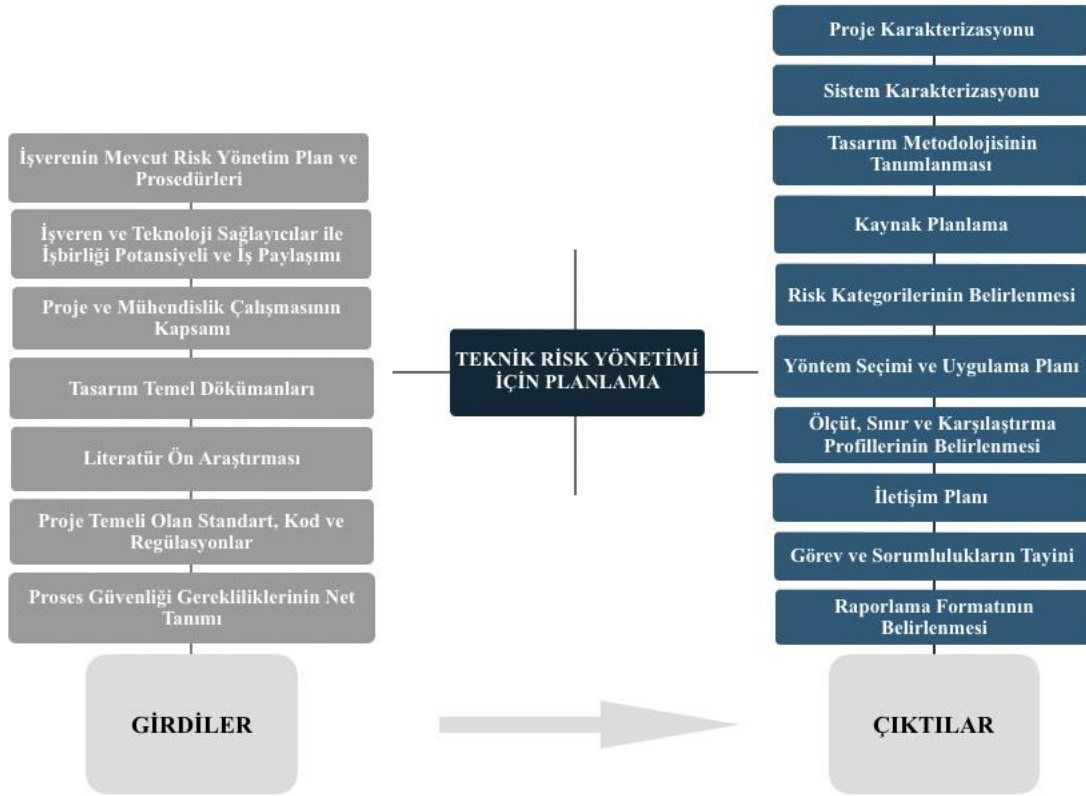
### **5.1 Amaçlar ve Planlama Kurgusu**

Teknik risk değerlendirme süreci öncesi kapsamlı bir planlama aşamasına aşağıdaki gerekçeler nedeniyle ihtiyaç duyulur:

- Tasarım sürecinin hangi aşamalarında hangi amaçla ve hangi tekniklerle teknik riskin yönetileceğinin belirlenmesi, bu amaçla tasarım çıktıları ile risk mühendisliği aktiviteleri arasında ilişki kurulması
- Hangi başlıktaki risk faktörlerini değerlendirilmesi ve yönetilmesi gerektiğinin belirlenmesi
- Risk değerlendirme çalışmasının kapsam ön değerlendirmesi yapılması ve tesisin hangi bölümlerinin ya da projenin hangi aşamalarının risk değerlendirme çalışmasının kapsamında olduğunun belirlenmesi
- Diğer tasarım dökümanları ve proje arayüzleri ile etkileşim kurgusunun hazırlanması
- Proje aşamaları kapı geçiş kriterlerinin incelenmesi ve risk değerlendirme sonuçlarının bu kapılar ile ilişkisinin kurulması

- Sözleşme uyarınca belirlenmiş rol ve sorumluluk matrisleri gereğince risk yönetim faaliyetlerinin doğru adreslenmesi, gerek duyulursa yeni rollerin tanımlanması (sözleşme öncesi risk analizi yapılacak ise sözleşmenin tespit edilen riskler uyarınca oluşturulması)
- Tasarım süreci boyunca tespit edilen tüm risklerin kaydedilmesi, yönetilmesi ve izlenmesi için bir yöntem sunulması

Yukarıda belirtilen amaçlara ulaşabilmek amacıyla geliştirilen planlama çerçevesi, PMI PMBOK genel risk yönetimi yöntemini kimyasal tesis tasarım projelerine uygulayabilmek için uyumlanmış özgün bir planlama yöntemidir. Bu uyumlama tezin ana çıktılarından biri olmakla beraber tezin yazıldığı tarihte benzer bir uygulamaya rastlanmamıştır. Geliştirilen planlama kurgusu Şekil 1’de şematize edilmiştir.



Şekil 1-Teknik Risk Yönetimi için Planlama Çerçevesi

Bir tasarım ekibi için her proje özelinde yukarıdaki Şekli 1’de bir planlama kurgusu ile hareket edebilmek ve risk analizi sonuçlarının tasarımı iyileştirmek amacıyla kullanıldığını

garanti edebilmek için, özellikle teknik riskin proses güvenliğini ilgilendiren başlıklarında, tasarıma yönelik bir güvenlik yönetim sisteminin varlığı da ayrıca gereklidir. Aksi takdirde, gerekli işgücü planlama aşamasında tanımlanır fakat kişilerin projede görevlendirilmesi aşamasında sorunlar yaşanabilir. Bir başka örnek olarak, proje kapsamında gerekli risk mühendisliği aktiviteleri tanımlanır fakat bu aktiviteleri projenin doğru aşamasında, doğru kişiler ile icra etmek mümkün olmayabilir. Güvenlik yönetim sistemleri planlama aşamasında adreslenen risk analizi çalışmaları için ekibin izleyeceği sistematığı ilgili analiz prosedürleri ile tanımlamakla beraber, bu çalışmalara tanımlanan kaynakların ayrılmasını ve doğru tasarım aşamasında kullanılmasını da garanti eder. Aynı zamanda, risk analizine konu olmayan fakat bir tesisin operasyona geçtiğinde sorunsuz ve güvenli çalışması için zorunlu olan standartlara uyum, değişimin yönetimi, acil durumlar için tesisin tasarımsal hazırlığının sağlanması, operasyonel ihtiyaçlar için tasarımın uygunluğunun sağlanması, teknoloji sağlayıcılar ile ilişkilerin yönetimi, yetkinlik yönetimi, benzer kazalardan ders çıkarmak gibi çeşitli başlıklar için de güvenlik yönetim sistemleri gerekli olur. Güvenilir bir tasarım faaliyeti yürütmek için güvenlik yönetim sistemi gerekli olmakla beraber, tez kapsamında bu konuya girilmeyecektir.

## **5.2 Proje Karakterizasyonu**

Proje karakterizasyonu, mühendislik ekibinin işverenden aldığı projenin kapsamını, tasarım projesini icra etmek için kullanılacak yöntemi ve gereklerini tespit etmek için yapılır. Risk yönetim planı üzerinde en etkin faktördür.

### **5.2.1 Kapsam Değerlendirmesi**

Kapsam değerlendirme çalışması, çıkılan ihale uyarınca proje sorumlusunun üstleneceği proses bölümünün netleştirilmesi, kendisinden beklenen mühendislik çıktılarının listesinin ve detay düzeyinin anlaşılması ve tasarım sürecinin hangi aşamasında hangi sorumlulukları üstlenerek için mühendislik yapılacağına netleştirilmesidir. Bu süreçte diğer paydaşlar ile arayüzler de netleştirilir.

### 5.2.2 Sistem Karakterizasyonu

Teknik risk analizine konu olan sistemin karakterize edilmesi planlamanın ilerleyen aşamaları olan doğru risk analiz metodunun seçilmesi, incelenecek risk faktörlerinin tespiti ve kapsamın detaylı belirlenmesi için gereklidir. Bu kapsamda genel olarak aşağıdaki şekilde inceleme yapılır :

- Sistemin en belirgin performans ölçütleri belirlenir. Örneğin, sık bozulabilecek bir etkiye maruz kalacak bir sistem için ‘bakım-onarım kolaylığı’ önemli bir kriterdir. Farmakolojik bir ürün ortaya çıkarılmak isteniyorsa ‘saflık derecesi’ önemlidir. Dolayısıyla yürütülecek çalışmada bu performans kriterlerini bozucu etki yapabilecek riskler tespit edilmeye çalışılır.

Tasarım kriterlerinin tespiti risk kırılım şemasının belirlenmesi için önemlidir. Sistemin performansı için önemli bir etken olan ama tespit edilmemiş bir kriterle risk analizcisi, girdi ve çıktılarını tasarım sürecinde doğru çalışmalara adresleyemez. Bununla birlikte yine de önemli gördüğü bazı kriterleri risk yönetim sürecine dahil edebilir. Örneğin, inşa edilebilirliğin geleneksel yöntemlerde, bir kolonun absorpsiyon etkinliğini hesaplar gibi tasarım sürecinde sistematik olarak ele alınmadığı söylenebilir fakat bu başlıkta bir değerlendirmeyi risk yönetim çalışmasının uygun bir aşamasında ele almak mümkün ve gerekli olabilir.

- Kritik sistem elemanlarının tespiti yapılmaya çalışılır. Bu süreçte, kimyasal maddelerin tipi ve miktarı, imalatı veya temininin zorluğu, yüksek maliyet, durması veya hasarı durumunda prosesin çok uzun zamanlı üretim kaybı, hassas operasyon ve kalite gereklilikleri, yüksek sıcaklık ve basınç gibi tehlikeli operasyon şartları, ekipmanları olgunluk seviyeleri, kritiklik konusunda eski kaza ve literatür bilgisi gibi faktörler dikkate alınır. Literatürde kritik ekipman tespiti için DOW F&E, Mond Index, ISPESEL yöntemi ve ülkemizde de SEVESO çalışmaları esnasında sıklıkla kullanılan Vade Mecum yöntemlerine rastlanır. Bununla birlikte bu yöntemlerin güvenilirliği, dikkate aldıkları faktörlerin ve dikkate alma düzeylerinin modern risk-bazlı proses güvenliği standartları ile uyumlu olmaması, bazı index metodlarında yer alan subjektif değerlendirmeler ve metodların bazı durumlarda doğruluk düzeylerini yitiriyor oluşları sebepleriyle eleştiriler de söz konusudur. Tasarım ofislerinde

kullanımlarının pek yaygın olmadığı söylenebilir. Tasarım ofisleri farklı yöntemlerle veya farklı detay düzeyinde olabilsede bazen, tehlike içeren tüm ekipmanlara konsantre olmak zorunda kalır. Kritik ekipman belirlemek için index metodlar genellikle operasyon halindeki tesisler için sonradan yapılacak iyileştirme çalışmalarında bütçe ve zaman çok daha kısıtlı olduğu zamanlarda uzmanlar tarafından kullanılır. Bu yöntemlerin kullanımı yasal denetimlerde kabul de görmektedir. Kritik sistem veya ekipman değerlendirmek için özellikle savunma ve havacılık sanayinde çok daha genel kabul görmüş usuller söz konusudur.

- Kritik ekipmanların performans hedefleri (kontrol altında tutulması en önemli olan veya ekipmandan beklenen görevi tanımlayan performans ölçütleri) tespit edilir. Kriter seçimi gerekli görülüyorsa fakat sayısal değeri konusunda tasarım ön dökümanlarında bir değer verilmediyse endüstriyel iyi uygulamalar karşılaştırmalı olarak kullanılabilir. Bu performans hedeflerine örnek olarak, emre-amadelik, saflık derecesi, katalizör zehirlenme konsantrasyonu, korozyon, kirlenme gösterilebilir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli konu, kendisiyle ilgili bir hedef belirlenmemiş kriter, kritik performans ölçütü olarak alınmamalıdır çünkü; hem bu kriter üzerinden ölçülebilir bir risk değerlendirmesi yapılamaz hem de risk analiz sonucunu tasarımı iyileştirmek için kullanan bir usul söz konusu değildir. Ölçüt düzeyi tespit edilmediği için alt yükleniciler özelinde veya tasarım dışı bir proje yönetim ögesi olarak da göz önünde tutulamaz çünkü; ölçülebilir değildir. Risk analizcisi çok belirgin hatalar dışında, tasarımcının görevini üstlenmemelidir. Örneğin; bir ekipmanın gürültü seviyesi sistem tasarımı esnasında üretilen dökümanlar için bir girdi veya çıktı değilse, proje başarısı açısından da bir önem teşkil etmiyorsa, risk analizcisinin konusu olmamalıdır. Ancak bir şekilde ilerleyen süreçte sahada yaşanabilecek gürültü problemlerine karşılık tasarımcı sorumluluk hissettiği için ve bunun saha İSG çalışmalarıyla da kontrol altına alınamayacak bir konu olduğu konusunda tecrübesi varsa kendi sorumluluk politikası gereği bir şekilde bu konuyu yönetmeye çalışabilir. Bunun bir risk konusu olmaktan ziyade olgu konusu olduğu söylenebilir. Ayrıca, kabul görmüş teknoloji sağlayıcılar ve kabul görmüş uygulama pratiklerinin söz konusu olduğu tasarım süreçlerinden ziyade yeni tasarımlar için bu tarz tartışmaların daha anlamlı olacağı söylenebilir.

- Sistemin performansını etkileyebilecek, etkileşimde bulunduğu bir dış çevre olup olmadığı tespit edilir. Sistem sınırları belirlenir. Bu tespit hem sistemi yönelik tespitleri öngörmek hem de sistemden kaynaklanabilecek risklerin çevreye olan etkilerini ve dolayısıyla riskin büyüklüğünü öngörmek için önemlidir.
- Sistem içerisinde benzerlik kurulabilecek ekipmanlar belirlenir. Bu konu özellikle çalışma kapsamı üzerinde çok etkilidir. Benzerlik kurabilmek için kimyasal tesislerde asgari olarak aşağıdaki şartların benzer olduğunu tespit etmek gerekir:
  - Benzer ekipmanlar aynı enstrümantasyona ve enstrümantasyon felsefesine sahip olmalı
  - Ekipman boyutları (etkinin göz önünde tutulabilmesi için) ve mekanik donanımı aynı olmalı
  - Benzer hattan kimyasal alıp benzer hatta kimyasal veriyor olmalı
  - Üretim standartları aynı olmalı
  - Ekipmanların yaşı ve malzemesi aynı olmalı
  - Ekipmanın mevcut koruma katmanları ve tehlikeyi bertaraf etme kurguları aynı olmalı
  - İmalatçı veya dolum/boşaltma yapan firma tarafından verilen uygunluk raporları aynı olmalı
  - Çalışma prosedürleri ve parametreleri aynı olmalı
  - Yükleme ve boşaltma prosedürleri aynı olmalı
  - Acil durum müdahale prosedürleri aynı olmalı
  - Aynı çevre içinde operasyonda olmalı (domino etkileri, yol trafik durumu, tehlikeli alan sınıflandırması, yakın prosesler vb.)
  - Benzer kalite ve özellikte elektrik tesisatı ile işletiliyor olmalı
  - Benzer operasyon parametreleri ile işletiliyor olmalı
- Olgun olmayan tasarımların kullanıldığı projelerde veya iyileştirme projelerinde göz önüne alınan risk yönetim planı ile ticarileşmiş bir prosesi incelemek amacıyla ortaya çıkarılan risk yönetim planı farklı olabilir. Bu nedenle sistemin olgun veya kullanımdan kaldırılmak üzere olan bir teknolojiye sahip olup olmadığına dair ön değerlendirmeler önemlidir.



- Sistemin tasarımı ve operasyonu üzerinde etkili olabilecek sınırlayıcılar tespit edilir. Bu sınırlayıcılar, atmosfer koşulları, tehlikeli kimyasalların izin verilen emisyon değerleri, tasarım seçimleri üzerinde etkili sözleşme koşulları, emre-amadelik sınırlamaları, güvenlik ve kalite ile ilgili sınırlayıcılar, yerleşim planı ile ilgili sınırlayıcılar olabilir.
- Mevcut kabuller

### 5.2.3 Tasarım Yönteminin Belirlenmesi

Literatürde kimya endüstrisinde konsept proses tasarımı esnasında karşılaşılan yöntemlerin farklı şekilde sınıflandırılabilirdiği söylenebilir. Bu durum tezin tartışma düzlemi açısından çok önem taşımadığı için Li ve ark.. [13] tarafından da önerildiği şekliyle aşağıdaki şekilde sınıflandırmak uygun görülmüştür:

A) Optimizasyon Temelli Yöntemler: Bu yöntemin ana fikri, ortaya konan akış şemasının üretiminin (ya da bazı diğer parametrelerinin) bir optimizasyon problemi şeklinde formülize edilmesidir. Bu formülizasyon genellikle MINLP, SA veya GA problemine dönüşmektedir. Bu yöntemler esnasında, tüm akış şemasına ait, optimize edilecek bir kriter olarak formülize edilmesi zor olacak tasarım güvenliği, kontrol edilebilirlik, bakım-onarım kolaylığı, teknolojik hazıroluşluk gibi faktörlerin tasarım sürecinin bir parçası yapılamayacağı söylenebilir. Tasarım sürecinin dışında yürütülecek değerlendirmelerin ise minimizasyon veya maksimizasyon ile bitmiş bir tasarım problemini esnetmek için nasıl kullanılabileceği ise ayrıca incelenmesi gereken bir konu olacaktır.

B) Bilgi Akışı Temelli Yöntemler:

- a. Sezgisel (veya kademelendirilmiş) Yöntemler
- b. Araç-Sonuç Yöntemi (Mean-end Analysis)
- c. Phenomena Temelli Yöntemler
- d. Zıtlık Temelli Yöntemler (Conflict-based Approach) (TRIZ)
- e. Durum-Temelli Çıkarım Yöntemleri (Case-based Reasoning Methods)
- f. Kural Temelli Sistemler (Rule-based Systems)
- g. İtici Güç Yöntemi (Driving Force Method)
- h. Axiomatic Tasarım

Günümüzde kimya endüstrisinde, özellikle de gaz ve petrol sektöründe, sezgisel (kademelendirilmiş) yöntemlerin baskın bir şekilde kullanıldığı söylenebilir. Bilgi akışı temelli yöntemlere özgü olarak, her aşamada üretilen bilgi bir sonraki aşamaya aktarılır. Douglas bu yöntemin sistematik bir hale gelmesinde ilk isim olarak belirtilmekle beraber, Rudd, Powers ve Sirola da yöntemin kısmen uyumlanmış hallerini kullanmışlardır. Bu yöntemde kabaca, bir proses şemasını oluşturacak kararlar kesikli-sürekli, girdi-çıkıtı yapısı, geri kazanım kurgusu, ayırıştırma sistemi, ısı entegrasyonu ve tüm akış şeması sırasıyla verilir [14].

## **5.2.4 Tipik Proje Aşamalarının Tanımlanması**

### **5.2.4.1 Proje Aşamalarının Karakteristiklerinin Belirlenmesi**

Proje karakterizasyonun bu aşamasında projenin nasıl bir proje yönetim algoritması ile yönetildiği anlaşılmaya çalışılır. Risk mühendisliği aktivitelerinin doğru yere eşleştirilebilmesi, verimli bir bilgi alışverişi mekanizmasının kurulması için projenin yapısının çözümlenmesi muhakkak gereklidir.

Kompleks ve büyük projelerin verimli bir şekilde yönetilebilmesi için proje yönetiminde çeşitli yöntemler kullanılır. Her zaman her proje için geçerli bir proje yönetim yöntemi yoktur. Bir proje yönetim yöntemi projenin büyüklüğünü, süresini ve karmaşıklık düzeyini göz önünde bulundurmalı ve ilgili endüstriye, organizasyonel kültüre ve kurum içi proje yönetim olgunluğuna göre şekillenmelidir. Böyle bir yöntem tipik olarak PMBOK® Guide, PRINCE2 gibi bir proje yönetim çerçevesi ya da standardıyla temellenir [15]. PMBOK, proje yönetim uzmanlığında en iyi uygulamalar olarak bilinen işlem ve bilgi alanlarının derlemesidir. PMI (Project Management Institute) tarafından düzenlenmektedir. En genel bakış açısıyla beş temel 'işlem grubu' ve 'on bilgi alanında' yönetim yapılmasını önerir ve bu neredeyse tüm projelerde ortaktır [3]. Bahsi geçen beş işlem başlığı aşağıdaki şekilde sıralanabilir,

1- Başlangıç

2- Planlama

3- Uygulama

4- Gözlem ve Kontrol

5- Kapanış

Temel işlem grupları, proje aşamaları olarak görülebilir. Proje açısından önemli olan on temel bilgi alanı ise,

1- Entegrasyon Yönetimi

2- Kapsam Yönetimi

3- Zaman Yönetimi

4- Maliyet Yönetimi

5- Kalite Yönetimi

6- İnsan Kaynakları Yönetimi

7- İletişim Yönetimi

8- Risk Yönetimi

9- Tedarik Yönetimi

10- Paydaş Yönetimi

olarak belirlenmiştir [3].

Yukarıdaki ortak değerler göz önüne alınarak belirlenecek bir proje yönetim yöntemi, su akışı şeklinde, çember şeklinde, su akışı+çember şeklinde ya da V- şeklinde ilerlemeyi öngörüyor olabilir. İnşaat projeleri ise genellikle su akışı şeklinde bir prosedür üzerinden ilerler [15].

IPA (Independent Project Analysis), CII (Construction Industry Institute), IPLOCA (International Pipeline and Offshore Contractors Association) gibi kurumların ve çok sayıdaki şirketin proje yönetimiyle ilgili yaklaşımları incelendiğinde, projenin başlangıç ve planlama bölümlerini de kapsayacak şekilde, detay tasarım öncesi ön tasarım sürecinde genelde üç bölümlü bir aşamalandırma yaklaşımı görülmektedir. Bu üç aşamalı süreç için PPP ( Pre-Project Planning), FEP (Front-End Planning), FEL (Front-End Loading), FED (Front-End Development), FEED (Front –End Engineering Design), FEDM (Front-End

Decision Making) gibi farklı isimlere rastlanabilir [16]. Bu çalışmada, bahsi geçen kavramlara karşılık olarak ‘Ön Tasarım Geliştirme (ÖTG)’ kavramı kullanılacaktır.

ÖTG aşamalarının endüstrideki karşılaşılan farklı isimlendirmeleri Çizelge 1’de örneklenmiştir;

Çizelge 1- Ön Tasarım Geliştirme Aşamaları için Farklı Örnekler [16], [17]

Uygulayıcı	Aşama 1	Aşama 2	Aşama 3
IPA	FEL 1: Ticari Planlama	FEL 2: Kapsam Geliştirme	FEL 3: Proje Planlama
CII	FEP 1: Fizibilite	FEP2: Konsept	FEP3: Ayrıntılı Kapsam
Shell	FED 1: Değerlendir	FED 2: Seç	FED 3: Tanımla
Chevron Texaco	Tespit	Seçim	Geliştirme
Petrobas	Fırsat Tespiti	Alternatif Seçimi	Projenin Tanımlanması

Yukarıdaki Çizelge 1’de dikkat edilirse detay tasarım aşaması için bir karşılaştırma yapılmamıştır. Bu aşama literatürde ve uygulamada ÖTG aşamalarından sonra başlayan ve kavramsal olarak üzerinde çok tartışma olmayan bir aşamadır. Bununla birlikte bir projenin hangi aşamada detay tasarıma geçmiş olduğu konusu, projeden projeye veya şirketten şirkete değişebilir ve çoğu zaman da bu geçiş sözleşmesel olarak, proje dökümanlarının isimleri de belirtilerek ayrıştırılır ve süreç devam ettirilir.

ÖTG, ‘ aşama-kapı’ yaklaşımıyla oluşturulan bir kavramdır. Her bir aşama kapısında kritik bir karar verilir ve bu karar neticesinde proje ilerletilir, iyileştirilir ya da reddedilir. ÖTG’nin ana hedefi, işin sahibi olan şirkete, ilgili proje için yatırım yapıp yapmama kararı alabilmesi için fikir vermektir. Bu amaçla ortaya çıkarılan taslak, projenin gerçekleşebilmesi için ticari gereklilikleri, amaçlara ulaşmak için seçilen yolu, kapsamı, tasarım temelini, proje planlamasını, gerekli kaynakları ve riskleri içerir [17].

Yapısal bir aşama-kapı yaklaşımıyla, yatırım son kararı (FID:final investment decision) alınabilmesi için gerekli bilgi sırayla doğru adımlar atılarak üretilir. Aktivitelerin mantıksal bir sırayla ilerlemesi kolaylaştırılır ve bu, doğru zamanda doğru bilginin ortaya konmasını

sağlar. Öte yandan, yatırım mali gerekliliklerini sağlayamayan projelerin aşama kapılarında elenmesi sağlanır [17].

Aşama kapıları ve geçiş anı farklı şekillerde tanımlanabilir. Örneğin; çalışma grubunda bir değişikliğin başlaması (proses mühendislerinin yerini makine ve elektrik mühendislerinin alması, grubun genişlemesi gibi), farklı miktarda bir finansal desteğin serbest bırakılması, mühendislik yaklaşımında ve araçlarında değişikliğin gözlenmesi, farklı disiplinlerde çıktıların ortaya çıkması geriye dönülmesi çok fazla vakit ve para kaybettirecek yeni bir aşamaya geçiş, daha detaylı bir maliyet hesabının çıkarılması vb. Weijde [17], aşamaların bilgi ve karar temelli ayrılması, aktivite temelli ayrılmaması gerektiğini aktarmıştır. Bu yaklaşım, 'aşama' kavramını ele alırken bu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde belirleyici olacaktır. Bununla birlikte her aşama için söz konusu olan çıktılar, bir sonraki aşamaya geçiş için gerekli olan karar kriteri ve karar verici net şekilde tanımlanmalıdır [17]. Aynı zamanda her bir aşama için bir kalite yönetim mekanizması olmalı ve bu mekanizma ile tespit edilen sorunların bir sonraki aşamaya taşınması engellenmelidir [18]. ÖTG çalışmalarının kalitesini ölçmek için yaygın olarak CII tarafından geliştirilen PDRI (Project Definition Rating Index) ve IPA tarafından geliştirilen FEL-Index kullanılmaktadır. Aynı zamanda IPA'nın geliştirdiği, 'Percentage of Applicable VIPs (VIP : value improving practices)', 'Team Development Index' ve 'Project Control Index' yöntemleri de kullanılabilir [17].

Farklı endüstriler arasında, ÖTG aşamalarının amaç ve içerikleri açısından farklılıklar görülebilir. İlgili projeye özgü uygun bir içerik ve kapsam geliştirilmelidir [17]. Benzer şekilde detay tasarım aşamasının nerede başlayıp nerede sonlanacağına dair de farklı yaklaşımlar söz konusu olabilir. En genel şekliyle ÖTG ve detay tasarım aşamaları Çizelge 2'deki haliyle karakterize edilebilir

Çizelge 2-ÖTG aşamalarının temel karakteristikleri ( [17], [19], [20], [12]

ÖTG – 1 :	ÖTG – 2	ÖTG – 3	Detay Tasarım
<ul style="list-style-type: none"> <li>• İş fırsatı tespit edilir. Proses tasarım senaryosunun ortaya konan ticari hedeflere uygun olup olmadığı öngörülür. Stratejik ve ticari hedefler net şekilde ortaya konur. Bu nedenle bu aşamaya iş geliştirme, iş planlama gibi isimler verilir.</li> <li>• Hedefler, projeye dair sınırlar (zaman, para) göz önüne alınarak formülize edilir ve performans değerleri problem tanımına uygun alternatif tasarımlar belirlenir.</li> <li>• Alternatif tasarım, en kritik elemanları ve belirgin performans karakteristikleri üzerinden temel düzeyde bir teknoloji değerlendirmesi yapılabilecek kadar geliştirilir.</li> <li>• Proje riski öngörülür.</li> <li>• Çerçeve zaman planı çıkarılır.</li> <li>• Sınıf V (Order of Magnitude) düzeyinde maliyet tahmini yapılır</li> <li>• ÖTG–2 ve ÖTG–3 aşamaları planlanır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• İlk aşamada ortaya konan alternatifler temel düzeyde geliştirildikten ve çeşitli kriterler açısından değerlendirildikten sonra bir tanesi seçilir. Bu nedenle bu aşamaya alternatif seçimi ya da konsept geliştirme aşaması gibi isimler verilir.</li> <li>• Ön bir proje uygulama planı çıkarılır.</li> <li>• Sınıf IV (Preliminary) düzeyinde maliyet tahmini yapılır.</li> <li>• Bu aşama sonrasında, proje yönetimi, projeyi geliştirmek ve daha ileri aşamalara geçmek için gerekli parayı harcamaya karar verir.</li> <li>• Proje ekibine, proje üzerinde etkili olabilecek en temel faktörler hakkında bilgi verilir ve ÖTG-3 aşamasındaki tanımlama / planlama süreci için önerilerde bulunulur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ÖTG-2’de seçilen alternatif üzerinden proje her açıdan tanımlanır ve planlanır. Bu tanımlama düzeyi yatırım için son kararı (FID-final investment decision) vermek için yeterli düzeyde bilgi sağlamalıdır. Bu nedenle bu aşamaya proje planlama , ön mühendislik tasarımı (FEED), tanımlama aşaması gibi isimler verilir.</li> <li>• Bu aşamanın sonunda kapsam artık kesinleşmiş durumdadır.</li> <li>• Proje uygulama planı son halini alır.</li> <li>• Proje ekibi artan mühendislik işleri nedeniyle disiplin çeşidi ve sayısı olarak artar.</li> <li>• Sınıf III (Definitive) düzeyinde maliyet tahmini yapılır.</li> <li>• Bu aşamanın sonunda proje, bütçe için onay makamına sunulur.</li> <li>• Projenin detay tasarım ve uygulama aşamaları için ne düzeyde hazır olduğu değerlendirilir ve işletme problemleri öngörülür.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Üzerinde anlaşılan temel mühendislik paketi ve ÖTG 3 çıktılarının detay mühendislik aktiviteleri yürütülür.</li> <li>• İnşaedilebilirlik çalışmaları büyük ölçüde sonlandırılır (Örneğin saha dışı imalat kararları, ön-montajlı sistemlerin kullanımı, mevcut tesisle entegrasyon bağlantıları gibi tartışmalar) ve tasarımın inşaaata hazır olduğu kontrol edilir.</li> <li>• Satın alma, inşaat ve devreye-alma için yükleniciye verilecek tüm iş kapsamı netleştirilmiş olur.</li> <li>• Ortaya çıkan tasarımın regülasyonlar, tasarım kodları, güvenlik performans kriterleri, işletilebilirlik, bakım-onarım yapılabilirlik ve emre-amadelik konularında yeterli olduğu teyit edilir.</li> <li>• Güvenlik sistemleri tasarımında fonksiyonel ve bütünlük gereksinimlerinin tanımında teknoloji sağlayıcı ve tesisi işletecek taraflar paydaş olur.</li> <li>• Proje risk yazmacı, kalite yönetim planı, devreye alma planı güncellenir ve büyük ölçüde sonlandırılır.</li> <li>• Ekipman ve malzeme alım ihaleleri sonuçlandırılır.</li> <li>• Mühendislik aktivitelerinin operasyona devri planlanır (geçiş aşamasında mühendislik desteği, döküman desteği vs.)</li> <li>• Bu aşamanın sonunda projenin maliyet, süre, kalite ve güvenlik hedeflerinin ne ölçüde sağlandığı kontrol edilir.</li> </ul>

Risk yazmaçları her bir aşamanın genel karakteristiklerine uygun olarak geliştirilmelidir. Örneğin ÖTG-1 ve ÖTG-2’de konsept tasarımı iyileştirmek/ değiştirmek üzerine risk yönetim önerileri yapılırken ÖTG-3’te tasarıma ilişkin ortadan kaldırılamayan risklerin yönetimi için planlama yapılması beklenir. ÖTG-1’de, söz konusu olan teknolojilerin en temel özellikleri düzeyinde risk değerlendirmesi yapılabilir. Çünkü henüz tasarım yeterince ilerlememiştir. ÖTG-1 ve ÖTG-2’de, proses mühendisliğinin ilgi alanı olacak teknik risklerin değerlendirilmesi daha baskın iken ÖTG-3’te risk değerlendirme çok disiplinli bir hal alır. Bölüm 5.5’te her bir aşama için risk mühendisliği açısından hangi karakteristik konuların öne çıktığı daha ayrıntılı sunulacaktır. Bu bölümde proje aşamasının karakteristiklerinin tanımlanması üzerinde durulmuştur. Esasen bu karakteristikler, ‘iyi planlanmış’ petrol ve gaz tesisi tasarım projelerinde minör değişiklikler gösterir fakat tezin sunduğu yöntem her türden tesisin tasarım süreçlerine ve hatta tamamen mekanik veya inşaat projesine de uyarlanabilir. Öyle bir durum için, risk analizcisinin bu karakteristikleri daha detaylı inceleyerek tanımlaması beklenir.

Risk mühendisi, her bir aşamanın sonunda hesaplanan maliyet tahminlerinde riskler için ne oranda ihtiyati fazlalık eklendiğini ve bu değer hangi risklere ait ayrıntılı değerlendirmeyle iyileştirilebileceğini bilmelidir.

Maliyet tahmin düzeyindeki hassasiyet, üretilmiş olan tasarım detayı, maliyet analizinde kullanılan bilgilerin doğruluk düzeyi ve hesaplama için ayrılan vakit ile ilişkilidir [21].

AACE (The Association for the Advancement for Cost Engineering) International maliyet mühendisliği disiplinine ait bir birlikteliktir ve maliyet tahminini, hassasiyet düzeyi ve amacına göre aşağıdaki şekilde düzeylere (sınıf) ayırmaktadır [21]:

**Sınıf-V Tahmin (Order of magnitude estimate) :** İngilizce terminolojide ‘Ball – park estimate’, ‘guesstimate’ isimleriyle de anılabilir [21]. Tipik olarak +/- % 30-50 hassasiyetle maliyet tahmini yapılır. Benzer proseslerin maliyetlerine bakılarak maliyet analizi yapılır öngörülür. Temel olarak tasarım detayı üzerine şekillenmiş bir tahmin değildir. Başlangıç için fizibilite yapmada ve alternatifleri tararken kullanılır [21].

Bazı cihazlar için firmalarca hazırlanmış olan çarpım faktörleri göz önüne alınarak prosese ait maliyetin tahmin edilmesi de söz konusu olabilir. Bu nedenle bu tahmin düzeyi ‘Factored

Cost Estimate' olarak da bilinir [19]. Bu tahmin düzeyinin ÖTG-1 aşamasına uygun olduğu düşünülebilir [19].

**Sınıf-IV Tahmin (Preliminary Estimate):** 'Approximate estimate', 'study estimate', 'feasibility estimate', olarak da anılabilir [21]. Tipik olarak +/- %30 hassasiyetle maliyet tahmini yapılır. Sınırlı düzeyde maliyet bilgisi ve tasarım bilgisi kullanılır. Tasarım alternatifleri arasında kaba seçimler yaparken kullanılır [21].

Proses mühendisliğinde bu düzeyde tahmin yapabilmek için temel malzemelerin miktarlarının (borulama, yalıtım, enstrümantasyon, çelik, beton gibi) bilinmesi gerekir. Bunun için tasarımın yeterli düzeye geliştirilmesi gerekir. Tipik olarak bu tahmin, teknoloji sağlayıcıların teklifleri ve ön boyutlandırma temel alınarak yapılır [19]. Bu tahmin düzeyinin ÖTG-2 aşamasına uygun olduğu düşünülebilir [19].

**Sınıf-III Tahmin (Definitive Estimate):** 'Authorization estimate', 'budgeting estimate', 'control estimate' olarak da bilinir. Tipik olarak +/- % 10–15 hassasiyetle maliyet tahmini yapılır. Tasarımın detay aşamasına geçebilmesi ve daha detaylı bir tahmin yapılabilmesi için gerekli mali kaynakların serbest bırakılması için kullanılır. Onaylanan bütçe aynı zamanda, siparişi erken verilmesi gereken cihazlar için iptal söz konusu olduğunda ödenecek cezai bedelleri de kapsayacak şekilde olabilir. Sınıf-III tahmin için kaba P&ID (piping and instrumentation diagram) ve ana cihazların yaklaşık boyutlarının bilinmesi gerekli olur. Sözleşme imzalamak isteyen şirketin maliyet tahmininde genellikle yüksek miktarda ihtiyat faktörü bulundurulur. Eğer şirketin benzer projelere ait maliyet bilgisi varsa, tasarım akış şeması düzeyindeyken maliyet tahmini yapılabilir. Yeterince zaman verilirse +/- %5 düzeyinde tahmin yapılabilir [21].

Sınıf III tahmin, Sınıf IV tahmine göre daha net cihaz maliyet bilgisi içerir. Farklı teknoloji sağlayıcılarından gelen ön teklifler kullanılır. Teklifler, daha detaylı bilgiler sunularak istenir [19]. Bu tahmin düzeyinin ÖTG-3 aşamasına uygun olduğu düşünülebilir [19].

**Sınıf-II Tahmin (Detailed Estimate):** 'Tender estimate', 'firm estimate', 'contractor's estimate' olarak da bilinir. Tipik olarak +/- %5-10 düzeyinde hassasiyetle maliyet tahmini yapılabilir. Projenin maliyet kontrolü ve sabit fiyatlı sözleşme hazırlamak için kullanılır. Bu hassasiyet düzeyinde tahmin yapılabilmesi için FEED (front-end engineering design) aşamasının tamamlanması gerekir [Not: FEED aşaması farklı şekillerde ifade edilebilmekle



birlikte burada ÖTG-3 aşamasına denk gelebilecek bir aşamayı ifade etmektedir). Tasarım tamamlanmış ya da tamamlanmak üzeredir. Cihazlar için kesin teklifler alınmış ve inşaat aşamasına ait iş dağılımı netleşmiş durumdadır. Müteahit satın alınacak tüm cihazları listeleyebilir ve müşterisine kesin bir taahüt verebilir [21].

**Sınıf-I Tahmin (Check Estimate):** ‘Tender estimate’, ‘as-bid estimate’ olarak da bilinir. Tipik olarak bu aşamada da +/- % 5-10 düzeyinde hassasiyetle maliyet tahmini yapılabilir. Tamamlanmış bir tasarım üzerinden maliyet tahmini yapılır. Özel cihazların ve uzun tedarik zamanlı öğelerin nasıl temin edileceği ve satın alınacağına dair tartışmalar sonlanmış durumdadır [21].

Maliyet analizinde genel kabul görmüş bu sınıflandırmaların projede doğru şekilde kullanılabilmesi için, risk analizcisinin projenin her aşamasındaki karakteristikleri doğru çözümleyebilmesi ve bir sonraki bölümde (5.2.4.2) tanımlanan proje çıktıları ile örtüşüp örtüşmediğini gözden geçirmesi gerekir. Ancak o takdirde Çizelge 2’de ilgili proje aşaması için karakteristik olarak sunulmuş maliyet tahmin düzeyinin gerçekçi olup olmadığını öngörebilir.

MTİ tipi sözleşme yapılarında sıklıkla götürü bedelli (anahtar teslim) teklifler verilir. Bu düzeyde teklif yapabilmek için ÖTG-3 risk yazmacında bulunan teknik risklerin maliyet, zaman planı ve performans üzerindeki etkilerinin ayrıntılı belirtilmesi yüksek hassasiyette maliyet tahmini yapılabilmesi için gereklidir. Bu düzeyde sayısal ve detaylı inceleme yapabilmek için detaylı proses tasarım bilgisine ihtiyaç duyulur. Bu nedenle götürü bedelli fiyat verebilmek için tasarım ekibinin çoğu zaman ÖTG dosyalarını hazırlamış bir mühendislik firmasından ÖTG çıktıları olarak detay tasarıma dair bazı çıktıları üretmesi ve teklifini bu bilgiler ışığında vermesi sıklıkla rastlanan bir durumdur. Böylelikle kendi ürettiği detay tasarım çıktıları üzerinden de ihtiyati fazlalık öngörüsünü yapar. Endüstriyel uygulamalarda genellikle ÖTG çalışmalarını yürüten firmalar ile MTİ projesini yürütecek firmanın detay mühendislik ekibi ayrı olur. Risk analizcisinin kendi planını oluşturabilmesi için bu sürecin nasıl yürütüleceğine dair bilgisinin olması gerekir.

#### 5.2.4.2 ÖTG Çıktı ve Aktivitelerinin Belirlenmesi

Her bir ÖTG aşamasındaki çıktılar, genellikle işverenin proje kapsamında tasarımcıdan talep ettiği tasarım çıktılarıdır. Bazen tasarımcı, gelen talebin dışına çıkarak kendi tasarım usulleri uyarınca bu listeyi zenginleştirebilir. Bu çıktıların hangi aşamada yürütüldüğüne göre ilgili aşamadaki teknik risk değerlendirme aktiviteleri değişir. Örneğin, henüz malzeme mühendislerinin malzeme seçimlerini yapmadığı, malzeme bilgi formlarının oluşturulmadığı ÖTG-2 aşamasında, malzemelerin dayanıklılığını ilgilendiren teknik riskler tespit edilemez. Bir diğer örnek olarak HAZOP çalışmalarının tamamlanabilmesi için P&ID'nin müşteri onayına sunulan bir versiyonunun yayınlanmış olması gerekir. Bu versiyona genellikle HAZOP için P&ID adı verilir ve HAZOP çalışması sonrası final halini alır. Risk mühendisliği çıktıları da aynı zamanda diğer tasarım çıktıları için girdi olarak kullanılabilir ki risk temelli bir tasarımda da amaç budur. Tasarım çıktılarının öncüllerinin ve ardıllarının belirlenmesi genellikle tasarım ekibinin içinde bulunan planlama ekibi ile beraber yapılır ve bir planlama programı vasıtasıyla (MsProject, Primavera vs.) bu çıktılar yayın tarihleri özelinde ilişkilendirilir.

Bir diğer önemli konu da kapı geçiş kriterlerinin tespit edilmesidir. Risk mühendisliği aktivitelerinin yaşam çevriminde doğru yere adreslenmesi esnasında bu konu kritiktir. Projenin yaşam çevrimi incelenirken alışılmamış bir akış yapısı, gözden geçirme noktaları veya kapı geçiş kriterleri söz konusu ise risk mühendisliği faaliyetlerinin detay düzeyi, uygulama zamanı veya aktivite tipi değişebilir. Her bir proje aşaması için hangi kapı geçiş kriterlerinin söz konusu olabileceğine dair ayrıntılı değerlendirmeler Bölüm 5.5'te örneklenecektir.

ÖTG aşamaları için Spangler [19] tarafından EK 3'te bir kimyasal tesis projesinin ilk üç aşamasında söz konusu olacak temel çıktılar ve sorumlular örneklenmiştir. Görüldüğü gibi, ÖTG-1 ve ÖTG-2 çıktıları ağırlıklı olarak proje yöneticisi ve proses mühendisi tarafından üretilirken, ÖTG-3 çıktıları farklı disiplinlerden mühendislerce üretilmektedir. Spangler'in tezi ÖTG aşamalarına yönelik bir kapsamda hazırlandığı için ilgili eklerde detay tasarıma yer verilmemiştir fakat; endüstriyel pratikler uyarınca ÖTG 3'ten çok daha belirgin şekilde detay tasarımda tüm disiplinlerin görev aldığı rahatlıkla söylenebilir. Dikkat edilmesi

gereken bir diğerk konu da çıktıkların çoğunun, birden çok ÖTG aşamasından geçerek detaylandırıldığı ve farklı disiplinlerin ortaklaşmasıyla meydana geldiğidir.

EK 3'te kısaca belirtilmiş proje ve tasarım süreci çıktıkları, EK 4 ve EK 5'te ÖTG 2 ve ÖTG 3 özelinde daha detaylı olarak sunulmuştur [19]. Her bir aşama için detaylı olarak bu bölümde örnekleme yapılmasına gerek duyulmamıştır çünkü proje kapsamına göre, sözleşme uyarınca iş bölümüne göre şirketin tasarım kültürüne göre bu aktivitelerin sayısı değişebilmektedir. Ayrıca, tek bir rafineri ünitesi özelindeki detay tasarım aktivite ve çıktılarının yüzlerce olabildiği vurgulanmalıdır. Bu bölümde, proje karakterizasyonu esnasında proje aşamalarının ve aktivitelerinin tanımlanması gerekliliği vurgulanmaktadır. Bir diğerk örnek 6. Bölüm'de TUBİTAK Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi özelinde sunulacaktır.

EK 4 ve 5'te sunulan çıktıkların içeriğini, ortaya koyduğu bilgiyi, oluşturulmaları için gerekli olan öncül-ardıl döküman ilişkisini anlamak risk yönetimi faaliyetleri özelinde planlama yapmak için gereklidir. EK 4 ve 5 ile belirtilen aktivite listesi zaman tarihi itibarıyla birbirini takip eden çalışmalar olmayabilir. Bazı aktivitelerin aynı anda devam etmesi de mümkündür. Proje genel adam-saat planlaması esnasında ve zaman çizelgesinin hazırlanması esnasında risk mühendisliği aktiviteleri de EK 4ve 5'teki aktiviteleri (eğer detay tasarım projesi ise sadece detay tasarım aktivitelerini) dikkate alarak uygun yere yerleştirilir. Kullanılacak olan risk analiz yönteminin ihtiyaç duyduğu girdi bilgi ve belgeler aktivite yerine getirileceği tarihte üretilmiş olmalıdır. Risk analizi sonunda ortaya çıkacak bilginin de tasarımın o an bulunulan aşamasında kullanılabilir olması, olası riskleri yönetmek için önerilecek değişikliklerin tasarımda çok önemli geri dönüşlere sebep olmaması gerekir. Planlama esnasında bu konulara dikkat edilir.

### **5.2.5 Sözleşme Yapıları**

ÖTG süreçlerinde ve sonrasında başlayan süreçlerde (detay tasarım ile başlayan) iş dağılım yapısını anlamak, hangi işlerin ve dolayısıyla hangi risklerin kimin sorumluluğunda olduğunu görmek için sözleşme yapısının incelenmesine ihtiyaç duyulur. Her ne kadar sözleşme yapıları Çizelge 3'de görüldüğü üzere genelleştirilebilir olsa da özel şartlar ile esnetilebilir. Böylelikle, risk yazmacında, riskler doğru kişilere transfer edilir. Sözleşme yapısı aynı zamanda, inşa aşamasına ait sorumlulukların ve sorumluların karşılaştırılarak inşaa risklerinin tespit edilmesinde kullanılır. Tasarım esnasında bu risklerin

inşaaedilebilirlik başlığı altında ne düzeyde incelenebileceği hakkında fikir verir. Sözleşme yapısında belirtilen finansal detaylar, lisans zorunlulukları, işverenin ortaya koyduğu bazı sınırlamalar, pozitif ya da negatif risklerin ortaya çıkmasına sebep olabilir.

Proje sahipleri bir projenin başlangıç aşamasından son aşamasına kadar gerçekleştirilen tüm işlerde aktif olarak rol alabileceği gibi, çeşitli aşamaları gerçekleştirmeleri için bir ya da birden fazla şirketle sözleşme imzalayabilirler. Örneğin, ÖTG-2 aşamasına ait pek çok çıktı temel mühendislik yüklenicisine ihale edilebilir. Benzer şekilde, ÖTG-3 aşamasına karşılık gelebilecek aktiviteler FEED (front-end engineering design) yüklenicisine ihale edilebilir ya da MTİ (Mühendislik Tedarik İnşaa) için anlaşmaya varılacak yüklenicinin bu görevi yerine getirmesi beklenebilir. Temel mühendislik ya da FEED aktivitelerini her proje için geçerli olacak genellikte net olarak tanımlamak ve ayırmak ne mümkün ne de gerekli bir şeydir [22].

Proje faaliyetlerini gerçekleştirmek için tercih edilecek sözleşme yapıları o projenin satın alma / tedarik yapısını (rotasını) oluşturur. Burada satın alma kavramı hem hizmet hem de mal alımı anlamındadır. Herhangi bir yanlış anlamaya yol açmamak için bu çalışmada ‘sözleşme yapısı’ kavramı kullanılacaktır.

Projeler için tercih edilmiş yüzün üzerinde farklı sözleşme yapısı vardır [23]. Bunun nedeni, projelerin hedeflerinde (maliyet, zaman, performans), işverenlerinde (işe katılım isteği duyan, riskten kaçınan, deneyimli) ve çevrelerinde (politik, ekonomik, kanuni) farklılıklar olabilmesidir [23].

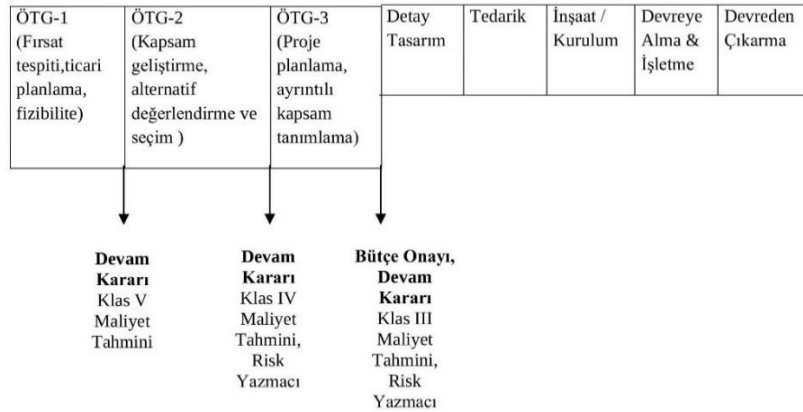
En çok karşılaşılan bazı sözleşme biçimleri Çizelge 3’ te verilmiştir.

### Çizelge 3-En Çok Karşılaşılan Sözleşme Biçimleri

<b>Sözleşme Biçimi</b>	<b>Temel Karakteristikleri</b>
Alışıl gelmiş Yöntem	İşveren, tasarım ve yönetim ekibiyle tüm süreçlerde aktif rol alır. Sorumluluk üstlenir. Genellikle detay tasarım bittikten sonra ihaleye gidilir. İhale detay tasarımda ortaya konan spesifikasyonlar, iş dağılımı, ön sözleşme taslağı gibi belgeler üzerinden yürütülür. Ana yüklenici alt yüklenicilerden hizmet ve mal alımı yapabilir. Götürü fiyat ya da hakediş usulü iş yürütülebilir [23]. İş süreci ve kalite, işveren ya da işverenin görevlendirdiğı bir başka firma tarafından yürütülür [23].
Tasarım- Teklif-İnşaa	Tasarım dosyası işveren tarafından görevlendirilen bir firma tarafından hazırlandıktan sonra ihaleye çıkılır ve ihale sonucunda seçilen firma projenin sonraki aşamalarını gerçekleştirir. İşveren ve yüklenici ilişkisi sözleşme yapısına göre değişiklik gösterebilir.
Tasarım- İnşaa	Ön tasarım, proje sahibi işveren tarafından yapılır. Sonrasında ihaleye çıkılır (alışıl gelmiş yönteme göre daha küçük bir grupla). Ön tasarım taslağı, spesifikasyonlar ve taslak sözleşme yapısı üzerine teklif verilir. Teklif veren şirket genellikle, fiyat, tasarım geliştirme öneri raporu ve taslak program sunar. İhale için karar birden çok faktöre bakılarak verilir. Detay tasarım inşaat ile beraber yürütülür ve yüklenicinin sorumluluğundadır. Yüklenici kendi tasarım ekibiyle işi yürütebileceğı gibi işveren, kendi tasarım ekibinin de sürece dahil edilmesini koşut tutabilir. İnşaat esnasında hakediş usulü çalışılır. Kalite kontrol ve gözlem için işveren bir başka şirketi görevlendirebilir [23].
Mühendislik- Tedarik- İnşaa	Yabancı literatürde ‘EPC (engineering procurement construction) Contract’ olarak bilinir ve ülkemizde de yaygın olarak bu isimle anılır. Tasarım-İnşaa sözleşme biçiminin endüstriyel çeşitidir. Yüklenici teklif verir ve anahtar teslim olarak işi üzerine alır. Tasarım-inşaa yöntemiyle arasındaki en büyük farklılık, inşaa edilecek tesise ait performans garantilerinin sözleşmede yer almasıdır. Bu garantiler, tesis işletim kapasitesi, yıllık enerji üretimi ve emre-amadelik gibi faktörleri kapsar. MTİ sözleşme, yaygın olarak elektrik, petrokimya ve ağır sanayi projelerinde kullanılmaktadır. MTİ sözleşmeleri avantajlı kılan en önemli özellikleri riskin önemli bir bölümünü işverenden yükleniciye transfer etmesidir [24]. Pek çok rafineri firması ÖTG (ön geliştirme) aşamaları için daha az vakit harcamak ister ve ileri ÖTG aktivitelerinin bir kısmını götürü bedelli (lump-sum) MTİ yüklenicisine bırakırlar [19]. Bunun gibi duruma özgü isteklere göre sözleşme şekillenebilir.
Mühendislik- Tedarik- İnşaat Yönetimi	Yabancı literatürde ‘EPCM (engineering procurement construction-mangement) Contract’ olarak bilinir. Yüklenici, tasarımı detaylandırır, gerekli malzemeleri tedarik eder fakat inşaat aşamasını yürütmez. Bu aşamayı işveren adına yönetir [22].

Kimyasal tesis projelerinde sıklıkla kullanılan tipik MTİ sözleşme tipi uyarınca, yaşam çevriminin Şekil 2 benzeri olarak gerçekleşeceği söylenebilir. Bu sözleşme biçiminde ÖTG-3'ten veya detay tasarım aşamasından itibaren proje bir MTİ müteahitine devredilecek şekilde ihaleye çıkarılır. Temel tasarım becerileri olan mühendislik firmaları tarafından ön mühendislik çalışmaları tamamlanan projeler, detay tasarım ve sonrasında yürütülmesi için MTİ müteahitlere devredilir.

Endüstriyel uygulamalarda, ön mühendislik çalışmalarının tamamlanmadan detay tasarıma geçilebildiği ve bu nedenle detay tasarım faaliyetlerini üstlenen firmaların ön tasarım aşamalarına ait bazı görevleri de üstlenmek zorunda kaldığı görülebilmektedir. Özellikle anahtar teslim fiyat veren MTİ firmalar için bu durum önem kazanmaktadır; Örneğin, HAZOP çalışması tamamlanmadan, alarm felsefesi veya proses kontrol felsefesi belirlenmeden, yerleşim planının güvenlik açısından değerlendirmesi yapılmadan ya da taşkan havuzlarının tasarımı konusunda nihai karar verilmeden detay tasarıma geçirilen projelerde, MTİ müteahitin çalışmaları esnasında önemli değişiklikler söz konusu olabilir. Bu değişikliklerin maliyeti konusunda MTİ müteahitin risk mühendisleri tarafından doğru yönlendirilmesi gerekir. Risk mühendisleri tarafından ihtiyati fazlalık analizi yapılarak teklif mühendislerine bilgi verilebilir veya teklif süreçlerinde MTİ müteahitlerin temel tasarım dökümanlarını alarak tasarımı belli ölçüde ilerlettiği ve ardından teklifini hazırladığı modeller de söz konusudur. Bahsedilen problemdeki riskin büyük ölçüde minimize edilmesi ikinci durumdaki model ile sağlanabilir fakat MTİ müteahitin bu süreçte üstlendiği mühendislik çalışmalarının maliyeti genellikle müteahitin kendisi tarafından teklif maliyeti olarak karşılanmaktadır.



Şekil 2-Su Akışı Şeklinde Bir Projenin Tipik Yaşam Çevrimi

Sözleşmeleri doğru anlamlandırabilmek için gelişkin sözleşmelerde bulunan paydaş yönetimi kurgusunun da incelenmesi gereklidir. Böylelikle hangi riskleri kimin nasıl yöneteceği ve risk iletişiminin nasıl gerçekleştirilmesi gerektiği tespit edilebilir. Paydaş yönetimi konusunda PMI PMBOK 6. Baskısı [3] son derece açıklayıcı bilgiler sunar.

### **5.2.6 Proje Performans Hedefleri**

Proje performans hedeflerinin incelenmesi hangi faktörler açısından risk değerlendirme çalışması yapılacağını belirlemek için gereklidir. Hedefin olmadığı yerde hedeften sapma ihtimalinin ve sonuçlarının yani bir diğer deyişle riskin incelenmesi anlamsız olacaktır. Eğer bir projede, ticari gerekçelerle emre-amadeliğin için bir hedef yoksa, bu konu performans garantisi olarak müşteriye sunulmuyorsa ve sistem tasarımı esnasında bu konu göz önünde alınmayacaksa, risk mühendisi tasarımcının görevini üstlenip, tasarıma yönelik tavsiyelerde bulunmamalıdır. Proje performans hedeflerini belirlemek, bu hedeflerden sapmaya sebep olabilecek risk kırılım şeması faktörlerinin belirlenmesine öncülük eder.

Proje performansı üzerinde en önemli etkiye sahip proje paydaşlarının ve proje icrasını sınırlayan diğer faktörlerin (lisans anlaşmaları, politik sınırlamalar, personel ve bilgi eksikliği, zaman veya bütçe azlığı vs.) belirlenmesi ve kayıt altına alınması gerekir. Bu faktörler de risk mühendisliği faaliyetlerinin planlaması esnasında dikkate alınır. Bu faktörler göz önünde tutularak projenin performans hedeflerinin ne ölçüde gerçekçi olduğu sorgulanır. Gerçekçi olmayan hedefler veya bir temele oturmayan hedefler tasarım faaliyetleri ile veya ihtiyati fazlalık düzeltmeleri ile kompanse edilmeye çalışılmamalıdır. Risk analizi, tasarımın ve projenin doğru temellendiği varsayımı sonrası başlatılmalıdır.

### **5.2.7 Proje Durum-İlerleme Raporları**

Proje karakterizasyonu esnasında proje durum-ilerleme raporları da incelenmelidir. Bu raporlar temel olarak risk görülen konular hakkında bilgi verebilir. Aynı zamanda proje planlama ekibi tarafından ‘kritik yol’ öngörüsü yapılmış ise, bu çalışmanın varsayımlarının ve çıktılarının incelenmesi de yol gösterici olacaktır. Ayrıca hangi aktivitelerin tamamlanmış, hangilerinin de sürmekte olduğu bu raporlardan görülebilir. Bölüm 6’da örnek proje için hazırlanmış bir proje durum-ilerleme raporu görülebilir.

### **5.3 Kaynak Planlama**

Risk yöneticisi proje kaynakları izin verdiği ölçüde risk analizi için gerekli kaynakların ayrılması için projenin teklif aşamasında gerekli geri bildirim verir ve bu konuların genel bütçeye girmesini sağlar. Eğer kritik olarak tespit ettiği kaynakların projenin en başında ayrılmadığını farkedirse, risk yönetimi konusunda ortaya çıkacak zaafiyeti öngörmeye çalışır ve aksiyon geliştirir.

Risk yönetimi için gerekli kaynaklar yetkin personel, adam.saat kullanımı için gerekli bütçe, adam.saat kullanımı için gerekli süre, kullanılacak yazılımlar ve bilgi akışı için gerekli kaynaklar olarak özetlenebilir. Belirtilen bu başlıklardan herhangi birinde, analiz sürecine zarar verebilecek veya analiz sonucu ortaya çıkacak aksiyonların uygulanmasına izin vermeyecek bir kıstas varsa (çoğunlukla zaman), risk analizcisi bu konuları bir tehdit olarak görüp proje yöneticisine bilgi verir.

Kaynak planlama çalışmaları, olgun bir proje yönetim algoritması ile yönetilen projelerde (örneğin PMI yöntemi), proje yöneticisi tarafından yürütülen genel kaynak planlaması aktivitelerinin bir parçası olarak da ele alınabilir.

### **5.4 Risk Kategorilerinin Belirlenmesi**

#### **5.4.1 Risk Kırılım Şeması (RKŞ) Kavramı**

Risk kategorilerini yapılandırmak için kullanılan yaygın yöntemlerden biri risk kırılım şemasıdır. RKŞ bu riskin potansiyel kaynaklarının kademelendirilmiş bir gösterimidir. RKŞ, proje ekibinin olası her bir kaynaktan kaynaklanabilecek riskleri göz önünde tutmasını sağlamak için kullanılan bir araçtır. Bu riskleri tespit ederken ve sonrasında kategorize ederken fayda sağlar.

Hillson birden fazla risk kademe yapısını incelediğini ve risk taxonomy, risk tespit listesi, risk tespit kırılımı, risk temelli taxonomy gibi isimlerin esases kaynak-temelli hazırlanmış, birden fazla seviyeden oluşmuş RKŞ yapıları olarak değerlendirilebileceğini belirtmiştir [25]. Bu, sektörde RKŞ ismi yerine başka isimlere de rastlanabileceğini, konunun henüz çok rijit olmadığını göstermektedir.



Proje Yönetim Enstitüsü (PMI), İş Kırılım Şemasını (İKŞ) proje elementlerinin çıktılarla uyumlu bir şekilde gruplanarak tüm proje kapsamının tanımlanması olarak ifade eder. Her bir azalan seviye ile proje işleri daha detaylı olarak tanımlanır. Böyle bir yapı oluşturmanın amacı kademesel, yönetilebilir ve tanımlanabilir paketler ile proje planlamasına, iletişimine, raporlamasına ve hesap verilebilirliğine katkı sağlamaktır. İş kırılım şemasının bu tanımından yola çıkarak risk kırılım şeması, risklerin kaynaklarını temel alarak gruplanarak projenin veya işin toplam risk maruziyetini tanımlamak olarak tanımlanmıştır. Her bir azalan seviye risk kaynağı ile ilgili daha detaylı bilgi vermektedir. Bu nedenle RKŞ potansiyel risk kaynaklarının kademesel bir sınıflandırılmasıdır [25]. RKŞ, proje yöneticisine hangi işleri yapacağı hakkında bilgi verdiği gibi, RKŞ de risk yöneticisine hangi riskler ile ilgileneceği hakkında bilgi vermelidir.

Bir organizasyon, tüm projelerde ortaklaşa kullanılacak genelleştirilmiş bir RKŞ geliştirebilir ya da her bir proje tipi için birden fazla RKŞ şablonu oluşturabilir. Ayrıca, her bir proje özelinde RKŞ hazırlamayı da tercih edebilir. Eğer organizasyon RKŞ yaklaşımını hiç kullanmazsa, kategorilerden veya proje hedeflerden oluşan duruma uyarlanmış basit bir çerçeve de kullanılabilir [3] .

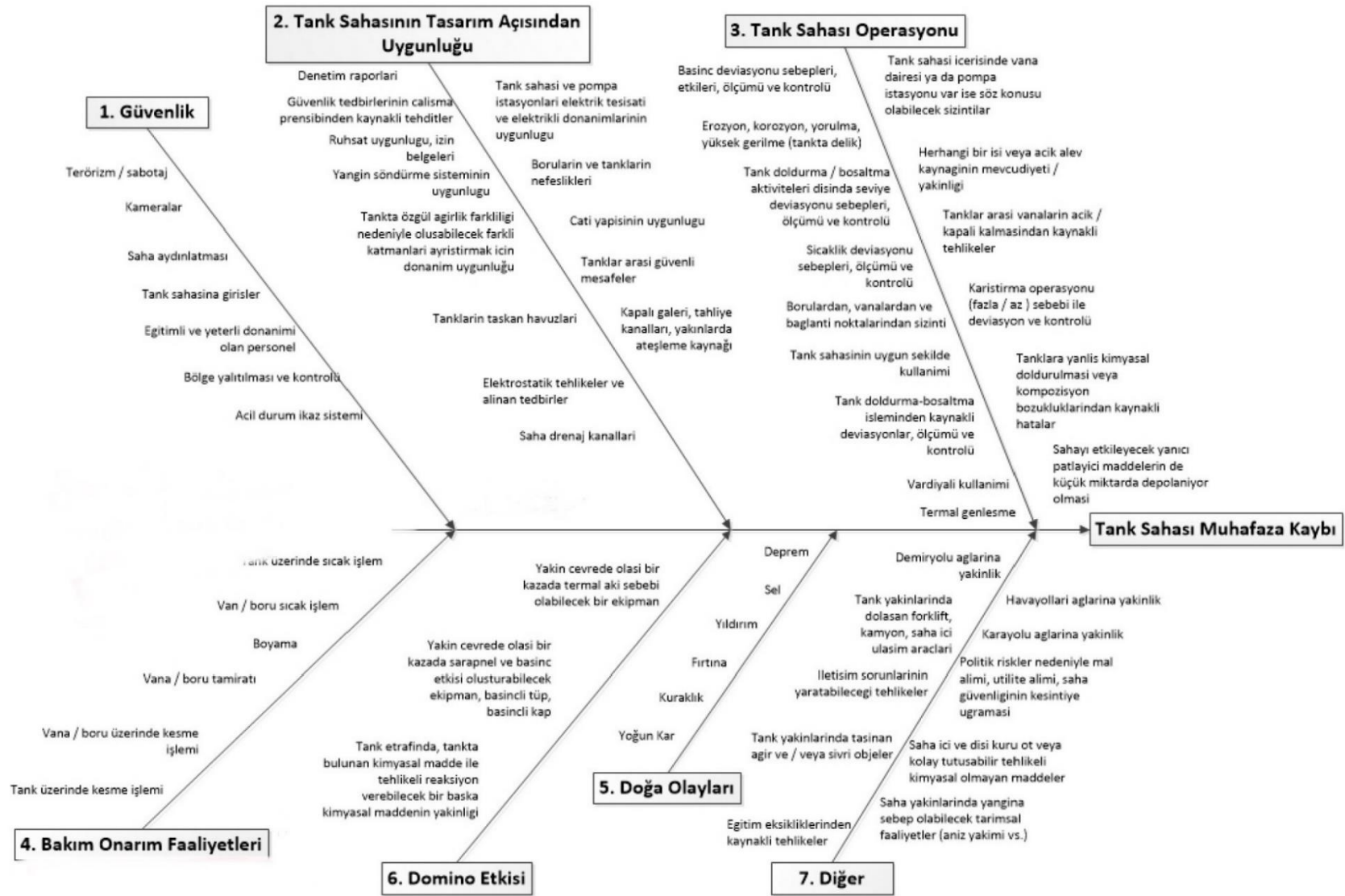
Riskler RKŞ üzerinden proje fazı, bütçesi, roller, sorumluluklar gibi değerlendirilmesi proje yönetim açısından özellikle fayda sağlayacak kategorilere de bölünebilir.

Çizelge 4'te, tez yazarı tarafından çeşitli projelerin erken tasarım aşamalarında kullanılmış bir RKŞ örneği görülmektedir. Çizelge 4, daha çok bir projenin fizibilite aşamasına dair değerlendirmeleri içeren bir RKŞ'ye benzemektedir. Projenin ilerleyen aşamalarında söz konusu olabilecek tasarım güvenliği risklerine bu RKŞ'de yer verilmemiştir çünkü; henüz bu kapsamdaki bir bilgiye, projenin erken aşamasında ihtiyaç yoktur. Öte yandan, ilgili proje tipik bir proje ise ve bu tipik projeler için endüstride ciddi proses güvenliği riskleri deneyimlenmişse, risk analizcisi erken aşamalarda bu konuyu genel karakteristikleri ile göz önünde tutmak isteyebilir. Bu başlıktaki tartışmalar Çizelge 4'te teknik riskler başlığı altında, kompleksite veya teknolojik hazıroluşluk gibi bir alt başlıkta veya tamamen ayrı bir başlık açılarak sürdürülebilir.

Çizelge 4-Proje Erken Aşamaları için Genelleştirilmiş Bir RKŞ

Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2
Proje Riski	<b>Müşteri Tarafı Riskleri</b>	Proje Tanımı
		Sistem Tanımı
		Zorlu ve Değişken İş Kabul Prosedürleri
		Etik Uyumsuzluk
	<b>Yönetim Riski</b>	Kaynaklar
		İzleme
		Kontrol
		Sözleşme Yapısı
		İletişim
		Mevzuat
		Değişimin Yönetimi
		Yabancı İşçi Statüsü
		Şirket Çalışma Yetkinliği
		Kompleksite
		Gizlilik Yönetimi ve Paydaşlık Kurgusu
	<b>Teknik Riskler</b>	Teknoloji Sağlayıcıları
		Hedefler
		Deneyim
		İnşaedilebilirlik
		Teknolojik Hazıroluşluk
		Yaşlanmış Teknoloji
		Sistem ve Performans Tanımlamaları
		Komplexite
		Atık Yönetimi
	<b>Pazar Riskleri</b>	Pazar Bilgisi ve Yönetimi
		Hammadde Fiyatlarında Değişkenlik
		Karlılık
		İşsizlik Oranı
		Sektöre veya Şirkete Tepki
	<b>Çevresel Riskler</b>	Politik Riskler
		Doğa Olayları ve Doğal Engeller
		Güvenlik (Security)
		Baskı ve Otorite Kaynakları
		Doğal Yaşam, Tarihi Kalıntılar ve İnsan Yaşam Alanları
		Hava, Su, Toprak Kalitesi
		Ekonomik Durumda Çalkantılar

Projenin farklı aşamalarında farklı RKŞ'ler kullanılabilir ya da projenin farklı yaşam çevrimi aşamaları farklı yüklenicilerin sorumluluğuna bırakılmış, dolayısıyla RKŞ yapısı ilgili proje aşamasına sınırlanmış olabilir. Bu konuda dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan birisi 'olgu' ve 'risk' kavramları arasındaki farkı unutmamaktır. Şekil 3'de, ÖTG 2 ve 3 aşamaları için proses güvenliği kategorisindeki faktörleri detaylı tartışabilmek için tez yazarı tarafından çeşitli projelerde kullanılmış bir balık kılıçığı şematiği sunulmuştur. Bu şematiği bir RKŞ olarak görmemek gerekir; aksi takdirde risk yönetim yöntemi çok karmaşık bir hal alır. Bu balık kılıçığı, riskleri tespit etmek için kullanılan bir kolaylaştırıcıdır, bir nevi kontrol listesidir. Esasen, büyük bir tank sahasına ait tehlike değerlendirmeleri çalışması esnasında oluşturulmuştur. Balık kılıçığı şemasının, pek çok başlığın tasarımsal uygunluk kontrolüne (olgu) karşılık geldiği, risk analizi olarak değerlendirilmemesi gerektiği görülmektedir. Örneğin, yıldırım bir olgudur ve sahada bu konuda gerekli tasarımsal önlemler alınmazsa, yıldırımın tesise zarar vermesi söz konusudur. Bu konu olasılıksak bir olay (risk) olarak görülmemelidir ve gerekli tasarımsal önlemler alınmalıdır. Alınması gereken önlemler tasarım ekibinin içinde yer alan elektrik ekibinin görevidir ve bu konu risk analizinin dışında tutulur. En genel anlamıyla, tesisin hangi tehlikelere karşı hazırlıklı olduğu sorusuna cevap aramak için yapılan çalışmalarda (Şekil 3) ise denetleyici, sadece genel olarak bu konuya değinmeyi tercih edebilir yani kısaca var mı yok mu tartışması yapabilir. Eğer eksik ise, yapılması yönünde aksiyon yazmayı tercih edebilir. Belirtilen konu ve güvenlikle ilgili olabilecek malzeme seçimi, relief vanalarının boyutlandırılması, topraklama gibi pek çok konu, risk analizi ile değil, iyi kurgulanmış bir güvenlik yönetim sistemi ile kontrol altına alınır. Bu tarz sistemler, kalite yönetim sistemlerine benzerler. Tez kapsamı dışında görüldüğü için daha fazla detaya girilmemiştir.



Şekil 3- Bir Tehlike Analizi Balık Kılıçığı Şematığı (Kötü bir RKŞ Örneği)

## 5.4.2 Risk Kırılım Şemasının Oluşturulması

RKŞ'nin oluşturulması esnasında dikkat edilmesi gereken genel kurallar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Risk ve olgu kavramları birbiri ile karıştırılmamalıdır. Örneğin yetkin olmayan kişilerin tespiti kaynak değerlendirmesi konusu içerisinde ele alınmalı, RKŞ içerisinde yönetilmeye çalışılmamalıdır. Bu gibi konuların tasarım şirketinin kalite yönetim veya tasarım güvenliği yönetim sistemleri ile yönetilmesi gerekir. Bu noktada kendiliğinden güvenli tasarım, teknolojik hazıroluşluk gibi bazı değerlendirmelerin olgu gibi görülmesine rağmen, bu faktörleri izlemek için kullanılacak bazı göstergeler, üstü kapalı olarak bazı risklerin değerlendirilmesine vesile olabileceği RKŞ içine dahil edilebilir. Örneğin, teknolojik hazıroluşluk seviyesinin artan değerleri bir proses şemasının olgunlaştığının, deneyimin arttığının, sistem entegrasyonundan kaynaklanabilecek risklerin azaltıldığının, ekipman performansında düşmeye sebep olabilecek risklerin azaltıldığı ölçütü olur. Dolayısıyla risk yöneticisi bu gibi başlıklara RKŞ ana yapısı içinde yer vermeyi tercih edebilir.
- İleride ticarileşmesi hedeflenen bir pilot tesis konsept tasarımı için değerlendirme yapılıyorsa, hangi kriterler özellikle araştırma konusu oluyorsa bu faktörlerin RKŞ'de yer alması dikkate alınmalıdır.
- Kriterler birbirini içermeyecek şekilde bir düzenleme yapılmalıdır.
- Kriterlerin bazılarının iyileştirilmesinin diğerlerini kötüleştirebileceği durumlara dikkat edilmelidir.
- Yeni teknoloji çalışmasını değerlendirmek için kullanılan kriterler tasarımın ilgili aşamasında sorgulanabilmelidir. Örneğin bir pilot tesis tasarlarken esneklik çok önemli bir kriter iken işletme maliyeti daha sonraki aşamalara bırakılan bir hedef olabilir. Yürütülen AR-GE çalışmasının ana hedeflerinden biri maliyeti düşürmek ise tabii ki durum değişecektir.
- RKŞ'deki her risk faktörü kantitatif bir ölçütle incelenmek zorunda değildir. Kalitatif değerlendirmeler, kalitatif sınıflandırmalar da kullanılabilir.

Bölüm 5.2’de sunulan proje karakterizasyonu, RKŞ’nin oluşturulması için gerekli bilgileri sağlar. İlgili karakterizasyon aşamalarının RKŞ ile ilişkisi temel olarak aşağıdaki şekilde kurulur:

Kapsam değerlendirme: Kapsam değerlendirmesine esas olan en temel döküman, tasarım ve/veya inşaa işlerini üstlenecek yükleniciye verilen ihale dökümanlarıdır. Proje sorumlusunun ihaledeki iş kapsamı tespit edilince, yüklenici prosesin hangi bölümlerinin kendi sorumluluğunda olduğunu anlar ve böylelikle kompleksite, safsızlık veya teknolojik hazıroluşluk gibi tartışmaları açıp açmaması gerektiğini, veya prosesin hangi bölümleri, hangi ekipmanları için açacağını belirler. Bölüm 5.2.2 sistem karakterizasyonu esnasında yapılan benzer değerlendirmeler de bu tartışmanın olgunlaşmasına fayda sağlar.

Kapsam tartışması ile ortaya çıkan bir diğer konu da yüklenicinin projenin veya tasarımın hangi aşamasına dair sorumlulukları üstleneceğidir. Örneğin, detay tasarımın sorumlusu olan bir ekip fizibilite aşamasında tartışılması gereken risk başlıklarını veya geleneksel olarak erken tasarım aşamalarında değerlendirilen teknolojik hazıroluşluk, kendiliğinden güvenlik gibi bazı başlıkları RKŞ’ye koymaya gerek duymayabilir. Bu konuda nihai karar sözleşme yapısının da proje kapsamı ile beraber değerlendirilmesi ile netleşir. Bir diğer örnek olarak, iş kapsamında sadece döner ekipmanların ve tankların tasarımından sorumlu olan bir ekibin risk analizinde doğal olarak ürün kalite veya özel tipte bir ekipman söz konusu değilse teknolojik hazıroluşluk faktörlerinden kaynaklı risklere RKŞ içinde yer verilmesine gerek yoktur.

Sistem Karakterizasyonu: Bölüm 5.2.2 esnasında tespit edilen sistem performans hedefleri RKŞ ana başlıklarının ve alt başlıklarının belirlenmesin kullanılır.

Tasarım Sürecinin Anlaşılması: Herder ve ark. [26]’ın çalışmasında tasarım üzerinde en etkili bulunan 10 faktör belirtilmiştir. Bu faktörler önem sırasına göre aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Güvenlik
- İşletilebilirlik
- Çevreye duyarlılık
- Güvenli devreye alma ve devreden çıkarma

- Amaca uygunluk
- Hammaddelerin verimli kullanımı
- Tasarımın yerel uyumu
- Kontrol edilebilirlik
- Bakım-onarım kolaylığı
- Yaşam çevrimi maliyeti

Bu kriterlerin tamamının detay tasarım öncesinde dikkate alınabileceği vurgulanmakla beraber, bir kısmının tanımlanmasında, ölçülmesinde ve tasarım prosesinde efektif bir şekilde ele alınışında problem olduğu belirtilmiştir [26]. Öte yandan, katılımcılarla yapılan çalışmada tüm kriterler için ortalama standart sapmanın küçük olduğu bir önem sırası ortaya çıkması da ilginç bulunmuştur. Yukarıdaki listede tanımı üzerinde mutabakat sağlanamayan pek çok kriter üst sıralara taşınmıştır.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde hangi kriterin tasarımın hangi aşamasında ele alınması gerektiğine dair sorular yöneltilmiştir. Belirtilen 10 kriterin tamamının da detay tasarım öncesi yönetilmeye başlanması gerektiği ortaya çıkmıştır. Özel olarak yaşam çevrimi maliyeti konularının fikir ve erken konsept tasarım aşamalarında (ÖTG 1-2), işletilebilirlik ve bakım-onarım kolaylığı konularının ÖTG 3 aşamasında veya bazı katılımcılar tarafından belirtildiği üzere detay tasarım aşamasında yönetilmesi gerektiği sonucu çıkmıştır. Bununla birlikte yaşam boyu maliyetin belirtilen aşamalarda hangi detayda göz önünde tutulabileceği ve işletilebilirlik kavramının tanımı konusunda belirsizlikler ortaya çıkmıştır [26].

Yapılan değerlendirmeler ağırlıklı olarak petro-kimya endüstrisi ve büyük çaplı, sürekli akışlı prosesler içindir. Farklı prosesler için farklı kriter setlerinin öne çıkabileceği belirtilmiştir [26].

Tasarım performans kriterlerinin ve ilgili olarak kapı-geçiş kriterlerinin tartışmaya açık olması risk analizini ve yönetimini de zorlaştıran bir konudur çünkü; risk analizcisi performans hedeflerinden sapma nedenlerinin peşindedir. Bu hedeflerdeki belirsizlik veya tanımlama problemi riskin kök neden tanımlamasını ve büyüklüğünün öngörülmesini zorlaştıracaktır. Yukarıdaki listeye ilgili olarak fark edilebilecek bir diğer ilgi çekici konu ise yaşam boyu maliyetinin yatırımcıların çoğu zaman birinci önceliği olmasına rağmen tasarımcıların sıralamasında son sırada yer almasıdır. Proje kapı-geçiş kriterlerinin çoğu

zaman maliyet tarafından baskılanmasına rağmen tasarım ekiplerinin birincil önceliğinin bu konu olmaması, maliyet parametresinin tasarımın fiziksel bir parametresi yapılmadığı, bu konuda belirgin bir yöntemin endüstride yaygınlaşmadığını göstermektedir. Maliyet konusunun halen, tasarım bittikten sonra mevcut tasarım üzerinden yapılan bir değerlendirme olduğu söylenebilir. Her ne kadar tasarım esnasında maliyeti azaltıcı bazı konuların tasarımcı tarafından adreslenmesi alışıldık bir durum olsa da yukarıdaki liste asıl önceliğin diğer kriterleri sağlamak olduğunu göstermektedir.

En çok kullanılan faktörlerin dışında ayrıca literatürde aşağıdaki faktörlerin de tasarım esnasında dikkate alınabildiği söylenebilir:

- Sürdürülebilirlik (YÇA metodu)
- Esneklik (hammadde kompozisyonu, operasyonel koşullar, çevresel faktörler, değişen ürün)
- Emre-amadelik (enjektör bozulması, korozyon, yüzeylerde kimyasal toplanması, blokaj, katalizör zehirlenmesi vs.)
- Teknolojik hazıroluşluk
- Entegrasyon için hazıroluşuk
- Sistem hazıroluşluğu
- İnşaedilebilirlik
- Kalite ölçütleri

Bu kriterleri risk değerlendirmesinde herhangi bir ordinal değer ya da sayısal bir ölçütle ifade etmeden serbestçe kullanmak, kalitatif olarak ölçümlemek de mümkündür. Yani, bu kriterler tasarım yöntemi içerisinde ele alınmıyor olmayabilir veya teknolojik hazıroluşluk seviyesi (TRL) gibi bir ölçütü olmayabilir. Herder [26]'in de vurguladığı üzere bu kriterlerin neyi ifade ettiği, tasarımın hangi şamasında hangi tasarım disiplini tarafından göz önünde tutulduğu ve nasıl ölçülebileceği üzerinde mutabakat olmazsa tasarım sürecine faydalı bilgi sağlayacak bir risk analizinden bahsetmek de zor olacaktır.

Proje Aşamalarının ve Çıktılarının Anlaşılması: Proje aşamalarını ve her aşamada beklenen tasarım çıktıları ile kapı-geçiş kriterlerini anlamak önerilen RKŞ'nin hangi başlıklarını hangi aşamada değerlendirmeye almak gerektiğine karar vermeye yarar.



Sözleşmeyi Anlamak: Sözleşme yapısı proje taraflarının sorumluluk alanlarını tespit etmeye yaradığı için, RKŞ içine alınması göz önünde tutulması beklenen risk kategorilerinin kimin sorumluluğunda olduğu anlaşılır ve risk analizcisi bu bilgi ile ilgili risk başlığını RKŞ içine alıp almamaya karar verir. Örneğin, döner ekipmanların emre-amadeliği ile ilgili risklerin veya yeni bir teknolojinin performans hedefleri ile ilgili konuların ekipman tedarikçisinin sağlayacağı garanti kapsamı ile yönetilmesine karar verilebilir. Ya da garanti kapsamı riskin sonuçlarını yönetmeye yeterli değilse risk analizcisi bu durumu göz önünde tutacak bir strateji geliştirmek isteyebilir. Dikkat edilmesi gereken konu, teknoloji sağlayıcısının tasarımı, yetkinliği, dökümantasyonu ve yönetimi dahilinde olan bir konuya dair risklerin ne düzeyde yönetilebileceğinin göz önünde tutulmasıdır.

Proje Performans Hedeflerinin Anlaşılması: Bölüm 5.2.6’da tespit edilen proje performans hedeflerinden sapmaya sebep olabilecek risk faktörlerinin, RKŞ içerisinde yer alıp almadığı kontrol edilir. Bu esnada herhangi bir şekilde projenin performans hedeflerinin sağlanmasına pozitif ya da negatif etkisi olmayan bir konunun RKŞ içine alınmamasına dikkat edilir.

Proje Durum-İlerleme Raporunun Anlaşılması: Risk analizinin söz konusu olduğu proje aşamasında, RKŞ’nin bazı başlıklarını değerlendirmek için geç olabilir. Proje durum raporu bu konuyu gözden geçirmek için kullanılır ve gerekli görülürse RKŞ revize edilir.

## 5.5 Teknik Risk Yönetimi Aktivitelerinin Proje Yaşam Çevrimi ile İlişkilendirilmesi

Yöntem seçimi, risk tespit, analiz, riske müdahale ve riskin izlenmesi başlıklarının tamamı için söz konusu olan bir aktivitedir. Başlangıç noktası bir önceki aşamada yapısı belirlenen risk kırılım şeması olmalıdır. En genel olarak, farklı risk kategorileri için farklı proje aşamalarında farklı yöntemlerin seçilebildiği söylenebilir. Örneğin, proses güvenliği hedeflerine yönelik tehditleri minimize etmek için projenin erken aşamalarında kendiliğinden güvenlik kontrol listelerinden bahsedilirken ÖTG 3 aşamasında HAZOP çalışmasından bahsedilir. İnşa edilebilirlik kapsamında projenin tüm süreçleri boyunca inşa edilebilirlik kontrol listelerinden bahsedilebilirken erken aşamalarda uygunluk değerlendirme yöntemlerinden de bahsedilebilir. Literatür araştırması bölümünde belirtilen çok sayıda yöntem, farklı teknik risk faktörleri için kullanılabilir. Ayrıca, risk tespiti veya analizi esnasında çok kriterli karar problemleri de açığa çıkarıyor olabilir.

Her farklı teknik risk kategorisi için tüm proje boyunca geçerli olabilecek yöntemler de kullanılabilir. Örneğin, beyin fırtınası, genel checklistler, uzman söyletisi, Delphi metodu , ‘olursa ne olur’ analizi gibi yöntemler daha esnek yöntemlerdir fakat çoğu zaman farklı kategorilerdeki riskleri doğru detay düzeyinde tespit edebilmek için özelleşmiş yöntemler tercih edilir. Detay düzeyi ilgili proje aşamasında elde edilebilen ve üretilen bilgi ve dökümanlar ile sınırlıdır ve tercih edilecek yöntemin belirlenmesinde en belirgin faktörlerden bir tanesidir. Bununla birlikte her proje aşamasında verilmesi gereken kararlar da farklı olduğu için bu kararlara bilgi taşıyacak risk faktörleri ve gerekli detay düzeyi de farklıdır. Cameron [27] Çizelge 5’te içeriği sunulan farklı proje aşamalarında, söz konusu olabilecek proje aktivitelerini belirlemiş ve bu aşamalara risk yönetim aktivitelerini adreslenmiştir. Teknik risk değerlendirme çalışmalarında bu değerlendirmeler ve ilgili atamalar projeden projeye farklılık gösterebilir fakat diğer proje aktiviteleri ile risk yönetim aktiviteleri arasındaki ilişkiyi göstermesi açısından örnek olarak sunulmuştur. Bölüm 6’da sunulan örnek proje çalışmasında, benzer olarak ilgili proje aşamalarına risk yönetim aktivitelerinin adreslemesi yapılacaktır.

Çizelge 5 -Proje Aşaması ve Faaliyetleri ile Risk Yönetim Faaliyetleri Arasındaki İlişkiye Bir Örnek [27]

PROJE AŞAMASI	İLGİLİ PROJE AKTİVİTESİ VE DEĞERLENDİRMELER	RİSK YÖNETİM AKTİVİTESİ	
		Strateji	Aktive
<b>Stratejik Planlama</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaynak kullanımı veya yeni ürün geliştirme ve inovasyon için ilk fikirler</li> <li>- Yeni iş fırsatları, potansiyel pazarlar, üretim lokasyonları</li> <li>- Diğer ticari ve endüstriyel girişimler ile ilişkiler</li> </ul>	<b>Rekabetçi ve Yenilikçi İş Fırsatı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Değişen ürün pazarlarında şirketin yaşama gücü</li> <li>- Kısa, orta ve uzun vadede iş geliştirme</li> <li>- Şirket birleşmeleri, satın almalar, iş birlikleri</li> </ul>
<b>Araştırma ve Geliştirme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yeni maddeler, ilaçlar veya ürünlerin sentezi</li> <li>- Pazarın ürün fikirlerine cevabı</li> <li>- Temel reaksiyon rotaları, kinetik ve reaksiyon koşullarının tespiti</li> <li>- Enerji ve yan proses ünitelerinin üretimdeki rolünün belirlenmesi</li> <li>- Temel fiziko-kimyasal özelliklerin tespiti ve onayı</li> </ul>	<b>Kendiliğinden Güvenlik Stratejilerinin Etkin Kullanımı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Genel olarak risk tespiti</li> <li>- Toksikoloji ve bozunma karakteristiklerinin anlaşılması</li> <li>- Dayanım ve fizikokimyasal özelliklerin etkilerinin anlaşılması</li> <li>- İnsan hatası noktalarının anlaşılması ve yönetilmesi</li> </ul>
<b>Ürün ve Proseslerin Konsept Tasarımı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternatif üretim rotaları ve process kimyasalları</li> <li>- Ekonomik potansiyel ve finansal değerlendirme</li> <li>- Potansiyel çevresel etkiler ve aşama risk değerlendirme</li> </ul>	<b>Optimal Üretim Rotası</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kendiliğinden güvenli tasarım adımları</li> <li>- Risk tespiti</li> <li>- Solventlerin, ayrıştırma ajanlarının seçimi</li> <li>- Tasarımın ekonomik sürdürülebilirliğinin sağlanması</li> <li>- Temel çevresel faktörlerin değerlendirilmesi</li> <li>- İnsan hatası noktalarının anlaşılması ve yönetilmesi</li> </ul>

PROJE AŞAMASI	İLGİLİ PROJE AKTİVİTESİ VE DEĞERLENDİRMELER	RİSK YÖNETİM AKTİVİTESİ	
		Strateji	Aktitive
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tesisin devreden çıkarma süreçlerini için stratejiler</li> </ul>		
<b>Detay Mühendislik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dinamik, işletilebilirlik ve esneklik</li> <li>- Kontrol sistemi yapıları ve optimal üretim</li> <li>- Gömülü yazılım doğrulama</li> <li>- Tesis koruma katmanlarının tasarımı</li> <li>- Ergonomi ve insan makine arayüzlerinin tasarımı</li> <li>- Risk analizi ve risk tahmini</li> <li>- Satınalma stratejileri</li> <li>- Akış şemaları ve P&amp;ID'ler</li> </ul>	<b>Ekipman Bütünlüğünün ve Performansının Güvence Altına Alınması</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimal ekipman tasarımı ve seçimi</li> <li>- Güvenlik sistemi performansı</li> <li>- Detaylı risk analizi</li> <li>- Çevresel performans</li> <li>- Muhafaza kaybı olaylarına karşı tasarım, güvenlik çalışmaları ile entegrasyon</li> <li>- Yaşam çevrimi maliyet analizi</li> <li>- Sistem emre-amadelik analizi</li> <li>- Değişim yönetimi sistemlerinin efektif yönetimi</li> <li>- İnşaedilebilirlik konuları ve tasarım süreci ile arayüzler</li> <li>- Tasarım esnasında devreden çıkarma konularına hazırlık</li> <li>- İlişkili operasyonlar arasındaki etkileşimler</li> </ul>

PROJE AŞAMASI	İLGİLİ PROJE AKTİVİTESİ VE DEĞERLENDİRMELER	RİSK YÖNETİM AKTİVİTESİ	
		Strateji	Aktitive
<b>Kurulum ve Devreye Alma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- İnşaat yönetimi ve kiritk yol analizi</li> <li>- Kaynak atama ve lojistik</li> <li>- Ön devreye alma, tesis başlatma prosedürü ve sistem doğrulama</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ekipmanın üretim aşamasında amaca uygunluğunun değerlendirilmesi</li> <li>- Kritik yoldaki inşaat süreçlerinin güvenceye alınması</li> <li>- İnşaat güvenlik yönetim planı ve uygulaması</li> <li>- Güvenlik yönetim sisteminin uygulanması</li> <li>- Eş zamanlı operasyonların yönetimi</li> <li>- Paydaşlar arası arayüzlerde güvnelik yönetimi</li> <li>- Devreye alma tehlikelerinin belirlenmesi</li> <li>- İnsan hatası noktalarının anlaşılması ve yönetilmesi</li> <li>- Çevre yönetim sisteminin uygulanması</li> </ul>
<b>Operasyon ve Üretim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bakım-onarım felsefesi ve stratejik planlama</li> <li>- Acil durumlara cevaplar ve risk yönetimi</li> <li>- Tedarik zinciri tasarımı, optimizasyonu ve operasyonu</li> <li>- Proses darboğaz noktalarının tespiti ve iyileştirici önlemler</li> <li>- Çevre yönetim planları</li> </ul>	<b>Ekipman Bütünlüğünün ve Performansının Güvence Altına Alınması</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operatör etkinliğinin yönetimi</li> <li>- Normal olmayan durumların yönetimi</li> <li>- Acil durum planlaması</li> <li>- Güvenlik sistemi performansının izlenmesi</li> <li>- Proses güvenliği kontrol, izleme ve yönetim faaliyetleri</li> <li>- Güvenlik merkezli bakım-onarım</li> <li>- Gerçek zamanlı optimizasyon</li> <li>- Etkin tedarik zinciri operasyonları</li> <li>- Risk azaltımı için fırsatlar</li> <li>- İnsan hatası noktalarının anlaşılması ve yönetilmesi</li> </ul>

PROJE AŞAMASI	İLGİLİ PROJE AKTİVİTESİ VE DEĞERLENDİRMELER	RİSK YÖNETİM AKTİVİTESİ	
		Strateji	Aktitive
<b>Devreden Çıkarma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontaminasyon temizliği ve ortaddan kaldırma seçenekleri</li> <li>- Geri dönüştürüm ve hurda değerlendirme fırsatları</li> <li>- Prosesle ilgili tesislerin iyileştirilmesi</li> <li>- Çevre ve atık konuları</li> <li>- Gelecek dönemli arazi kullanımı planlaması</li> </ul>	<b>Devreden Çıkarma Stratejileri ve Saha Testleri ve Değerlendirmeler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontaminasyon temizliği planı</li> <li>- Çevresel iyileştirme planı</li> </ul>

Literatürde proje yaşam çevrimi ile risk yönetim aktivitelerinin birbirine adreslendiği bir diğer örnek de Uluslararası Enerji Ajansı'nın bir raporunda [28] görülebilir. Bu raporda tüm teknik riskler proje aşamalarına adreslenmiş ve bir fotovoltaiik sistem örneği için dört temel başlığa ayrılmıştır. Proses güvenliği başlığı bu çalışmada sosyal riskin altında incelenmiştir. Riskler zaman ve para ile ilişkilendirilmiştir. Türünün ilk örneği olan projelerde proses performansının çok önemli bir kriter olarak görülürken inşaa süresinin önemli görülmeyebileceği ve bu durumun risk değerlendirme çerçevesini etkileyeceği belirtilmiştir.

Görüldüğü üzere ilgili aşamanın proje açısından karakteristik özellikleri risk analizcisinin nasıl kararlara bilgi sağlaması gerektiği ile ilgili bir strateji veriyor. Projeyi bu kapsamda anlamak RKŞ'nin ilgili kategorilerini proses aşamalarına adreslemek açısından önem taşır. Ardından bu kategorilerdeki değerlendirmeleri yapmak için yöntem seçimine geçilebilir. Dikkat edilirse yukarıda sunulan Çizelge 5'te henüz yöntem adreslemeleri yoktur.

Yöntemlere karar verilirken dikkat edilmesi gereken önemli bir konu her risk faktörünün detaylı analiz edilmesinin gerekli olmayabileceğidir. Bazı risklerin izlenmesi, bazılarının transfer edilmesi, bazılarının olduğu gibi kabul edilmesi, bazılarının minimize edilerek yönetilmesi, bazılarının ise detaylı analiz edildikten sonra gerekli yönetim politikasının belirlenmesi gereklidir. Proje kapsamı ve sözleşme maddeleri bu konuda en önemli belirleyicidir. Örneğin, hazıroluşluk değerlendirmesi ve sonrasında alınan kararlar ile hazırolmayan ekipmanlardan kaçınmak riskin olasılığını ve sonuçlarını hesaplamadan yapılan bir eylemdir.

Benzer bir tartışma çeşitli proje aşamalarında indikatör temelli risk analiz teknikleri kullanırken ortaya çıkar. Örneğin, teknolojik hazıroluşluk değerlendirmesi esnasında 1-9 arası değerlere sahip teknolojik hazıroluşluk seviyesei indikatörü (TRL), ilgili değeri özelinde pek çok farklı kategoride risk ile karşılaşılabilceğine işaret eder. Risk analizcisi çoğu zaman bu kategorilerdeki risk faktörlerini ayrıntılı tartışmaya gerek duymaz. Duysa dahi, ilgili faktörleri yönetebilecek imkanlara sahip olmayabilir. Bu nedenle ilgili faktörlerin detaylı analizi yerine, TRL seviyesini arttırabilecek önlemlere veya alternatif arayışına odaklanılır.

Kimya endüstrisinde tasarım aşamasında veya diğer aşamalarda hangi risk analiz yöntemlerinin kullanılabildiğiyle ilgili literatürde çok sayıda kaynak söz konusudur; [10], [29], [11], [5], [30] [31].

Yöntem seçiminde, gerekli girdi-çıkı döküman detay düzeyi ve ayrılabilir zaman gibi faktörler önem kazanır ve bu konular da projenin içinde bulunulan aşaması ile büyük ölçüde ilişkilidir. Yöntemlerin genel karakteristikleri ile proje yaşam çevrimine adreslendiği örnek bir çalışma için [12] numaralı kaynak incelenebilir. Bu tezin bir sonraki bölümünden (Bölüm 5.5.1) itibaren ise, tez kapsamında önerildiği hali ile risk yönetim aktiviteleri yaşam çevrimine detaylı olarak adreslenecektir.

Riskin proses güvenliği dışındaki kategorilerinde farklı enstitülerin yaşam çevrimi adreslemeleri ve geliştirdiği yöntemlere de rastlanabilmektedir. Oturmuş ve genel kabul görmüş bu yaklaşımlar çok az sayıda risk kategorisi için bulunabilse de sunulan yöntemin takibi risk analizcisinin işini büyük ölçüde kolaylaştırabilir. Örneğin, inşa edilebilirlik için CII'nın farklı proje tipleri için farklı proje aşamalarında kullanılmak üzere geliştirdiği kontrol listeleri vardır. Bu kontrol listeleri Dünya'nın önde gelen MTİ şirketlerinden gelen geri beslemeler ile zenginleştirilmiş ve kabul görmüştür. Bununla birlikte, bu ana kadar bahsi geçen tüm risk kategorilerinde yaşam çevrimi adreslemesi risk yöneticisinin görevidir ve bu görevini proje-planlama grubu ve onların araçları ile gerçekleştirir. Yürüteceği her bir aktiviteyi projedeki diğer aktiviteler ile öncül-ardıl ilişkisi içerisinde tanımlar ve her biri için bir icra süresi atar. Böylelikle her bir risk yönetim aktivitesinin proje yaşam çevrimindeki yeri netleşmiş olur.

İncelenen literatür ve tez yazarının deneyimlediği endüstriyel pratikler doğrultusunda, tipik bir kimyasal tesis tasarım sürecinde, proje aşamalarına risk yönetim aktivitelerinin adreslendiği alt bölümlere geçmeden önce, risk yöneticisinin tasarım sürecini anlayarak risk analizi yapmasının ötesinde tasarım sürecine dahil olduğu bir yaklaşımı açıklamak gerekli görülmüştür. RKŞ'nin proses güvenliği kategorisinin yönetimi için çoğu zaman kontrol listesi, HAZID, beyin fırtınası, olursa ne olur analizi, HAZOP gibi yöntemler ile başarılı bir risk tespit ve analiz süreci yürütmek bile güvenliğin güvence altına alınması için yeterli olmaz. Tespit edilen aksiyonların başarıyla yerine getirebilmesi için de uzmanlık gerekir.



Örneğin, proses ekipmanlarının tehlike yaratacak şekilde birbirine yakın olduğunun tespiti için de, doğru masafelendirmenin önerilebilmesi için de uzamanlık ve tipik risk analiz yöntemlerinin dışında yöntemler gerekir. Bir diğer örnek olarak, olası bir tehdit anında devreye girerek tehlikeyi yönetecek olan yangın-gaz algılama sistemleri, alarmlar, otomatik durdurma sistemleri, emniyet ventilleri gibi riski yöneten tasarım unsurlarının gerekliliğini belirlemek ve doğru tasarlanmasını sağlamak, proje risk yöneticisinin faaliyet alanı altında veya dışında olmak üzere daha detaylı çalışmaları gerektirir. Bu tarz unsurların tasarımı için eskiden ‘tanımlayıcı’ mühendislik standartları enstrüman, elektrik, proses mühendisliği gibi disiplinlerin gerektiğinde HAZOP çalışmalarından da geri besleme olarak tasarım süreçlerini yönetmeleri için yeterli olmaktaydı. Artık neredeyse son 20 yıldır, bu unsurların tasarımı ile ilgili standartların tamamı risk-bazlı standartlardır ve bu nedenle çok daha fazla risk yöneticileri, tasarım güvenliği yöneticileri ile arayüzleri gerektirir. İşin zor yanı, bu standartlar sadece yapılması gereken tasarım faaliyetlerini tanımlar; bu faaliyetleri projenin diğer faaliyetleri ile ilişkilendirmek ve yaşam çevriminde doğru yere adreslemek tasarım güvenliği mühendislerinin görevidir. Bu konuda, ilerleyen bölümlerde kılavuz bilgi sayfaları oluşturulacak ve yaşam çevrimi adreslemeleri yapılacaktır. İlgili tasarım standartlarının, proje yaşam çevrimi ile ilişkilendirilmesine bir başka örnek için, IEC 61511 uyarınca otomatik durdurma sistemleri (güvenlik enstrümanlı sistemler) özelinde Honeywell’den Daniel Poston’un bir kullanıcı konferansında yaptığı sunumu incelenebilir [32]. Bu sunum, güvenlik enstrümanlı sistemlerin tasarımında tüm disiplinlerin yürütmesi gereken aktiviteleri tanımlarken, bu tezde sadece risk analizcisi ve tasarım güvenliği yöneticisinin kontrolündeki faaliyetler özetlenecek, diğer disiplinlerin ilgili faaliyetleri ile öncül ardıl ilişkileri tanımlanacaktır.

Böylece bu noktada, tasarım güvenliği yöneticiliği kavramı ortaya çıkar. Projenin risk yöneticisi veya proses güvenliği ile ilgili riskleri analiz eden uzman tasarım güvenliği yöneticisi ile aynı kişi olmak zorunda değildir ama proses güvenliğini ilgilendiren tüm konuların yönetilebilmesi için böyle bir disipline ihtiyaç vardır. Bazı projelerde proje risk yönetimi için kullanılan risk yazmaçlarında proses güvenliğine ait risklere yer verilmez ya da en başat risklere yer verilir. Bunun nedeni, bu kategorideki risklerin sayısının çok oluşu ve herbirinin yönetimi esnasında hali hazırda zaten detaylı incelemelerin ve raporlamaların yapılarak risklerin kabul edilebilir noktaya çekilme zorunluluğudur. Bu risklerin yönetimi ile

ilgili izlenen strateji muhakkak kabul edilebilir noktaya çekilene kadar izlemek ve yönetmek üzerinedir. Tasarım güvenliği yönetimi disiplini kapsamında geliştirilen tüm çalışma usulleri ve daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere tasarım güvenliği yönetim sistemi, bu konuyu garanti etmek üzerine olgunlaştırılır. Proje risk yöneticisinin, proje kapı-geçiş aşamalarında proses güvenliğini ilgilendiren tüm risklere cevap verildiğini kontrol etmesi yeterli görülebilir. Öte yandan, projenin erken tasarım aşamalarında (ÖTG 1, ÖTG 2) yürütülen genel güvenlik değerlendirmelerine proje genel risk yazmacında yer verilebilir çünkü; bu değerlendirmeler ekipman veya enstrüman düzeyinde değil, teknoloji seçimi, proses seçimi düzeyinde az sayıdaki değerlendirmelerdir.

Bu tezin hazırlığı süresince yürütülen literatür çalışmalarında bir kimyasal tesis için risk yönetim aktivitelerinin ve yukarıda belirtildiği kapsamda riskin proses güvenliği başlığında tasarım güvenliği aktivitelerinin projenin yaşam çevrimi boyunca yürütülen diğer aktivitelere adreslendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. 2019 yılında CCPS bu eksığe cevap vermek üzere, tasarım aşamasıyla da sınırlı kalmadan, proje yaşam çevrimine proses güvenliği (genel kapsamıyla tasarım güvenliği) aktivitelerinin adreslendiği bir kılavuz [12] yayınlamıştır. Bu kılavuzda tasarım güvenliği aktivitelerinin projenin diğer tasarım çıktıları ile ilişkisi ve nasıl icra edileceği belirtilmemekle beraber her bir proje aşamasındaki risk yönetim aktiviteleri ve kapı geçiş kriterleri için öneriler sunulmuştur. Benzer kapsamda bir diğer kaynak da Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı tarafından nükleer tesislerin revizyonu veya yeni tesis projelerinde kullanılmak üzere yayınlanan [33] numaralı standarttır. Bu standardın nükleer dışı tesisler için de kullanılabileceği belirtilmiştir. İncelendiğinde, terminolojik bazı farklılıklarına rağmen kimya endüstrisinde de kullanılabileceği söylenebilir; tasarım aşamalarının ayrıştırılması kimya endüstrisi pratiklerine benzemektedir. Öte yandan, risk yönetimi ve tasarım güvenliği faaliyetlerinin diğer tasarım faaliyetleri ve çıktıları ile örtüştürülmesi konusu büyük ölçüde endüstriyel deneyim ile yürütülmekte ve şirketlerin kendi bilgi dağarcığı içinde saklanmaktadır.

Bu nedenle, tezin sıradaki bölümleri olan 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3 ve 5.5.4, literatürde sunulan genel karakteristikler ile de uyum içerisinde olacak şekilde, tez yazarının ilgili alandaki endüstriyel deneyimi ile derlenmiş bilgileri içermektedir. Özellikle 5.5.3 ve 5.5.4 bölümlerinde sunulan kılavuz bilgi sayfaları, tipik rafineri ve petrokimya projelerinde uluslararası paydaşların

varlığında denenmiş öncül-ardıl ilişkilerini, bilgi gerekliliklerini, disiplinlerarası ilişkileri ve diğer detayları içermektedir.

Bölüm 5.5.1 (ÖTG 1-Fizibilite) ve 5.5.2 (ÖTG 2-Seçim) çoğu zaman işverenin kendisi tarafından veya görevlendirdiği bir işveren-mühendisi tarafından icra edilen aşamalardır. Bu aşamalarda genellikle mühendislik disiplinleri tarafından icra edilen tasarım faaliyetleri çok temel düzeydedir ya da pek çok değerlendirme tek bir rapor ile sunulur. Kompleks proje planlama algoritmalarına gerek duyulmaz. Bu nedenle, Bölüm 5.5.1 ve 5.5.2’de kılavuz bilgi sayfalarına yer verilmemiştir. Risk yönetimi faaliyetlerinin karakteristiklerine ve kapsamına dair detaylara girilmesi ise gerekli görülmüştür.

Şekil 4’te, tez kapsamında endüstriyel deneyimlerin ışığında risk yönetimi aktiviteleri ile proje aşamaları adreslemesi için bir öneri sunulmuştur. Bölüm 5.5.1-5.5.4 arasında sunulan karakteristik aktivitelerin özetlenmesi amaçlanmıştır.

Şekil 4 üzerindeki aktivitelerin aynı anda birden fazla aşamada detaylandırılarak ilerlemesi veya üzerinde daha az ya da daha çok aktivite bulunması mümkündür. Proje kapsamı ve sözleşme yapısı bu konuyu etkileyen en önemli kriterlerdir. Öte yandan, bazı projelerde ÖTG 3 aşamasının kapsamı dar tutulmuş ve tipik olarak bu aşamada yapılması planlanmış bir risk yönetim aktivitesi detay tasarıma kaydırılmış olabilir. Şekil 4, endüstride iyi projelendirilmiş olarak görülebilecek bir yaklaşıma ait örneklemedir; proje özelinde rahatlıkla revize edilebilir.

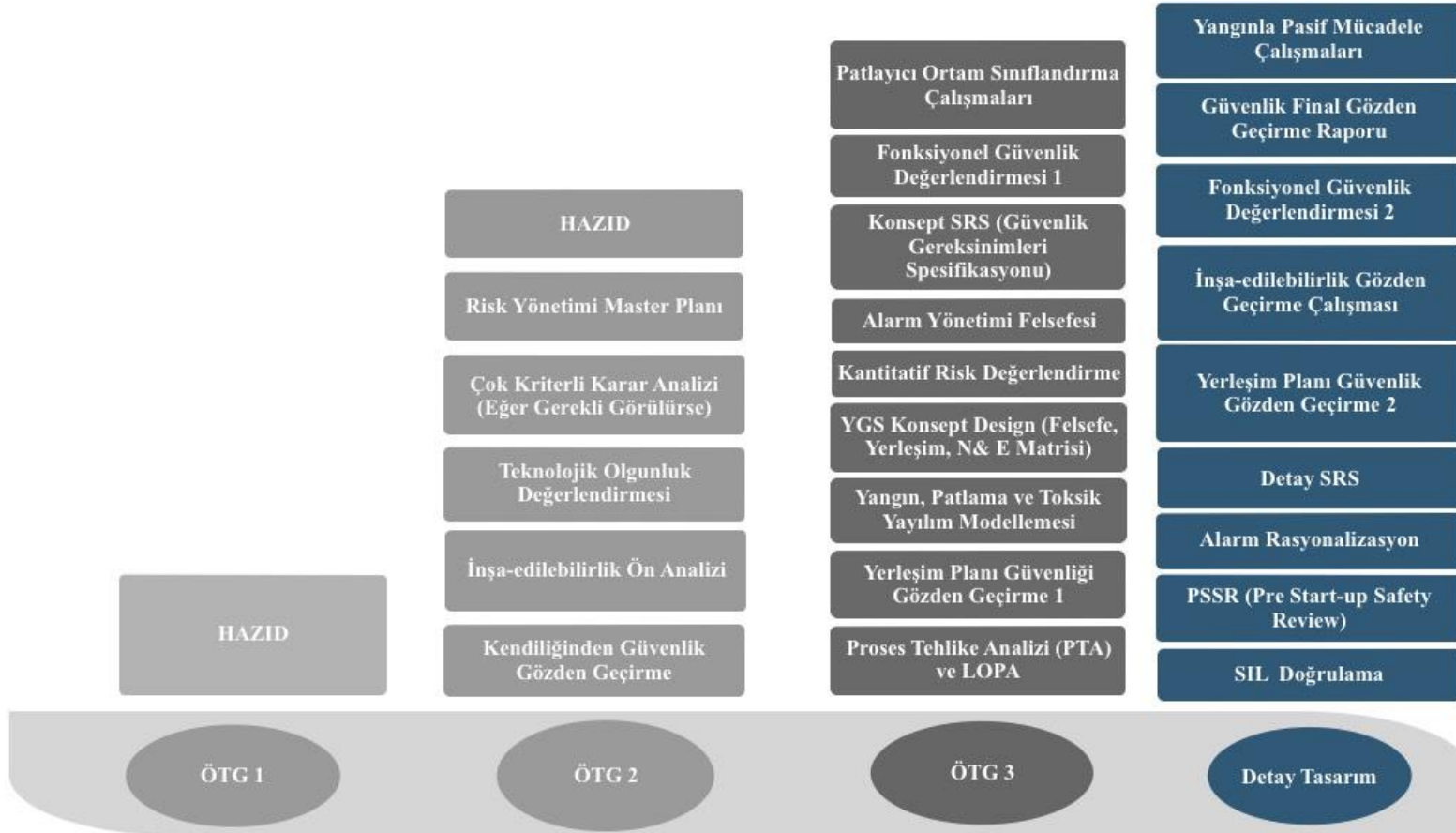
Tezin ilerleyen bölümleri ile vurgulanması gereken bir diğer konu da Bölüm 5.4’de tartışılan RKŞ konusudur. İzleyen bölümlerde, tek bir RKŞ’yi proje boyunca kullanmak stratejisi yerine, her proje aşamasında tartışılması gereken risk kategorilerinin detaylandırıldığı bir yaklaşım izlenecektir. Bir diğer deyişle, her bir bölümde ayrı bir RKŞ yapısı ile ilerlenecektir.

Bölüm 5.5.1-5.5.4 boyunca risk yönetim aktiviteleri proje yaşam çevrimine adreslenirken aşağıdaki 3 tipik başlık kullanılacaktır:

- Genel Karakteristikler: Projenin ilgili aşamasının karakteristikleri ile bu aşamada söz konusu olan risk yönetim aktivitelerinin genel karakteristikleri özetlenir.
- Risk Yönetim Aktiviteleri: Belirtilen karakteristikleri sağlamak üzere nasıl bir RKŞ yapısı ile ilerlenmesi gerektiği, hangi risk kategorilerinin önem kazandığı belirtilecektir.

Daha sonra bu kategorilerde analiz yapabilmek için endüstride yaygın kullanılan yöntemlere değinilecektir. Bu yöntemlerin projenin hangi aşamalarında kullanılması gerektiği belirtilecektir.

- Kapı Geçiş Kriterleri: Risk yönetim faaliyetlerinin kapı-geçiş kriteri olarak kullanıldığı durumlar açıklanacaktır.



Şekil 4- Risk Yönetim Aktivitelerinin Kimyasal Tesis Tasarım Aşamalarına Adreslemesi

## **5.5.1 ÖTG 1 (Fizibilite)**

### **5.5.1.1 Genel Karakteristikler**

Bu aşamada yapılan çalışmaların ana hedefi şirketin stratejik ve iş hedeflerini karşılamak üzere kayda değer akış şemalarını ortaya çıkarmaktır. Her bir seçenek yarattığı değer, taşıdığı riskler ve taşıdığı belirsizlikler açısından sorgulanır. Alternatif teknolojiler, alternatif prosesler ve yerleşim yerleri bu aşamada sorgulanır. ÖTG 2 aşamasına taşınacak ticari ve teknik açıdan en umut veren alternatifler belirlenmeye ve bir sonraki aşama için önemli olması gereken kriterler belirlenmeye çalışılır [12]. Bölüm 5.2.4.1’de Çizelge 2 bu aşamaya ait karakteristikleri hatırlamak için gözden geçirilebilir.

ÖTG 1 risk analizinde projenin ana maliyet kalemlerine odaklanılır. Zaten bu aşamada maliyet hesabı da kaba bir tahmindir ve ‘benzerler’ üzerinden elde edilen değerler ile yapılır. Projeye dair mekanik detaylar, teknoloji ve teknoloji sağlayıcı seçimleri henüz tartışılmaz. Bu nedenle teknolojik hazıroluşluk değerlendirmeleri de akış şeması özelinde genel tartışmalar düzeyinde yürütülür.

Risk analizinde, ana maliyet kalemleri ve proje performans hedefleri teknolojik hazıroluşluk, organizasyonel yeterlilik, finansal riskler, yasal riskler, ana teknik riskler, çevresel riskler, proje kapsam riskleri, sözleşme riski, pazar riskleri gibi en temel başlıkları içeren bir RKŞ kullanılır.

### **5.5.1.2 Risk Yönetim Aktiviteleri**

Umut veren alternatiflerin seçim sürecinde kullanılacak en temel düzeyde (kuşbakışı) bir risk analizinin gerekli olduğu görülür ki endüstride bu amaca yönelik olarak kullanılan risk analiz yöntemlerine sıklıkla HAZID adı verilir ve Bölüm 5.4.1’de sunulmuş olan Çizelge 4 bu aşamada genel karakteristikler bölümde tartışılması gerektiği belirtilen tüm konuları kapsayan bir çizelgedir. HAZID yöntemi farklı şekillerde uygulanabilmekle birlikte genel olarak bilgilenecek için [31] numaralı kaynak incelenebilir. Kontrol listeleri, beyin fırtınası, olursa ne olur analizi gibi daha basit yöntemler de yine bu aşamada kullanılabilir.

Ek 6’da bir HAZID çalışma sayfası da örnek olarak sunulmuştur. Çizelge 4 uyarınca sunulan RKŞ ile HAZID çalışma sayfası beraberce kullanılarak risk analizi yapılabilir. Örnek olarak

sunulan çalışma sayfası esasen bu aşamada bir risk yazmacı olarak da değerlendirilebilir. Kaydın bu şekilde daha düzenli ve detaylı tutulabilmesi nedeniyle HAZID çalışması bu aşamada tavsiye edilen yöntem olarak öne çıkabilir.

ÖTG 1 aşamasında gerekli görülürse, proses güvenliği kategorisi de yine HAZID içerisinde aşağıdaki gibi detaylandırılabilir [12]:

- Yeni ve bilinmeyen bir prosesin kullanımından kaynaklı proses güvenliği tehditleri belirlemek
- Kimyasalların miktarlarını minimize etmek, yerine başka kimyasal kullanmak, karışımların veya proseslerin daha az tehlikeli olacağı koşulları yaratmak, sistemi ve prosesini basitleştirmek olarak özetlenen 4 temel kendiliğinden güvenlik stratejisinin uygulanabilirliğini kontrol etmek
- Alternatif proseslerdeki kimyasalların fiziko-kimyasal özellikleri veya saha performanslarına yönelik belirsizliklerden kaynaklı yangın, patlama, toksik yayılım risklerinin belirlenmesi
- Yerleşim alanı olarak seçilen bölgenin dış çevre (endüstri, yaşam alanı veya doğal yaşam alanı) ile ilişkisinden kaynaklı risklerin belirlenmesi
- İlgili alternatiflerin inşa aşamasında kullanılacak ağır makinelerin veya vinçlerin kurulumundan, kullanımından kaynaklı mevcut proseslere yönelik risklerin belirlenmesi

ÖTG 1 aşamasında HAZID’i daha net bir şekilde diğer faaliyetlere göre yaşam çevriminde bulunduğu yeri adreslemek çok kolay değildir. Basitçe, çeşitli alternatiflerin beyin fırtınaları veya benzer yollarla elenmesinden sonra, HAZID için gerekli aşağıdaki bilgilerin oluşmasından hemen sonra yapılabilir:

- Temel hammadde-ürün tercihleri
- Alternatif lokasyonlar
- Olası teknoloji ve ilgili ticari akış şemaları (ya da yeni öneriler)
- Hammadde ve ürün taşıma stratejileri
- Olası ara ürünler
- Tipik atıklar, emisyonlar ve çevresel etkiler
- Tesisin tahmini büyüklüğü ve ekipman sayıları, kimyasal miktarları hakkında bilgiler
- Benzer proses maliyet bilgileri

### 5.5.1.3 Kapı-Geçiş Kriterleri

ÖTG 1 aşaması kapı-geçiş kriteri olarak en genel anlamıyla HAZID çalışması esnasında yürütülen tartışmalarda ekonomik, teknik, yasal, çevresel ve güvenlik açılarından kabul edilemez ve yönetilmez bir riskin kalmadığının teyidi kullanılabilir.

Proses güvenliği özelinde ise CCPS, eğer ilgili detayda inceleme yapıldı ise, aşağıdaki konuların proses güvenliği kapı-geçiş kriteri olabileceğini belirtmiştir [12]:

- Tüm alternatif teknoloji ve proseslerin olası proses güvenliği riskleri açısından karşılaştırılması
- Tüm alternatiflerin kendiliğinden güvenlik karakterleri açısından değerlendirildiğinin ve bu konunun alternatifleri değerlendirmek için kullanıldığının kullanıldığının teyidi
- Tüm yerleşim planı önerilerinin çevresel ilişkileri de göz önünde tutularak proses güvenliği açısından yönetilebilir olduğunun teyidi
- Proses güvenliği performansını belirgin düzeyde arttıracak proje alternatiflerinin değerlendirildiğinin teyidi
- Proses güvenliği açısından belirsiz ve bilinmeyen durumların ve olası etkilerinin incelendiğinin teyidi

Yukarıda belirtilen 5 kriter, objektif ve tartışmasız olarak performans sonucunu ifade eden veya bir alternatifin açıkça diğerinden daha iyi olduğunu sayısal olarak gösteren kriterler değildir. Bununla birlikte alternatiflerin değerlendirilmesi süreci de sadece proses güvenliğine bağlı değildir, kararlarda çok sayıda kriter etkilidir. Belirtilen kriterlerin birer örnek olduğu ve her projenin doğasına göre bu kriterlerin proje başında mutabakatla belirlenmesi gerektiği vurgulanabilir.

## 5.5.2 ÖTG 2 (Seçim)

### 5.5.2.1 Genel Karakteristikler

Projenin ÖTG 2 aşamasında, bu aşamaya taşınmış olan farklı proses alternatifleri arasında teknik olarak en iyi performansı sunabilecek, belirsizlikleri az, riskleri yönetilebilir ve finansal açıdan da en umut veren akış şeması seçilmeye çalışılır. Bunu başarabilmek için, proses alternatiflerinin performans değerlendirmelerini yapabilmek için, mühendislik çalışmaları temel mühendislik düzeyinde icra edilmek zorundadır. Temel mühendislik paketi



adı verilen tipik paket genellikle bu aşamada oluşturulur [12]. Bölüm 5.2.4.2’de hali hazırda bu aşamaya dair karakteristik çıktılarına yer verilmiştir.

ÖTG 2 aşamasında artık alternatif tüm proseslerin yaşam çevrimleri boyunca ortaya çıkabilecek riskler değerlendirilmeye başlanır. Proje boyunca söz konusu olan tüm güvenlik standartları, regülasyonlar ve proje seçimleri üzerine etkileri detaylandırılmaya çalışılır. Bu esnada, temel mühendislik paketi ile oluşturulmaya başlanan bilgilerin izin verdiği ölçüde detaya girilir. İlerleyen aşamalarda, uygulanacak standart ve regülasyonlardan kaynaklı olarak karşılaşılabilecek belirsizlikler ve zorluklar alternatifleri değerlendirmek için kullanılır. Ayrıca, tesis dışına çıkabilecek olası majör kazalar ve etkileri öngürülmeye çalışılır [12].

### **5.5.2.2 Risk Yönetim Aktiviteleri**

Teknik risk yönetim aktiviteleri bu aşamada daha detaylanmış ve daha fazla başlıkta değerlendirilir bir hal alır. Seçim sürecindeki karşılaştırmalarda kullanılan risk başlıklarının belirlenmesi ve bunların mümkün olduğunca hassas ölçütlerle ifade edilebiliyor oluşu önem kazanır. Ayrıca, temel tasarımın ve ilgili dökümanların ortaya çıkmaya başladığı bu süreçte tasarımın güvenli tercihlerle ilerletilmesine temel dayanak olacak şekilde risk yönetim aktiviteleri planlanmalıdır.

RKŞ, bu aşamada ÖTG 1 aşamasında kullanılan değerlendirmeleri tekrar gözden geçirme ya da detaylandırma isteği ile gözden geçirilirken, özellikle teknolojik hazıroluşluk değerlendirmeleri, kendiliğinden güvenlik, inşa edilebilirlik ve proses güvenliği tartışmaları daha fazla bilgi ile yürütülür.

Projenin bu aşamasında seçim süreci çok kriterli bir karar verme problemine de dönüşebilir. Bu karar verme probleminin çözümü için Bölüm 6’daki örnek projede denendiği üzere ağırlıklandırma ve skora yaklaşımı takip edilebilir. Eğer diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri tercih edilecekse, RKŞ’nin karar analizinde kullanılacak ilgili başlıklarındaki kriterlerin bu sayısal yaklaşıma uyum sağlayabilecek şekilde sayısal halde ölçülebilmesi gerekir. Tez kapsamında bu işlemin nasıl yürüteceğine dair detaylara ana konuyu dağıtmamak için girilmemiştir.

Yukarıda belirtilen başlıklardaki riskleri yönetebilmek için projenin bu aşamasında aşağıdaki aktiviteler yürütülür:

- **Çeşitli Proje Risk Kategorileri:** ÖTG 1 RKŞ’de HAZID kapsamında göz önünde tutulan, bilgi eksikliğinden detaylı incelenemeyen veya ÖTG 2 aşamasında üretilen yeni bilgiler ışığında yeniden incelenmesi gereken risk faktörleri, Bölüm 5.4.1’de sunulmuş olan Çizelge 4 uyarınca, ÖTG 2’ye taşınan umut veren alternatifler için yeniden gözden geçirilir, risk yazmacında gerekli güncellemeler yapılır. Eğer ÖTG 1’de bir HAZID çalışması yapılmadıysa bu aşamada başlatılabilir. ÖTG 1’de sürdürülen değerlendirmelerin detay düzeyine göre bu aşamadaki HAZID sadece tehlikeli kimyasallara ya da tehlike operasyonlara odaklanabilir [12]. Bu esnada genel bir yapı olarak oluşturulduğu ve bir risk yazmacı olarak da kullanılabilmesi için EK6’da sunulmuş HAZID çalışma sayfası kullanılabilir ya da EK 2 uyarınca yeni bir risk yazmacı hazırlanabilir.

- **Kendiliğinden Güvenlik:**

Daha önceki aşamalarda yürütülen kendiliğinden güvenlik tartışmalarının benzeri olarak proses şeması olgunlaşmaya başlarken yine kimyasal miktarını düşürme, solüsyonlar gibi tercihen başka türlü hazırlanabilecek karışımlarda daha az tehlikeli olanları seçme, daha az kuvvetli asitleri tercih etme, tehlikeli kimyasalların bir araya gelmesine engel olabilecek tasarım çözümlerini bulma, sistemi basitleştirme, insan müdahalesi ile ortaya çıkabilecek kazalara engel olabilecek şekilde bir tasarıma gitme seçenekleri tasarımın bu aşamasında sürekli göz önünde bulundurulur. Bu süreci yönetebilmek için kurumlar kendilerine özgü kontrol listeleri ve/veya prosedürler oluşturabilirler. Sistemin korozyon, deprem, koç darbesi gibi bazı bilindik tehditlere karşı dayanıklı olacak şekilde tasarım paylarının verilmesi veya tasarım esnasında söz konusu olan güvenlik faktörleri konuları esasen kendiliğinden güvenlik tartışmalarının bir parçası değildir ama tasarımın bu aşamasında göz önüne alınmaya başlanan konulardır.

ÖTG 1 aşamasında kendiliğinden güvenlik tartışmaları benzer tesislerde kullanılan teknolojiler, kimyasallar ve miktarlar üzerinden yapılırken bu aşamada artık temel mühendislik paketiyle oluşturulmaya başlanan bilgiler kullanılabilir.

Kendiliğinden güvenlik gözden geçirmeleri hem alternatiflerin seçimi esnasında herbir alternatif için hem de temel mühendislik paketi geliştirilirken seçilmiş alternatif için sürdürülür. Projedeki zamanlaması bu şekilde bir felsefe ile belirlenir.

Kendiliğinden güvenlik fırsatları olası sahalar, proses teknolojileri ve altyapı gereksinimleri özelinde tartışılır ve alternatifler arasında bir karşılaştırma imkanı verecek şekilde farklılıklar tespit edilmeye çalışılır [12]. Kendiliğinden güvenlik tartışmaları için bu aşamada özelleşmiş tekniklerden ziyade beyin fırtınası, olursa ne olur analizi ve kontrol listeleri gibi yöntemler kullanılır [12]. Endüstride sıklıkla kontrol listelerinin kullanıldığı söylenebilir. Özellikle CCPS'in [34] numaralı kaynağı, kendiliğinden güvenlik çalışmalarının yaşam çevrimi adreslemesi ve bu konuda kontrol listelerinin kullanımı için son derece bilgiler sunulmaktadır.

Palaniappan ve ark. [35], tasarımın erken aşamalarında kendiliğinden güvenlik kriterini proses yolunun ve akış şemasının seçimi özeline tartışmıştır. Proses yolunun seçimi esnasında tehlikeli kimyasalların alternatifleri ile değiştirilmesi veya hiç kullanılmaması ki proses kimyasını ilgilendiren konuların öne çıktığını belirtirken, proses şeması geliştirme aşamasında prosesi basitleştirme, yerine başka kimyasal kullanma, etkileri azaltma gibi kendiliğinden güvenlik tartışmalarının öne çıkacağını vurgulamıştır. Palaniappan ve ark. [35], ayrıca, erken tasarım aşamalarındaki kendiliğinden güvenlik tartışmalarında aşağıdaki konuların da tartışılması gerektiğini belirtmiştir:

- Daha az ekipman ve enstrümana ihtiyaç duyacak proses tercihleri
- Ekipmanların boyutlarını küçültecek tercihler
- Proses açısından önemli bir katkısı olmayan ama tehlikeli operasyon parametreleri ile çalışan temel işlemlerin belirlenmesi
- Tehlikeli destek işletmelerinin sayısını azaltmak veya ihtiyacı azaltmak
- Kaçak emisyonları veya sıvı-gaz kaçaklarını azaltacak tasarımsal tercihleri belirlemek
- Normal operasyon şartları kadar ilerleyen dönemlerde karşılaşılabilecek normal dışı durumları da göz önünde tutmak ve akış şeması alternatiflerini bu açıdan da karşılaştırmak

Palaniappan ve ark. [35], index yöntemlerin genellikle detaylı bilgiler gerektirdiğini ve bu nedenle tasarımın erken aşamalarında kullanılamayabileceğini belirtmiştir.

Öte yandan, literatürde kendiliğinden güvenlik çalışmaları için indeks temelli yöntemlerin de kendiliğinden güvenlik kriterini iyileştirmek için erken aşamalarda kullanıldığı çeşitli çalışmalar vardır [35], [36], [37], [38], [39].

Khan ve ark. [38], indeks yöntemlerin faydalarını aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- Hızlıca kullanılabilir
- Sonuçların değerlendirilmesi için tartışma yaratmayacak net skorlar sunar
- Alternatiflere ait tehlikelerin karşılaştırılmasına izin vererek karar verme süreçlerine katkı sağlarlar
- Prosese ait detaylı bilgi gerektirmezler
- Kullanımları için ileri düzeyde uzmanlık gerektirmezler

Her ne kadar, Khan ve ark. [38]'ın değerlendirmeleri indeks yöntemlere dikkat çekmek için önemli olsa da ve özellikle karar verme süreçlerindeki sağlanacak faydaları vurgulasa da, literatür genel olarak göz önünde tutulduğunda hızlıca kullanılabilirmeleri ve prosese dair detaylı bilgi gerektirmeyeceği konusundaki tespitlerin pek çok indeks yöntem için tartışmalı olacağı söylenebilir.

Literatürdeki indeks yöntemler proses akış şeması için bir skor elde ederek şemaları karşılaştırmaya yönelik [40], [36] ya da her bir kritik ekipman için skor elde ederek ekipmanları ya da işletme koşullarını karşılaştırmaya yönelik [37], [39] olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır.

İndeks temelli yöntemler arasında DOW FEI ve DOW CEI'nin diğerleri arasında endüstride daha bilindik olduğu söylenebilir. Etowa ve ark. [41], kendiliğinden güvenlik indikatörü olarak kimyasal miktarı, basınç, sıcaklık, alevlenebilirlik, reaktivite ve toksisiteyi karakteristik olarak belirlediği çalışmasında FEI'nin kendiliğinden güvenlik indeksi olarak kullanımını tartışmıştır. DOW'un bu iki indeksi geliştirirken ilk amacının tehlike düzeyi sınıflandırması yaparak daha detaylı tehlike analizleri gerektirecek proses bölümleri hızlıca tespit etmek olduğunu aktarmıştır. CEI indeksinin, FEI'nin hassas sonuç vermeyeceği, toksik karakteri daha belirgin olan prosesler için geliştirildiğini belirtmiştir. Ülkemizde de FEI sıklıkla operasyon aşamasında tesislerde kritik ekipman tespiti için kullanılmaktadır.

FEI ve CEI'nin tasarım sürecinin bir aracı olarak kullanılması ise üzerinde dikkatle durulması gereken bir konudur. Esasen FEI ve CEI bir prosesin güvenli ya da güvensiz

olduğuna dair bilgi vermek için geliştirilmemiştir. Sadece aynı kriterler açısından seçenekleri birbirleriyle karşılaştırırken görece olarak hangisinin daha güvenli olduğu bilgisini verebilirler. Bu zellikleri ile de ilk başta kendiliğinden güvenlik indeksi olarak geliştirilmeseler de en azından kısmi olarak, prosesin karakteristik risklerini erken aşamalarda tartışmak için kullanılabilirler [41]. FEI'nin tasarım süreçlerinde kendiliğinden güvenlik indeksi olarak kullanımını sorgulayan bir başka çalışma da Suardin ve ark. [42] tarafından yapılmıştır. Gupta [43] ise çalışmasında, bu metodun gelişmekte olan ülkelerdeki kullanımı esnasında ekipmanların tasarımı ve bakım süreçlerinin yönetimi gibi konulardaki farklılıklar sebebiyle FEI skorlamalarının nasıl değişebileceğini tartışmıştır.

- **Teknolojik Hazıroluşluk Değerlendirmesi:** Hazıroluşluk bu aşamada finansal ve maliyetle ilgili değerlendirmelerin yanında alternatiflerin arasından seçim yapma sürecinde en etkin olabilecek risk değerlendirme çalışmalarından birisidir.
- **İnşaedilebilirlik:** Bu kavram CII tarafından inşaat süreci bilgisi ve deneyiminin planlama, tasarım, satın alma ve saha operasyonları esnasında proje hedeflerine ulaşmayı sağlayacak şekilde en iyi düzeyde kullanımı olarak tanımlanabilir [44].

Bu aşamada temel seviyede bir inşaedilebilirlik analizi seçim sürecine destek sağlayabilir [12]. Örneğin alterantiflerin gerektirdiği özel imalat yöntemlerinin belirlenmesi, malzeme temin stratejilerinin tartışılması, mevsimsel koşullar nedeniyle sahada karşılaşılabilecek sorunların karşılaştırılması, saha dışı n montajlı üretim ve test gereklilikleri gibi konular projenin bu aşamasında farklı alternatiflerin birbirleri ile karşılaştırılması için göz önünde tutulur. Bu değerlendirmeler HAZID çalışmasının bir parçası olarak sürdürülebileceği gibi alternatifler arasında seçim yapmak için ayrı bir başlık altında da yürütülebilir.

CII, konsept tasarım aşamalarında (detay tasarım öncesi), hangi konuların inşaedilebilirlik kapsamında değerlendirilmesi gerektiğine yönelik literatür araştırması ve 15 büyük projenin yöneticileri ile görüşerek yürüttüğü bir çalışma yapmıştır [45]. Bu çalışmanın sonuçlarına göre aşağıdaki konuların ne çıktığı belirtilmiştir:

- Yerleşim Planı: Bu aşamada fonksiyonel ihtiyaçların ve bina tercihlerinin yer aldığı proses tercihleri ile ilgili tartışmalar ne çıkmıştır. Erişim ve kaçış yolları, ekipmanların montaj ve bakım esnasında yere yatırılması gereken bölgeler, vinç

lokasyonları ve hareket zarfları gibi konuların bu aşamadaki önemli inşaedilebilirlik tartışmaları olabileceği belirtilmiştir.

- Ana İnşaat Yöntemleri: Çevresel koşulların gerektirebileceği beklenmeyecek inşaat yöntemleri, ön montajlı ve saha dışında imalatı gerçekleştirilecek birimlerin tespiti, prosete kullanılan özel ekipmanlara dair özel inşaat yöntemleri ve hali hazırda bulunan yapılar ile yapılacak inşaat çalışmaları esnasındaki etkileşim konularının önemli olacağı belirtilmiştir. Yine bu aşamada yapısal ve mimari olarak maliyetleri düşürecek imalat yöntemlerinin de tartışılması tavsiye edilmiştir. Bu tartışmanın iteratif olarak yürütülmesinin gerekebileceği vurgulanmıştır.
- Proje Yönetimi: Projedeki zorlayıcı hedeflerin proje tipi, lokasyon, beklenenin dışında performans istekleri ve proje sorumluluk kurguları açısından tartışılması gerekeceği belirtilmiştir. Bu aşamada en önemli konulardan birinin sözleşme ve sorumluluk kurgusunun doğru belirlenmesi olduğu vurgulanmıştır.

CII, bu aşamada inşaedilebilirlik ile ilgili formal ya da dormal olmayan bir program tanımlanmasının, inşaedilebilirlik tartışmalarının inşaat öncesinde planlanması gerektiğinin, tasarım ve inşaat arasında bir arayüz tanımlamanın, sonuçları izlemenin ve çelişen noktaları düzeltmek için aksiyonlar belirlemenin önemini de ayrıca vurgulamıştır.

Tasarımın erken aşamalarında inşaedilebilirlik konusunun nasıl ele alınması gerektiği ile ilgili daha güncel bir saha araştırması Arditi ve ark. [46] tarafından, Amerika Birleşik Devletleri'nde olan lokal, ulusal ve uluslararası çalışan, ENR (Engineering News Record) sıralamasına göre ilk 500'de bulunan 134 firma ile yapılarak yayınlanmıştır. Bahsi geçen 134 firmadan 39'u elektrik santrali, rafineri gibi endüstriyel tesis projeleri ile ilgilenen tasarım firmalarıdır. Çalışma esnasında tasarım firmalarının inşaedilebilirlik başlığında yürüttüğü çalışmalar, bu iş için kullandıkları araçlar, tasarım aşamasında inşaedilebilirlik tartışmasını besleyebilecek veya sınırlayabilecek konular ve böyle bir tartışmanın tasarımcıya sağlayabileceği faydalar araştırılmıştır. Bu önemli çalışmada sunulan ve tezde yol gösterici olabilecek temel bulgular aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Proje lokasyonu en önemli etkiye sahip faktörlerden biridir. Proje bölgesinde daha önce kullanılan alt yükleniciler ve kullanılan inşaat teknikleri, işçi ve malzeme kalitesi sürecin baskın unsurlarıdır ve muhakkak tasarım esnasında da dikkate

alınması gerekir. Bunlar dışında saha erişim, toprak koşulları, çevresel koşullar ve ön-imalatlı ünite imkanları diğer başat faktörlerdir.

- Katılımcıların %4.3'ü inşaedilebilirlik kavramını daha önce hiç duymadıklarını belirtmişlerdir. Bu katılımcıların verdikleri cevaplar çalışma sonuçlarından hariç tutulmuştur. Geri kalan katılımcıların ise %50.7'si bu konuda en azından formal bir kurumsal felsefelerinin olduğunu belirtmiştir. Bu sonuç, çalışmada aktarıldığı üzere, sadece inşaat işiyle uğraşan firmalardaki bilincin çok üstündedir. Yazar, bu konuyu, inşaedilebilirlik tartışmasının tasarımcının görevi olduğuna dair yaygın kanıya bağlamaktadır. Tasarım firmalarının bu çalışmaları kimi zaman 'değer yaratma mühendisliği' ya da 'inşaat maliyet yönetimi' gibi çalışmalar altında yapabildiği de ayrıca belirtilmiştir.
- İnşaedilebilirlik tartışmaları için kullanılan yöntemler arasında sırasıyla meslektaş gözden geçirmesi (%88), geri bildirim mekanizmaları (%87), beyin fırtınası (%68), bilgisayarlı modeller (%45) ve fiziksel modeller (%27) öne çıkmıştır. Diğer yöntemler olarak da alt yüklenici, müşteri ve tedarik sağlayıcılar ile görüşmeler, kalite güvence sistemi ve ilgili kontroller, tasarım gözden geçirme çalışmalarına inşaat proje müdürünün katılması ve tasarım gözden geçirme kontrol listeleri belirtilmiştir.
- Genellikle tercih edilen yöntemlerin sezgisel yöntemler olması nedeniyle firmaların yaşanmış olay havuzlarının ve deneyimlerini raporladıkları sistemlerin önemi vurgulanmıştır.
- Katılımcı firmaların %51'i konsept tasarım aşamalarında, %80'ni ise daha erken tasarım aşamalarında itibaren inşaedilebilirlik tartışmalarını başlattığını belirtmiştir. Firmaların %4'ü ise tasarım bittikten sonra inşaedilebilirlik konusunu ele aldığını belirtmiştir. Sadece 1 katılımcı (%0.8) bu konuyu hiç ele almadığını belirtmiştir. Sadece detay tasarımda konuyu ele aldığını belirtenlerin oranı ise %6 olarak ortaya çıkmıştır.
- Katılımcıları %95'i inşaedilebilirlik tartışmaları esnasında, inşaat sorumlularının da tasarım ekibi ile beraber çalışması gerektiğini vurgulamıştır.
- Tasarla-İnşaa et tipi sözleşme yapılarının inşaedilebilirlik açısından daha iyi sonuçlar vereceği belirtilmekle beraber, projenin karmaşıklığının, takip edilen tasarım

pratiklerinin, proje çıktılarını oluşturma yöntemlerinin ve proje boyutunun önemli faktörler olacağı vurgulanmıştır.

- **Proses Güvenliği:** Seçim süreci sürerken proses güvenliğine yönelik riskler teknoloji sağlayıcılardan ve endüstriyel kaza tarihçelerinden elde edilen bilgiler ile sürdürülebilir. Bu kapsamda özellikle lisanslı teknolojiler kullanılması planlanıyorsa süreç biraz daha kolay sürer. Eğer türünün ilk örneği olacak bir tesis ise, muhtemelen daha öncesinde inşa edilmiş pilot tesis örneklerinden elde edilen bilgiler, alternatifler arasından seçim yapmak için kullanılabilir. Benzer tesislere ziyaret veya fikir alışverişi de bu başlıktaki riskleri temel mühendislik çalışmaları öncesinde gözden geçirmek için faydalı olacaktır. Tamamen yeni bir teknoloji kullanımı denenecek ise nihai proses çözümünün ÖTG 3 aşamasına kadar belli olmaması durumu ortaya çıkabilir [12].

Alternatifler arasından en umut veren proses çözümü (mümkün olduğunca alt unsurunda kararların netleşmiş olduğu) ortaya çıktıktan sonra proses ÖTG 3 aşamasına taşınmadan önce henüz verilemeyen kararların da verilebilmesi için tasarım temel mühendislik düzeyinde geliştirilir. Böylelikle ‘prosesle dair fikir’ netleştirilmiş ve geliştirilmek, ayrıntılı tanımlanmak üzere ÖTG 2’ye taşınmış olur.

Seçeneklerin nispeten azaltıldığı bir noktada artık temel mühendislik paketinin oluşturulmaya başlanması nedeniyle artık proses güvenliği risk kategorisinde detaylı analizler yapılabildiği gibi tezin Bölüm 5.5 giriş paragraflarında bahsedildiği üzere tasarım güvenliği hazırlık çalışmaları temel düzeyde başlatılır. Yani sadece risk analizi değil aynı zamanda tasarım güvenliği disiplini etkin hale gelir. Her ne kadar ÖTG 1 aşamasında tasarım güvenliğine yönelik konuların nasıl yönetileceği planlanmaya başlasa da bu konu esasen proses çözümü netleştikten sonra detaylandırılmaya başlanır ve HAZID’in iletilmesi, yerleşim planının optimize edilmesi, fonksiyonel güvenlik, yangın güvenliği gibi tesisin güvenlik açısından kritik altyapılarının temel bileşenlerinin belirlenmesi gibi çalışmalar yürütülür [12].

Bu çalışmalar, halen netleşmeyen proses seçeneklerindeki riskler için alınması gereken güvenlik önlemlerinin, kapsamı, etkinliği ve maliyeti gibi konularda bilgi verir. Alternatiflerin bu tasarım güvenliği bilgilerinin de kullanılması ile karşılaştırılması ve maliyet tahmin düzeyinin iyileştirilmesi sağlanır. Aşağıda ÖTG 2 aşamasında güvenlik başlığı altında söz konusu olabilecek çalışmalara kısaca değinilecektir; bununla birlikte



zaten bu aşamadaki tasarım güvenliği çalışmaları felsefe düzeyinde icra edilir. Dolayısıyla bu aşamada henüz ÖTG 3 ve detay tasarım bölümlerinde sunulacak kılavuz bilgi sayfalarında belirtildiği üzere belirgin bir kapsam ve yaşam çevrimi adreslemesi mümkün değildir. Yine aşağıda bu konuda bazı notlar bırakılmıştır:

- HAZID: Proses için seçilen teknolojiler ve akış şeması belirginleşince, proses güvenliğini ilgilendiren başlıklarda artık ÖTG 1 aşamasında yürütülen değerlendirmelerden daha detaylı olarak HAZID içerisinde ele alınması mümkün olur. Örneğin, temel tasarım paketi olgunlaştıkça, proses ekipmanlarının büyüklükleri, tasarım felsefeleri, öncül P&ID'ler, izolasyon vanalarının konumları, konsept yerleşim planı ve asayiş planı gibi unsurlar netleşmeye başlar [12]. Bu çalışmaların heen bitişini takiben yapılacak bir HAZID'te mesafelendirme tartışmaları, sıkışık bölge değerlendirmeleri, kaçış yolları, drenaj ve taşkan yönetimi, yangına ve patlamaya karşı hassas bölge değerlendirmeleri gibi konular tartışılabilir hale gelir. Ayrıca gerek tasarım güvenliği mühendisliği gerekse diğer disiplinlerden mühendisler, ÖTG 2 aşamasında yangınla mücadele, yangın-gaz algılama sistemleri, basınçsızlandırma sistemleri (relif sistemler), lojistik, baca sistemleri, kontrol ve otomatik durdurma sistemleri, alarm yönetimi gibi konularda temel felsefe dökümanlarını oluşturmaya başlarlar [12]. HAZID çalışması esnasında bu başlıklarda da değerlendirmelere yer verilebilir.
- Layout gözden geçirme çalışmaları: Tasarım sürecinin bu aşamasında temel kütle denklilikleri, öncül P&ID'ler, öncül yerleşim planı hazırlandıktan sonra tercih edilen ekipman yerleşimleri ve mesafelendirmeler endüstriyel kılavuzlarda belirtilen değerler uyarınca gözden geçirilebilir. Bu aktivite genellikle HAZID içerisinde risk yöneticisi tarafından gözden geçirilir. Bölüm 5.5.3 ve 5.5.4'te, yerleşim planı güvenlik gözden geçirme çalışmalarının ayrı birer aktivite olarak sürdürülmesine imkan tanıyan daha gelişkin kılavuz bilgi sayfaları sunulacaktır.
- İlerleyen aşamalara dair risk yönetim çalışmaları ve hazırlanacak prosedürler: Projenin bu aşamasında, ilerleyen aşamalara yol gösterecek tasarım güvenliği regülasyonları ve standartlarının tespiti yapılır. Aynı zamanda tesisi işletecek ekip için gerekli olacak ve tasarımın ilerleyen süreçlerinde hazırlanması beklenecek prosedürlerin, yürütülmesi gereken çevresel etki değerlendirme çalışması gibi özel

raporlamaların, basınçlı kaplar için alınması gereken onayların listesi çıkarılır. Bu liste ÖTG 3 ve detay tasarım aşamalarında doğal olarak güncellenebilir. ÖTG 2 son aşamalarında bu konuların netleştirilmesi yeterlidir.

Proses alternatifleri arasından seçimlerin yapılmasından sonra ya da sayının azaltılmasından sonra yürütülen yukarıdaki risk yönetim aktivitelerinin önemli bir bölümü tasarım güvenliği aktivitesi olarak değerlendirilebileceği için yani tasarım sürecine eklemlenerek herhangi bir anda yürütülen tasarım faaliyetlerini de içerdiği için, bu esnada alınan her kararın risk yazmacına (EK 2 veya Ek 6) yazılması mümkün değildir. Genellikle, tercihler konusunda tereddütlerin olduğu ve bu tereddütler nedeniyle finansal ya da zamansal açıdan proje riski ortaya çıkıyorsa risk yazmacına girişler yapılır. Örneğin, tehlikeli bir kimyasalın etrafına taşkan havuzu konması gerekiyorsa bu konur ve maliyet hesaplarında göz önünde tutulur. Bu ihtiyaç HAZID esnasında (eğer HAZID bu aşamada proses güvenliği risklerini detaylı bir şekilde inceleyecek yapıya dönüştürüldü ise) da belirilmiş olabilir, genel olarak ekibin tasarım pratiklerinin bir parçası olarak da konmuş olabilir. Örneğin CCPS [12] kılavuzunun Ek 6'sında projenin farklı aşamalarında kullanılacak bir kontrol listesi örneği sunmuştur. Tasarım ekibi böyle bir kılavuzdan faydalanyor olabilir. Eğer ihtiyaç HAZID ile belirlenmiş ise zaten bir yazmaçta yer alıyor demektir ama tasarım geleneği olarak yerleştirildi ise, risk yazamacına bu konu tersten giderek taşınmaz. Öte yandan, eğer taşkan havuzunun kullanımı ya da yapısı konusunda bir şüphe varsa, bu ileride maliyet farkı yaratacak bir konu olduğu için muhakkak risk yazmacında bu konuya yer verilir. ÖTG 2 aşamasında konuşulmaya başlanan ve eğer herhangi bir kararsızlık söz konusu ise ileride maliyet üzerinde etkisi olabilecek tasarım unsurları tez yazarının endüstriyel tecrübesi ile EK 7'de özetlenmeye çalışılmıştır. Bu ek, [12] numaralı kaynakta Ek 6'da verilen liste ile karşılaştırmaları olarak, ÖTG 2 sonunda ihtiyati tedbir fazlalık miktarı belirlenirken kullanılabilir.

### **5.5.2.3 Kapı-Geçiş Kriterleri**

Bu aşama temel mühendislik çalışmalarının olgunlaştırıldığı bir aşama olduğu için maliyet ve zaman öngörülerini ile ilgili kapı-geçiş kriterleri daha net bilgiler ile gözden geçirilebilir. Benzer olarak proje performans değerleri de temel teknolojiler ve temel denklemler ortaya çıkmaya başladığı için kapı geçiş kriteri olarak kullanılabilir. İnşaedilebilirlik veya teknolojik hazıroluşluk düzeyi ile ilgili bazı sınırlamalar da yine bu bölümün sonunda kapı geçiş kriteri

olarak kullanılabilir. HAZID çalışması esnasında yürütülen tartışmalarda ekonomik, teknik, yasal, çevresel ve güvenlik açılarından kabul edilemez ve yönetilmez bir riskin kalmadığının teyidi de yine bu kriterlerin sorgulanması esnasında kullanılabilir.

Proses güvenliği özelinde ise CCPS, örnek olması için aşağıdaki konuların da proses güvenliği kapı-geçiş kriteri olabileceğini belirtmiştir [12]:

- Ortaya çıkan proses çözümleri için özel bir önlem veya belirsizlik içeren ve bu nedenle daha detaylı inceleme gerektiren durumların tespit edildiğinin teyidi
- Tehlike ve belirsizlikleri yönetmek için önerilen çözümlerin projenin süresi ve organizasyon yapısı ile uygulanabilir olduğunun teyidi
- Projenin tüm yaşam çevrimi, yeni teknolojiler ve lokasyon karakteristiklerinin proses güvenliği ile ilgili ileriye dönük yapılan planlarda göz önüne alındığının teyidi
- Uygulanması gereken tüm regülasyonların, standartların ve proje-şirket prosedürlerinin tespitinin yapıldığının teyidi
- Bir güvenlik yönetim planının hazırlandığının ve proje ekibi ile beraber paylaşıldığının, sonrasında da ilerleyen aşamalarda kullanılmak üzere onay alındığının teyidi

### **5.5.3 ÖTG 3 (Tanımlama)**

#### **5.5.3.1 Genel Karakteristikler**

Projenin bu aşamasında proje yönetiminin esas amacı, deaty tasarıma geçilmeden önce ihtiyaç duyulabilecek tüm bilgi paketinin hazır edilmesidir. Örneğin, ana ekipmanların öncül bilgi formları, inşaa ve imalat malzemeleri, borulama hattı genel kurgusu, elektrik ve kontrol sistemi genel kurgusu, yapısal tasarım çelik işleri, kablolama, ana binalar gibi tercihler netleşir. ÖTG 2’de üretilen dökümanları güncellenir [12]. ÖTG 3 şaması sonrasında artık tercihlerin tartışıldığı değil, tercihlerin imalat ve montaj için detay çalışmalarının yapıldığı bir aşamaya geçilmesi hedeflenir. ÖTG 3 aşaması ile beraber yapılacak maliyet zaman öngörülere ile artık projenin hayata geçirilmesine dair kesin kararın da erilmesi beklenir.

Tasarım sürecinin bu aşamasında tesise özel ve projeye özel spesifik detaylar, güvenlik sistemlerinin tasarımında daha belirgin bir etkiye sahip olur.

Tasarım güvenliğine yönelik genel felsefe bu bölümde olgunlaştırılır (alarm yönetim felsefesi, yangınla mücadele felsefesi, yangın-gaz algılama felsefesi vs.) ve güvenlikle ilgili fonksiyonlar için performans hedefleri belirlenir. Yani teknoloji sağlayıcı firmalardan güvenlik açısından kritik tasarım unsurları için sağlanması beklenen bütünlük (sızdırmazlık seviyesi, patlayıcı ortam Ekipman kategorisi, SIL seviyesi vs.) ve fonksiyonel (kaç saniye içerisinde devreye girecek vs.) gereklilikler netleştirilir. Risk değerlendirme çalışmaları kalitatif, sayısal veya yarı-sayısal olarak icra edilebilir. Bu risk değerlendirme çalışmaları ile tespit edilen tehditlere karşı önleyici ve yatıştırıcı güvenlik önemleri tanımlanır.

Yerleşim planına yönelik ana kararlar verilmiş olur. Bu aşamada ana teknoloji seçimlerine yönelik tartışmaların biter. Kendiliğinden güvenlik için esneklik giderek azalır.

### **5.5.3.2 Risk Yönetim Aktiviteleri**

Risk yönetim aktiviteleri yukarıda belirtildiği üzere ÖTG 3'te daha çok projeye ve prosese spesifik bilgiler kullanılarak tasarım güvenliği mühendisliği gereklerini yerine getirmek üzere yoğunlaşır. RKŞ'nin oluşturulmasında temel düzeyde inşa edilebilirlik, kendiliğinden güvenlik tartışmaları veya önceki bölümlerden ÖTG 1'den itibaren taşınan HAZID kapsamındaki tartışmalar (Çizelge 4) dikkate alınıyor olsa da, esas konsantrasyon proses güvenliği başlığında, güvenlik açısından kritik tasarım unsurlarının belirlenmesi ve tanımlanması üzerinde yoğunlaşır. Riski tespit ve analiz etmek için kullanılan bu aktivitelerin sayısı ve icra kapsamı Bölüm 5.2'de sunulan proje karakterizasyonu ile büyük ölçüde ilintilidir.

Bununla birlikte, tipik bir orta ölçekli rafineri ünitesi yenileme projesinde aşağıdaki sıralanan aktivitelerin yerine getirilmesi beklenebilir. Belirtilen bazı aktivitelerin detay tasarımda yapılması yönünde uygulamalar da söz konusu olabilir. Bu durum proje karakterizasyonu esnasında netleştirilebilir. Listelenen aktivitelerin amacı, tipik proje çıktısı, temel referansları, çalışmayı yürütmek için gerekli bilgiler, disiplinlerarası ilişkiler, kullanılacak araçlar, proje yaşam çevrimine genel ve öncül-ardıl düzeyinde detaylı adreslemeler çeşitli endüstriyel uygulamalardan elde edinilen deneyimle tez yazarı tarafından derlenmiştir. Listedeki aktiviteler, ÖTG 3 aşamasında yürütülen güvenlikle ilgili tüm çalışmalar olarak görülmemelidir. Her bir disiplinin kendi içerisinde sürdürdüğü, yangından

pasif korunma, yangın hidrant hesabı, acil durum elektrik ihtiyaçlarının belirlenmesi, güvenlik enstrümanlı sistem tasarımına dair mantıksal çözümleyici seçimi, drenaj tasarımı gibi güvenlikle ilgili çeşitli aktiviteler de tasarım sürecinin bir parçası olarak ayrıca devam eder ve tasarım güvenliği grubu tarafından bir güvenlik yönetim sistemi uyarınca kontrol altında tutulur. Aşağıda belirtilen liste karakteristik olarak risk analizi ve tasarım güvenliği disiplinleri tarafından yürütülen aktiviteleri içerir:

- Proses Tehlike Analizi: Çeşitli yöntemler kullanılabilir; örnekleme HAZOP üzerinden yapılmıştır (Çizelge 6).
- SIL hedef seçimi; örnekleme Koruma Katmanları Analizi (LOPA) üzerinden yapılmıştır (Çizelge 7).
- Konsept Güvenlik Gereksinimleri Tanımlama Dökümanı (GGT) (Çizelge 8)
- Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 1 (Çizelge 9)
- Alarm Yönetim Felsefe Dökümanı (Çizelge 10)
- Yangın ve Gaz Algılama Sistemi Felsefe Dökümanı (Çizelge 11)
- Yangın ve Gaz Detektör Yerleşimi (Çizelge 12)
- Yangın ve Gaz Neden-Etki Matrisi (Çizelge 13)
- Yangın, Patlama, Toksik Yayılım Modelleme (Çizelge 14)
- Sayısal Risk Değerlendirme (Çizelge 15)
- Patlayıcı Ortam Sınıflandırma (Çizelge 16)
- Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirmesi 1 (Çizelge 17)

## Çizelge 6-Proses Tehlike Analizi (HAZOP) Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	IEC 61511 (Madde 8) uyarınca bir proses tehlike analizinin (bu çizelge özelinde HAZOP çalışmasının) amaçları aşağıdaki gibidir: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses ve ilgili ekipmanlara dair tehlikelerin ve tehlike senaryolarının belirlenmesi</li> <li>- Tehlikeye sebep olan olay zincirinin belirlenmesi</li> <li>- Tehlikeli olayın prosese etkilerinin belirlenmesi</li> <li>- Riski azaltmak için gerekliliklerin belirlenmesi</li> <li>- Gerekli olan risk azaltımı için tanımlanan güvenlik fonksiyonlarının belirlenmesi</li> <li>- Güvenlik fonksiyonlarının hangilerinin 'güvenlik enstrümanlı fonksiyon' olduğunun belirlenmesi</li> </ul>
<b>Tipik Çıktı</b>	HAZOP Kapanış Raporu
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ ISA 84.00.01-2004</li> <li>- CCPS LOPA</li> <li>- CCPS Initiating Events and Independent Protection Layers</li> <li>- Tasarımın sahibi şirketin HAZOP prosedürü</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasarımın sahibi şirketin risk kabul kriterleri (ALARP)</li> <li>- Borulama ve enstrümantasyon bilgisi</li> <li>- Proses akış listeleri ve ilgili proses parametreleri</li> <li>- Başlatma ve durdurma prosedürleri dahil olmak üzere operasyon prosedürleri</li> <li>- Tesis yerleşim planı, ünite yerleşim planı</li> <li>- Meteorolojik veriler</li> <li>- Doğal olaylar geçmişi ve karakteristikler</li> <li>- Kontrol felsefe dökümanı ve alarm limitleri</li> <li>- Proses-ekipman ve proses-enstrüman veri formları</li> <li>- Proses tanımı ve karakteristikleri (özellikle reaksiyonlu işlemler için)</li> </ul>
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği (ya da bağımsız danışman), Proses, HAZOP Takımı, Enstrüman ve Kontrol
<b>Araçlar</b>	EXSILENTIA PHAx Module, PHA Pro. Vs.
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 2 (HAZOP dışı yöntemler için), ÖTG3, detay tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
HAZOP için yayımlanan P&ID PSV için proses enstrüman veri formu IFR Kontrol Felsefe Dökümanı Kimyasal Uyumluluk Matrisi C&E Matrisi IFR	LOPA Raporu P&ID IFCwth Kontrol vanası (KV), Aç-Kapa Vana için proses veri formları IFA PSV'ler için proses enstrüman veri formları IFA On-Line Analizörler için proses enstrüman veri formları IFA Proses içi ve saha enstrüman veri formları IFA Yangın Gaz Algılama Sistemi Felsefesi

Çizelge 7- SIL Hedef Belirleme (LOPA) Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	LOPA çalışmasında, tespit edilen kritik senaryoların gerçekleşme olasılığının kabul edilebilir seviyeye (ALARP) çekmek için gerekli bağımsız koruma katmanlarının tespiti ve bu katmanların ne ölçüde etkin, bağımsız, spesifik ve izlenebilir olduğunun değerlendirmesi yapılır. İhtiyaç duyulacak ilave koruma katmanları eğer bir güvenlik enstrümanlı sistem olacak ise SIL atamaları yapılır.
<b>Tipik Çıktı</b>	LOPA Raporu
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ISA 84.00.01-2004</li> <li>- CCPS LOPA</li> <li>- CCPS Initiating Events and Independent Protection Layers</li> <li>- Tasarımın sahibi şirketin HAZOP prosedürü</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasarımın sahibi şirketin risk kabul kriterleri (ALARP)</li> <li>- HAZOP'tan gelen kritik tehlike senaryoları</li> <li>- Kök sebepler &amp; Koruma katmanları (mevcut veya HAZOP'ta adreslenen)</li> <li>- Şirketin başlangıç olay ve bağımsız koruma katmanı hata veri tabanı</li> </ul>
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği (ya da bağımsız danışman), Proses, HAZOP Takımı, Enstrüman ve Kontrol
<b>Araçlar</b>	EXSILENTIA LOPAx Module
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3, Detay Tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
HAZOP Kapanış Raporu	SIL Doğrulama Çalışması SIS Konsept Yapı Tasarımı (iç yayın)

Çizelge 8 - Konsept Güvenlik Gereksinimleri Tanımlama Dökümanı (GGT) Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	<p>Güvenlik gereksinimleri tanımlama dökümanı, IEC 61511 standardı uyarınca tanımlanmış, her bir güvenlik enstrümanlı sistemin fonksiyonel ve bütünlük gerekliliklerinin kaydedildiği bir dökümandır. Konsept hali SIL doğrulama çalışmalarından veya SIL değerlendirme çalışmalarından hemen sonra hazırlanıp teknoloji sağlayıcılar ile sözleşme yönetiminde ve satın alma süreçlerinde kullanılır. Aşağıdaki konularda bilgi verir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Güvenli durumun tanımı</li> <li>- Hangi ekipmanın nasıl bir aksiyonla korunacağı</li> <li>- Ne kadarlık bir süre içerisinde aksiyon tamamlanmalı</li> <li>- Güvenlik enstrümanlı sisteme talep sıklığı öngörüsü</li> <li>- Test frekansı</li> <li>- Her bir SIF için belirlenen SIL değeri</li> </ul> <p>Bu dökümanın fonksiyonel güvenlik yaşam çevriminin analiz aşamasını tanımlar ve güvenlik sisteminin tasarımı için temel bilgileri sunar. Final GGT hazırlandıktan sonra görevini ve işlevini yitirir. GGT detay tasarım aşamasında standarta tanımlanan 29 gereksinim ile beraber final GGT halini alır. Konsept GGT bir ara dökümandır.</p>	
<b>Tipik Çıktı</b>	Konsept GGT Dökümanı	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ ISA 84.00.01-2004</li> </ul>	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proses tehlike analizi ve SIL değerlendirme çalışması sonuçları</li> <li>- İşletme ekibinin standart uygulamaları hakkında bilgi</li> <li>- Enstrüman grubunun SIS yapısı için konsept tercihleri ve ilk yapı</li> <li>- Her bir SIF için fonksiyonel ve bütünlük gereksinimleri</li> </ul>	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses, Enstrüman ve Kontrol	
<b>Araçlar</b>	EXSILENTIA Conceptual GGT Tool	
<b>Uygulandığı Proje Aşamaları</b>	<b>Tipik Aşama</b>	ÖTG 3, Detay tasarım
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>		<b>Ardıllar</b>
<p>HAZOP+Hedef SIL Belirleme Çalışması Kapanış Raporu</p> <p>SIF Konsept Yapı Tasarımı (İç yayın)</p>		<p>Fonksiyonel Değerlendirme Raporu 1</p> <p>BİF: Tüm Teklif verenler (Basınçlı Kaplar)</p> <p>MR: DCS-SIS IFI</p> <p>BİF: Tüm Teklif verenler (Isı değiştiricileri)</p> <p>BİF: Tüm Teklif verenler (Pompalar)</p> <p>BİF: Tüm Teklif verenler (Paket sistemler)</p> <p>BİF: Tüm Teklif verenler (Enjektörler, HVAC, Yangın Sistemleri vs.)</p>



## Çizelge 9- Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 1 Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	IEC 61511 uyarınca zorunlu olarak tanımlanmış 1. Seviye gözden geçirme çalışmasıdır. Proje dökümantasyonu içerisinde tanımlı olmasa da yapılması tavsiye edilen aktiviterden biridir. Esas amacı önerilen güvenlik enstrümanlı sistem için ilk kurgunun doğru ve sistematik bir şekilde hazırlanıp hazırlanmadığının kontrolüdür. Bu kapsamda aşağıdaki konular teyit edilir:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analiz aşaması usulünce yapıp raporlandı</li> <li>- Tehlikeler ve onları Kabul edilebilir risk seviyesinde yönetmek için gerekli koruma katmanları açıkça tanımlandı</li> <li>- Konsept düzeyde bir GGT dökümanı hazırlandı ve güvenlik enstrümanlı sistemin konsept düzeyde tasarımı için gerekli bilgiler oluşturuldu.</li> </ul>
<b>Tipik Çıktı</b>	Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirme 1 Raporu
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ ISA 84.00.01-2004</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- İşverenin proses tehlike analizi ve SIL değerlendirme prosedürleri</li> <li>- Proses tehlike analizini destekleyen dökümanlar</li> <li>- Yasal regülasyonlar</li> <li>- Her bir SIF için fonksiyonel ve bütünlük gereksinimleri</li> <li>- İhtiyaç anında kullanılabilecek diğer proses güvenliği araçları hakkında bilgi</li> </ul>
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, İşveren ve/veya bağımsız kontrolör
<b>Araçlar</b>	-
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3, Detay Tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
HAZOP/ SIL Değerlendirme kapanış raporu SIF Konsept Yapı Exceli (İç yayım) Konsept GGT	Denetim raporudur. Herhangi bir tasarım aktivitesi ile ilişkili değildir.

Çizelge 10 – Alarm Yönetim Felsefe Dökümanı Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Alarm sisteminin tasarlanması esnasında aşağıdaki başlıklarda yöntemi, araçları ve biçimi tanımlar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rol ve sorumluluklar (İşletme tarafı)</li> <li>- Alarm gereksinimi tanımı</li> <li>- Alarm dökümantasyonu ve rasyonalizasyonu</li> <li>- Alarm sistemi detay tasarımı</li> <li>- Alarm sistemi insan-makine arayüzü (İMA) spesifikasyonu</li> <li>- Alarm sistemi kurulumu, operasyonu ve bakım-onarımı</li> <li>- Alarm sistemi performans izleme, değerlendirme ve denetimler</li> <li>- Alarm ileri tasarım detayları</li> <li>- Değişimin yönetimi</li> <li>- Kontrol sistemi spesifik ekleri</li> </ul>
<b>Tipik Çıktı</b>	Alarm Yönetim Felsefe Dökümanı
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ANSI/ ISA 18.2-2016 Management of Alarm Systems for the Process Industries</li> <li>- IEC 62682:2014 Management of Alarm Systems for the Process Industries</li> <li>- EEMUA 191 Alarm Systems: a guide to design, management and procurement</li> <li>- Mühendislik Firmasının İlgili Prosedürü</li> <li>- İşverenin İlgili Prosedürü</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	Girdi dökümana ihtiyaç duyulmaz. Genel bir uygulama spesifikasyonudur. Proje özelinde değişmez. Tesise özgü değişir.
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Proses, İşveren Proje ve Proses
<b>Araçlar</b>	EXSILENTIA SILAlarm Module
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
<p>NOT: Genel bir strateji dökümanıdır. Herhangi bir anda hazırlanabilir. İşverenden sağlanması daha doğru</p> <p>İşverenin tüm tesisini ilgilendiren standart bir uygulamayı tanımlar.</p>	

Çizelge 11- Yangın ve Gaz Algılama Sistemi Felsefe Dökümanı Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	<p>Bu döküman proje bazlı hazırlanan ve yangın ve gaz algılama (YGS) sisteminin tasarımına dair esasları belirleyen dökümandır. Aşağıdaki konularda bilgi sunar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehlike tespiti için kriterler</li> <li>- YGS bölge tanımlaması ve sınıflandırma</li> <li>- Takip edilecek standartlar</li> <li>- Risk sınıflandırma için sınıflandırma</li> <li>- YGS ekipmanları için performans hedefi atama kriterleri</li> <li>- Uygun detektör teknolojisi seçimi için kriterler</li> <li>- Alarm verme gereksinimlerinin tanımı</li> <li>- Manuel aktivasyon şartları</li> <li>- Detektör yedekleme kuralları</li> <li>- Set değeri belirleme kriterleri</li> </ul>	
<b>Tipik Çıktı</b>	Yangın ve Gaz Algılama Felsefe Dökümanı	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mühendislik firmasının ilgili çalışma prosedürü</li> <li>- ISA 84.00.07-2010</li> <li>- NFPA 72</li> <li>- EN 54 Series</li> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ISA-84.00.01-2004</li> <li>- HSE Offshore Fire and Explosion Strategy</li> </ul>	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tehlike koşulları</li> <li>- Yerleşime dair tercihler</li> <li>- Teknoloji sağlayıcıya özgü detektör bilgileri</li> <li>- İşverenin tesis işletme felsefesi uyarınca tercihleri</li> </ul>	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses, İşveren, Enstrüman ve Kontrol	
<b>Araçlar</b>	-	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>	
<p>Güvenlik Felsefe Dökümanı HAZOP/ SIL Değerlendirme Kapanış Raporu Varsa; diğer proses tehlike analizi raporları Patlayıcı Ortam Sınıflandırma Raporu+Haritası</p>	<p>YGS Detektör Yerleşimi Yangınla Mücadele Sistemi Konsept Tanım Dökümanı</p>	

Çizelge 12 – Yangın ve Gaz Detektör Yerleşimi Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Bu döküman yangın ve gaz algılama sistemi (YGS) bölgelerini, performans hedeflerini, kapsama alanını ve ilgili detektörlerin 2 ya da 3 boyutlu yerleşim planı üzerine adreslemesini içerir.	
<b>Tipik Çıktı</b>	YGS Detektör Yerleşim Planı	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- İşletmeci ve Mühendislik Firmasının İlgili Uygulama Feselefe Dökümanı</li> <li>- ISA 84.00.07-2010</li> <li>- NFPA 72</li> <li>- EN 54</li> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ISA-84.00.01-2004</li> <li>- HSE Offshore Fire and Explosion Strategy</li> </ul>	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kimyasal güvenlik bilgi formları</li> <li>- Kaçak noktaları ve ilgili tehlikeler</li> <li>- Proses tehlike analizi ve varsa yangın, patlama, yayılım modelleri</li> <li>- Önceki tasarıma ait performans hedefleri (eğer varsa)</li> <li>- Çevre bilgisi (kimyasal prosesler, insan yoğun alanlar vs.)</li> <li>- Alanın geometrisi</li> </ul>	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses, Borulama, 3 oyutlama Hazırlam Ekibi, Yangın Sistemi Tasarım Ekibi, Enstrüman ve Kontrol	
<b>Araçlar</b>	HAZMAP3D (3 boyutlu çalışmalar için) veya benzeri yazılımlar	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3, Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>	
P&ID Patlayıcı Ortam Sınıflandırma Haritası Ekipman ve Tesis Yerleşim Planı Proses Akış Diyagramı Isı Kütle Denkliği Raporu ve Akış Listesi YGS Felsefe Dökümanı Projenin 3 Boyutlu Modeli	MR- YGS Detektörleri IFI YGS Bilgi Formları	

Çizelge 13 – Yangın ve Gaz Neden-Etki Matrisi Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	YGS neden-etki matrisi aşağıdaki bilgileri verir:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemin aktivasyonunu sağlayan girdiler ve aldığı aksiyonları detaylı tanımlayan çıktı fonksiyonlar</li> <li>- Girdilerin aktivasyon set değerleri</li> <li>- Girdi ve çıktılar için referans numaralar</li> </ul>	
<b>Tipik Çıktı</b>	YGS Sistemi Neden-Etki Matrisi	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- YGS Sistemi Tasarım Prosedürü (İşletmeci ve Mühendislik Firması)</li> <li>- ISA 84.00.07-2010</li> <li>- NFPA 72</li> <li>- EN 54</li> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ISA-84.00.01-2004</li> <li>- HSE Offshore Fire and Explosion Strategy</li> </ul>	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yangın ve gaz bölgeleri</li> <li>- YGS sistemi performans hedefleri</li> <li>- YGS kapsama alanı bilgisi</li> <li>- YGS detektor listesi</li> <li>- Yangınla mücadele felsefesi</li> <li>- Tesis ayrıklaştırma (izole etme) felsefesi</li> <li>- SIS konfigürasyonu ve YGS ile potansiyel etkileşimi</li> </ul>	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses, Enstrüman ve Kontrol, Yangın Sistemi Tasarım Ekibi	
<b>Araçlar</b>	-	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3, Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>	
YGS Felsefe Dökümanı YGS Yerleşim Planı	MR-Yangınla Mücadele Sistemi MR- YGS Sistemi IFI Enstrüman Listesi	

**Çizelge 14 – Yangın, Patlama, Toksik Yayılım Modelleme Çalışması Kılavuz Bilgi Çizelgesi**

<b>Amaç</b>	Yangın, patlama ve toksik yayılım modelleme çalışmaları aşağıdaki amaçlar doğrultusunda yapılır: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bir tehlike senaryosunun etki bölgelerini ve düzeyini değerlendirme çalışmaları</li> <li>- Sürekli ve geçici bina hassasiyet değerlendirme çalışmaları</li> <li>- Kontrol odası hassasiyet tartışmaları</li> <li>- Alevli baca ışıma etki değerlendirmeleri</li> <li>- Sıkışık bölge değerlendirme çalışmaları</li> <li>- Yangın geçirmez yapı tasarım tartışmaları</li> <li>- Toksik gaz dağılım ve etki bölgeleri değerlendirmesi</li> <li>- Baca yükseklik değerlendirmeleri</li> <li>- Yerleşim ve mesafelendirme değerlendirmeleri</li> <li>- Yangınla mücadele içi strateji geliştirme</li> <li>- Patlayıcı ortam uzanım hesapları</li> </ul>
<b>Tipik Çıktı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gaz Yayılım Raporu</li> <li>- Alev Almış ya da Almamış Soğuk Baca Simülasyonu</li> <li>- Alevli Baca Işıma Raporu</li> <li>- Yangın veya Patlama Özelinde Raporlar (Örneğin jet yangını modelleme raporu)</li> </ul>
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PHAST and PHAST 3D User Guide</li> <li>- Guidelines for Evaluating Process Plant Buildings for External Explosions, Fires, and Toxic Releases, 2nd Edition, 2012</li> <li>- Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases, 1995</li> <li>- Guidelines for Vapor Cloud Explosion, Pressure Vessel Burst, BLEVE and Flash Fire Hazards, 2nd Edition, 2010</li> <li>- Woodward J.L., Estimating the Flammable Mass of a Vapor Cloud, 1999</li> <li>- API RP 752, Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Permanent Buildings, 3rd Ed., 2009</li> <li>- API RP 753, Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Portable Buildings, First Edition, June 2007</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PHAST (ya da eşleniği) yazılımının gerektirdiği tüm bilgiler</li> <li>- Saha bilgisi</li> <li>- Kimyasallar ve tespit edilmiş tehlike senaryoları</li> <li>- Çevresel meteorolojik koşullar</li> <li>- Proses akış bilgileri, boşalma ve relief senaryoları, hesaplamaları</li> </ul>
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses, Yerleşim Tasarımı Ekibi
<b>Araçlar</b>	PHAST, PHAST 3D
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG3, Detay tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
HAZOP/ SIL Değerlendirme Kapanış Raporu Basıncsızlandırma/ Boşaltma Raporu Proses Akış Diyagramı (ve akış özeti) P&ID Yerleşim Planı	Yangın ve Patlama Değerlendirme Raporu Sayısal Risk Değerlendirme Raporu Baca Spesifikasyonu Yerleşim Planı Revizyonu (potansiyel)

Çizelge 15 – Sayısal Risk Değerlendirme Raporu Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Sayısal risk değerlendirme çarışması aşağıdaki amaçlar ile yapılıyor olabilir:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riski oluşturan ana etkenleri tespit etmek. Birden fazla senaryo sonucu ortaya çıkan birleşik etkileri belirlemek.</li> <li>- Riskte sebep olan ana unsurların yeterli düzeyde yönetildiğini sayısal olarak görmek</li> <li>- Risk yönetim stratejelerini sayısal olarak karşılaştırabilmek.</li> <li>- Operasyon felekesesi ve işletme koşulları konusundaki farklı tercihlerin ya da tesis proseslerini birbirleriyle karşılaştırabilmek</li> <li>- Farklı seviyelerdeki riskleri belirleyerek yönetsel sorumlulukları ilgili seviyelere tanımlamak</li> <li>- Risk mevcut seviyesine bakarak projede devam et veya etme kararlarının verilmesine sayısal veri sağlamak ya da yeterince iyileştirme yapıp yapılmadığını daha net olarak ortaya koyabilmek</li> <li>- Yasal mevzuat gereklerini sağlamak. Yasal mevzuatların sayısal olarak belirlediği kabul edilebilirlik limitlerinin içinde kaldığını ispat etmek</li> </ul>	
<b>Tipik Çıktı</b>	Sayısal Risk Değerlendirme Raporu	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CCPS LOPA</li> <li>- TNO Red Book</li> <li>- TNO Purple Book</li> <li>- UK HSE FRED</li> <li>- OREDA</li> <li>- SERH EXIDA</li> <li>- Other</li> </ul>	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	Kritik ekipman listesi, Kritik senaryo listesi, ekipmanlı hata oranı verileri, insan hata oranı verileri, toksik doz-sonuç ilişki formülasyonları, insan mevcudiyet bilgileri, boşalma ve yayılım bilgileri, koruma katmanlarının ve tesis izoasyon felekesinin tespiti, çevresel koşullar hakkında bilgi, tesis yerleşimi ve kullanımı hakkında bilgiler	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses	
<b>Araçlar</b>	PHAST + 3D, SAFETI, OPENFTA, EXCEL Ağaç oluşturma araçları	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>		<b>Ardıllar</b>
HAZID Raporu HAZOP/ SIL Değerlendirme Kapanış Raporu Yerleşim Planı Proses Akış Diagramı P&ID Tesis Ayrıklaştırma (izolasyon) Felekesesi		Güvenlik Raporu Yerleşim Planı IFC MR – Kritik Güvenlik Ekipmanları Yangınla Pasif Mücadele Raporu

Çizelge 16 – Patlayıcı Ortam Sınıflandırma Çalışması Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Patlayıcı ortam sınıflandırma çalışması, herhangi beklenmeyen durumda, sızıntı düzeyinde kabul edilebilecek kaçaklardan (toz veya gaz kaynaklı) kaynaklı ya da proses gereği ortaya çıkan patlayıcı ortamların IEC 60079-10-1 ve 2 standartları uyarınca sınıflandırıldığı ve alan uzanımlarının hesaplandığı çalışmadır. Bu çalışma uyarınca ilgili ortamlarda kullanılması gereken elektriksel ve elektriksel olmayan cihazların güvenlik gereksinimleri ve ortamı tutuşturmamak için sahip olmaları gereken özellikleri belirlenir.
<b>Tipik Çıktı</b>	Patlayıcı Ortam Sınıflandırma Dökümantasyonu-Bölüm 1: Alevlenebilir akışkan listesi ve karakteristikleri  Patlayıcı Ortam Sınıflandırma Dökümantasyonu -Bölüm 2: Kaçak noktaları listesi ve alan sınıflandırma tanımlamaları
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ATEX Workplace Directive</li> <li>- CEI 31-35</li> <li>- IEC 60079-10-1</li> <li>- IEC 60079-10-2</li> <li>- NFPA 497</li> <li>- NFPA 70</li> <li>- API 505 (for zone system)</li> <li>- Direct Examples for Zoning from Various Codes and Standards</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Akışkan listesi</li> <li>- Kıvılcım kaynakları</li> <li>- Kritik senaryolar</li> <li>- Operasyon koşulları</li> <li>- Saha koşulları</li> <li>- Meteorolojik veriler</li> <li>- Operasyon ve bakım-onarım prosedürleri</li> <li>- Havalandırma imkanları</li> </ul>
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses
<b>Araçlar</b>	PHAST, özel olarak hazırlanmış EXCEL kodları
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3, Detay tasarım (revizyon)
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
Akışkan Listesi IFR Tasarım temel dökümanı Güvenlik Felsefe Dökümanı Ön Tehlike Analizi Raporları (bitmişse HAZOP) P&ID Proses Akış Diagramı Yerleşim Planı IFR	Patlayıcı Ortam Sınıflandırma Haritası IFR Ekipman ve enstrüman veri formları MR- elektrik ve enstrüman TBE-elektrik ve enstrüman TBE-statik ve döner ekipman



Çizelge 17 – Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirme Çalışması-1 Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Yerleşim planı gözden geçirme çalışması projenin çeşitli aşamalarında yapılan bir güvenlik gözden geçirme çalışmasıdır. İlk adımı konsept tasarım çalışmaları sonrasında gerçekleştirilir ve aşağıdaki konular kontrol edilir: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yerleşim ve mesafelendirme</li> <li>- Patlayıcı ortam sınıflandırma sınırlamaları, önerileri</li> <li>- Drenaj ve döküntü yönetimi</li> <li>- İnsan yoğun alanların yerleşimi</li> <li>- Acil durum yönetimi</li> <li>- Kontrol odası yerleşimi</li> <li>- Lojistik konular</li> <li>- Borulama güzergahları</li> <li>- İş ve sağlığı güvenlik gereksinimleri</li> </ul>
<b>Tipik Çıktı</b>	Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirme- 1 Raporu
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- İşveren yerleşim planı hazırlama prosedürü</li> <li>- CCPS-Guidelines for Facility Siting and Layout, 2018</li> <li>- Moran, Process Plant Layout, 2nd Ed.</li> <li>- OIA (Oil Insurance Association) General Recommendations for Spacing in Refineries</li> <li>- Chemical or Project Specific Codes such as: API 2510-Design and Construction of LPG Installations</li> <li>- Projeye spesifik diğer kodlar ve standartlar</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	Yangınla mücadele felsefesi, kimyasalların karakteristikleri ve temel tehlike senaryoları, ana kontrol ve izolasyon vanalarının yerleşimi, otomatik durdurma imkanları, duş ve göz yıkama imkanları, çevre ile ilişkiler, ekipmanların yerleşimi, montajı, operasyonu ve bakım-onarımı ile ilgili seçimler
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Borulama, Proje
<b>Araçlar</b>	-
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG2, ÖTG 3, Detay tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
Yerleşim Planı IFR Ünite Yerleşim Planı IFR Proses Akış Diyagramı IFR	Yerleşim Planı IFA 3 Boyutlu Model IFA

### 5.5.3.3 Kapı-Geçiş Kriterleri

ÖTG 3 aşaması projenin devamına yönelik en önemli kararın verildiği aşama olduğu için, bu aşamada güncellenen maliyet ve zaman öngörülerini en önemli kapı-geçiş kriterleri olarak ortaya çıkar. Bununla birlikte güncellenmiş modelleme çalışmaları ve netleşen teknolojiler ile yapılan değerlendirmelerde proje performans hedeflerinin ve ekipmanlar özelinde talep edilen performans hedeflerinin sağlanıp sağlanamayacağına dair değerlendirmeler de yine ÖTG 3 kapısında önem kazanır.

ÖTG 3 aşamasında takip edilmesi gereken regülasyonlar ve standartlar netleştiği için, bu yönergeler uyarınca kabul edilemez görülebilecek ya da yönetilebilmesi için çok büyük kaynakların ayrılması gereken konular da kapı-geçiş kriteri olarak kullanılabilir.

Türünün ilk örneği olan tesislerde, belirlenen riskler altında tipik bir sigortalama sürecinin uygulanıp uygulanamayacağının kontrolü de bir diğer kapı-geçiş kriteri olabilir.

Bu aşama aynı zamanda tesisin tüm yaşam çevrimine dair gerekliliklerin de bir seviyeye kadar tanımlandığı aşama olduğu için, inşaat, devreye alma, operasyon veya söküm aşamalarına dair öngörülen büyük risklere tasarım aşamasında alınması gereken önlemlerin tanımlanıp tanımlanmadığının kontrolü de yine kapı-geçiş kriteri olarak kullanılabilir. ÖTG 3 aşamasında belirlenen bu tehditlerin çözümü detay tasarımda çözülmek üzere bırakılmış da olabilir. Bunun uygun olup olmadığı proje özelinde tartışılabilir. Örneğin, bir tesisin modernize edilecek bir ünitesinde, inşaat aşamalarında kullanılması gereken araçların geçişi için imkan yoksa ya da bu konunun çözümü için gerekli yerleşim planı değişiklikleri projeye yansıtılmamışsa projenin ilerletilmemesi gerekir. Bir diğer örnek olarak, prosesin ihtiyaç duyduğu kritik bir teknolojiye dair halen temin, garanti, bakım-onarım muhatapları belirli değilse veya teknolojik olarak tasarım süreci içerisinde sağlanamayacağı öngörülüyorsa projenin bu konuda reviyon yapılmadan ilerletilmemesi gerekir.

Tasarım çalışmasını yürüten firmanın iş pratikleri gereği, detay tasarıma aktarılması gereken yani ihale konusu olacak dökümanların bir listesi varsa, bu liste gereği tüm dökümanların hazırlanıp hazırlanmadığının kontrolü de önemli bir kapı-geçiş kriteri olarak kullanılabilir.

Yukarıda sunulan kılavuz bilgi çizelgelerinde fonksiyonel güvenlik değerlendirme-1 ve yerleşim planı güvenlik gözden geçirme çalışmaları birer güvenlik kapı-geçiş kriteri gibi kullanılabilir ve kullanılması özellikle tavsiye edilir. Bu çalışmalar esnasında ortaya çıkan sıkıntıların çözümlendiği veya makul bir çözüm planının detay tasarıma bırakıldığı

kontrolü yapılmalıdır. Bu kontrol, eğer belirtilen sıkıntılar bir risk yazmacına taşındıysa, risk yazmacı gözden geçirmeleri vasıtasıyla da sürdürülebilir.

#### **5.5.4 Detay Tasarım**

##### **5.5.4.1 Genel Karakteristikler**

Tasarımın bu aşamasında bir tesisin ve proses güvenliği özelinde güvenlik sistemlerinin tüm unsurlarıyla tasarlanması ve saha kurulumuna hazırlanması için gerekli tüm disiplinlerarası çalışmalar tamamlanır. Bu kapsamda inşa edilebilir, bakım-onarım kolaylığı, işletilebilirliği gibi konular da bu aşamada tartışılması gereken önemli başlıklardır [12].

Yerleşim planı ve ilgili güvenlik gözden geçirmeleri bu aşamada tamamlanır.

ÖTG 3 aşamasında güvenliğe yönelik tanımlanmış olan performans hedefleri bu aşamada, teknoloji sağlayıcı özgü spesifik veriler ile karşılaştırılır ve gerekli görülürse son revizyonlar veya durum raporlamaları yapılır. Standartlara ve regülasyonlara uyum da bu aşamada gözden geçirilir ve halen açıkta kalan bir risk varsa risk yazmacı ile kayıt altına alınır [12]. Güvenlik sistemlerinin tasarımında, tesisi işletecek ekibin tercihlerinin göz önünde bulundurulduğu aşamadır.

Acil müdahale ekipmanlarının tasarımı ve yerleşimine yönelik nihai kararlar da yine bu aşamada verilir.

#### 5.5.4.2 Risk Yönetim Aktiviteleri

Detay tasarım esnasında, güvenlik sistemlerine dair tüm dökümantasyon oluşturulmuş olur ve sistemin doğru bir şekilde satın alınabilmesi, devreye alınması, işletilmesi ve sağlıklı bir şekilde bakım-onarımının yapılabilmesi için tüm aranjmanların bırakıldığından emin olunur. Bu süreçte tesis işletme ekibi ile de ortak görüşmeler söz konusu olur. ÖTG 3 proses tehlike analizi çalışmaları, detay tasarım esnasında tekrar edilirken bu konuları da içerir. Benzer şekilde patlayıcı ortam sınıflandırma çalışmaları, yangın ve gaz algılama sistemi, yerleşim planı güvenlik gözden geçirme çalışmaları da projenin bu aşamasında, finalize olan diğer tasarım çıktıları ile beraber ÖTG 3 aşamasında belirlenen temel felsefe dökümanları ile de muhakkak uyum içinde olmak üzere, tesisle uyumlu hale getirilecek şekilde geliştirilip sonlandırılır. Bununla birlikte aşağıda sunulacak kılavuz bilgi çizelgelerinde bu gözden geçirme ve revize çalışmalarına yer verilmemiş, karakteristik bazı çalışmalar örneklenmiştir. Dikkat edilirse pek çok kılavuz bilgi çizelgesinde aktivitenin icra edileceği proje aşaması, ÖTG 3 bilgi çizelgelerinden itibaren birden fazla aşamaya adreslenmiştir. Bu, aktivitenin örneğin ÖTG 3'te ya da tercihen detay tasarımda yapılabileceği anlamına gelebildiği gibi, ÖTG 3'te geliştirilip, detay tasarımda tekrar gözden geçirilip sonlandırılacağı anlamına da gelebilmektedir.

Tezin daha önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere, proje kapsamı ve yüklenicinin sözleşmesi uyarınca hem ÖTG 3 hem de detay tasarım aşamasındaki kılavuz bilgi çizelgelerinin sayısı değişebilir. Kılavuz bilgi çizelgeleri detayında bilgi sunmasa da detay tasarımda karşılaşılabilecek bazı diğer çalışmalar hakkında bilgi edinmek için [12] numaralı kaynak ve erişim imkanı bulunabilen endüstriyel projelere ait sözleşme yapıları incelenebilir. Bu bölümde, bu kapsamın sadece tasarım güvenliği özelinde bile çok farklılaşabileceği vurgulanmış, sürecin nasıl yönetilmesi gerektiğine dair bir yol haritası sunulmuştur.

RKŞ'nin proses güvenliğini ilgilendiren risk kategorilerinin yönetimi için tanımlanan kılavuz bilgi çizelgelerine geçmeden önce kendiliğinden güvenlik ve inşa edilebilirlik tartışmalarına değinilmesi gerekli görülmüştür. Projenin bu aşaması artık kendiliğinden güvenlik özelinde bir çalışma yürütülebilmesi geç bir aşamadır. Bununla birlikte, erken aşamalarda bu kategoride detay tasarım sürecine fırsat ya da riski yönetmek için bir aksiyon olarak bırakılmış konuların yerine getirilmesi için çalışma yürütülebilir. Daha önceki bölümlerde

vurgulandığı üzere, ilgili tasarım firmasının, proje yaşam çevrimine adreslenmiş bir kendiliğinden güvenlik kontrol listesi bu konunun yönetimi için oldukça faydalı olacaktır.

İnşaedilebilirlik risklerinin yönetimi için ise bu aşamada alınacak tedbirler diğer ön aşamalara nazaran daha önemlidir çünkü; detay tasarım aşaması, projeyi satın alma ve inşaat süreçlerine hazırlayacak tüm dökümanların hazırlandığı aşamadır. Bu kapsamda yürütülecek risk analizi çalışmalarında (kontrol listeleri veya HAZID aracılığıyla) en azından aşağıdaki başlıklara değinilir [12]:

- İnşaat sürecinin destekleyecek tanımlanmış tüm dökümanların hazırlandığının kontrolü
- Tasarım temel dökümanları, montaj ve inşaat çizimleri ile spesifikasyonlar arasındaki uyumsuzlukların tespiti
- İmalatın saha dışında modüler yapılabilmek imkanlarının sorgulaması (ÖTG 3 aşamasından itibaren tartışılır)
- Saha erişim zorluklarının belirlenmesi (ÖTG 3 aşamasından itibaren tartışılır)
- Sınırlı işgücü zorluklarının belirlenmesi (ÖTG 3 aşamasından itibaren tartışılır)
- Dil bariyeri kaynaklı risklerin etkilerinin öngörülmesi
- Lokal araç gereçlerin ve malzemelerin kalite eksikliği veya yetersizliğinden kaynaklı olabilecek risklerin tespiti
- Mevsimsel ekstremlerden kaynaklı risklerin tespiti ve maliyet ile zaman planı üzerine etkilerinin öngörülmesi (ÖTG 3 aşamasından itibaren tartışılır)
- Asayiş sorunları
- Lokal servis ve hizmet sorunları
- Hali hazırda kurulu tesislere entgre edilecek prosesler için, tesis devredeyken ya da duruştayken inşaatın nasıl yapılacağına dair felsefenin tespiti (ÖTG 3 aşamasından itibaren tartışılır)
- Öngörülen inşaat zorlukları aşamasında sözleşme stratejisinin belirlenmesi (ÖTG 3 aşamasından itibaren tartışılır)
- İnşaat esnasındaki iş sırası, kalite, maliyet, süre ve güvenliği arttırıcı yönde tasarıma ve inşaat planına dair iyileştirmelerin tespiti

Görüldüğü üzere bu aşamadaki inşaedilebilirlik tartışmaları hem tasarımı inşaat aşamasına hazırlamaya yönelik hem de inşaat aşamasında karşılaşılabilecek diğer riskleri öngörüp bir plan yapmaya yöneliktir.

Daha detaylı bir inşaedilebilirlik analizi için CII'nın her bir proje aşamasına özel olarak adreslediği ve çok sayıda enstitü üyesinden gelen geri bildirimler ile zenginleştiği inşaedilebilirlik kontrol listeleri kullanılabilir. Bu listeler enstitü üyesi kuruluşların serbest kullanımına açıktır, özel olarak temin edilememektedir.

Yukarıda belirtilen konuların ışığında, detay tasarım aşamasında RKŞ' nin proses güvenliği başlığındaki riskleri yönetmek üzere endüstriyel uygulamalarda karakteristik olarak karşılaşılan temel aktiviteler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Devreye-Alma Öncesi Güvenlik Gözden Geçirmesi (PSSR) (Çizelge 18)
- Alarm Rasyonalizasyonu (Çizelge 19)
- SIL Doğrulama (Çizelge 20)
- Detay Güvenlik Gereksinimleri Tanımlama (GGT) (Çizelge 21)
- Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi-2 (Çizelge 22)
- Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirme Raporu-2 (Çizelge 23)
- Güvenlik Dökümantasyonu Dosyası (Çizelge 24)
- Güvenlik Son Gözden Geçirme Raporu (Çizelge 25)
- Yangın Tehlikesi Olan Ekipmanların Tespiti ve Yangın Zarfı Belirleme Çalışması (Çizelge 26)
- Yangın Açısından Telikeli Alanların Çizimi (Çizelge 27)
- Yangına Dayanımlı Tasarlanması Gereken Yapı ve Ekipman Listesi (Çizelge 28)

Çizelge 18 – Devreye-Alma Öncesi Güvenlik Gözden Geçirmesi Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Devreye alma güvenlik gözden geçirme çalışmasının içeriği aşağıdaki gibi özetlenebilir:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanımlama, kod ve standartlar uyarınca uygunluk değerlendirmesi <ul style="list-style-type: none"> <li>o Sahada doğrulama</li> <li>o Döküman gözden geçirme ve onay</li> <li>o Fiziksel olmayan değişiklikler için (örneğin bir alarmin set noktasının değişmiş olması) değişim yönetimi prosedürü uyarınca dökümantasyonunun gözden geçirmesi</li> </ul> </li> <li>- Güvenlik, operasyon, bakım-onarım ve acil müdahale prosedürlerinin değişim yönetimi aktiviteleri ile uyumlu olarak gözden geçirmesi</li> <li>- Proses tehlike değerlendirme çalışmaları açık aksiyon kontrolü</li> <li>- Güvenlik önlemlerinin hazırlanma kontrolü</li> <li>- Prosedürlerin kontrolü</li> <li>- Çalışmalar esnasında ortaya çıkan tüm önerilerin yerine getirilip getirilmediğinin kontrolü</li> <li>- Değişiklikler sonrasında yasal gereksinimlerin sağlandığının kontrolü</li> <li>- Başlatma operasyonları esnasında ortaya çıkabilecek acil durumların tanımlı ve gerekli önlemlerin alındığının kontrolü</li> <li>- Devreye alma sürecindeki rollerin tanımlı, gerekli eğitimlerin sağlanmış olduğunun kontrolü</li> </ul>	
<b>Tipik Çıktı</b>	Devreye Alma Güvenlik Gözden Geçirme Raporu	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	İşletmeye veya mühendislik firmasına özgü hazırlanmış kontrol listeleri ve ilgili prosedürler	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	Devreye alma planı Tüm mühendislik paketi	
<b>Disiplinlerarası Muhatapları</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Diğer tüm disiplinler	
<b>Araçlar</b>	-	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>		<b>Ardıllar</b>
Devreye Alma Planı IFR Başlatma ve durdurma prosedürü IFR Sistemizasyon ve Kademeli Tamamlama Planı IFR		Devreye alma çalışmaları

Çizelge 19 – Alarm Rasyonalizasyonu Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Tanımlanan alarmların, gerekli alarmlar olduğunun kontrolü, sınıflandırması, önceliklendirilmesi, limitlerinin kontrolü, cevap sürelerinin kontrolü, sebep-sonuç ilişkilerinin doğru tanımlandığı ve bir temel alarm veri tabanına kaydedildiğinin kontrolü için yürütülen çalışmadır.	
<b>Tipik Çıktı</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temel alarm veri tabanı</li> <li>- Alarm tasarım gereksinimleri dökümanı</li> </ul>	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ANSI/ ISA 18.2-2016 Management of Alarm Systems for the Process Industries</li> <li>- IEC 62682:2014 Management of Alarm Systems for the Process Industries</li> <li>- EEMUA 191 Alarm Systems: a guide to design, management and procurement</li> <li>- İşletme ekibi tarafından sağlanan Alarm Felsefesi Dökümanı</li> </ul>	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontrol odası yönetim stratejisi ve koşulları</li> <li>- Operasyon kritik limitleri</li> <li>- Proses tehlike analizi ve LOPA raporu</li> <li>- Olay araştırmaları, geçmiş kaza veri tabanı</li> <li>- P&amp;ID ve proses akış şeması</li> <li>- Yerleşim planı</li> <li>- Operasyon prosedürleri</li> </ul>	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses, Enstrüman ve kontrol, İşveren proses ve işletme ekibi	
<b>Araçlar</b>	EXSILENTIA SILAlarm Module veya benzeri	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>	
HAZOP/ SIL Kapanış Raporu Kontrol Felsefesi Alarm Felsefe Dökümanı Alarm Listesi IFR	Neden-Etki Matrisi IFC Proses ve Saha Enstrümantasyonu Veri Formları IFC	



## Çizelge 20 – SIL Doğrulama Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	<p>SIL doğrulama, kurulması planlanan bir SIF için hedeflenen SIL seviyesinin yukarıdaki üç kriter göz önünde tutularak, önerilen konfigürasyonla sağlanıp sağlanamayacağının kontrol edildiği çalışmadır.</p> <p>Bir güvenlik enstrümanlı sistem için belirlenen SIL değeri aşağıdakilerin en küçüğüdür ve hedeflenen SIL değerini bu açılardan kontrol edilir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Talep anında arıza verme olasılığının (Bir fonksiyonu oluşturan tüm donanım göz önünde tutularak hesaplanan) karşılığı olan SIL değeri</li> <li>- IEC 61511 veya 61508 ve/veya işletme ekibinin zorunlu tuttuğu mimari sınırlamalar göz önünde tutularak seçilen konfigürasyonun karşılık geldiği SIL değeri</li> <li>- IEC 61508 uyarınca bir güvenlikenstrümanına verilen sertifikasyon veya yerinde kullanım ispat raporu uyarınca mevcut olan SIL değeri</li> </ul>
<b>Tipik Çıktı</b>	SIL Doğrulama Raporu
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ ISA 84.00.01-2004</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Her bir SIF için fonksiyonel ve bütünlük gereksinimleri</li> <li>- Hata frekansı değerleri</li> <li>- Güvenli kullanım kılavuzu</li> <li>- Prova testi stratejileri ve sıklığı</li> <li>- Ekipman seçim ve uyumluluk stratejileri</li> <li>- Teknoloji, tedarikçi ve yapısal seçimleri (sensor, mantıksal işlemci ve final elementler için)</li> <li>- Tanı tanı stratejisi</li> <li>- İşverenin SIS tasarım standardı</li> <li>- Teknoloji sağlayıcı tedarikçi firmanın teslim planları ve mevcut konfigürasyona olası önerileri</li> </ul>
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Enstrüman ve Kontrol, Ekipman tedarikçisi, İşveren enstrüman ve kontrol ekibi
<b>Araçlar</b>	EXSILENTIA SILver Tool veya benzeri
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	Detay tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
Konsept GGT DCS-SIS Teknoloji Sağlayıcı İlk Dökümanları	Detay GGT

Çizelge 21 - Detay Güvenlik Gereksinimleri Tanımlama Dökümanı Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Bu döküman IEC 61511 uyarınca bir güvenlik enstrümanlı sistem için tanımlanması gereken 29 konunun tanımlandığı dökümandır. Detay tasarım, satın alma, operasyon, bakım-onarım ve devreden çıkarma aşamaları için gerekli tüm bilginin sunulduğu dökümandır.	
<b>Tipik Çıktı</b>	Tasarım Güvenlik Gereksinimleri Tanımlama Dökümanı	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 61511-2016</li> <li>- ANSI/ ISA 84.00.01-2004</li> </ul>	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Her bir SIF için fonksiyonel ve bütünlük gereksinimleri</li> <li>- SIS Konfigürasyonu</li> <li>- SIS Genel gereksinimler</li> <li>- SIF Genel gereksinimler</li> <li>- SIF Özel gereksinimler</li> </ul>	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Enstrüman ve kontrol, İşveren enstrüman ve kontrol ekibi, Teknoloji sağlayıcı	
<b>Araçlar</b>	EXSILENTIA Detailed GGT Tool veya benzeri	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>	
Fonksiyonel güvenlik Değerlendirme-1 Raporu SIS satın alma emri Teknoloji sağlayıcı dökümantasyonu	Fonksiyonel güvenlik Değerlendirme-2 Raporu MR-SIS IFA	

## Çizelge 22 – Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 2 Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	İkinci aşama fonksiyonel güvenlik değerlendirme, güvenlik enstrümanlı sistemin tasarımının son halinin kontrolüdür ve aşağıdaki konuları teyidi için yapılır: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Birinci aşama fonksiyonel güvenlik değerlendirme tamamlandı ve ilgili düzeltici aksiyonların tamamı yerine getirildi</li> <li>- Sistem konfigürasyonu, fonksiyonel ve bütünlük gereklilikleri, mimari gereklilikler açıkça tanımlandı</li> <li>- Anlaşılır ve tamamlanmış bir güvenlik gereksinim dosyası (GGT) hazırdır</li> <li>- Tasarım standartların gerektirdiği şekilde tamamlanmıştır.</li> <li>- Roller uygun şekilde paylaşılmış ve yetkinlikler açıkça adreslenmiştir.</li> <li>- Yazılım programı ve siber güvenlik gereksinimleri açıkça tanımlanmıştır.</li> </ul>
<b>Tipik Çıktı</b>	Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi-2 Raporu
<b>Potansiyel Referanslar</b>	IEC 61511-2016 ANSI/ ISA 84.00.01-2004
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- IEC 61511 uyarınca 29 madde</li> <li>- Proses tehlike analizi</li> <li>- Güvenli kullanım kılavuzları</li> <li>- SIL doğrulama varsayımları</li> <li>- İşverenin SIS tasarım standardı</li> <li>- Yürütülen fonksiyonel güvenlik aktiviteleri için yetkinlik kontrolü</li> <li>- Yazılım program güvenlik gereksinimleri spesifikasyonu</li> <li>- Ekipman sertifikasyonları</li> <li>- Fabrika kabul testleri</li> </ul>
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Bağımsız denetçi, İşveren
<b>Araçlar</b>	-
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	Detay tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
Tasarım GGT Fabrika Kabul Testleri	Devreye Alma Öncesi Güvenlik Gözden Geçirme Raporu

Çizelge 23 – Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirme Raporu 2 Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Yerleşim planı ikinci aşama güvenlik gözden geçirme çalışması tesisin 3 boyutlu modelinin %60 olgunluk aşamasına geldiği anda yapılır ve aşağıdaki konular gözden geçirilir: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kolay bakım-onarım ve operasyon için erişilebilirlik</li> <li>- Araç ve personel geçişlerinin uygunluğu</li> <li>- Asayiş gereksinimleri</li> <li>- Güvenli çalışma koşulları için yerleşimin uygunluğu</li> <li>- Gürültü, toksik kimyasallar ve kirlilik açısından uygun yerleşim</li> <li>- Test ve devreye alma imkanları</li> </ul>
<b>Tipik Çıktı</b>	Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirme-2 Raporu
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- İşverenin yerleşim planı hazırlama standard</li> <li>- Mühendis firmanın yerleşim planı hazırlama prosedürü</li> <li>- NFPA 101</li> <li>- Moran, Process Plant Layout, 2nd Ed.,</li> <li>- Hawkins, Rules of thumb guidelines for building services, 2011,</li> <li>- Baron, The Oil &amp; Gas Engineering Guide, 2010</li> <li>- UK Ministry of Defense, Space requirements for plant access, operation and maintenance, 1996</li> <li>- API RP 74</li> <li>- API STD 2510</li> <li>- API RP 752</li> <li>- API RP 753</li> <li>- API RP 2001</li> <li>- OSHA 29 CFR-1910</li> </ul>
<b>Gerekli Bilgiler</b>	Projeye özgü gereklilikler, risk değerlendirmesi, güvenlik açısından kritik prosedür gereksinimleri (elektrik izolasyonu, etiketleme-kilitleme, gaz süpürme, ekipmana güvenli giriş, sınırlandırılmış bölge çalışmaları), tesisin 3 boyutlu modeli
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Proses, Borulama, Yangın Sistemi Tasarım, Elektrik, Statik, Döner Ekipman
<b>Araçlar</b>	3 Boyutlu model hazırlama yazılımı
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	Detay tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
Yerleşim planı HAZOP Kapanış Raporu IFC Patlayıcı Ortam Sınıflandırma Çalışmaları 3 Boyutlu Model %30	3 boyutlu model (60%) IFA

Çizelge 24 – Güvenlik Dökümantasyonu Dosyası Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	Güvenlikle ilgili tüm dökümatasyonun izlenebilirliği arttırmak için hazırlandığı bir araya getirildiği bu dosyada aşağıdaki unsurların veya projeye özgü benzer dökükümanların olması beklenir: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tedarikçilerden sağlanan güvenilirlik verileri</li> <li>- ATEX sertifikasyonu, Avrupa Birliği Uyum Deklarasyonu</li> <li>- IEC 61508 uyarınca SIL sertifikaları</li> <li>- Güvenlik yönetim politika ve prosedürleri</li> <li>- Özel güvenlik sistemleri tasarım dosyaları</li> <li>- Güvenlik ekipmanları hesaplama çizelgeleri ve formları</li> <li>- Güvenlik açısından kritik ekipman listesi (Ör: EK 8)</li> <li>- Güvenlik gözden geçirme raporları</li> <li>- Fonksiyonel güvenlik raporları (HAZOP, LOPA, SIL doğrulama, GGT)</li> </ul>	
<b>Tipik Çıktı</b>	Güvenlik Dökümantasyonu Dosyası	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	- Guidelines for the Management of Safety Critical Elements (EI)	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	Tüm proje dökümantasyonu	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Tüm disiplinler	
<b>Araçlar</b>	-	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>	
HAZOP/ SIL Kapanış Raporu	Güvenlik Son Geçirme Raporu	

Çizelge 25 – Güvenlik Son Gözden Geçirme Raporu Kılavuz Bilgi Çizelgesi

<b>Amaç</b>	<p>Bu raporu tasarım ekibinin takip ettiği güvenlik yönetim sisteminin performansının izlenmesi ve sitemsel iyileştirmelerin yapılması için hazırlan bir iç değerlendirme raporudur. Aşağıdaki konular kapsamı beklenir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mühendislik yayın performansı</li> <li>- Güvenlik yönetim sisteminin performansına yönelik olarak: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Güvenlikle ilgili çalışmalarda yer alan personelin tespiti ve yetkinlik düzeyi</li> <li>o Proses tehlike analizi performansı hakkında notlar</li> <li>o Değişiklikler için güvenlik notları</li> </ul> </li> <li>- Güvenlik gözden geçirme raporlarından çıkan tespitler</li> <li>- Risk yazmacının son gözden geçirmesi ve tespitler</li> <li>- Güvenlik çalışmalarına proje özelinde ayrılan bütçe</li> <li>- Risk analizi ve tasarım güvenliği ekibinin notları</li> <li>- Üst yönetimin kapanış notu</li> </ul>	
<b>Tipik Çıktı</b>	Güvenlik Son Gözden Geçirme Raporu	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	Projenin tüm güvenlik referans dökümanları	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	Tüm güvenlik çalışmaları	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Tüm disiplinler, Üst yönetim	
<b>Araçlar</b>	-	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>	
Güvenlik Dökümantasyon Dosyası	Proje Teslim Dosyaları	

Çizelge 26 – Yangın Tehlikesi Olan Ekipmanların Tespiti ve Yangın Zarfı Belirleme Çalışması

<b>Amaç</b>	Bu çalışmanın amacı aşağıdaki gibi özetlenebilir: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yangın açısından kritik ekipmanların tespiti ve sınıflandırılması</li> <li>- Yangın senaryoları uyarınca zarfların belirlenmesi</li> <li>- Yangın açısından tehlikeli bölümlerin çizimlerinin hazırlanması</li> <li>- Yangına dayanımlı olarak inşaa edilecek ekipman ve yapıların tespiti</li> </ul>	
<b>Tipik Çıktı</b>	Yangın Açısından Tehlikeli Olan Ekipman Listesi ve Yangın Zarfı Çizelgesi	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	API 2218 - Fireproofing Practices in Petroleum and Petrochemical Processing Plants NFPA 30 – Flammable and Combustible Liquids Code	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- İşverenin yangınla pasif mücadele standart ve spesifikasyonları</li> <li>- Yapısal unsurların net bir şekilde görülebildiği yerleşim planı</li> <li>- İlişkide olunacak tesis bölümüne ait yangınla pasif mücadele çizim ve dökümantasyonu</li> <li>- Prose ekipmanlarının listesi,i içerdikleri kimyasallar ve işletme koşulları</li> </ul>	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, İşveren, Proses, Yapısal tasarım, Borulama	
<b>Araçlar</b>	-	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3, Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>		<b>Ardıllar</b>
Akışkan Listesi Proses Akış Diyagramı Kütle ve Enerji Denklik Raporu Tesis ve Ünite Yerleşim Planı Proses Ekipman Listesi		Aktif Yangın Söndürme Sistemi Tasarım Temel Dökümanı

Çizelge 27 – Yangın Açısından Tehlikeli Alanların Çizimi

<b>Amaç</b>	Bu çalışmanın amacı aşağıdaki gibi özetlenebilir:  - Çizelge olarak verilmiş yangın zarfının 3 boyutlu tesis planı üzerinde, etkileşimde olan tüm ekipmanların ve yangın bölgelerinin görülebileceği şekilde çizilmesi
<b>Tipik Çıktı</b>	Yangın Açısından Tehlikeli Alan Çizimi
<b>Potansiyel Referanslar</b>	API 2218 - Fireproofing Practices in Petroleum and Petrochemical Processing Plants NFPA 30 – Flammable and Combustible Liquids Code
<b>Gerekli Bilgiler</b>	- İşverenin yangınla pasif mücadele standart ve spesifikasyonları - Yapısal unsurların net bir şekilde görülebildiği yerleşim planı - İlişkide olunacak tesis bölümüne ait yangınla pasif mücadele çizim ve dökümantasyonu - 3 boyutlu model - Yangın açısından tehlikeli bulunan ekipmanların listesi
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, Çizim teknikleri
<b>Araçlar</b>	AutoCAD
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG3 , Detay tasarım
<b>Zamanlama</b>	
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>
Akışkan Listesi Proses Akış Diyagramı Kütle ve Enerji Denklik Raporu Tesis ve Ünite Yerleşim Planı Proses Ekipman Listesi 3 Boyutlu Model Yangın Açısından Tehlikeli Olan Ekipman Listesi ve Yangın Zarfı Çizelgesi	Yapısal Tasarım Yangına Dayanım Spesifikasyonları



Çizelge 28 – Yangına Dayanımlı Tasarlanması Gereken Yapı ve Ekipman Listesi

<b>Amaç</b>	Bu çalışmanın amacı aşağıdaki gibi özetlenebilir:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yangına dayanımlı olarak tasarlanacak ekipman ve yapıları bir liste olarak tasarım ekibine sunmak</li> </ul>	
<b>Tipik Çıktı</b>	Yangına Dayanımlı Tasarlanması Gereken Yapı Ve Ekipman Listesi	
<b>Potansiyel Referanslar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- API 2218 - Fireproofing Practices in Petroleum and Petrochemical Processing Plants</li> <li>- NFPA 30 – Flammable and Combustible Liquids Code</li> </ul>	
<b>Gerekli Bilgiler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- İşverenin yangınla pasif mücadele standart ve spesifikasyonları</li> <li>- Yapısal unsurların net bir şekilde görülebildiği yerleşim planı</li> <li>- İlişkide olunacak tesis bölümüne ait yangınla pasif mücadele çizim ve dökümantasyonu</li> <li>- 3 boyutlu model</li> <li>- Proses ekipmanlarının listesi, içerdikleri kimyasal ve işletme koşulları</li> </ul>	
<b>Disiplinlerarası Muhataplar</b>	Risk Analizi ve Tasarım Güvenliği, İşveren, Yapısal tasarım, Borulama	
<b>Araçlar</b>	-	
<b>Uygulandığı Tipik Proje Aşama Aşamaları</b>	ÖTG 3, Detay tasarım	
<b>Zamanlama</b>		
<b>Öncüller</b>	<b>Ardıllar</b>	
<p>Akışkan Listesi          Proses Akış Diyagramı          Kütle ve Enerji Denklik Raporu          Tesis ve Ünite Yerleşim Planı          3 Boyutlu Model          Yangın Açısında Tehlikeli Olan Ekipman Listesi ve Yangın Zarfı          Yangın Açısından Tehlikeli Alan Çizimi          Proses Ekipman Listesi</p>	<p>MR-Yangına Dayanımlı Yapı ve Ekipman Çizimler-Yangına Dayanımlı Yapı ve Ekipman</p>	

### 5.5.4.3 Kapı-Geçiş Kriterleri

Bir önceki bölümde sunulan tipik aktiviteler içerisinde fonksiyonel güvenlik değerlendirme 2, yerleşim planı güvenlik gözden geçirmesi ve SIL doğrulama gibi aktiviteler, kavramsal olarak hali hazırda güvenlik kontrolü amacıyla yürütülen aktivitelerdir. Bu aktiviteler süresince adreslenmiş aksiyonlar, detay tasarım nihayetlenmeden kapatılmış olması gerekir. Bu nedenle bu aksiyonların kontrolü birer kapı-geçiş kriteri olarak düşünülebilir.

Güvenlik gereksinimleri tanımlama dosyası, tasarımcı, teknoloji sağlayıcı ve tesis işletme ekibi tarafından ortak olarak doldurulan bir dökümandır ve güvenlik enstrümanlı sistemlerin satın alınması, devreye alınması, işletilmesi ve bakım-onarımlarının uygun şekilde yapılması gereken bilgileri içerir. Bu dosyanın tamamlanması da yine de bir kapı-geçiş kriteri olarak kullanılabilir. Bununla birlikte fonksiyonel güvenlik değerlendirme-2 raporu hali hazırda hem bu konuyu hem de SIL doğrulama raporunun uygunluğunu kontrol eden bir kapsama sahip olduğu için güvenlik gereksinimleri spesifikasyonunun veya SIL doğrulama raporunun başlı başına bir kapı-geçiş kriteri olarak kullanılması gerekmeyebilir. Öte yandan fonksiyonel güvenlik değerlendirme çalışmaları genellikle üçüncü taraf uzmanlar tarafından yürütüldüğü için, eğer projede böyle bir denetim istenmemişse bu iki rapor kapı-geçiş kriteri olabilir.

Projenin bu aşaması artık mühendislik çalışmalarının son aşaması olduğu için tüm disiplinlerin mühendislik kontrollerin ve ilgili kontrol listelerinin tamamlandığının, risk yazamacında belirtilen tüm risklerin kapandığının ve belirtilmiş tüm aksiyonların yerine getirildiğinin, tasarım sürecinin devri için gerekli planların yapıldığının, inşa edilebilirlik tartışmalarının pozitif olarak sonuçlandırıldığının, devreye alma prosedürlerinin hazırlandığının, acil müdahale gereksinimleri için tasarımın hazır olduğunun kontrolleri de yine bu aşamada kapı-geçiş kriteri olarak kullanılabilir [12].

## 5.6 Ölçüt, Sınır ve Karşılaştırma Profillerinin Belirlenmesi

Risk planlama aşamasının bir diğer adımının tanımlandığı bu bölüm, planlama çalışmasının bir parçası olarak risk tespit çalışmalarının öncesinde veya duruma göre sonrasında bicra edilmeli, kayıt altına alınmalı ve risk analiz çalışmasının muhatapları tarafından izlenebilir olmalıdır. Söz konusu olan ölçüt, sınır ve karşılaştırma profillerine karar analizi, kalitatif ve sayısal risk analizi çalışmaları esnasında ihtiyaç duyulur.

Kalitatif analiz esnasında kullanılacak olasılık ve etki değerleri genellikle ordinal ölçütlerle veya görece rakamlarla tanımlanabilir. Söz konusu olacak bir riskin maliyet, zaman, kapsam ve kalite üzerindeki etkisi sınıflara ayrılır ve risk matrisinde kullanılmak üzere bir skorla ifade edilir. Bu değerlerin nasıl sınıflandırılacağı analiz öncesinde kararlaştırılır. Bu kararlar eğer risk analizi bir grup ile icra edilecekse risk analiz çalışması için toplandığında hepberaber yapılır ve ardından risk tespit ve analiz çalışmasına geçilir. Bu tarz değerlendirme kriterleri risk analiz çalışmasının bütün sonuçları üzerinde etkili olacağı için genellikle tasarıma konu olan tesisin en üst yetkilisi tarafından önceden belirlenir ve imzalanır. Dolayısıyla çalışma esnasında genellikle tasarım prosedürleri ve tesislerin risk algısı için kurumsal deklarasyonları incelenir, gerekli görülürse üzerinde oy birliği ile mutabık kalınarak değişiklikler yapılabilir.

EK 9'da bir riskin temel proje hedefleri üzerinde gösterebileceği etkinin rölatif rakamlarla (çarpan olarak) nasıl sınıflandırılabileceği örnek olarak sunulmuştur. EK 10'da ise etki ve olasılık değerlendirmelerinin beraberce bir matriste nasıl ele alınabileceği örneklenmiştir. Görüldüğü üzere her iki gösterim de yarı-sayısal sayıları kullanarak risk analizini kolaylaştırmayı ve riskleri daha hassas bir şekilde sınıflandırmayı ve hatta sıralamayı amaçlamaktadır. Bu iki gösterime proje risk analizi çalışmalarında sıklıkla rastlanabilir. Bununla birlikte bir kimyasal tesis tasarım projesinde proses güvenliğine yönelik risklerin analizi esnasında da yarı sayısal gösterimlere rastlanabilir. EK 11'de de bu şekilde bir risk değerlendirme matrisi örneği görülebilir.

EK 11 incelenirse EK 10'daki yaklaşımdan biraz daha farklı bir yaklaşımda hazırlandığı farkedilebilir; görece rakamlar yerine ordinal ölçütler ile seviyelendirme yapılmıştır ve olasılık değerleri ise ekipmanlara ait hata verme olasılıklarının bir ölçütüdür.

Kalitatif ve yarı-sayısal analiz, tolerans düzeyi matrisler üzerinde farklı renklendirmeler ile ya da risk skorları için öngörülen kabul edilebilir risk skorları ile düzenlenir. Her bir renk veya skor aralığı için müdahale yöntemleri de risk yönetim prosedürlerinde tanımlanır. Planlama aşamasında tasarımcı işverene ait bu prosedürleri inceleyerek bilgi edinir. Risk tespit ve analiz oturumlarının başlangıcında tartışmaya açılan en önemli konulardan bir de bu tolerans seviyeleridir. Tez yazarının kişisel deneyimi, kalitatif veya yarı sayısal değerlendirme matrislerinin çok sayıda ordinal seviyeye bölünmesinin oturumlar esnasında

tartışmaları çok uzattığı ve genellikle bu hassasiyette karar verilmesine gerek olmadığı yönündedir. Çoğu zaman 4x4 matrisler, eğer yasal bir zorunluluğu karşılamaya yönelik çalışma yapılmıyorsa, genel itibarıyla kalitatif proses güvenliği değerlendirmelerinde yeterli ve verimli olabilmektedir.

## **5.7 İletişim Planı**

Bir proje süresince aşağıdaki konuların nasıl yönetileceği risk yönetim planı dökümanı içerisinde tanımlı olmalıdır:

- Risk mühendisliği aktivitelerinin farklı disiplin grupları ve paydaşların katılımıyla beraberce icrası
- Risk analiz çalışmalarında tespit edilen aksiyonların takibinin kimin tarafından yapılacağıın tespiti
- Aksiyonlarının durum güncellemesinin ekiple hangi sıklıkla hangi yollarla paylaşılacağı
- Risk yazmacına girişleri kimin yapacağı, hangi sıklıkla kontrol edeceği ve ekiple hangi aşamalarda gözden geçirme çalışmalarını yürüteceği
- Güvenlik gözden geçirme toplantılarının hangi sıklıkla ve hangi çalışmalar vasıtasıyla yapılacağı

## **5.8 Görev ve Sorumlulukların Tayini**

Risk yönetimi aktivitelerinin ve risk değerlendirme çalışmaları esnasında ortaya çıkan aksiyonlarının sorumluluk ataması için yetkinlik düzeyleri, hangi aktivitenin kim tarafından projenin hangi aşamasında icra edileceğinin kurgusu önem taşır.

Risk yazmacı oluşturulurken risklerin bertarafı / azaltımı için sorumlular belirlenir. Aynı zamanda risk değerlendirme sürecinde kimlerin görev alacağı belirlenir. Bu görevlendirmelerin yapılabilmesi, doğru zamanda doğru kişilerin görevlendirilebilmesi için projenin sözleşme yapısına da ihtiyaç duyulabilir.

Görev ve sorumlulukların tayini ile ilgili bir diğer konu da tasarım sürecinde üretilecek dökümanlara dair bir imza onay kademelendirmesi oluşturmaktır.

## 5.9 Raporlama Biçiminin Belirlenmesi

Planlama çalışmasının son aşamasında, risk yönetimi çalışmaları boyunca yürütülecek aktivitelerin hangi biçimde raporlanacağını kararlaştırılır. Tasarım sürecini şekillendiren sözleşmelerde ve iş kapsamı dosyalarında hangi aktivitelerin bir proje çıktısı olarak talep edildiği belirtilir ya da verilen teknik şartnameyi karşılamak üzere teklif veren yüklenici üreteceği raporları işverenin onayına sunar. Bu raporların nasıl bir biçimde hazırlanacağı genellikle tasarım ekibinin insiyatifindedir ve gelişkin tasarım ekiplerinde bu konuyu yönetmek için iç prosedürler vardır. Hangi detayda çalışma yürütüleceği ise teknik şartname ve proje kapsamı ile netleştirilir. Bu konuda tasarım temel dökümanlarında adreslenmiş standart, regülasyon, kılavuz ya da tasarım kodları da çalışmanın genel çerçevesini netleştirir. Çizelge 29'da, adı gizlilik gerekçesi ile açıklanmayan bir projedeki tipik tasarım güvenliği çıktı raporları listelenmiştir.

Özetle, teknik risk değerlendirme çalışmaları tekil bir rapor ile sonlanmaz. Tekil olan risk yazmacıdır ve proje boyunca bu yazmaç güncellenerek son halini alır. Bazen de tasarım süreci tamamlanırken özellikle tasarım güvenliğini ilgilendiren konularda tüm proje boyunca izlenen yöntemi, işverene sunulan ve mutabık kalınan tasarım kabullerini, tasarım değişikliklerini ve etkilerini, aksiyonların icrasında karşılaşılan sorunları ve aksiyonların mevcut durumunu, çalışmada kalan eksiklikleri ve güvenli bir operasyon için operatöre düşen görevleri özetleyen bir 'Tasarım Güvenliği Gözden Geçirme Final Raporu' hazırlanabilir. Bununla birlikte ara gözden geçirme toplantı raporları da yine talep edilmesi durumunda işveren ile paylaşılır. Güvenlik gözden geçirme raporlamalarına dair bu konular da yine raporlama biçiminin belirlenmesi aşamasında kararlaştırılır. Projeye özel olarak veya bir güvenli tasarım politikasının gereği olarak standartlara uyumun ve yetkinliğin sağlandığının belgelendirilmesi de ayrıca talep ediliyor olabilir. Bu formal gerekliliklerin de yine tasarım süreci öncesinde tespit edilmesi ve çalışmaların bu gerekleri sağlayacak şekilde ilerletilmesi gerekir.

## Çizelge 29 – Örnek Bir Detay Tasarım Projesine Ait Proje Çıktıları ve Risk Değerlendirme Raporları

1	Proses Güvenliği Felsefesi (Tasarımda İş, İşçi Sağlığı ve Güvenliği Felsefesi dahil)
2	HAZOP Raporu
3	SIL Değerlendirme Raporu
4	SIL Doğrulama Raporu
5	Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 1 (kapı geçiş kriteri)
6	Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 2 (kapı geçiş kriteri)
7	SIS'ler için Güvenlik Gereklere Tanımlaması (GGT)
8	Alarm Rasyonalizasyonu
9	Yangın& Gaz Sistemi Felsefesi
10	Y&G Sistemi için C&E Matrisi
11	Patlamadan Korunma Dökümanı (99/92/EC)
12	Patlayıcı Ortamda Kullanılacak Elektriksel Ekipman Listesi
13	Patlayıcı Ortamda Kullanılacak Elektriksel Olmayan Ekipman Listesi
14	Kimyasal Uyumluluk Matrisi
15	Yerleşim Planı Gözden Geçirme 1 (kapı geçiş kriteri)
16	Yerleşim Planı Gözden Geçirme 2 (kapı geçiş kriteri)
17	Proses Güvenliği Gözden Geçirme Final Raporu
18	Güvenlik Dökümantasyonu (Güvenlik-Kritik ekipmanlar için güvenilirlik verileri, FAT raporları, EX sertifikaları ve/veya uygunluk değerlendirme raporları, IEC 61508, güvenlik-kritik ekipman listesi)

Risk yazmaçları, yöneticilerin en temel sorunları çabuk şekilde kavramasına ve gereken adımları atmasına imkan tanır. Yazmaçlar canlı dökümanlardır ve proje süresince izlenerek yenilenirler. Bu dökümanlar aşağıdaki soruların cevaplanmasında kullanılır [47] :

- Ana riskler nelerdir ve hangi önlemler alınmıştır?
- Hangi risklerin yönetimi yetersiz, hangilerinin çok başarılıdır?
- Son kontrolden bugüne neler değişmiştir?

- Stratejik program hedeflerin sapmaya sebep olabilecek etkenler nelerdir ve onları kontrol altına almak için neler yapılmıştır?
- Mevcut performans düşüklüğünün sebepleri nelerdir ve risk ya da fırsatların bunda payı nedir? Eğer yoksa, mevcut risk veya fırsat yönetimini geliştirmek için neler yapılabilir?

Risk yazmaçlarının kullanımında dikkat edilmesi gereken en önemli konu, raporlama gerektiren ve kendi içinde ayrıca yazmaçları olan risk kırılım şeması unsurlarının tamamına yer vererek risk yazmacını yönetilemez kılmamaktır. Örneğin bir risk yazmacına diğer teknik risk kategorileri ile beraber, proses güvenliği kategorisindeki risklerin de tamamı girilirse, bu süreç çok sayıda risk girişi nedeniyle çok karmaşık bir hal alır. Proses güvenliği riskleri zaten HAZOP, HAZID çalışmaları gibi çalışmalarda ortaya çıkarılan aksiyon listeleri ile yönetilir ve tasarım ilgili aksiyonlar ile revize edilerek alınabilecek aksiyonlar kapatılır. Bu noktada risk yazmacında sadece kırmızı olarak tespit edilen proses güvenliği risklerinin yer alması, en kritik ekipmanlar ile ilgili tüm risklerin yer alması, küçük projelerde tüm risklerin yer alması veya proses güvenliğinin sadece genel bir başlıkla yer alması gibi tercihler söz konusu olabilir. Ya da, genel risk yazmacının yanı sıra, analizler arasında geçişi sağlayan ara yazmaçlar da kullanılabilir. Örneğin, bir kimyasal tesisin kritik görülen ünitelerinde HAZOP çalışması yürüttükten sonra, tespit edilen bazı kritik senaryoların sayısal yöntemlerle incelenmesi ve modelleme çalışmaları ile etkilerin değerlendirilmesi tercih edilebilir. Bu geçiş ya HAZOP çalışma sayfaları ile ya da çalışma sayfalarında bulunan kritik risklerin ayrı bir yazmaca geçirilmesi ile takip edilebilir. Bu gibi tercihlere proje öncesinde karar verilmelidir. Yani, bir risk yazmacı oluşturma usulü belirlenmelidir.

Tipik bir risk yönetimi çalışmasında risk yazmacı aşağıda listelenmiş olan bilgileri edinmek için hazırlanır [4]:

- Risk listesi
- Potansiyel bertaraf / azaltım önerisi
- Riskin kökeni
- Daha önceki risklerin gözden geçirilmesi, sonlanan varsa o risk biriminin kapatılması.
- Projenin diğer projelere nazaran risk sırası
- Başat risklerin sıralaması, olasılıkları ve etki düzeyleri

- Risklerin kategorize edilmesi
- Yakın zamanda daha ayrıntılı inceleme gerektiren risklerin tespiti
- Daha ayrıntılı analiz ve müdahale gerektiren risklerin tespiti
- İzleme önceliği
- Trendler

Bu bilgileri sağlayacak bir risk yazmacı genellikle bir Excel çalışma sayfası ile tasarlanır ya da ticari yazılımlar tercih edilebilir. Yazmacın kolonlarının tasarımı tamamen risk yöneticisinin tercihi ile şekillenir. EK 2’de bir başka risk yazmacı içeriği örneği görülebilir.



## 6. ÖRNEK ÇALIŞMA

### 6.1 Örnek Proje Hakkında Özet Bilgi

Ülkemiz Türk kömürlerinden gazlaştırma yoluyla değerli kimyasal üretimi konusuna önem vermekte ve araştırma – geliştirme projelerine destek olmaktadır. Bu kapsamda, TÜBİTAK MAM tarafından gazlaştırıcıdan elde edilen sentez gazından değerli kimyasal üretimine yönelik ‘Tunçbilek Metanol Projesi’ başlatılmıştır. Tunçbilek Metanol Projesi ile, Türk linyitlerinden metanol üretimini sağlayacak bir teknolojinin, yerli tasarım ve mühendislik ile pilot ölçek boyutunda uygulanabilirliğinin gösterilmesi hedeflenmiştir.

Söz konusu pilot tesisin kurulması, çalıştırılması ve geliştirilmesi aşamalarında;

- Yetişmiş insan gücü
- Tesise özel işletme ve bakım deneyimi
- Pilot ölçekte üretim yapmak için mekanik ünite ve proses tasarımı
- Tesise özel güvenli işletme yol haritası
- Proseslere özel ekonomik veriler
- Proses performans parametreleri hakkında bilgi
- Proses koşullarında performansı test edilen yerli katalizör
- Tesise özel imalat ve tedarik süreçleri hakkında deneyim
- Gelecekte yapılması muhtemel AR-GE projeleri için proje yönetimi sistemi

elde edilecektir.

Uzun vadede, elde edilen bu tecrübe ve bilgiler ışığında, endüstriyel boyutta kömürden metanol üretim tesisi kurulması amaçlanmıştır.

### 6.2 Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Tasarım Süreci Teknik Risk Değerlendirme Çalışması Planı

#### 6.2.1 Proje Karakterizasyonu

Bu bölüm TÜBİTAK proje ekibi ile beraber, tez çalışmalarına esas olması için taslak olarak hazırlanan proje uygulama planı, tasarım temel yönergesi ve yine tez yazarının ekiple olan

görüşmelerinde hazırlanan proje-durum ilerleme raporları baz alınarak hazırlanmıştır. Aynı zamanda birebir görüşmelerde yapılan değerlendirmelerden de faydalanılmıştır. Kurumsal bilgilerin gizliliğini korumak amacıyla bu taslak raporların sunumuna bu tez kapsamında yer verilmemekle birlikte, bir teknik risk değerlendirme planı hazırlığı için gerekli bilgiler alınmış ve tezin ilerleyen bölümlerinde gerekli yerler ile ilişkilendirilmiştir.

### **6.2.1.1 Kapsam Değerlendirmesi**

Örnek alınan projede TUBİTAK ekibi aşağıdaki çalışmalarını yapacak ve gerekli eğitimleri verecektir:

- Tesisin gaz şartlandırma, metanol üretimi ve metanol saflaştırma sistemlerinin kavramsal tasarımlarının yapılması
- Bu sistemlerin detay proses tasarımlarının ve imalata yönelik detay tasarımlarının yapılması
- Gaz temizleme sisteminin kurulumunun takibi ve devreye alınması
- Metanol üretimi için gerekli katalizörün sentezlenmesi, karakterizasyonunun yapılması ve performans testlerinin gerçekleştirilmesi
- Tesis kurulumu için teknik ihale dökümanlarının hazırlanması
- Gerekli mal ve hizmet satın alımlarının gerçekleştirilmesi
- Sistemin imalat ve kurulumunun takibi ve kontrolü
- Sistemin mevcut gazlaştırıcı sistemle entegrasyonunun sağlanması
- Sistemin devreye alınması
- Tesis işletme prosedürlerinin hazırlanması

Yukarıda belirtilen çalışmalar sentez gazı şartlandırma ünitesi (karbon dioksit ayrıştırma ünitesi dahil), metanol üretimi ve metanol saflaştırma sistemlerini içermektedir. Bir blok şeması gibi proses sırası göz önünde tutularak bu sistemler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

#### Su Gaz Dönüşüm Reaktörü (SGDR) (Gaz Şartlandırma)

- Isı değiştiricisi
- SGDR yüksek sıcaklık dönüşüm reaktörü (katalizörlü)

### CO<sub>2</sub> Ayrıştırma Sistemi

- Muhtelif Isı değiştiriciler
- Absorbsiyon kolonu (karşı akışlı yıkama, MEA çöztisi, kimyasal absorbsiyon)
- Desorbsiyon kolonu

### Metanol Üretim Sistemi

- Muhtelif Isı değiştiriciler
- Kompresör sistemi
- Reaktör

### Metanol Saflaştırma Sistemi

- Ön kolon
- Rafinasyon kolonu

## **6.2.1.2 Sistem Karakterizasyonu**

Tez kapsamında incelenen sistemin temel karakteristikleri aşağıdaki gibi listelenmiştir:

- Proje ekibince Sistem→Ünite→Alt Ünite→Ekipman şeklinde bir kademe yapısı tanımlaması yapılmıştır.

Sistem : Kömür hazırlama sistemi, gazlaştırma sistemi vs.

Ünite : Distilasyon kolunu, gazlaştırıcı vs.

Ekipman ve enştrüman : Pompa, vana, BT vs.

- Proje kapsamındaki tüm sistem ve alt elemanları ‘Tasarım Yönergesi’ ile ayrıştırılmış, operasyon parametreleri ve teknik performans hedefleri eğer varsa özellikle belirtilmiştir. Aşağıda, en kritik yapılar için performans kriterleri ayrıca tartışılmıştır.
- Proje kapsamında sistem tasarımını birincil olarak etkileyen sınırlayıcılar aşağıdaki gibidir:
  - Tesis çalışma koşullarında CO seviyesi yüksektir
  - Alt yüklenicilerden hizmet alınması, kamu ihale kanununca yapılmak zorundadır. En ucuz teklifi veren firmanın işi alabileceği bir ihale yapısı söz konusudur.

- Kömür hazırlama ve gazlaştırma sistemi hali hazırda vardır. Gaz temizleme sisteminin ise detay tasarımı tamamlanmıştır. Proje bu noktadan devam etmek zorundadır.
- Metanolün AA kalitenin gerektirdiği, asit, aseton, etanol, su, uçucu olmayan maddeler ve yoğunluk spesifikasyonlarını sağlaması gerekir. Bu sınır değerler 'Tasarım Temel Dökümanı' içerisinde tanımlıdır.
- Gazlaştırma ve gaz temizleme atmosferiktir (CO<sub>2</sub> ayrıştırma sisteminin seçimi bu bilgiler ile yapılmıştır). Gazlaştırıcı sürüklemeli yatak tipindedir.
- Sistemin performansını etkileyebilecek, etkileşimde bulunduğu bir dış çevre yoktur fakat tesis yerleşim yerinde genişleme imkanları sınırlıdır. Tesisten kaynaklı büyük kazaların etki edebileceği endüstriyel ve sosyal binalar söz konusudur.
- Sisteme dair diğer karakteristikler alt üniteler özelinde aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir:
  - Su Gaz Dönüştürüm Reaktörü (SGDR)
    - Sabit yataklı bu reaktörde performans hedefi konsantrasyon cinsinden H<sub>2</sub>/CO oranı 1'e yaklaşırken M Modülü olarak da ifade edilen (H<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>)/(CO + CO<sub>2</sub>) oranının 2'ye çıkarmaktır.
    - SGDR'nin iki kademeli ya da tek kademeli olasılıkları verim açısından tartışılmaktadır.
    - Kullanılacak katalizör tipi çalışma sıcaklıklarını değiştirebilmektedir. Katalizör tipleri için fiyat, ilgili ölçekte imal edilebilme, kararlılık, safsızlıklara dayanıklılık, dönüşüm performansı kriterleri tartışmalar açısından önem kazanmıştır.
    - Bu reaktörde buhar ve sıcaklık kontrolü kritiktir.
    - By-pass oranı kritiktir.
  - CO<sub>2</sub> Ayrıştırma Sistemi
    - Karbon dioksit ayrıştırma sistemi seçiminde teknolojik hazıroluşluk, sentez gazı karbon dioksit oranı ve düşük basınçta karbondioksit tutabilme kabiliyeti önemli performans kriterleri olarak öne çımıştır.
    - Düşük basınçta bir absorpsiyon gerçekleşmesi hedeflenmektedir.
    - Sıcaklık kontrolü kritiktir.

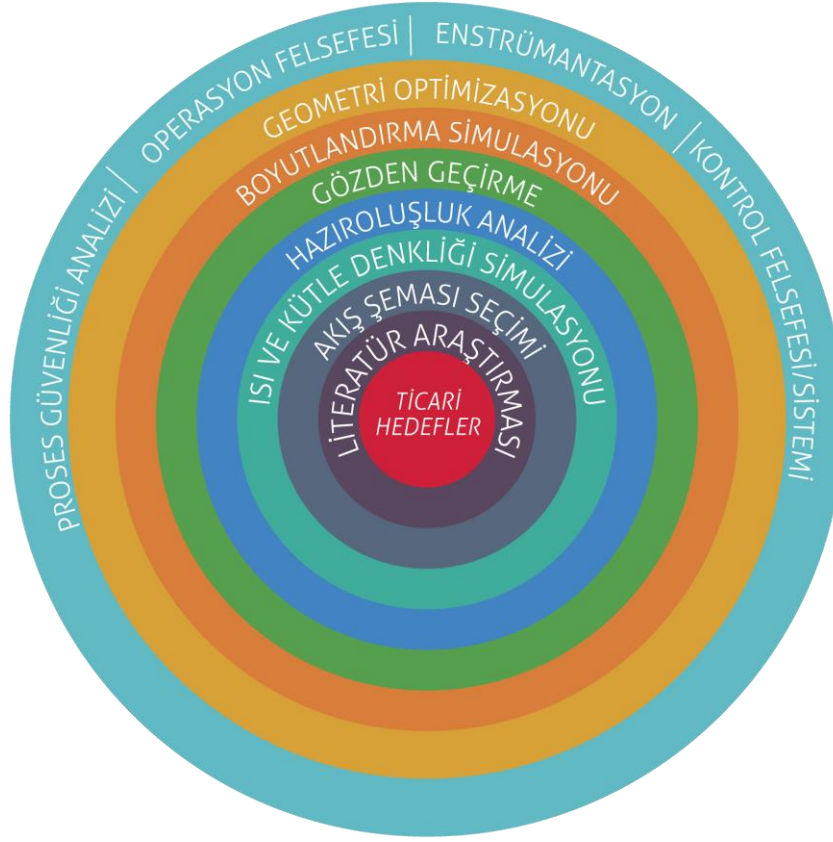
- Metanol Üretim Reaktörü
  - Sıcaklık kontrolü kritiktir.
  - Basınç kontrolü kritiktir.
  - Bulamaç tipi bir reaktörün inovasyon fırsatı yaratıp yaratmayacağı tartışılmıştır.
  - Metanol reaktörü seçimi için 10 farklı kriter söz konusu olmuştur:
    - İmalat kolaylığı
    - Kg Metanol/ L katalizör (katalizörün etkinliği)
    - Tasarım kolaylığı (seçilen katalizör ile reaktörün tasarımı)
    - İşletme kolaylığı
    - Katalizör yükleme/boşaltma kolaylığı
    - Teknolojik bilgiye ulaşım kolaylığı
    - Isı geri kazanım kolaylık potansiyeli
    - Ölçek büyütme kolaylığı
    - Teknolojinin yaygınlığı
    - İşletme şartları
    - Maliyet
    - Basınç düşüşü
  - Metanol sentezinin ticari olarak CuO/ ZnO/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%35 Bakır, %15-50 çinko, %4-20 Alüminyum) katalizör varlığında gerçekleştiği belirtilmiştir. Bu katalizörü ikame edebilecek karakteristiklere sahip bir katalizör sentezlenmesi kritik olarak görülmüştür.
  - Katalizör seçiminin ve performansının reaktör çalışma basıncı üzerinde belirgin bir etkisi olacağı belirtilmiştir.
- Metanol Saflaştırma Sistemi
  - 2 ya da 3 kolonlu bir distilasyon proses olarak planlanmaktadır.
  - Distilasyon ya da diğer ayrıştırma teknolojilerinin karşılaştırılması esnasında kontrol edilebilirlik, maliyet ve teknolojik hazıroluşluk kriterleri öne çıkmıştır.
  - Kolon tipinin tepsili ya da dolgulu olmasına göre performans açısından kritik olabilecek faktörler tartışılmıştır. Özellikle dolgulu tip kolon için akış

miktarı yönetimi, basınç düşüş miktarı, aynı proses proses performansı için kolon yüksekliği, korozyona dayanım, çalışma basıncı ve katı partiküllerin ortamda bulunmasının tasarımın erken aşamalarında önemli kriterler olacağı değerlendirilmiştir.

- İncelenen kapsam içerisinde tekrar eden ve birbirinin benzeri olarak değerlendirilerek sistem karakterizasyonu ve analizi esnasında kolaylık sağlayacak bir proses birimi söz konusu olmamıştır. Bu nedenle sistematik bir benzerlik değerlendirmesi yapılmamıştır.

### **6.2.1.3 Tasarım Yönteminin Belirlenmesi**

Proje ekibi Bölüm 5.2.3'te özetlendiği haliyle kademeli ve bilgi akışı temelli bir tasarım yöntemini izlemektedir. Aşağıda Şekil 5'te soğan şeması şeklinde özetlenen tasarım aşamaları, proje ekibinin sıralı olarak takip ettiği adımları özetlemektedir. Bu aktivitelerin proje aşamalarına adreslemesi Bölüm 6.2.1.4.2'de ayrıca yapılacaktır. İzlenen yöntemin, endüstride de yaygın olarak kullanılan kimyasal tesis tasarım adımları ile uyumlu olduğu söylenebilir.



Şekil 5 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Tasarım Süreci Soğan Modeli

#### 6.2.1.4 Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Proje Aşamalarının Tanımlanması

##### 6.2.1.4.1 Proje Aşamalarının Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Proje süresince takip edilmesi planlan proje paketleri aşağıdaki gibidir:

İP 1 – Kavramsal Tasarım

İP 2 – Katalizör Çalışmaları

İP 3 – Detay Tasarım

İP 4 – İmalat, Satın Alma ve Kurulum

İP 4.1 – İmalat

İP 4.2 – Analiz Altyapısının Kurulumu

İP 4.3 – Kurulum

İP 5 – Devreye Alma

*İP : İş Paketi*

Tez kapsamında, yukarıda belirtilen iş paketlerinin bir kimyasal tesis tasarımı süreci için karakteristik olabilecek proje aşamalarını ifade edecek şekilde sınıflandırılması hedeflenmiştir. Hali hazırda İP 3 ve sonrasındaki sürecin tipik proje aşamaları ile uyumlu olduğu söylenebilir. Tasarım aşamasına yönelik aşamalandırmalar da esasen ÖTG 1-2-3 ve detay tasarım şeklinde tezin ön bölümlerinde sunulan yaklaşım ile uyum içerisindedir.

Proje ekibi tarafından kavramsal tasarım öncesi yürütülen literatür araştırmasının ve TUBİTAK ile TKİ tarafından projenin başlangıcına neden olan hedef belirleme, fizibilite çalışmalarının ÖTG 1 aşamasına denk geldiği değerlendirilmiştir. Kavramsal tasarım süreçlerinde yürütülen aktiviteler ise aşağıda Çizelge 30’da detaylandırılacağı üzere ÖTG 2 aşaması ile örtüşmektedir. Detay tasarıma dair proje kapsamında hedeflenen karakteristikler göz önüne alınca ise ÖTG 3 ve detay tasarım aşamalarının beraberce aynı iş paketi içerisinde tanımlandığı ve ÖTG 3A (Proses Yönelik Detay Tasarım) ile ÖTG 3B (İmalata Yönelik Detay Tasarım) olarak sınıflandırılabilceği değerlendirilmiştir.

Çizelge 30’da proje aşamasına dair karakteristikler özetlenirken, Bölüm 5.2.4.1’de sunulan karakteristik Çizelge 2’ye dair genel konulara yer verilmemiş, proje özelindeki ayrıntılar sunulmuştur.

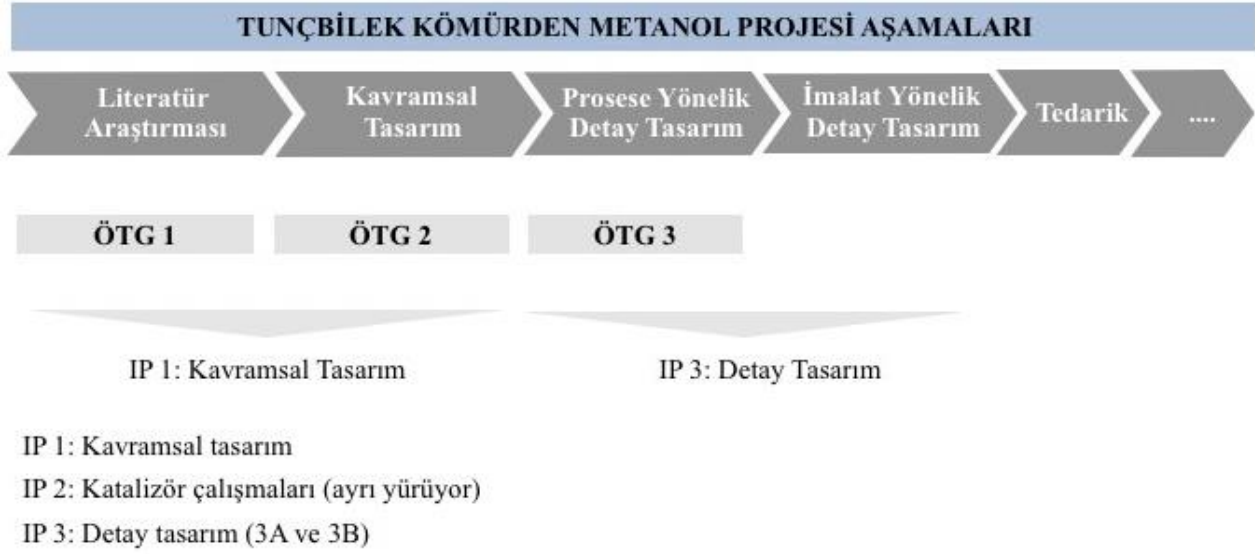


Çizelge 30 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Tasarım Süreçleri Karakterizasyonu

ÖTG – 1 (Literatür Araştırması, Ön Fizibilite)	ÖTG – 2 (Kavramsal Tasarım)	ÖTG – 3A ve ÖTG – 3B (Detay Tasarım)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• İş fırsatı tespit edilmiştir. Türkiye'nin geniş linyit potansiyelinin kömürden kimyasal üretimi için kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında metanolün kimya sanayi için önemli bir girdi olduğu ve Dünya çapında kullanım trendinin giderek arttığı tespit edilmiştir. Hali hazırda Türkiye'de gazlaştırma konusunda pek çok adım atılmış olduğu için gazlaştırma ile kömürden metanol üretimi konusunun Türkiye açısından ümit vaad edici olduğu öngörülmüştür.</li> <li>• Pilot tesis büyük ölçekte tasarlanırken gaz temizleme sistemi için teknolojik açıdan olgun teknolojilerin kullanılabileceği öngörülmüştür.</li> <li>• Bir pilot tesis çalışması olması nedeniyle belirgin ticari hedefler henüz konulamamıştır. Öte yandan üretilecek metanolün ticari olarak Pazar bulabilmesi için % 98 ve üzeri saflıkta olması gerektiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte distilasyon kolonunda AA sınıfı (%99.95 ) saflıkta metanol üretilecek şekilde tasarımın yapılması kararlaştırılmıştır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temel olarak proses simülasyonların yapıldığı ve PFD'nin hazırlandığı aşamadır.</li> <li>• İlk aşamada ortaya konan alternatifler temel düzeyde geliştirildikten ve çeşitli kriterler açısından değerlendirildikten sonra bir tanesi seçilmiştir. Bu aşamada 10 metanol reaktörü tipi 12 kriter içerisinde önemli görülen 6 kriter açısından değerlendirilmiş ve metanol reaktör tipi seçilmiştir. Diğer bazı seçimler de yine bu aşamada yapılmıştır.</li> <li>• Ön bir proje uygulama planı çıkarılmıştır.</li> <li>• Sınıf IV düzeyinde maliyet tahmini yapılmıştır.</li> <li>• ÖTG 1 ve ÖTG 2 kavramsal tasarım raporu oluşturulmuştur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proje kavramsal tasarımı gözden geçirilmiştir (BAŞ ve PFD ler revize edilir).</li> <li>• Malzeme seçimleri tamamlanır.</li> <li>• Kütle ve enerji denklileri revize edilir. Optimizasyon çalışmaları yapılır. Ana üniteler boyutlandırılmıştır.</li> <li>• Proses, elektrik, mekanik, enstrüman tasarım çıktıları hazırlanmıştır.</li> <li>• Ayrı yürütülecek diğer disiplin çalışmaları için bilgiler hazırlanmıştır (ihtiyaçlar, gerilmeler, ağırlıklar ve temel boyutlar)</li> <li>• Yardımcı ünitelerin tasarımı sonlandırılmıştır.</li> <li>• Hammadde, ara ürün ve ürün analiz sistemi altyapısı oluşturulmuştur.</li> <li>• Temel satın alma hazırlık faaliyetleri yürütülmüştür.</li> <li>• Uzun tedarik zamanlı mal alımları kararları alınmıştır.</li> <li>• Proje uygulama planı gözden geçirilmiştir.</li> <li>• Sınıf III düzeyinde maliyet tahmini yapılmıştır. Sınıf II maliyet tahmini tartışmaları yürütülmüştür.</li> </ul>

ÖTG – 1 (Literatür Araştırması, Ön Fizibilite)	ÖTG – 2 (Kavramsal Tasarım)	ÖTG – 3A ve ÖTG – 3B (Detay Tasarım)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sınıf V düzeyinde maliyet tahmini yapılmıştır.</li> <li>• Master zaman planı hazırlanmıştır.</li> <li>• Metanolün eldeki mevcut atmosferik sürüklemeli akışkan yatak kullanılarak nasıl üretileceği ve alternatif proses şemaları tartışılmıştır.</li> <li>• Sözleşmeler hazırlanmıştır.</li> <li>• Farklı tipte BAŞ'ler tartışılmış ve seçilenler ÖG 2 aşamasına aktarılmıştır.</li> <li>• ÖTG 2 ve ÖTG 3 aşamaları kurgulanmıştır</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proses temel işletme parametrelerinin seçimi yapılmıştır.</li> <li>• Yardımcı sistemlerin (Utility) kaba hesapları başlamıştır.</li> <li>• Kütle enerji denklikleri hazırlandığı için atık miktarları ve türü ile ilgili ön hesaplamalar yapılmıştır.</li> <li>• Proses veri çizelgeleri hazırlanmıştır (ana üniteler için)</li> <li>• Teknolojik hazıroluşluk tartışmaları yapılmıştır.</li> <li>• Risk yazmacı oluşturulmamıştır fakat temel riskler ÖTG 3 aşamasına aktarılmıştır.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bu aşamanın sonunda proje, bütçe için onay makamına sunulmuştur.</li> </ul>

Sonuç olarak, ‘Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Projesi’ aşamaları aşağıda Şekil 6’da sunulduğu hali ile karakterize edilmiştir:



\* ÖG : Ön Geliştirme

Şekil 6 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Proje Aşamaları

#### 6.2.1.4.2 ÖTG Çıktı ve Aktivitelerinin Belirlenmesi

ÖTG çıktı ve aktiviteleri mevcut proje dökümantasyonu ve tez kapsamında hazırlanan proje uygulama planı incelenerek tespit edilmiştir.

##### ÖTG 1 (Literatür Araştırması, Ön Fizibilite) Aşaması Ana Çıktı ve Aktiviteleri:

- Proje hedefleri
- Maliyet öngörüsü
- Master organizasyon planı
- Master zaman planı ve işgücü planlaması
- ÖTG 2 ve ÖTG 3 kapsam kurgusu
- Sözleşme taslakları
- Proses alternatifleri ve teknik-teknolojik uygunluk değerlendirmesi

## ÖTG 2 (Kavramsal Tasarım) Aşaması Ana Çıktı ve Aktiviteleri :

- PFD, BAŞ dosyaları sonlandırılmıştır.
- Risk yönetim uygulama planı hazırlanmıştır.
- Sınıf IV maliyet analizi yapılmıştır.
- Kavramsal tasarım raporu hazırlanmıştır.

## ÖTG 3A Ana Çıktı ve Aktiviteleri (Detay Tasarımın 1. Aşaması-Proses Yönelik):

- Proses performans değerleri için öngörüler iyileştirilmiş ve tasarım esas olacak hale getirilmiştir. İlgili proses detay tasarım raporu (sadece proses performans kriterlerini içerir) hazırlanmıştır.
- İki boyutlu tesis modeli hazırlanmıştır (yerleşim planı)
- Acil durum kapama prosedürleri hazırlanmıştır.
- Tesis işletme prosedürü ve checklistleri hazırlanmıştır.
- P&ID'ler proses tehlike analizi çalışmalarına hazır hale getirilmiştir.
- Ekipman ve enstrüman veri çizelgeleri hazırlanmıştır.
- İnterlock matrisleri hazırlanmıştır.
- Yangın söndürme sistemi ihtiyaç tanımlaması yapılmıştır.
- Güvenlik sistemlerinin tasarımı ve tasarım güvenliği ile ilgili çalışmalar yürütülmüştür. Kalitatif risk analizi yapılmıştır. Çalışmaların sonuçları uyarınca tasarım gözden geçirilmiştir. Sayısal risk analizi için hazırlık başlatılmıştır.
- İzolasyon hesapları yapılmıştır.
- Termal genleşme hesapları yapılmıştır.
- ATEX çalışmaları yapılmıştır.
- Sınıf III maliyet öngörüsü yapılmıştır.
- ÖTG 3 B şartnamesi hazırlanmıştır.

### ÖTG 3 B Ana Çıktı ve Aktiviteleri (Detay Tasarımın 2. Aşaması- İmalata Yönelik):

- P&ID'nin nihai hali hazırlanmıştır.
- Yerleşim planı son halini almıştır ve 3 boyutlu modelleme sonrası ünitelerin koordinatları belirlenmiştir.
- Elektrik, mekanik ve inşaat projeleri hazırlanmıştır.
- Kontrol sistemi uygulama projesi hazırlanmıştır.
- Tedarik ve inşa süreçleri için teknik şartnameler hazırlanmıştır.
- Diğer mal ve hizmet alımı için teknik şartnameler hazırlanmış ve teklif toplanmıştır (imalata yönelik detay tasarım için ya da imalat için)
  - Yangın sistemi gibi güvenlik sistemlerinin yükleniciler tarafından yürütülmesi için ihale dosyaları hazırlanmıştır.
  - Elektrik kontrol odası ihale dökümanları hazırlanır. Dışarıdan doğrudan satın alma ile iş yürütülür.
  - Vs.
- Proje uygulama planı hazırlanmıştır.
- Sınıf II maliyet analizi çalışmaları sürdürülmüştür.

#### **6.2.1.5 Sözleşme Yapısı**

TKİ işveren (destekleyici), TÜBİTAK MAM ana yüklenici (merkez), hizmet sağlayan diğer firmalar ise alt yüklenici olarak tanımlanmıştır.

Lisans Zorunlulukları / Garantiler : AR-GE tesisi olduğu için donanım ile ilgili herhangi bir lisans zorunluluğu bulunmamaktadır. Bununla birlikte tesis ticari boyutlara taşındığı takdirde yapılması olası değişiklikler için lisans anlaşmaları sorun teşkil edebilir. Otomasyon sistemi yazılımı için lisans yükümlülükleri vardır. Garanti kapsamındaki ekipmanların garanti kapsamını delegecek kullanımları henüz söz konusu olmamıştır.

Alt yüklenicilerden hizmet satın alınması esnasında kamu ihalesi kanunları gereğince alım yapılacaktır. Bu kapsamda en az 3 teklif toplanacak ve ihale şartlarını sağlayan en ucuz firma teklifi kabul edilecektir.

Tasarım dosyası ve şartnamelerin hazırlanma sürecinde zaman açısından kritik teslim tarihleri yoktur.

Ana maliyet unsurları aşağıdaki şekilde ortaya çıkmıştır;

- Kompresörün (metanol sistemi) satın alınması ve kurulumu
- Gaz analiz sisteminin satın alınması ve kurulumu
- Otomasyon sisteminin satın alınması ve kurulumu
- Detay tasarım sonrası ortaya çıkarılan tesis ünitelerinin imalatı, enstrüman ve ekipmanların temini, inşaat işleri ve kurulum işleri
- Bazı yüksek basınçlı kapların (metanol reaktörü, sentez gazı depolama tankları, bazı ısı değiştiriciler) satın alınması ve kurulumu

Belirtilen ana maliyet unsurlarına dair riskler özellikle takip altına alınmalıdır. Ana maliyet unsurlarını etkileyen satın alma faaliyetlerinin bir alt yükleniciye aktarılabilceği belirtilmiştir. Ana maliyet unsurlarını etkileyen faktörlerin satın alma süreçlerinin kurgusu teknik risk analiz çalışması sonuçlarına göre gözden geçirilecektir.

İmalat, yerleşim ve kurulum için gerekli tüm donanımı alt yüklenici sağlamak zorundadır. Bu gereklilik hali hazırda teknik sözleşmede belirtilmiş durumdadır.

Alt yüklenici firmanın yapmış olduğu işler TÜBİTAK MAM tarafından, hazırlanan teknik şartnameler uyarınca kontrol edilecek, eksiklikler tespit edilecek ve işin kabulü aşaması yürütülecektir.

#### **6.2.1.6 Proje Performans Hedefleri**

Proje uygulama planına giren ana performans hedefleri aşağıdaki gibidir:

- Metanol Üretim Kapasitesi : 125 kg/h ( kömürün yarısı kadar metanol üretileceği kaba kabulü ile)
- Metanol Saflık Derecesi : > % 98

Projenin 42 aylık bür süreç içerisinde (İnşaat hariç) tamamlanması beklenmektedir.

### 6.2.1.7 Proje Durum-İlerleme Raporu

Durum değerlendirme raporu uyarınca önemli görülen bazı konular aşağıdaki gibidir:

- Detay tasarım aşaması tamamlandıktan sonra karşılıklı revize edilen bir süre kullanımı söz konusu olmuştur. Süre artışına aşağıdaki konuların sebep olduğu görülmüştür:
  - Saha görevlerinin icrasında uzaklık sorunu
  - Gaz temizleme ünitesini imal eden alt yüklenicinin işi zamanında bitirememesi
  - ATEX uyumlu ekipmanların tedarik güçlüğü
  - Buhar kazanının kapasite sorunu yaşaması nedeniyle devreye alınmasında güçlük çekilmesi
  - Kış için hava koşullarının beklenenden sert geçmesi nedeniyle yaşanan aksaklıklar
  - Tesise özgü imalat yöntemlerinde firmaların tecrübe eksikliği
  - Özel malzemeler için minimum sipariş miktarlarında tedarik sorunu yaşanması
  - Firmalar tarafından kalite kontrol prosedürlerinin tam uygulanmaması nedeniyle iş kabullerinde gecikmeler olması

Belirtilen sorunlar yürütülen proje türünün ilk örneklerinden bir pilot tesis olduğu için beklenebilecek konular gibi görünse de, projenin amaçlarından bir tanesinin de hali hazırda bu konuda tasarım, inşaa ve proje yönetim becerisi geliştirmektir. Sorunlar arasında teknolojik hazıroluşluk, kapsam değerlendirme, inşaaedilebilirlik gibi risk kategorilerinin öne çıktığı görülebilir. Bir sonraki projede, bu başlıklardaki sorunlar erken aşamalarda yapılabilecek bir HAZID çalışmasıyla öngörülebilir. Mevcut durumda, yukarıda belirtilen konular artık bir risk değil ortaya çıkmış birer olgudur ve sorunlar süre kaybına sebep olarak çözülmüştür.

- Proje kapsamı mevcut durumda aşağıdaki konuları kapsamaktadır:
  - Metanol tesisi (SGDR sistemi, metanol üretim ve metanol saflaştırma sistemleri) kavramsal tasarımı
  - Proses detay tasarımı
  - İmalat yönelik detay tasarım
  - Katalizör üretimi,

- Tesis imalatı yönetimi,
  - Analiz alt yapısının kurulumu,
  - Tesis dökümantasyonun sağlanması ve devreye alma işlerini
  - Gaz temizleme sistemi kurulumu (detay tasarımı tamamlanmış) ve devreye alma işleri bu projeye dahil olarak kapsama girmiştir. Gaz temizleme sisteminin detay tasarımı daha önceki projeden hazır halde gelmiştir. Kömür hazırlama ve gazlaştırıcı sistemi ise yerleşim planında hali hazırda çalışır vaziyette kuruludur ve bu konuda bir işletme tecrübesi de oturmuştur. Özel olarak, SGDR ve CO2 ayırma sistemlerindeki seçimler de daha önceki tecrübelerle istinaden yapılmıştır. Tesis önceki proseslerin de kapasitesi göz önünde tutularak 250 kg linyit/saat kapasite ile işletilecektir.
- Proje sözleşme yapısı maliyet ve zaman konusundaki sapmaları kompanse edebilecek bir yapıdadır.
  - Proje ve proses performans hedeflerinde herhangi bir sapma öngörülmemektedir.
  - Projenin metanol üretim sistemi bölümünün satın alma ve inşaa süreçleri beklenmemektedir.

Proje durum değerlendirme çalışması esnasında an itibarıyla temel riskleri ve mevcut durumunu ifade eden kaba bir risk yazmacı da hazırlanmıştır. Bu yazmaç dahilindeki riskler, risk yönetim aktiviteleri esnasında tespit edilen diğer riskler ile beraber Örnek Çalışma'nın 6.4 Numaralı Bölümü'nde sunulmuştur.

### **6.2.2 Kaynak Planlama**

- Bütçe
  - Zaman aşımı söz konusu olduğunda ödemeler fazladan harcanacak adam. saat üzerinden devam edecektir.
  - Mal alımı ücretleri hakediş usulü ödenmektedir.
  - Proje yöneticisinin adam.saat alokasyonu dışında maliyet yönetimi yapılmamaktadır.



- Risk yönetimi için gerekli fonksiyonel güvenlik standartları, proses tehlike analizi yazılımı ve etki değerlendirme yazılımı Ekodenge firması tarafından bu teze destek olmak amacıyla sağlanmıştır.
- Proses güvenliği çalışmaları için uzmanın seyahat bedelleri Ekodenge firması tarafından teze destek olmak amacıyla karşılanmıştır.
- Proses güvenliği çalışmalarını yönetecek uzmanın adam.saat harcamaları Ekodenge firması tarafından teze destek olmak amacıyla karşılanmıştır.
- Tasarım güvenliği ve risk yönetimi başlığı altında ilerleyen aşamalarda yürütülen aktiviteler için özel bir bütçe ayrılmamıştır. Danışmanlık ücreti kapsamında alınan ücretlere dahil olarak çalışmalar finanse edilecektir
- Bilgi kaynakları
  - Tasarım temel yönergesi (tez kapsamında hazırlanmıştır), proje uygulama planı (tez kapsamında hazırlanmıştır), proje ekibi tarafından üretilen tasarım çıktıları
  - Firmalardan talep edilen bilgi talep formları
  - Dış uzmanlar
  - Fonksiyonel tasarım gereklilikleri dosyası hazırlanırken otomasyon sistemi teknoloji sağlayıcısının katılımıyla yürütülen çalışmalar
  - İnşaedilebilirlik tartışmaları için alt yüklenicinin katılımıyla yürütülen çalışmalar
  - TUBİTAK ekibinin tesisin kurulu bölümlerine yönelik teknolojik ve tecrübi birikimi
- Zaman
  - Master zaman planı

### 6.2.3 Risk Kategorilerinin Belirlenmesi

Bölüm 5.4.2’de risk kırılım şemasının hangi kategoriler kullanılarak oluşturulması gerektiği tartışılmıştır. Proje kapsamının, sistem karakterizasyonunun, tasarım sürecinin, proje aşama ve çıktı yapısının, sözleşme yapısının, proje performans hedeflerinin ve proje durum-ilerleme raporunun bu konuda yol gösterici olduğuna değinilmiştir.

Tez yazarının projeye dahil olduğu süreçte pek çok risk kategorisi hali hazırda tartışılmış tasarım süreci iletmiş olduğu için, esasen tez kapsamında TUBİTAK ekibi ile ortaklaşa

yürütülebilen tek risk yönetim aktivitesi, proses güvenliği kategorisinde gerçekleşmiştir. Bunun dışında ortak yürütülen çalışmalar, geçmiş çalışmaları da kapsayacak şekilde, pilot bir tesisin teknik risk yönetiminin nasıl yürütülmesi gerektiğine dair tartışmalar olmuş ve tamamlanmış süreçler dahi olsa, ideal durum tanımlaması yapılmaya çalışılmış ve tezin 5. Bölümü'nde geliştirilen planlama algoritmasının uygulaması yapılmıştır. Bu bölümde belirlenen risk kırılım şeması kategorileri (başlıkları ve alt başlıkları) da yine ideal olanı örneklemek üzere belirlenmiş ve bir sonraki bölümde de risk yönetim aktiviteleri ile ilişkilendirilerek proje aşamalarına adreslenmiştir.

RKŞ'nin oluşturulması sürecinin bir ekip eşliğinde gerçekleştirilebileceği gibi bu tezde olduğu gibi risk yöneticisinin deneyimi ile de gerçekleştirilebilir. Bölüm 5.4.2'de belirtildiği üzere RKŞ oluşturulurken proje karakterizasyonu kullanılır. Her bir proje karakterizasyon adımının RKŞ oluşturulurken nasıl bilgi sağlayacağına dair yaklaşım yine aynı bölümde geliştirilmiş olmakla beraber aşağıda 'Örnek Çalışma' özelinde uygulama örneklenmiştir:

- Proje Kapsam

Risk kırılım şemasının erken aşama (ÖTG 1-2) konsept tasarım aktiviteleri, ÖTG 3 (ÖTG 3A) ve detay tasarım (ÖTG 3B) süreçlerinin tamamını kapsayacak şekilde oluşturulması hedeflenmiştir. Tez kapsamının ağırlıklı olarak tasarım süreci ile ilgili olması nedeniyle TUBİTAK ekibinin üstlendiği, satın alma faaliyetleri, inşaat yönetimi ve devreye alma faaliyetlerine yönelik riskler ilerleyen bölümlerin konusu olmayacaktır. Özel olarak devreye alma süreçlerine dair prosedürler, tipik olarak, HAZOP çalışmaları esnasında tartışılacaktır. Ayrıca TUBİTAK tarafından imzalanan sözleşme kapsamındaki temel risklerin de RKŞ içerisinde ele alınması hedeflenmiştir.

RKŞ'nin gaz şartlandırma, CO<sub>2</sub> tutma, metanol üretimi ve metanol safsızlaştırma süreçlerine dair riskleri kapsamaması hedeflenmiştir.

- Sistem Karakterizasyonu

- Sınırlayıcılar göz önünde tutulduğunda tesis genelinde CO seviyesinin yüksek oluşunun etkileri, alt yüklenici seçim sorunları, zaman sınırlamaları, mevcut kömür gazlaştırma ve kömür hazırlama sistemine entegrasyondan kaynaklı riskler, tesis alanının çok sınırlı oluşu, projenin üretim hedeflerini belirleyen kömür girdisinden kaynaklı riskler ve metanol için hedeflenen AA kaliteye ulaşmayı engelleyecek

risklerin en genel olarak projenin ilk aşamalarından itibaren yönetilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Sınırlayıcıların değerlendirilmesi ise ortaya çıkan risk kategorileri ana kategoriler içerisine dağıtılabilir.

○ Su Gaz Dönüştürüm Reaktörü (SGDR)

- Bu reaktöre dair sistem karakterizasyonu notları incelendiğinde M modülünün kritik olduğu görülmektedir. Bu konunun proje tasarım sürecinde yürütülen modelleme çalışmaları ile yönetileceği öngörülmüş, sadece erken aşamalarda bir tipik performans hedeflerinin en genel olarak tartışıldığı bir risk kategorisinin içinde alınması hedeflenmiştir.”
- Verim tartışmalarının optimizasyon çalışmalarının bir parçası olarak yürütüleceği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda risk analizi çalışmalarının üreteceği bir bilgiden ziyade fiziksel modeller kullanılarak bir karar verileceği anlaşılmaktadır.
- Kullanılacak katalizör tipi çalışma sıcaklıklarını değiştirebilmektedir. Katalizör tipleri için fiyat, ilgili ölçekte imal edilebilme, kararlılık, safsızlıklara dayanıklılık, dönüşüm performansı kriterleri tartışmalar açısından önem kazanmıştır. Dolayısıyla bu konudaki tartışmaların, bir karar problemine dönüşüp dönüşmeyeceği, erken aşama risk analizinin bir parçası olarak değerlendirmeye alınıp alınmayacağı ya da TUBİTAK’ın eski tecrübeleri uyarınca doğrudan bir seçime hali hazırda gidip gitmeyeceği tartışılmalıdır. Bu konu belirtilen tüm konulara dair erken aşamalarda bir fikir verebileceği için teknolojik hazıroluşluk kategorisinde değerlendirilebilir.
- By-pass oranı, buhar ve sıcaklık kontrolü gibi kritik görülen konuların, doğrudan güvenlikle ilgili olup olmadıklarına bakmaksızın, proses operasyon parametrelerindeki sapmaların tartışıldığı proses güvenliği çalışmaları esnasında (HAZOP) ele alınabileceği değerlendirilmiştir. By-pass oranına yönelik ilk tercihlerin ise proses tasarım sürecinin bir parçası olarak yürütüleceği, bu konuda bir performans hedefi belirlenmediği için özel bir risk analiz çalışmasına gerek duyulmayacağı değerlendirilmiştir. Öte yandan bir proseste, belirtilen parametrelerin önemli iken diğer operasyon parametrelerinin daha az önemli olduğunu söylemek ise esasen çoğu zaman yanıltıcı olabilir. Bu nedenle düzenli

bir proses güvenliği çalışması ile tüm operasyon parametrelerinden olası sapma sebepleri (insan hatası, ekipman veya enstrüman arızası, çeşitli kaçaklar, dış çevre etkileri, doğal olaylar v.b.) değerlendirmeye alınmalıdır. RKŞ içerisinde en geniş tanımıyla proses güvenliği riski olarak ele alınıp daha sonrasında HAZOP için kritik operasyon sapmaları, çalışma esnasında oluşturulabilir.

- Her ne kadar SGDR için teknolojik hazıroluşluk konusunda bir tehdit öngörülme de, teknolojik hazıroluşluk seviyesinin tüm proje boyunca tespiti yapılırken, ilgili risk kategorisindeki değerlendirmeye dahil edilmesi hedeflenmiştir.

○ CO<sub>2</sub> Ayrıştırma Sistemi

- Karbon dioksit ayrıştırma sistemi seçiminde teknolojik hazıroluşluk, sentez gazı karbon dioksit oranı ve düşük basınçta karbon dioksit tutabilme kabiliyeti önemli performans kriterleri olarak öne çıkmıştır. Sentez gazı karbon dioksit oranı ve düşük basınçta karbon dioksit tutabilme konuları performans hedefleri kategorisinde projenin erken aşamalarından itibaren RKŞ’de yer almalıdır. Hedeflenen bu iki kriterde saptmaya sebep olabilecek proses tercihlerinin erken aşamalarda en genel olarak sorgulanmasını ve çözüm önerileri getirilmesini veya teknoloji seçimlerinin gözden geçirilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle belirtilen konular performans hedefi kaynaklı riskler ve teknolojik hazıroluşluk kategorilerinde RKŞ içerisinde ele alınabilir.
- Sıcaklık kontrolünün kritik olduğu belirtilmekle beraber yukarıda gerekçesi SGDR için ayrıntılı açıklandığı üzere, operasyon parametrelerindeki sapmaların yaratabileceği tehditlerin tartışması ve sonrasında yönetimi HAZOP çalışmasına yani RKŞ’de proses güvenliği kategorisine bırakılmıştır.

○ Metanol Üretim Reaktörü

- Sıcaklık ve basınç gibi operasyon parametrelerinden kaynaklanan tehditlerin RKŞ içerisinde proses güvenliği kategorisinde yönetilmesi hedeflenmiştir.
- Bulamaç tipi bir reaktörün inovasyon fırsatı yaratıp yaratmayacağı tartışılmıştır. Bu başlık RKŞ’de yine inovasyon fırsatı başlığı altına alınacaktır.

- Reaktör seçim tartışmasının söz konusu olacağı belirtilmiş ve 12 farklı kriterin tartışmalar açısından anlamlı olduğu belirtilmiştir. Özellikle aşağıda belirtilen 6 kriterin ise kararları özellikle etkileyeceği öngörülmektedir.
  - İmalat kolaylığı
  - Kg Metanol/ L katalizör (katalizörün etkinliği)
  - Tasarım kolaylığı (seçilen katalizör ile reaktörün tasarımı)
  - İşletme kolaylığı
  - Katalizör yükleme/boşaltma kolaylığı
  - Teknolojik bilgiye ulaşım kolaylığı

Bu başlıklar teknolojik hazıroluşuk kategorisi altında değerlendirilebilecek konulardır. Literatürde teknolojik hazıroluşuk değerlendirmesinde kullanılan TRL (1-9) indikatörünün, prosese özgü olarak şekillendirildiği ve her bir TRL seviyesinin karşılık geleceği risklerin listelenebildiği çalışmalar mevcuttur [48], [49]. Dolayısıyla, her bir alt kriterden kaynaklanacak risklere girmeden TRL bir risk indikatörü olarak kullanılabilir ve tasarım sürecine bilgi sağlar.

Öte yandan, belirtilen konulardan kaynaklı riskleri göz önünde tutarak yürütülecek seçim sürecinde TRL seviyelerinin yanı sıra skrolama gibi daha geleneksel yöntemler de kullanılabilir. Her bir kriterden kaynaklı riskleri detaylı incelemek yerine, farklı teknolojiler belirtilen kriterler açısından karşılaştırılır ve bir seçim yapılır. Ardından, ilerleyen süreçlerde, yapılan seçimin belirtilen kriterler açısından ayrıca detaylı değerlendirilmesine de gerek duyulabilir. Projenin bulunduğu aşamada hali hazırda bu değerlendirmeler skrolama yöntemi ile yapılmıştır. Bu tartışma yine de RKŞ altında teknolojik hazıroluşuk kategorisi altında yönetilecektir.

- Metanol sentezini ve metanol reaktörünün çalışma basıncını önemli ölçüde etkileyecek olan katalizör senteziyle ilgili riskler RKŞ içinde kendiliğinden güvenlik ve teknolojik hazıroluşuk kategorisinde yönetilecektir. Hali hazırda üretim sorunu aşılmış olsaydı bu başlıktaki riskleri proses esnekliği (pilot bir tesis için önemli olduğu için) ve yine kendiliğinden güvenlik kategorilerinde yönetmek de mümkün olabilirdi.

○ Metanol Saflaştırma Sistemi

- Sistemin 2 ya da 3 kolonlu olup olmayacağına dair seçimlerin erken aşamalarda modelleme temelli verileceği, bu nedenle risk yönetim aktivitelerinin bir parçası olmayacağı değerlendirilmiştir. Tasarım yöntemi incelendiğinde, risk yöneticisinin bu konuda geri besleme verebileceği bir arayüz bulunmamaktadır.
- Distilasyon ya da diğer ayrıştırma teknolojilerinin karşılaştırılması esnasında kontrol edilebilirlik, maliyet ve teknolojik hazıroluşluk kriterleri öne çıkmıştır. Bununla birlikte bu konu projenin bşından beri bir karar problemine dönüşmemiştir. Bu konuda bir risk değerlendirme çalışması yapılmayacaktır.
- Kolon tipinin tepsili ya da dolgulu olmasına göre performans açısından kritik olabilecek faktörler tartışılmıştır. Özellikle dolgulu tip kolon için akış miktarı yönetimi, basınç düşüş miktarı, aynı proses proses performansı için kolon yüksekliği, korozyona dayanım, çalışma basıncı ve katı partiküllerin ortamda bulunmasının tasarımın erken aşamalarında önemli kriterler olacağı değerlendirilmiştir. Kolon tipi seçiminde risk değerlendirmesine izin veren bir arayüz bulunmamaktadır fakat seçim süreci tamamlandıktan ve proses tasarımı bir noktaya getirildikten sonra, belirtilen konular tipik olarak HAZOP çalışmasında ele alınabilir. Bu nedenle proje karakterizasyonu esnasında kritik olduğu belirtilen bu konular RKŞ içerisinde proses güvenliği kategorisinde yönetilecektir. HAZOP çalışmasında kullanılan risk matrisleri sadece insana ve çevreye olan etkileri değil, mal kaybına (ekipman veya üretim kaybı) dair değerlendirmelere de tipik olarak izin verir. Bu nedenle bu kategori içerisinde değerlendirilmelerinde herhangi bir sorun görülmemiştir.

● Tasarım Süreci

Tasarım ekibinin kademeli, soğan modeli ile karakterize edilmiş tasarım yöntemi incelenerek Bölüm 6.2.4'de detaylandırıldığı şekliyle, tasarım adımları proje aşamalarına adreslenmiştir. Ardından da risk yönetim aktiviteleri bu tasarım aktiviteleri ile uyum içinde olacak şekilde ilişkilendirilmiştir. İdeal bir durumda, risk yönetim aktiviteleri (RKŞ'nin ilgili kategorileri) Bölüm 5.5'te sunulan kılavuz bilgi çizelgelerindeki detayda, tasarım aktiviteleri ile ilişkilendirilebilir.

Proje ekibinin Bölüm 5.4.2’de sunulan 10 yaygın tasarım kalite kriteri (güvenlik, işletilebilirlik, çevreye duyarlılık, güvenli devreye alma ve devreden çıkarma, amaca uygunluk, hammaddelerin verimli kullanımı, tasarımın yerel uyumu, kontrol edilebilirlik, bakım-onarım kolaylığı, yaşam çevrimi maliyeti) için, yine aynı bölümde aktarılan literatür bilgisi ile benzer olarak kriterlerin tasarım süreci ve tasarım aktiviteleri ile nasıl ilişkilendirileceklerine dair bir yöntemi yoktur. Örneğin, takip edilen kademeli soğan modeli (Douglas’ın modeli ile uyumlu) ile tasarımda, bir kolonun dolgulu ya da tepsili olduğuna karar verme sürecinde, yukarıda belirtilen 10 kriterin bir rolü olmamıştır. Ya da, bu süreç öncül-ardıl ilişkisi ile tanımlı değildir. Tasarımcının kendi tecrübesi ile sürdürülmüş ve bir risk değerlendirme çalışması ile ilişkilendirilmemiştir. Buna gerek de olmayabilir, burada mevcut durumun tespiti yapılmaya çalışılmaktadır.

Projeye dair tanımlı iki performans hedefi vardır; metanol üretim miktarı ve metanol saflık derecesi. Bu hedeflere ulaşıldığını teyit ederken kullanılacak modeller risk değerlendirme çalışmaları ile doğrudan öncül ardıl ilişkisine sahip değildir. Örneğin, RKŞ’nin proses güvenliği başlığında yürütülecek aktiviteler proses veri formları, P&ID, PAŞ, kontrol felsefesi gibi çalışmaların ilk versiyonları sonrasında başlatılıp, HAZOP çalışması ile beraber de bu ilk versiyonların revizyonları gerçekleştirilecektir. RKŞ için için söz konusu olabilecek diğer kategoriler için böyle bir ilişki kurulamamıştır. Yine de, RKŞ’nin farklı kategorilerinde yapılacak risk değerlendirme çalışmalarının tasarım sürecine bilgi sağlayabilmesi için kapı-geçiş kriterleri ya da ara güvenlik gözden geçirme toplantıları önerilmelidir. Aksi takdirde, yapılan risk değerlendirme çalışmaları kendi halinde ilerlerken tasarım süreci ve ilgili tercihler de ilerler, aradaki bilgi akışı sağlanamamış olur. Bölüm 6.2.4’de bu yapılmıştır. Hangi RKŞ kategorisinde yapılacak değerlendirmelerin tam olarak hangi tasarım çıktısına bilgi sağlayacağı ise kaba olarak adreslenebilmiştir çünkü; bu detayda adresleme yapabilmek için tasarım sürecinin MS Project ya da Primavera gibi bir planlama programı ile yönetilmesi gerekmektedir. Ya da çok detaylı iş programları ile de bu süreci yönetmek mümkün olabilir. Tez kapsamında dahil olunan süreçte hali hazırda pek çok aktivite tamamlanmış olduğu için geriye dönük bu detayda bir çalışmaya gerek görülmemiştir.

- Proje Aşamalarının ve Çıktıları: Önceki bölümlerde tanımlanan proje aşamaları ve ilgili proje çıktıları incelendiğinde RKŞ'nin hangi başlıklarında yapılacak çalışmaların hangi çıktılara dönüştüğü görülebilir; bu kolaylaştırıcı bir bilgidir. Projede özellikle RKŞ'nin proses güvenliği kategorisine yönelik bazı aktiviteler tanımlanmış durumdadır. Dolayısıyla bu kategorideki değerlendirmeler RKŞ'nin doğal ögesidir. Örneğin, inşa edilebilirlik raporu ya da kendiliğinden güvenlik değerlendirme raporu gibi bazı başlıklar da çıktı listesinde bulunsaydı, doğal olarak sadece bu gerekçe ile RKŞ'nin öğeleri olacaklardı. Bu iki kategorinin RKŞ'ye eklenmesi ideal durumu örneklemek için tez kapsamında yine de yapılacaktır.
- Sözleşme Yapısı: Projeye dair sözleşme yapısı incelendiğinde, tasarım, inşaat yönetimi ve devreye alma çalışmalarının tamamının alt yüklenici destekleri söz konusu olsa da TUBİTAK ekibinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu süreçteki bazı yükümlülükler, ekipman performansı bazında alt yüklenicilerin garanti kapsamı ile yönetilebilir. Bununla birlikte endüstriyel ölçekte üretilmeyen, projeye özgü üretilen ekipmanlar için RKŞ'nin hazıroluşluk kategorisinde değerlendirmeler zorunludur. Risk değerlendirme çalışması esnasında bu ekipmanların tek tek tespit edilmesi gereklidir.

Tesis bir AR-GE projesi kapsamında tasarlanıp inşa edilecek olmakla birlikte özellikle katalizör etkinliğinin sağlanamaması durumunda ayrı olarak lisansörlerden alınamaması sorunu ortaya çıkabilir. Çoğu lisansör kendi ekipmanlarının satın alınması karşılığında bu katalizörlerin satışını gerçekleştirmektedir. Bu konunun RKŞ'nin sözleşme başlığı altında değerlendirilmesi gerekir.

Yine RKŞ'nin sözleşme kategorisinde değerlendirilmesi gereken bir diğer konu da, tesisin başarılı sonuçlar vermesi durumunda ticari ölçüğe geçerken kullanılacak endüstriyel boyuttaki donanımlar için lisans zorluklarının yaşanıp yaşanmayacağıdır. Tesisin ticarileşme planları yapılırken bu konunun da göz önünde tutulabilmesi için bu süreçte RKŞ'ye dahil edilmesi önerilmiştir.

Otomasyon sistemi yazılımı için de lisans yükümlülükleri vardır. Bu yükümlülüklerin de yine RKŞ altında sözleşme kategorisinde incelenmesi ve ilerleyen süreçte yaşanabilecek değişiklikler için herhangi bir risk doğup doğmayacağına değerlendirilmesi gerekmektedir.



RKŞ'nin sözleşme kategorisi için en önemli risk faktörlerinden biri de Kamu İhale Kanunu'nun getirdiği yükümlülükler nedeniyle alt yüklenici seçiminde yaşanacak sınırlamalardır. Türünün ilk örneklerinden biri olan bu tesis için bu sınırlamaların yaratacağı tehditler sürecin ilk anlarından itibaren göz önünde tutulmalıdır.

Proje süresi öngörülere, endüstriyel pratikler ile uyumlu olmasına rağmen çalışmanın bir AR-GE çalışması olması ve daha önce de belirtilen sorunlar nedeniyle riskli görünmektedir. Hali hazırda böyle bir tespit yapılmıyorsa dahi tipik olarak proje süresinin risk değerlendirmesinin yapılması beklenirdi. Bu nedenle RKŞ içerisinde sözleşme süresi de yine sözleşme kategorisi altında incelenmelidir.

Projenin maliyet hesapları Türk Lirası üzerinden yapılmıştır. Bu nedenle döviz kurundaki değişikliklerin, sadece tasarım süresi 42 ay olan bu proje için göz önünde tutulması gerekir. Proje durum-değerlendirme raporu ile aşağıdaki unsurların maliyet üzerinde en baskın etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu unsurlar özelinde bir maliyet risk değerlendirmesinin muhakkak yapılması ve her proje aşaması sonunda maliyet öngörülere güncellenirken gözden geçirilmesi önerilmiştir:

- Kompresörün (metanol sistemi) satın alınması ve kurulumu
  - Gaz analiz sisteminin satın alınması ve kurulumu
  - Otomasyon sisteminin satın alınması ve kurulumu
  - Detay tasarım sonrası ortaya çıkarılan tesis ünitelerinin imalatı, enstrüman ve ekipmanların temini, inşaat işleri ve kurulum işleri
  - Bazı yüksek basınçlı kapların (metanol reaktörü, sentez gazı depolama tankları, bazı ısı değiştiriciler) satın alınması ve kurulumu
- Proje Performans Hedefleri: Projenin iki temel performans hedefi vardır. Yukarıda tasarım sürecinin RKŞ ile ilişkisi kurulurken bu konuya değinildiği için ayrıca bir tartışma açılmamıştır.
  - Proje Durum-İlerleme Raporu: Proje değerlendirme raporu, hangi risklerin açık hangilerinin kapalı olduğunu gözden geçirmek için kullanılmıştır. Bu gözden geçirme öncesi yapılan ara değerlendirmeler ve toplantılarda da yine ana risk faktörleri tartışılmış ve yukarıda belirtilen bazı risk faktörlerinin tespiti bu tartışmalar esnasında yapılmıştır. Proje-durum ilerleme raporunun RKŞ'yi oluşturmak açısından en büyük etkisi, risk yönetimi faaliyetlerinin başlatıldığı andaki durumu anlayarak, ona göre ilerleyen süreçleri

ve tartişılacak RKş kategorilerini planlarken ortaya çıkar. Örneğin, projenin fizibilite aşamasına dair tartişmalar ve ilgili riskler hali hazırda tartişılmış ve riskler kapatılmış ise, proje-durum değerlendirme raporundan (kaba bir risk yazması tutulduysa ona da bakarak) görülebilir. Böylelikle ilerleyen süreçlerde aynı konulara tekrar girmemek için RKş'den bu kategoriler düşürülebilir. Ya da, her aşamada tekrar gözden geçirilmeleri planlanıyorsa, RKş'de durmalarında fayda görülebilir.

Tezin bu aşamasında yapılan örnekleme, hem TUBİTAK ekibi ve tez yazarı tarafından yürütülen aktivitelere içerdiği hem de ideal durumu tanımlama amacı taşıdığı için proje durum-değerlendirme raporu RKş'nin oluşturulmasında dikkate alınmamıştır. Bununla birlikte bu rapor, projenin nihai durumunu değerlendirirken yapılan tartişmalarda referans olarak kullanılmıştır.

Yukarıda yürütülen tartişmaların ışığında bu proje için izelge 31'de gösterildiği haliyle bir RKş oluşturulmuştur

Çizelge 31 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Teknik Risk Değerlendirme Çalışması Risk Kırılım Şeması

Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Örnek Tartışma Başlıkları	İlgili Risk Yönetim Aktivitesi
<b>PROJE GENEL RİSKLERİ</b>	<b>Sözleşme Yapısından Kaynaklı Riskler</b>	Proje Kapsamı	İmalata yönelik detay tasarımın kapsama alınmasının etkileri, tesis alanı sınırlarından kaynaklı fiziksel sorunlar	HAZID (Kalitatif Risk Analizi)
		Alt Yüklenici Seçimi ve Yönetimi	Kamu İhale Kanunu kaynaklı sınırlamalar, deneyim eksiklikleri, MTİ tipi projelerde yönetim tecrübesi eksiklikleri vs.	HAZID (Kalitatif Risk Analizi)
		Kalite Kontrol	Pilot tesis ve türünün ilk örneklerinden biri olması nedeniyle tanımlı olmayan iş kabul süreçleri	HAZID (Kalitatif Risk Analizi)
		Lisans Sorunları	Boyut artışı (deneysel çalışmalar veya ticarileşme) durumunda dış satın almalar, katalizörü lisansör prosesinden ayrı olarak satın alma, otomasyon sistemi garanti kapsamı ve zorunluluklar vs.	HAZID (Kalitatif Risk Analizi)
		Proje Takvimi	Alt yüklenici yetersizlikleri, kritik ekipmanların güvenlik gereksinimlerini karşılayamaması, tasarım hataları, projeye özgü imal edilen ekipmanlarda kapasite ve imalat güçlükleri, mevsimsel sınırlamalar, tesis bölgesinde inşaat aktivitelerini sınırlayacak faktörler, özel malzemelerin düşük miktarlarda temini vs.	HAZID (Kalitatif Risk Analizi)
		Yasal İzinler	Büyük Endüstriyel Kaza Yönetmeliği uyarınca gereklilikler, ÇED yönetmeliği uyarınca gereklilikler, diğer izinler için gerekli hazırlıklar	HAZID (Kalitatif Risk Analizi)
		Maliyet Öngörüsü	Ana maliyet unsurlarının fiyatlarındaki değişiklikler, Döviz kuru değişiklikleri	HAZID (Kalitatif Risk Analizi)
	<b>Teknik Riskler</b>	Teknolojik Hazıroluşluk	SGDR katalizör seçimi, CO <sub>2</sub> ayrıştırma sistemi seçimi, metanol reaktör katalizör tasarımı, metanol reaktör tip seçimi, endüstriyel ölçekte üretilmeyen ekipmanların üretimi, CO seviyesinin tesis geneli yüksek oluşundan kaynaklı riskler (entegrasyon konusu hazıroluşluk içerisinde değerlendirilebilir), mevcut kömür hazırlama, gazlaştırma ve gaz temizleme sistemleri ile uyum sorunları (entegrasyon konusu), katalizör seçimleri ve sentezi esnasında ortaya çıkabilecek sınırlamaların sistem tasarımı veya operasyon parametreleri üzerine etkisi,	HAZID (tüm kritik ekipmanlar için) Ağırlıklandırma ve Skorlama Yöntemi (metanol reaktörü için)

Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Örnek Tartışma Başlıkları	İlgili Risk Yönetim Aktivitesi
		Proses Performans Hedeflerinden Kaynaklı Riskler	AA Kalite metanol üretimine engel olabilecek gelişmeler, SGDR prosesinde M modülü hedefinden sapmaya sebep olabilecek faktörler, CO <sub>2</sub> sistemi sentez gazı/ CO <sub>2</sub> oranı hedeflerinin tutmasına engel olabilecek faktörler, CO <sub>2</sub> sistemi için düşük basınçta CO <sub>2</sub> tutma kabiliyetini azaltabilecek proses tasarım değişiklikleri vs.	HAZID (Kalitatif Risk Analizi), Beyin fırtınası (proje iç toplantıları)
		İnşaedilebilirlik	Sentez gazı depolama tankının imalat ve montaj zorlukları, metanol reaktörü katalizörünün sentezlenememesi ya da istenen performansı vermemesi durumu, alt yüklenicilerin endüstriyel boyutta olmayan yapıların imalat, inşaat ve montajı esnasında yaşayabileceği güçlükler vs.	HAZID (Kalitatif Risk Analizi), Beyin fırtınası (proje iç toplantıları)
		Kendiliğinden Güvenlik	Katalizör seçimlerinin proses parametrelerine ve kendiliğinde güvenlik karakteristiklerine etkisi, reaktör tip seçimi, SGDR teknoloji seçimi, CO <sub>2</sub> teknoloji seçimi vs.	HAZID (Kalitatif Risk Analizi), Beyin fırtınası (proje iç toplantıları)
		İnovasyon Fırsatı	Metanol reaktörü tasarımı, bulamaç tipi metanol reaktörünün kullanımı (reaktör seçimi esnasında karşılaştırılan reaktörlerden biri değildir!)	HAZID, Beyin fırtınası (proje iç toplantıları)
		Proses Güvenliği	Proses parametrelerinden sapmaya sebep olabilecek unsurların tartışması, yerleşim planı uygunluğu, ekipmanların güvenlik sınıflarının ve özelliklerinin uygunluğu, güvenlik sistemlerinin tasarımı vs.  <i>NOT: RKŞ'nin bu başlığı daha önceki bölümlerde de belirtildiği üzere hem risk analizi hem de tasarım güvenliğine dair mühendislik usullerinin takibi ile riskin yönetilmesini kapsar.</i>	HAZOP benzeri yarı-sayısal çalışmalar, sayısal çalışmalar, tasarım güvenliği kapsamında yürütülmesi gereken tüm mühendislik çalışmaları

## **6.2.4 Teknik Risk Yönetimi Aktivitelerinin Proje Yaşam Çevrimine İlişkilendirilmesi**

Bölüm 5.5'in örnek proje özelinde örneklendiği bu bölümde, Çizelge 31 uyarınca önerilmiş RKŞ'deki risk faktörlerini değerlendirebilmek için seçilen risk yönetim aktiviteleri proje aşamalarına adreslenecektir. Özel olarak her bir proje aşaması için Bölüm 5.5 alt başlıklarında görülebilecek genel karakteristiklere, büyük benzerlik taşımaları nedeniyle tekrara düşmemek için yer verilmemiş, doğrudan aktivitelerin yaşam çevrimine adreslemesine geçilmiştir.

### **6.2.4.1 ÖTG 1: Literatür Araştırması, Ön Fizibilite**

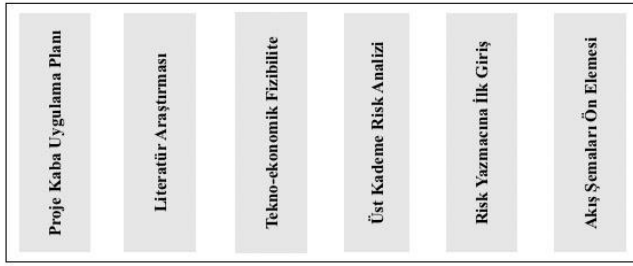
#### **6.2.4.1.1 Risk Yönetim Aktiviteleri**

Projenin bu aşamasında HAZID çalışmaları başlatılmıştır. HAZID çalışması kapsamı bir önceki bölümde oluşturulan RKŞ (Çizelge 31) kategorileri ile hali hazırda ilişkilendirilmiş durumdadır. Bu kategorilere ilaveten TUBİTAK tasarım ekibinin dahil olmadığı fakat işveren tarafından yürütüldüğü düşünülen, projenin endüstriyel olarak yaratacağı fırsat, pazar araştırması, hammadde temini gibi konular da sürecin aynı ekip tarafından yönetildiği bir proje kapsamında HAZID çerçevesine dahil edilebilirdi.

HAZID, projenin bu aşamasında üst kademe kalitatif risk analizi ve projenin ilerleyen aşamalarında da kullanılabilir bir risk yazmacı olarak ortaya çıkar. Yürütülen çalışmaya dair tespitler EK 1'de bulunan örnek HAZID çalışma sayfasına kaydedilir ve her aşamanın sonunda gözden geçirilir. HAZID çalışması projenin erken aşamalarında daha çok karar verme problemlerinin çözümüne katkı sağlamak ve seçim süreçlerine bilgi sağlamak için kullanılırken, ÖTG 2 ve ÖTG 3A aşamalarında riskin nasıl yönetileceğine dair aksiyonların belirlenmesi ve takibi için kullanılır hale gelir. Proje sonunda ise, ilk aşamadan itibaren girişi yapılan risklerin kapanıp kapanmadığı kontrol edilir.

İnşaedilebilirlik, inovasyon fırsatı ve kendiliğinden güvenlik tartışmaları bu aşamada HAZID içerisinde en genel anlamda endüstrideki benzerler üzerinden yürütülür.

ÖTG 1 aşamasına adreslenmiş risk yönetim aktiviteleri, proje aktivitesi akış sırası da kaba olarak göz önünde tutularak aşağıda Şekil 7'de gösterilmiştir:



.....  
 Şirketin genel maksatlı oluşturduğu risk değerlendirme şemalarının üst kademelerindeki sorgulamalara yer verilir  
 .....  
 Bu aşamada henüz risk yazmacı tasarlammamış olabilir. Riskler uygun şekilde kayıt altına alınır.  
 .....

Şekil 7 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 1 Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri

#### 6.2.4.1.2 Kapı-Geçiş Kriterleri

Karar vericiler: TÜBİTAK MAM 1. VE 2. Kademe Yöneticileri, TKİ 1. Ve 2. Kademe Yöneticileri, Tubitak Hukuk, İş Geliştirme ve Sözleşme Departmanları

Karar Kapısı Kriterleri:

- Sözleşme riski (HAZID): Tubitak Hukuk, İş geliştirme ve sözleşme departmanları Tubitak'ın hakları açısından ve iş geliştirme potansiyeli açısından onay verirler.
- Maliyet için TKİ'in onayı (Sınıf V)
- Kalite için onay kapısı henüz yoktur.
- Zaman planı sözleşmenin onayı ile kabul edilmiş olur
- Projenin ana hedefleri, TKİ'nin vizyonu ve Tubitak'ın 5 yıllık stratejik planı açısından sorgulanır ve onaylanır.
- Risk yazmacının kontrolü

## 6.2.4.2 ÖTG 2: Kavramsal Tasarım

### 6.2.4.2.1 Risk Yönetim Aktiviteleri

HAZID çalışması artık daha detaylı bir kalitatif risk analizi halini almıştır. HAZID çalışması revize edilir. Bu revizyon esnasında artık proses alternatifleri ve proses şemaları genel olarak belli olmaya başladığı için inşa edilebilirlik, teknolojik hazıroluşluk, inovasyon ve kendiliğinden güvenlik tartışmaları proses özelinde tartışılmaya başlanabilir. Halen HAZID çalışmasının ana hedefi seçim süreçlerine bilgi sağlamaktır.

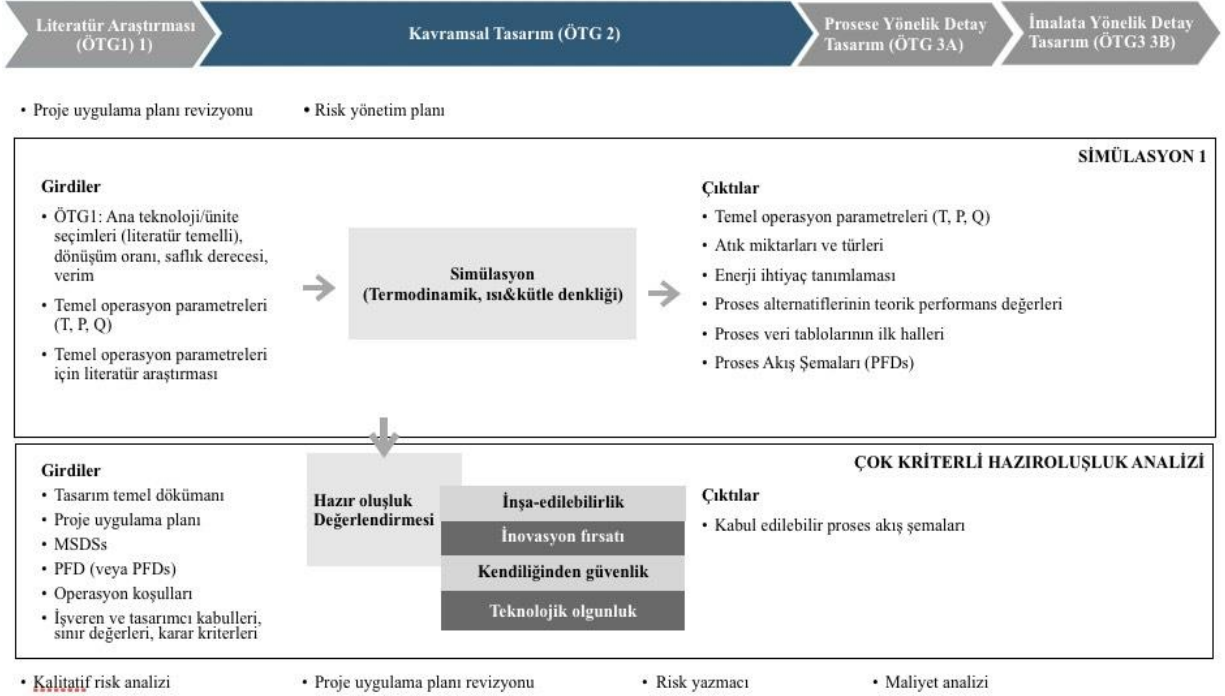
Teknolojik hazıroluşluk tartışmaları bu aşamada TRL benzeri risk indikatörleri kullanılarak da sürdürülebilirdi fakat bu projede tüm kritik ekipmanlar için HAZID, metanol reaktörü özelinde ise ağırlıklandırma ve skora yöntemi tercih edilmiştir.

İnşa edilebilirlik ve kendiliğinden güvenlik tartışmaları da bu bölümden itibaren özelleşmiş kontrol listeleri ile yürütülebilirdi; bunun için tasarım süreçlerinde adreslenmiş özelleşmiş kontrol listeleri oluşturmak gerekirdi. Bu projedeki zaman sınırları ve ilk deneyim olmasının yarattığı güçlükler nedeniyle bu tartışmalar HAZID kapsamında ele alınmıştır.

Risk yönetim aktivitelerinin proje yaşam çevrimine adreslemeleri, Bölüm 5.5 uyarınca sunulan kılavuz çizelgelerde görülebileceği üzere öncül-ardıl ilişkisi düzeyinde yapılamamıştır çünkü; proje yönetimi için tüm bu aktivitelerin gömülü olduğu bir planlama yazılımı kullanılmamıştır. Böyle bir adresleme için sadece risk yönetim aktivitelerinin bazı tasarım aktivite veya çıktılarına değil, hali hazırda tasarım sürecine dair tüm çıktıların da birbirine adreslenmiş olması gerekir. Bölüm 5.5'te bu konuda ideal durumu sağlayabilmek için detaylı bir yönlendirme yapılmıştır.

Bu bölüm aynı zamanda proje uygulama planının revize edildiği (tez kapsamında oluşturulmuştur) ve risk yönetim planının (tezin planlama kurgusu) oluşturulduğu bölümdür. Etkin risk faktörlerini değerlendirebilmek için gerekli detay bilgi bu aşamada oluşmaya başlamıştır. Proje ekibine, proje üzerinde etkili olabilecek en temel faktörler hakkında bilgi güncellenen risk yazmacı (HAZID çalışma sayfasının revizyonu) aracılığıyla verilmiştir ve ÖG-3 aşamasındaki tanımlama / planlama süreci için önerilerde bulunulmuştur.

ÖTG 2 aşamasına adreslenmiş risk yönetim aktiviteleri aşağıda Şekil 8'de gösterilmiştir:



Şekil 8 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 2 Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri

#### 6.2.4.2.2 Kapı-Geçiş Kriterleri

Karar vericiler: TÜBİTAK MAM 1. VE 2. Kademe Yöneticileri, TKİ 1. Ve 2. Kademe Yöneticileri,

Karar kapısı kriterleri:

- Maliyet için TKİ'nin onayı (Sınıf IV)
- Daha hassas bir zaman planının kontrolü ve onayı
- Hazıroluşluk kriterleri 'kapıya gelmeden' PAŞ'yi şekillendirmek için kullanılır. Aynı zamanda da bu kriterler bir karar kapısı kriterleridir.
- Proje ana performans hedefleri %98 metanol, 125 kg/h metanol değerlerinin sağlanıp sağlanamayacağı onaylanır. (Bu iki kriter hem ticaride hem de AR-GE projesinde rijit bir kapıdır. Eğer sağlanamazsa AR\_GE ekibi fırsatları geriye dönerek sorgulamalı ve kapıya tekrar gelmelidir. Bu sorun ileri aşamalarda risk yönetim aktiviteleri ile çözülemez)
- Risk yazmacının kontrolü



### 6.2.4.3 ÖTG 3A: Proses Yönelik Detay Tasarım

#### 6.2.4.3.1 Risk Yönetim Aktiviteleri

Sürecin bu aşamasında kalitatif risk yazmacı (yani HAZID) artık bir takip listesine dönüşmeye başlamış, daha detaylı analizlere ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır.

İnovasyon fırsatı tartışmaları ÖTG 2’de karar süreçlerinin ardından artık anlamını yitirmeye başlamıştır.

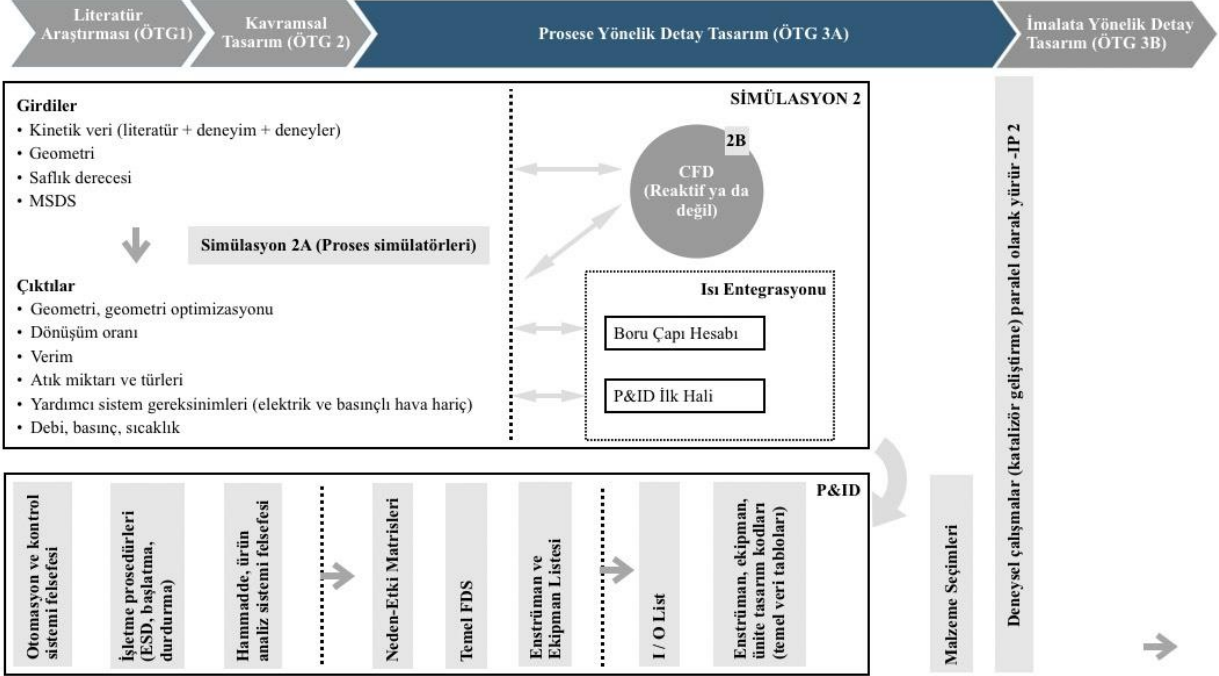
Kendiliğinden güvenlik ve inşa edilebilirlik tartışmaları bu aşamada halen geçerliliğini korur. Daha önceki bölümde belirtildiği üzere RKŞ’nin bu kategorilerindeki değerlendirmeleri tasarımcıların insiyatifinde yürütülmüş, ara toplantılarda karşılıklı görüşülmüş, özelleşmiş kontrol listeleri tasarım sürecine adreslenmemiştir.

Bu aşamanın en önemli karakteristiklerinden biri olarak RKŞ’nin proses güvenliği kategorisi ve ilgili olarak tasarım güvenliği çalışmaları öne çıkmaya başlar. Kaba düzeyde bir HAZOP çalışması da bu aşamada başlatılabilir fakat tez kapsamında HAZOP ÖTG 3B’de başlatılmıştır. Öte yandan güvenlik sistemlerine yönelik tasarım faaliyetleri tezin 5. Bölümü’nde, ideal durumda, ÖTG 3 aşamasında felsefe düzeyinde ve güvenlik spesifikasyonlarının hazırlanması düzeyinde iken, bu projede tercih edilen proje aşamalandırma yaklaşımı nedeniyle biraz daha ileri bir düzeyde sonlanmıştır.

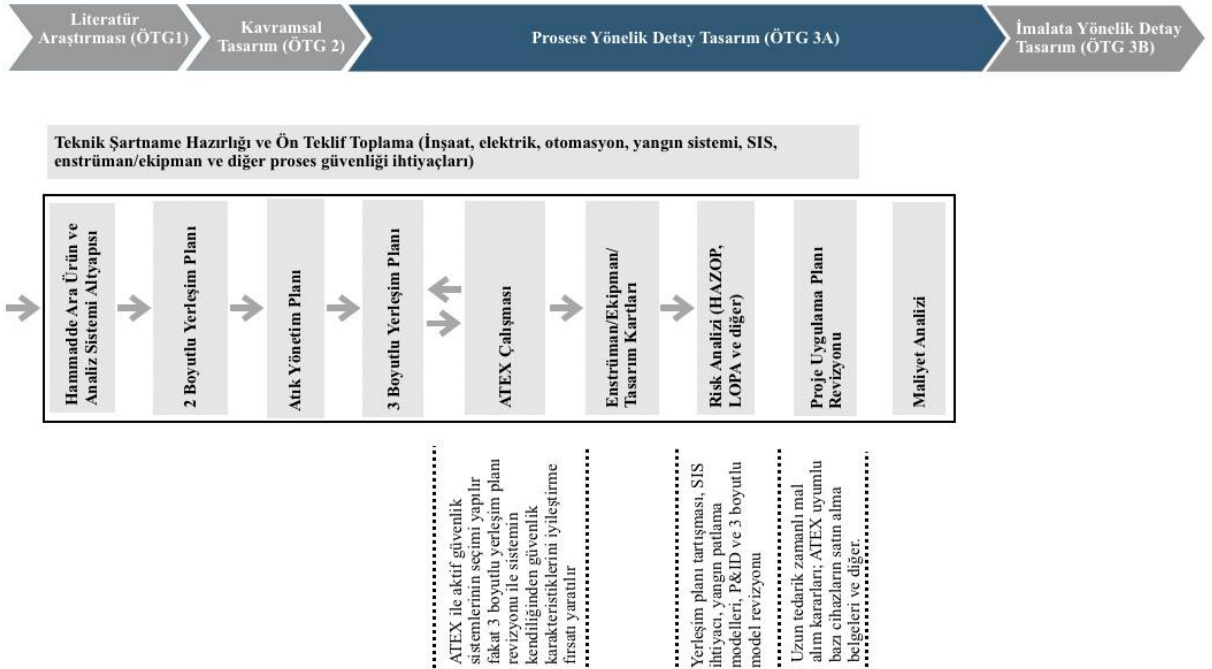
Tasarım güvenliği çalışmaları kapsamında ATEX uyumluluk çalışmaları ve patlayıcı ortam sınıflandırma çalışmaları ile yerleşim planı güvenlik değerlendirme çalışmaları da yine bu aşamada başlatılır. Tasarım güvenliğini ilgilendiren ve çözülmüş tüm husular olmasa da açıkta kalan veya izlenmesi gereken büyük risklere ait mevcut durum risk yazmacına girilir.

İdeal bir durumda, bu aşamada proses güvenliği ve ilgili olarak tasarım güvenliği kategorisindeki riskleri yönetmek için yürütülmesi gereken bazı diğer aktiviteler Bölüm 5.5.3’te yaşam çevrimine adreslenmiştir. Tezin önceki bölümlerinde de vurgulandığı gibi, bu bölümdeki örnekleme çalışmasında, hali hazırda takip edilmiş yaklaşımlar ideal yaklaşımlar ile ilişkilendirilerek ilerleyen zamanlarda yapılacak yeni bir pilot tesis için yol haritası sunulmaya çalışılmaktadır.

ÖTG 3A aşamasına adreslenmiş risk yönetim aktiviteleri Şekil 9 ve 10’da gösterilmiştir:



Şekil 9 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 3A Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri-Kısım 1



Şekil 10 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 3A Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri-Kısım 2

### **6.2.4.3.2 Kapı-Geçiş Kriterleri**

Karar vericiler : TÜBİTAK MAM 1. VE 2. Kademe Yöneticileri, TKİ 1. Ve 2. Kademe Yöneticileri, Tubitak Hukuk, İş Geliştirme ve Sözleşme Departmanları, MAM Başkanı, TKİ Gn. Md., Çevre Bakanlığı

Karar kapısı kriterleri:

- Zaman öngörüsünün güncellenmiş halinin onayı
- Maliyet öngörüsü (Sınıf III)
- ÖTG-3 B şartnamesi (ileri aşamalar için sözleşme planı ve proje uygulama planının onayı)
- İzinler (ÇED vs.) için risk değerlendirmesi
- Tasarımın geldiği noktada proje performans ana hedeflerinin sağlanıp sağlanmadığının kontrolü (üretim hedefi, metanol kalite sınıfı hedefi)
- Risk yazmacının kontrolü

### **6.2.4.4 ÖTG 3B: İmalata Yönelik Detay Tasarım**

#### **6.2.4.4.1 Risk Yönetim Aktiviteleri**

Projenin bu aşaması, satın alma ve inşaat aşamalarına geçiş kapısıdır. Bu nedenle tüm tasarım faaliyetlerinin sonlanması beklenir.

İnşaata yönelik tasarımlar bu bölümde tamamlandığı için, inşa edilebilirlik ve ilgili olarak alt yüklenicilerin değerlendirilmesi ile ilgili konular en çok bu aşamada öne çıkar.

HAZOP çalışması bu aşamada yürütülmüş, çıkan aksiyonlar uyarınca tasarım gözden geçirilmiştir.

Yerleşim planı güvenlik gözden geçirme çalışmaları da, ilerlemiş 3 boyutlu model vasıtasıyla bu bölümde daha detaylı sürdürülür.

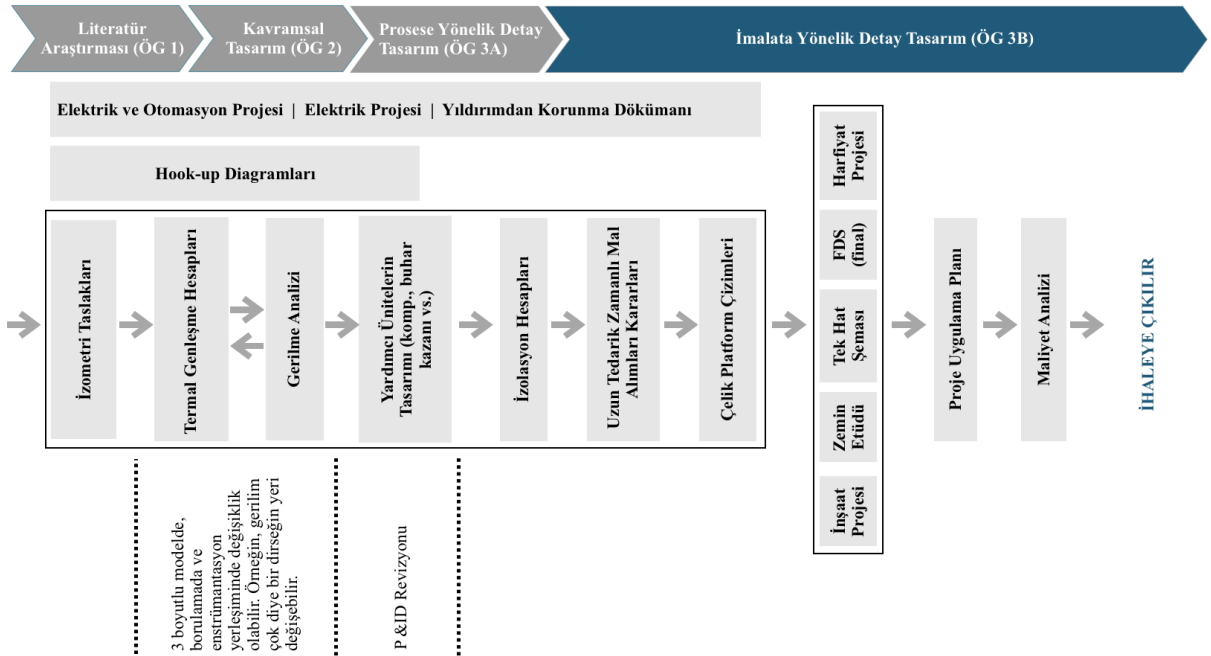
HAZID çalışması ve ilgili risk yazmacı, bu aşamada son bir gözden geçirme yapmak için kullanılır.

Yangın sistemi, gaz algılama sistemi, otomatik durdurma sistemleri, alarm sistemleri gibi tüm güvenlik sistemlerinin satın alma ve inşaat süreçleri için tüm dökümantasyonu projenin

bu aşamasında hazırlanır. Bu aktiviteler disiplinlerarası tipik tasarım faaliyetleridir ve risk yöneticisi ya da tasarım güvenliği yöneticisi tarafından değil, ilgili diğer disiplinler tarafından yürütülür. Tasarım güvenliği ya da risk yöneticisi gerekli kontrolleri sağlar.

İdeal bir durumda, detay tasarım aşamasında yürütülmesi önerilebilecek diğer risk yönetim aktiviteleri Bölüm 5.5.4’te örneklenmiş ve yaşam çevrimine öncül-ardıl ilişkisi düzeyinde adreslenmiştir.

ÖTG 3B aşamasına adreslenmiş risk yönetim aktiviteleri Şekil 11’de gösterilmiştir:



Şekil 11 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 3B Aşamasına Adreslenmiş Teknik Risk Yönetim Aktiviteleri

#### 6.2.4.4.2 Kapı-Geçiş Kriterleri

Karar vericiler : TÜBİTAK MAM 1. VE 2. Kademe Yöneticileri, TKİ 1. Ve 2. Kademe Yöneticileri, Tubitak Hukuk, İş Geliştirme ve Sözleşme Departmanları, Çevre Bakanlığı

Karar Kapısı Kriterleri:

- Zaman planı
- Maliyet tahmini (Sınıf III veya Sınıf II)
- Risk yazmacının kontrolü

## 6.2.5 Ölçüt, Sınır ve Karşılaştırma Profillerinin Belirlenmesi

Örnek çalışmaya esas olan proje kapsamında proje ekibi tarafından kullanılan ve başka yaklaşımlar tercih edilseydi kullanmaları muhtemel olan ölçüt, sınır ve karşılaştırma profilleri aşağıdaki gibidir:

- Metanol reaktörü seçim süreci: 12 farklı kriter tanımlanmıştır. Bununla birlikte karar verme süreci veya puanlamaya esas olan yaklaşımlar raporlanmamıştır. Bu seçim süreci esasen bir teknolojik hazıroluşluk tartışmasıdır. Literatürde bu tartışmayı yürütmek için kullanılan TRL indikatörleri ile bu değerlendirmeler yapılmış olsaydı, bu bölümde TRL sınıflandırmaları ve alt tanımlarına da yer verilmesi gerekirdi.
- HAZID Çalışması: HAZID çalışması esnasında bir risk değerlendirme çalışması yapılmamıştır. Bununla birlikte Bölüm 6 ideal durumun da tartışıldığı bir bölümdür ve bu projede HAZID'in hangi aşamalarda nasıl kullanılabileceği örneklenmiştir. Tipik bir HAZID çalışmasında Bölüm 5.6'da örnekleri görülebileceği üzere kalitatif risk matrisleri kullanılabilir. Ya da daha basit olarak riskler EK 6'daki HAZID örneğinde olduğu üzere olasılık ve etkileri bir arada düşünülerek sadece önem düzeyi sınıflandırması ile Yeşil (kaynaklar izin verirse yönetilebilir), Sarı (dikkat, bilgilendirme ve iyileştirme yap) ve Kırmızı (kritik, muhakkak aksiyon al) olarak tanımlanabilirler.
- Proses tehlike analizi: Kurumsal gizlilik nedeniyle erişime açılmayan HAZOP raporu içerisinde çalışmaya esas olan kriterler açık bir şekilde sunulmuştur.
- Sayısal risk analizi: Proje kapsamında bu çalışma yürütülmemiştir fakat; ilerleyen süreçte ekibin bu çalışmayı yürütmesi durumunda özellikle ülkemizdeki Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik uyarınca tanımlanmış kabul edilebilir büyük kaza frekans değerinin (1 olay/10000 sene) kullanılması gerekecektir.
- İnşaedilebilirlik: Bu çalışmada eğer inşaedilebilirlik analizi CII tarafından geliştirilen ve PDRI (Project Definition Rating Index) skoru üzerinden kararların yönetildiği kontrol listeleri ile yapılmış olsaydı, PDRI tanımlamalarına ve kontrol listelerinden alınan skorların nasıl kullanılacağına dair bilgilere de bu bölümde yer verilmesi gerekirdi.
- Kendiliğinden güvenlik: Bu değerlendirme için tasarım sürecinde herhangi bir genel kabul görmüş indikatör kullanılmamıştır. Benzer bir çalışmada bu yaklaşım tercih edilirse, örneğin DOW F&EI bu amaçla kullanılmak istenirse, yöntem uyarınca

belirlenen karşılaştırma ve sınıflandırma profillerinin tanımlanması ve kabul edilmesi gerekecektir.

### **6.2.6 İletişim Planı**

Pilot tesis projesi kapsamında aşağıdaki konularda bir plan oluşturulmamıştır; bununla birlikte ideal bir durumda tüm bu konuların çalışmalar öncesinde netleştirilmesi gereklidir:

- Risk mühendisliği aktivitelerinin farklı disiplin grupları ve paydaşların katılımıyla beraberce icrası
- Risk analiz çalışmalarında tespit edilen aksiyonların takibinin kimin tarafından yapılacağıın tespiti
- Aksiyonlarının durum güncellemesinin ekiple hangi sıklıkla hangi yollarla paylaşılacağı
- Risk yazmacına girişleri kimin yapacağı, hangi sıklıkla kontrol edeceği ve ekiple hangi aşamalarda gözden geçirme çalışmalarını yürüteceği
- Güvenlik gözden geçirme toplantılarının hangi sıklıkla ve hangi çalışmalar vasıtasıyla yapılacağı

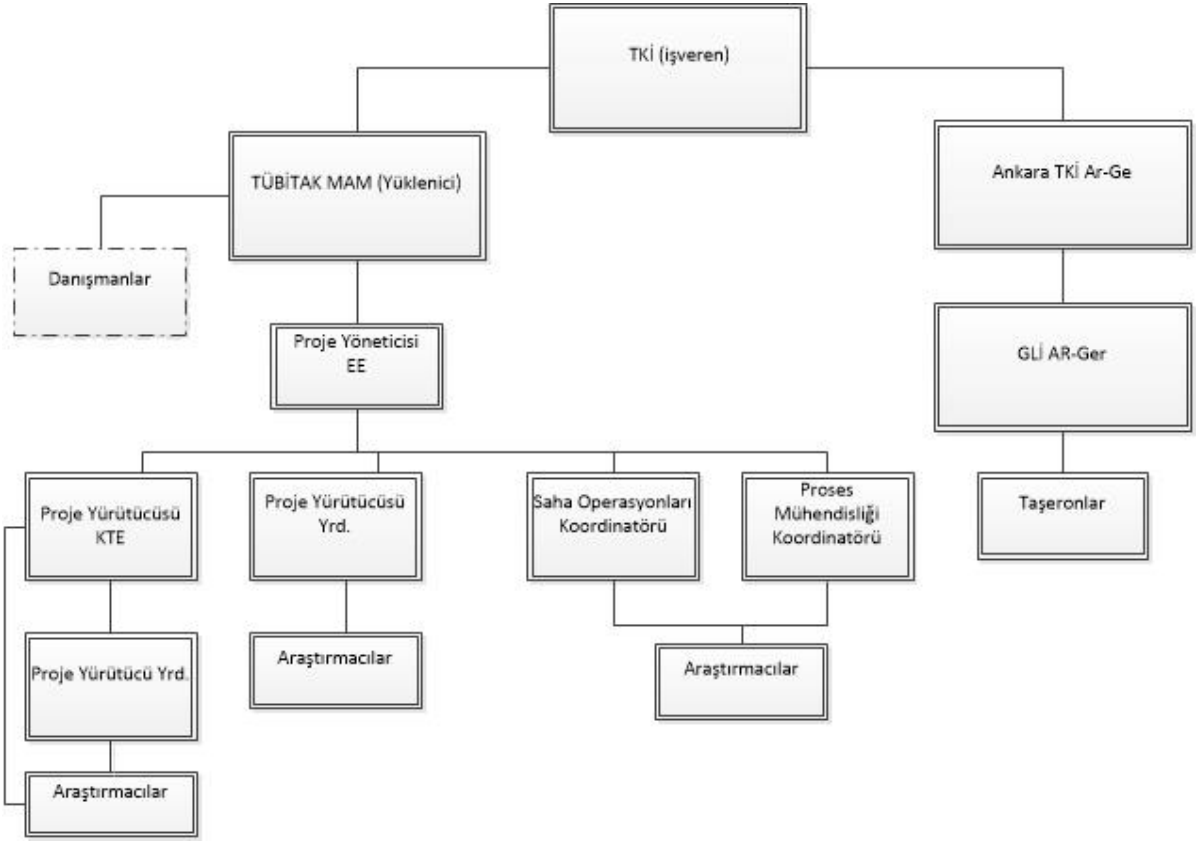
### **6.2.7 Görev ve Sorumlulukların Tayini**

Pilot proje organizasyon şeması TÜBİTAK MAM tarafında genel olarak aşağıdaki Şekil 12'deki gibi olmakla birlikte esnek bir yönetim ve icra yapısına sahiptir. Görev sorumluluk düzeyinin yatay olarak yürüdüğü bir yapının söz konusu olduğu söylenebilir. Taşeronlar organizasyonel olarak GLİ altında çalışmakla birlikte iş kabul ve kontrol TÜBİTAK MAM EE tarafından yapılmaktadır.

Büyük endüstriyel projelerde sorumluluk matrislerinin aktivite düzeyinde tüm paydaşlara adreslendiği detaylı sorumluluk matrisleri genellikle ihale veya karşılık sözleşme dökümanlarının bir parçası haline getirilir. Bu proje kapsamında bu detayda bir çalışma yürütülmemiştir. Risk yönetim çalışmaları özelinde ise, tez kapsamındaki çalışmaları da tanımlayabilmek adına aşağıdaki şekilde kısmi bir sorumluluk dağılım kurgusu oluşturulmuştur:

- Proje risk değerlendirme ekibi: Ekin Kaya, Dr. Aykut Argönül, Orçun Er

- Risk planlama, risk tespit, risk analiz, risk cevaplarının (aksiyonların) oluşturulması çalışmaları sorumluları: Proje risk değerlendirme ekibi tarafından koordine ve icra edilecektir. Gerekli durumlarda tasarım ekibinden destek alınacaktır. Tasarım ekibi lideri aynı zamanda risk değerlendirme ekibinin de bir üyesidir.
- Risklerin izlenmesi ve kontrolü süreçleri: TUBİTAK tarafının risk değerlendirme ekibi üyeleri tarafından yürütülecektir.



Şekil 12 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Proje Organizasyon Şeması

## 6.2.8 Raporlama Biçiminin Belirlenmesi

Bu çalışma kapsamında üretilecek olan risk değerlendirme çalışması rapor ve çıktıları Çizelge 32’de sunulmuştur:

Çizelge 32 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Risk Yönetimi Çalışması Çıktı Döküman Listesi

	<b>PROJE KAPSAMINDA ÜRETİLEN RİSK YÖNETİMİ TEMELLİ DÖKÜMANLAR</b>
1	HAZOP Raporu
2	Yangın& Gaz Sistemi Detektör Yerleşim Planı
3	Yangın& Gaz Sistemi için C&E Matrisi
4	Patlamadan Korunma Dökümanı (99/92/EC)
5	Risk Yönetim Planı (Tez Kapsamında Yürütülen Çalışma)
	<b>DAHA KAPSAMLI BİR ÇALIŞMA İÇİN ÜRETİLMESİ ÖNERİLEN DİĞER DÖKÜMANLAR</b>
6	Güvenlik Felsefe Dökümanı
7	SIL Değerlendirme Raporu
8	SIL Doğrulama Raporu
9	Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 1 (kapı geçiş kriteri) (tarafsız br kuruluştan)
10	Fonksiyonel Güvenlik Değerlendirmesi 2 (kapı geçiş kriteri) (tarafsız br kuruluştan)
11	SIS için Güvenlik Gereklere Tanımlaması (GGT)
12	Alarm Yönetim Felsefe Dökümanı
13	Alarm Rasyonelasyonu Raporu
14	Yangın & Gaz Sistemi Felsefesi
15	Teknolojik Hazıroluşluk Değerlendirme Raporu
16	HAZID Raporu
17	Patlayıcı Ortamda Kullanılacak Elektriksel Ekipman Listesi
18	Patlayıcı Ortamda Kullanılacak Elektriksel Olmayan Ekipman Listesi
19	Yangınla Pasif Mücadele Dökümantasyonu (Yangınla Pasif Mücadele Felsefe Dökümanı, Yangın Çerçeve Analizi, Yangına Dayanımlı Tasarlanacak Ekipman ve Yapıların Listesi)
20	Devreye Alma Güvenlik Gözden Geçirme Raporu
21	Alev Bacası ve Soğuk Baca Gaz ve Radyasyon Dağılım Modelleme Çalışması
22	Sayısal Risk Değerlendirme Raporu (Eğer tesis Türk Mevzuatı gereği zorunlu ise)
23	Yerleşim Planı Güvenlik Gözden Geçirme Raporu
24	İnşaedilebilirlik Değerlendirme Raporu
25	Kendiliğinden Güvenlik Değerlendirme Raporu
26	Proses Güvenliği Gözden Geçirme Final Raporu
27	Güvenlik Dökümantasyonu (Güvenlik-Kritik ekipmanlar için güvenilirlik verileri, FAT raporları, EX sertifikaları ve/veya uygunluk değerlendirme raporları, IEC 61508, güvenlik-kritik ekipman listesi)
28	Risk Yazmacı



## 6.3 Risk Değerlendirmesi

Tezin bu bölümünde Bölüm 6.2.4'te proje yaşam çevrimine adreslenmiş risk yönetim aktivitelerinin icrası sonrası ortaya çıkan sonuçlar özetlenecektir. Tasarım ekibinin yürüttüğü bazı çalışmalar tez sürecinde beraberce yürütülen çalıştaylardan önce veya ayrıca yürütüldüğü için, bu çalışmalara dair detaylı açıklamalara yer verilmemiş, sadece ortaya çıkan genel durum aktarılmıştır. Tezin ana hedefi planlama kurgusu için bir yöntem önermektir. Bu bölüm, planlama sonrasında işlerin nasıl yürütüldüğüne dair bir fikir vermek ve tespit edilen bazı temel riskler konusunda diğer araştırmacılara yol göstermek için eklenmiştir.

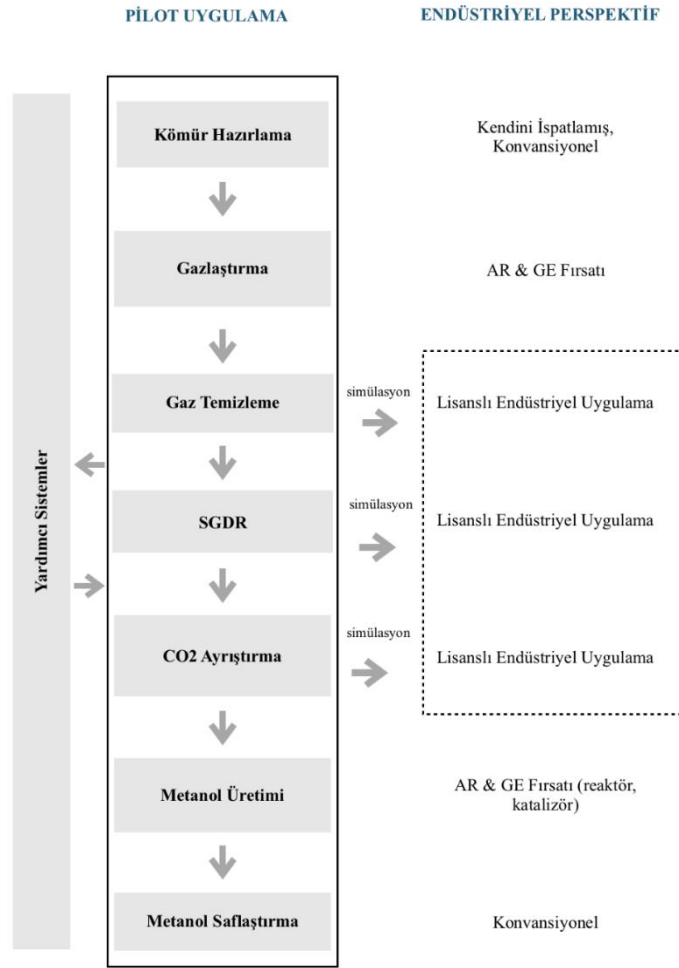
### 6.3.1 ÖTG 1

Projenin bu aşamasında genel bir perspektifle teknolojik hazıroluşluk değerlendirmeleri yapılmış, katalizör tartışmaları yürütülmüş ve metanol saflık tartışması önem kazanmıştır. Aynı zamanda sözleşmeden kaynaklanabilecek riskler de HAZID çalışması kapsamında tartışılmıştır.

Şekil 13'te, bu aşamadaki mevcut bilgiler ile, endüstriyel benzerlere dair durum değerlendirmeleri ve TUBİTAK'ın önceki deneyimlerine dayanarak tez kapsamında özetlenen bir ön teknolojik hazıroluşluk değerlendirmesi sunulmuştur. Görüldüğü üzere planlanan tesiste gazlaştırma ve metanol üretim sistemleri AR-Ge çalışması düzeyinde iken diğer sistemler olgunlaşmış teknolojiler kullanılarak tasarlanacaktır. Dolayısıyla ilerleyen süreçte teknolojik hazıroluşluk düzeyinin düşük olmasından dolayı, belirtilen iki sistemde çeşitli risklerin ortaya çıkabileceği öngörülmüştür. Bununla birlikte, teknolojik hazıroluşluk tartışması bir olgunluk skalası ile ifade edilmediği için karşılaşılabilecek risk faktörleri de hazıroluşluk düzeyi ile ilişkilendirilememiştir çünkü, hazıroluşluk düzeyi tespiti yapılmamıştır. Sadece kaba bir değerlendirme yapılmıştır. Hazıroluşluk düzeyi düşük olan iki sistemin karşılaşılabileceği risklere karşı bir aksiyon planı geliştirilmemiştir; proje bir AR-GE projesi olarak görüldüğü için, çeşitli risklerle karşılaşmak, ortaya çıkaracakları etkilerle yüzleşmek ve sonrasında bir çözüm üretmek, AR-GE sürecinin bir parçası olarak görülmüştür.

Bu aşamada yürütülen HAZID çalışması, düzenli bir çalışma sayfası ve kalitatif bir yöntem kullanılarak değil daha çok beyin fırtınası şeklinde toplantılar ile yürütülmüştür. Sözleşme riskleri ve inşaedilebilirlik tartışmaları konusunda majör bir tereddüt ortaya çıkmamıştır. Kendiliğinden güvenlik tartışmalarına bu aşamada girilmemiştir. Metanol reaktörü katalizör geliştirme ile metanol reaktörü geliştirme konularında inovasyon fırsatı tartışmaları yürütülmüştür. Bununla birlikte inovasyon fırsatı arayışının projenin hedeflerinden biri olmadığı değerlendirilmiştir.

#### AKIŞ ŞEMASI TEKNOLOJİK ÖN DEĞERLENDİRME



Şekil 13 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi ÖTG 1 Aşaması Teknolojik Ön Değerlendirme Şeması

Projenin bu aşamasındaki kapı-geçiş onayları esasen sözleşmenin kabulü, proje ana hedefleri olan metanol üretim miktarı ve saflık derecesine erişilebileceğine dair ilk değerlendirmeler, yürütülen HAZID çalışması esnasında kabul edilemez bir riskin tespit edilmemiş olması ve projenin diğer hedeflerinin TKİ'nin vizyonu ve TUBİTAK'ın 5 yıllık stratejik planı ile uyumlu olmuş olması ile alınmış ve ÖTG 2 aşamasına geçilmiştir.

### **6.3.2 ÖTG 2**

Bu aşamada seçim süreçleri, özel olarak metanol reaktörü özelinde detaylı hazıroluşluk değerlendirmeleri, inovasyon fırsatı tartışmaları öne çıkmıştır. Teknik risklerin HAZID yazarı üzerinden gözden geçirilmesi gerçekleştirilmiştir.

İnşaedilebilirlik tartışmaları çok detaylı yürütülmemekle birlikte aşağıda belirtilen seçimler sonrasında ortaya çıkan proses seçeneklerinin TUBİTAK ekibi tarafından tasarlanıp, aday taşeron firmalar tarafından imalatının yapılıp yapılamayacağı tartışmaları yürütülmüştür. İnşaedilebilirlik checklistleri kullanılmamıştır. İnşaedilebilirlik riski pek çok ekipmanda düşük görülmüştür. Konsept tasarım aşamasında alınması gereken özel bir aksiyon tanımlanmamıştır. Detay tasarımda inşaedilebilirlik kategorisinde yeniden değerlendirme yapılması planlanmıştır.

Proses alternatifleri çeşitli risk kategorileri de göz önünde tutularak bu aşamada karşılaştırılmıştır:

#### SGDR reaktörü için

- Pellet tipi metal bazlı katalizörde karar kılınmıştır. Çözüme doğrudan gidilmiş, çok kriterli bir karar problemin söz konusu olmamıştır.
- Kullanılacak katalizör tipi çalışma sıcaklıklarını değiştirebilmektedir. Katalizör tipleri için fiyat, ilgili ölçekte imal edilebilme, kararlılık, safsızlıklara dayanıklılık, dönüşüm performansı kriterleri tartışmalar açısından önem kazanmıştır. Bu aşamada henüz bu riske yönelik bir aksiyon alınmamıştır.

### CO<sub>2</sub> Ayrıştırma Sistemi

- CO<sub>2</sub> tutma teknolojisi seçim tartışması söz konusu olmuştur. Teknolojik hazıroluşluk, sentez gazı karbon dioksit oranı, düşük basınçta CO<sub>2</sub> tutabilme kabiliyetleri seçim kriteri olarak öne çıkmıştır.

Ekibin hali hazırda tecrübesinin bulunduğu bir konu olduğu için fiziksel ve kimyasal absorbsiyon yöntemleri en güçlü proses alternatifleri olmuş, mevcut sistemle entegrasyonu ve hali hazırdaki tecrübe göz önünde tutularak kimyasal absorbsiyon yöntemi seçilmiştir.

### Metanol Üretim Reaktörü

- Bu aşamada 10 metanol reaktörü tipi 12 kriter içerisinde önemli görülen 6 kriter açısından ağırlıklandırma ve skorlama yaklaşımıyla değerlendirilmiş ve izotermal tüp reaktörü seçilmiştir.
- Seçim sürecinde reaktörler için yapılan skor atamaları ‘Tasarım Yönergesi’nde de sunulan detaylı bir literatür çalışmasını esas almaktadır.

ÖTG 1 aşamasında yapılan değerlendirmeler ile uyumlu olarak bu aşamada da projede inovasyon fırsatı arayışının tanımlı olmadığı değerlendirilmiştir. Bununla birlikte metanol reaktörü özelinde fırsat değerlendirmesi yapılmış ve tasarım sürecinde bu tartışmalardan faydalanılmıştır.

Metanol reaktörünün bulamaç tipte olmasının ÖTG 1 aşamasında inovasyon fırsatı yaratabileceği değerlendirilse de bu aşamada yapılan hazıroluşluk değerlendirmesinde ön değerlendirme sonrası alternatif 10 reaktör arasına alınmamıştır.

Kapı geçiş kriterleri açısından maliyet ve süre öngörülerine ilaveten metanol üretim kapasitesine ve metanol kalitesine yönelik kontroller yapılmıştır. Projenin bir sonraki aşamaya geçmesine engel başka bir durum da öngörülmemekle birlikte katalizör temelli riskler halen açık durumdadır.

HAZID son kez gözden geçirilmiştir. Tespit edilen riskler, risk yazmacına girilmiştir.

### **6.3.3 Prosese Yönelik Detay Tasarım (ÖTG 3 – A)**

Bu aşamada detaylı modelleme çalışmaları sayesinde performans hedeflerine yönelik olası sorunların etkileri incelenmiştir. Örneğin, saflık derecesine yönelik hassasiyet analizleri yapılmıştır. Kömür içeriğindeki değişikliklere karşı prosesin çok hazırlıklı olmadığı riski tespit edilmiştir.

Her ne kadar nihai performansının ne olacağı konusunda emin olunamasa da, kabul edilen bir risk düzeyiyle metanol reaktörü geometrik tasarımı da bu bölümde yapılmıştır.

Patlayıcı ortam sınıflandırması 3 boyutlu model üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yerleşim planına yönelik güvenlik gözden geçirme çalışmaları da bu aşamada yine 3 boyutlu model üzerinden yapılabilmektedir. Belirgin bir risk tespiti yapılamamıştır. Öte yandan, pilot tesisin çeşitli gerekçelerle genişletilmesi önerileri için yerleşim planının yeterli olmayacağı değerlendirilmiştir.

ÖTG 3A aşamasının en karakteristik çalışmalarından biri olan HAZOP (ve devamındaki diğer fonksiyonel güvenlik aktiviteleri), HAZOP liderinin ve proje ekibinin iş programlarının örtüşmemesi nedeniyle ÖTG 3B aşamasına kaydırılmıştır. Bu gecikme, endüstriyel bir

projede belirgin ölçüde geri dönüşlere ve zamansal etkiye sahip olabileceken, bu projenin çalışma ve sözleşme yapısı nedeniyle, önemli geri dönüşler olmamıştır.

Yangın ve gaz algılama sistemi tasarımları bu aşamada büyük ölçüde tamamlanmıştır.

ÖTG 3A sonunda kapı-geçiş kriteri olarak kullanılan maliyet öngörüsü, tipik projelerde MTİ ihaleye çıkılacağı için detaylı incelenmiştir çünkü esasen projeye dair en kritik Devam/Devam Etme kararları bu bölümde verilmiştir.

Pilot tesis projesinin 'Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkındaki Yönetmelik' dışında kalacağı da bu bölümde yapılan çalışmalar ile netleştirilmiştir. Tesiste depolanan toplam kimyasal miktarının düşük olması nedeniyle yönetmelik harici kalınmıştır.

Alınan onayla beraber proje artık tasarımın son aşamasına taşınmıştır.

İdeal bir durumda, Bölüm 5.5.3'te tanımlı kılavuz bilgi çizelgeleri uyarınca diğer risk yönetim aktiviteleri yerine getirilebilir.

#### **6.3.4 İmalata Yönelik Detay Tasarım (ÖTG 3 – B)**

Bir önceki proje aşamasında yerine getirilemediği için HAZOP çalışmaları bu bölümde yürütülmüştür. İlerleyen süreçte LOPA çalışması ve sonrasında SIL doğrulama, GGT oluşturma gibi fonksiyonel güvenlik aktivitelerinin de bu aşamada sonlandırılması hedeflenmiştir. SIL doğrulama ve GGT çalışmaları doğrudan sadece güvenlik enstrümanlı sistem (insan müdahalesiz kontrol sisteminden bağımsız otomatik durdurma sistemleri) tasarımlarını sonlandırmak için yürütülür. Bu çalışma kapsamında tamamlanması hedeflenmiş fakat 'Örnek Çalışma' süresinin sonuna gelindiği için yerine getirilememiştir. Bölüm 5.5.4.2'de bu iki çalışmaya dair kılavuz bilgi çizelgeleri görülebilir.

HAZOP çalışması sadece metanol reaktörü ve ilgili devreye alma-durdurma prosedürleri özelinde yürütülmüştür. Ana amaç sürece dair bir örnek sunmak olduğu için tek tek tüm kritik ekipmanların HAZOP çalışmasına girilmemiştir.

Çalışma raporu gizlilik nedeniyle tez kapsamında yayınlanmamıştır. Bununla birlikte, HAZOP sonu aksiyon listesinin gerekleri yerine getirilmiş ve tasarım gözden geçirilmiştir. Klasik HAZOP çalışmasını takiben bu bölümde' 3-kılavuz kelime HAZOP' veya prosedürel

HAZOP olarak da isimlendirilen bir prosedür gözden geçirme çalışması yürütülmüştür. Yapılan çalışma neticesinde metanol reaktörü güvenli durdurma ve devreye alma prosedürleri güncellenmiştir.

3 Boyutlu model sonlandırıldığı için özellikle inşaedilebilirlik ve yerleşim planı riskleri bu bölümde daha detaylı incelenebilmiştir. İnşaedilebilirlik tartışması bu aşamada da sistematik kontrol listeleri ile değil subjektif değerlendirmeler ile sürdürülmüştür. Özellikle çok büyük ve ağır olan sentez gazı depolama tankı imalat ve montaj zorluklarına yönelik tartışmalarla, bu sorunların büyük ölçüde çözüldüğü anlaşılmıştır.

#### **6.4 Durum Değerlendirme**

Çizelge 33 uyarınca çalışma sonunda ortaya çıkan nihai risk yazmacı sunulmuştur. Projenin ilerleyen aşamalarında AÇIK olarak belirtilen riskler için bir risk yönetim stratejisi geliştirilmesi önerilmiştir:

Çizelge 33 – Tunçbilek Kömürden Metanol Üretim Tesisi Projesi Risk Yazmacı

	Risk / Olgu Başlığı	Tanım	Riskin Sahibi	Durum
1	Katalizör Etkinliği	Eğer katalizör formülasyon çalışmaları sonucunda etkin bir katalizör geliştirilemezse, reaktör içerisinde kullanılacak bir katalizörün satın alınması mümkün olmayacağı için ciddi bir sorun ortaya çıkabilir. Mevcut durumda 6 adet katalizör çalışmasında ümit vaad edici sonuçlar elde edilmiştir.	MAM KTE	AÇIK
2	SGDR (Su-Gaz Dönüşüm Reaksiyonu) Katalizör Etkinliği	Demir bazlı katalizörün tesis çalışma koşullarında (CO seviyesinin yüksek olmasından dolayı) istenen H <sub>2</sub> / CO oranına ulaşılması için gerekli mekanik dayanım ve etkinlik konularında yetersiz kalması söz konusudur. Alternatif olarak kükürt dayanımı düşük fakat aktivitesi yüksek değerli metal katalizörler kullanılmasına karar verilmiştir. Bu katalizörün mekanik dayanımı daha yüksektir. Bununla birlikte bu tercihin de beraberinde getireceği teknik riskler söz konusudur; gaz temizleme sistemindeki kükürt giderimi esnasında söz konusu olacak dalgalanmalar katalizörde zehirlenmeye ve aktivite düşüşüne sebep olacaktır.	MAM EE	AÇIK
3	Metanol Reaktörü Geometrik Tasarımı	Kabuklu borulu ısı değiştiricisinin boru dışındaki hacminde sıcak su dolaşmaktadır. Boru içinde katalizör vardır. Sirkülasyon, doğal sirkülasyon ile sağlanmaktadır. Geometrik olarak doğru bir tasarım önerilemez ise istenen koşullarda doğal sirkülasyon olamaz ve reaktör işletiminde önemli bir sorun ortaya çıkar. Bu başlıktaki risk uzman söyletimi ile azaltılabilir. Sonrasını ise kalıntı risk olarak değerlendirmek gerekecek gibi görünmektedir.	MAM EE	AÇIK
4	Sentez Gazı Depolama Tankı (2 tank) İnşaedilebilirlik	Metanol reaktörü öncesi kullanılan sentez gazı depolama tankının imalatı yüksek maliyetlidir. Taşıma ve yerleştirme konusunda sıkıntılar yaşanabileceği öngörülmüştür fakat bu sorun çözülmüş görünmektedir.	MAM EE	KAPALI
5	Tesis Devreye Alma	Metanol reaktörü işletimi ve distilasyon kolonlarının sürekli rejime gelmesi çok uzun sürebilir. Bu riske ilaveten devreye alma prosedürlerine yönelik proses güvenliği tartışmalarının ise HAZOP çalışmaları esnasında ele alınması yönünde bir strateji benimsenmiştir. Metanol reaktörü için 3-kılavuz kelime HAZOP ile devreye alma ve durdurma prosedürleri analiz edilmiştir. Metanol saflaştırma, SGDR için de aynı çalışmaların yapılması gerekmektedir.	MAM EE	AÇIK
6	Metanol Reaktörü Operasyonel Riskler	Reaktör için detaylı bir HAZOP çalışması yürütülmüş, ortaya çıkan aksiyon listesi uyarınca tasarım gözden geçirilmiştir. Her bir tehlikenin ayrı ayrı yazılmasına gerek duyulmamış, ilgili tehlikeler tüm detaylı tanımlarıyla HAZOP çalışma sayfalarında bırakılmıştır. Tüm HAZOP aksiyonlarının kapatılmasıyla bu riskin de kapatıldığı değerlendirilmiştir.	MAM EE	KAPALI



	<b>Risk / Olgu Başlığı</b>	<b>Tanım</b>	<b>Riskin Sahibi</b>	<b>Durum</b>
7	Metanol Saflaştırma Kolonu Operasyonel Riskler	HAZOP çalışması beklenmektedir.	MAM EE	AÇIK
8	Sentez Gazı Depolama Tankı Operasyonel Riskler	Mevcut tank donanımına göre proses güvenliği analizi gözden geçirilecektir.	MAM EE	AÇIK
9	SGDR Operasyonel Riskler	HAZOP çalışması beklenmektedir.	MAM EE	AÇIK
10	Metanol Saflık Derecesi	Distilasyon prosesinin tasarımsal ve işletme problemlerinden ötürü >%98 saflık derecesinde ürün elde edilememesi söz konusu olabilir. Bu başlıktaki riskler açık riskler olarak gözükmektedir. Uzman söyletimi ile azaltılabileceği belirtilmiştir.	MAM EE	AÇIK
11	Metanol Miktarı	Katalizörün performansının yeterli olmaması nedeniyle metanol reaktörünün dönüşüm oranının düşmesi ve 125 kg / h'ten az metanol çıkması söz konusu olabilir. Aynı zamanda böyle bir durumda reaktör ticari olarak satın alınmadığı için aynı üreticiler tarafından sağlanan katalizörü lisans gerekçeleri ile satmamaları söz konusu olabilir. Böyle bir durumda, çok yüksek basınçta çalışarak operasyon maliyetlerinin artması söz konusu olacaktır. Bununla birlikte istenen performans yine de sağlanamayabilir. Üstelik proses güvenliği açısından kritik ve ekonomik olmayan bir durum ortaya çıkabilir.	MAM EE	AÇIK
12	Kömür İçeriği	Üretilecek metanol miktarı üzerinde kömür içeriği de önemlidir. Kömür içeriği aynı zamanda gazlaştırıcı işletme problemleri açısından da önem arz edebilir.	MAM EE	AÇIK
13	Metanol Reaktörü Katalizörü Tasarımı	İnovasyon fırsatının araştırıldığı bir konudur. Bununla birlikte bu konuya bu tez kapsamında girilmemiştir. Projenin ilerleyen safhalardaki gelişimine göre araştırma geliştirme zorluk derecesi tartışmaları yürütülebilir.	MAM EE	AÇIK
14	Pilot Tesisin Genişleme Opsiyonları	Bir AR-GE projesi çeşitli ihtiyaçları karşılamak üzere, ya da ilerleyen süreçlerde başka amaçlarla da kullanılmak üzere yerleşim planı üzerinde genişleme ihtiyacı duyabilir. Mevcut durumda, genişleme imkanları sınırlı olduğu için, potansiyel genişleme ihtiyaçlarının herhangi bir aksiyon alınmaması durumunda karşılanamaması söz konusudur.	MAM EE	AÇIK
15	İnovasyon Fırsatı	Metanol reaktörü katalizörü ve bulamaç tipi metanol reaktörü seçimleri konusunda inovasyon fırsatı tartışmaları yürütülmüştür.	MAM EE	KAPALI

	<b>Risk / Olgu Başlığı</b>	<b>Tanım</b>	<b>Riskin Sahibi</b>	<b>Durum</b>
16	Proje Kapsamı	Proje kapsamına yönelik konular projenin erken aşamalarında netleştirilmiştir.	MAM EE	KAPALI
17	Alt Yüklenici Seçimi ve Yönetimi	İhale Kanunu nedeniyle, pilot ölçekte imalat tecrübesi olmayan, yeni malzemeler ve yeni tasarımların imalatı konusunda tecrübesi yeterli olmayan bir firmanın alt yüklenici olarak geri kalan işleri alabilmesi halen mümkündür.	MAM EE	AÇIK
18	Kalite Kontrol	Pilot tesis ve türünün ilk örneklerinden biri olması nedeniyle kalite kontrol süreçleri tanımlı değildir. Devreye alınan üniteler özelinde bu prosedürler geliştirilmektedir. Bununla birlikte halen iş kabul süreçleri için bir risk doğurmaktadır. Bu durum hem teslim sürelerini hem de garanti kapsamlarını tehdit edebilir.	MAM EE	AÇIK
19	Lisans Sorunları	Pilot tesis için yürütülen teknik fizibilite ve maliyet analizi çalışmaları tesisin endüstriyel boyuta taşınması esnasında geçerli olmayabilir çünkü; endüstriyel boyutta ekipmanların satın alma süreçlerinde çoğu zaman özgün tasarımlara izin vermeyecek şekilde paket ve modül satışları gerçekleşmektedir. Örneğin katalizör tasarımı TÜBİTAK tarafından yapılan bir ünite endüstriyel ölçekte bir ünite satın alınarak tesis boyutu büyütülmek istendiğinde, katalizörü de lisansörden almaya zorlanabilir. Bu durumda teknik performans hedefleri ve maliyet öngörülerini değiştirecektir. Erken aşamalarda farkedilen bu durum, projenin bir AR-GE projesi olması sebebiyle çok önemsenmemiştir.	MAM EE	AÇIK
20	Proje Takvimi	Alt yüklenici yetersizlikleri, kritik ekipmanların güvenlik gereksinimlerini karşılayamaması, projeye özgü imal edilen ekipmanlarda kapasite ve imalat güçlükleri, mevsimsel sınırlamalar, tesis bölgesinde inşaat aktivitelerini sınırlayacak faktörler, özel malzemelerin düşük miktarlarda temini vs. konularının tamamı çözülmüş değildir. Halen aynı konulardan kaynaklı takvim sarkması riski, projenin ilerleyen aşamaları için söz konusudur.	MAM EE	AÇIK
21	Yasal İzinler	Büyük Endüstriyel Kaza Yönetmeliği uyarınca gereklilikler, ÇED yönetmeliği uyarınca gereklilikler konusunda bir tehdit olmadığı değerlendirilmiştir.	MAM EE	KAPALI
22	Maliyet Öngörüsü	Proje tasarım dosyalarının tesliminden itibaren önemli bir zaman geçmiştir. Mevcut durumda tesisin maliyet öngörülerinin yeni döviz kuru üzerinden yapılması durumunda proje devam/ devam etme kararları değişebilir.	MAM EE	AÇIK

## 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada PMI risk yönetim felsefesi temel alınarak bir teknik risk planlama yöntemi geliştirilmiş ve kimyasal tesis tasarım aşamaları boyunca risk yönetim aktivitelerini planlamak için kullanılmıştır.

Her tip projede kullanılmak üzere genel bir yapıya sahip PMI risk yönetim çerçevesi, bir projenin dökümantasyon ve yönetim planını, çevresel ve organizasyonel şartları planlama aşamasının girdileri olarak tanımlamaktadır. Bu çalışmada da benzer girdiler ile planlama süreci başlatılmakla beraber, ilgili risk yönetim çerçevesi kimyasal tesis tasarım süreçleri özelinde geliştirilmiş ve özelleştirilmiştir. Proje dökümantasyonu ve proje yönetim planını anlamak için detaylı bir proje karakterizasyonu süreci tanımlanmış ve bu süreç ile hangi risklerin projenin hangi aşamasında yönetilmesi gerektiği ile ilgili bir yaklaşım önerilmiştir. Risklerin kategorize edilmesi için risk kırılım şeması kullanımı ve izlenmesi için risk yazmacı kullanımı yine PMI yaklaşımı ile uyumlu olarak geliştirilen planlama yönteminde de kullanılmıştır.

Önerilen planlama yaklaşımı farklı tasarım yöntemlerine uyum sağlayabilecek şekilde esnek bir yapıya sahiptir. Aynı zamanda, bir projenin tasarım aşamalarında ele alınabilecek tüm teknik risk kategorilerini de yönetmek üzere bütüncül bir yaklaşım sunulmuştur. Yönteme bu esnekliğini Bölüm 5.2 boyunca adımları kurgulanan proje karakterizasyonu vermektedir. Bu sayede teori bölümünde tipik kimyasal tesis projeleri özelinde açıklanan adımlar, pilot bir tesisin tasarım süreçlerine kolaylıkla uyarlanabilmiştir.

Bölüm 5.5'te, kimyasal tesis projelerinin erken tasarım aşamalarında sıklıkla tartışma konusu olan ama sistematik bir şekilde yönetilmeyen ve izlenmeyen inşa edilebilirlik, kendiliğinden güvenlik ve teknolojik hazıroluşluk gibi teknik risk kategorilerinin, ÖTG 1, ÖTG2, ÖTG 3 ve detay tasarım aşamalarında ayrı ayrı olmak üzere nasıl değerlendirilmeleri gerektiğine dair ayrıntılı tartışmalar yürütülmüştür. Aynı zamanda proses güvenliği özelinde, endüstride iyi uygulama örneklerinde rastlanan çeşitli proses güvenliği yönetim aktiviteleri için de ayrıntılı kılavuz bilgi formları hazırlanmış ve öncüller-ardıllar düzeyinde yaşam çevrimi adreslemeleri yapılmıştır. Bu kılavuz bilgi formları çeşitli endüstriyel projelerde tez yazarı tarafından denenerek olgunlaştırılmıştır.

Geliştirilen yöntemin herhangi bir tesis tasarım sürecinde kullanılmasının önünde en büyük engelin bütçe ve zaman sorunları olacağı öngörülmüştür. Bu tez kapsamında özetlenen risk yönetim aktiviteleri için ayrılacak bütçenin proje bütçesi içerisinde yer alması ve tasarımcı firmanın bu riskleri yönetmek için bir politikasının bulunması sürecin doğru işleyebilmesi için ilk şarttır. Yöntemin takip edilmesinin önünde engel oluşturabilecek bir diğer konu da, tasarım ekibinin tanımlı olmayan ve iyi yönetilmeyen süreçler ile tasarımı ilerletiyor oluşu olabilir. Tasarım sürecinin tanımsız, herhangi bir kapı-geçiş kriteri olmadan plansız şekilde ilerlediği bir projede risk yönetim planının da atıl kalacağı söylenebilir.

Önerilen yöntem için örnekleme çalışması, tasarım süreçleri TUBİTAK tarafından yürütülen ve Tunçbilek'te kurulması planlanan bir metanol üretim pilot tesisi özelinde yapılmıştır. Bu örnekleme çalışması esnasında, tez çalışmasına yazılı girdi olabilmesi için tasarım ekibi ile birlikte 'proje uygulama planı', 'temel tasarım yönergesi' ve dönem dönem de 'proje durum-ilerleme raporları' hazırlanmıştır. Bu dökümantasyon proje karakterizasyonu için temel oluşturmuştur. Ayrıca ara toplantılarda, durum-ilerleme raporları aracılığıyla açık risklerin izlenebilmesi sağlanmıştır.

6. Bölüm boyunca sunulan örnekleme çalışması esasen planlama yönteminin işleyişini örnekleme amaçlamıştır. Bununla birlikte, örnek projede ülkemiz kaynakları ile geliştirilmeye çalışılan bir teknoloji kullanılacak olması nedeniyle planlama aşamaları sonrasında risk değerlendirmesi de yapılmıştır ve yaşam çevrimine adreslenmiş teknik risk yönetim aktiviteleri yerine getirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonrasında katalizör çalışmalarında teknolojik hazıroluşluk kaynaklı risklerin, metanol reaktörü özelinde performans hedeflerine yönelik risklerin, mevcut tesisle entegrasyon konusundaki risklerin (özellikle kömür içeriğine karşı hassasiyet) ve proje yönetimine dair risklerin (alt yüklenici yönetimi, kalite kontrol, maliyet ve zaman planlamaları vs.) öne çıktığı görülmüştür. Özellikle ağır ekipmanlar ve pilot tesise özel üretileceği için deneyim eksikliği yaşanan ekipmanlara yönelik inşa edilebilirlik riskleri tespit edilse de tasarımın ilerleyen süreçlerinde bu riskler kapatılmıştır. Proses güvenliğine yönelik operasyonel riskler ise örnekleme çalışmasına ayrılan süreçte sadece metanol reaktörü için detaylı bir HAZOP çalışması ile değerlendirilebilmiş, sentez gazı depolama tankı ve metanol saflaştırma kolonu için HAZOP çalışması ileri bir tarihe ertelenmiştir. Metanol reaktörü özelinde, hem normal operasyon için hem de devreye alma ve durdurma modları için tartışmalar yürütülmüş, tespit edilen tüm

aksiyonlar tasarımın iyileştirilmesi için kullanılmıştır. Bu çalışmalara dair risk senaryoları, sayılarının çok oluşu ve ayrıca HAZOP çalışma sayfaları ve aksiyon listeleri ile takip edilip kapatıldığı için Bölüm 6.4'teki genel risk yazmacında yer almamıştır.

Örnekleme çalışmasından elde edilen sonuçlar uyarınca aşağıdaki öneriler yapılabilir:

- Proses tehlike analizi çalışmaları, planlama yapısında da önerildiği üzere ÖTG 3A aşamasında ve hatta ÖTG 2 aşamasında başlatılabilirdi. Mevcut durumda HAZOP yapılacak ekipmanlarda çıkması muhtemel aksiyonlar, imalat için detay tasarımın tamamlandığı bir süreçte geriye dönüşler yaratabilir.
- İnşaedilebilirlik tartışmaları projenin erken aşamalarında daha detaylı kontrol listeleri ile yapılabilseydi, çözümü için ciddi vakit ayrılan inşaedilebilirlik problemleri erken aşamada farkedilebilir ve altyüklenici seçim süreçlerinde bu bilgiler uyarınca hareket edilebilirdi.
- Teknolojik hazıroluşluk için ağırlıklandırma esaslı skorum yöntemi yerine ilerleyen süreçte kömürden metanol üretim prosesi için özelleştirilmiş TRL skalası (1-9) kullanılabilir. Bu skala, birden fazla ekipmanın TUBİTAK tarafından tasarlanmasının hedeflendiği proje yönetim stratejilerinde özellikle erken aşamalarda kararların yeniden gözden geçirilmesini ya da TRL seviyeleri arasındaki geçişlerde yürütülmesi gereken aktiviteler için ayrılması gereken kaynak ve zamanın daha doğru öngörülmesini sağlayabilir.

Örnekleme çalışmasında yürütülen risk yönetim aktiviteleri ve tespit edilen temel riskler, methanol üretim teknolojileri için yürütülecek benzer projelerde ve ticarileşme süreçlerine dair tartışmalarda yol gösterici olabilir. Ayrıca, geliştirilen yöntemin TUBİTAK tarafından ileride, pilot tesis projelerinin teknik risk yönetim aktivitelerinde kılavuz olarak kullanılması da hedeflenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] N. J. Smith, Appraisal, Risk and Uncertainty, Thomas Telford Publishing, London, 2003.
- [2] M. Modarres, Risk Analysis in Engineering-Techniques, Tools and Trends, 1st Edition, Taylor&Francis, Boca Raton, 2006.
- [3] Project Management Institute (PMI), A Guide to Project Management Body of Knowledge (PMBOK® GUIDE), 6th Edition, Project Management Institute Inc., Pennsylvania, 2017.
- [4] S. Reynolds, Project Risk Management-A Preparation Guide for the PMI-RMP Exam, [www.slideshare.net/scottdreynolds/pmirmp-exam-prep-presentation](http://www.slideshare.net/scottdreynolds/pmirmp-exam-prep-presentation) (Erişim tarihi: 24.02.2022).
- [5] CCPS, Guidelines for Engineering Design for Process Safety, 2nd Edition, WILEY, New York, 2012.
- [6] CCPS, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition, WILEY, New York, 1999.
- [7] G. G. A. F. A. Stoneburner, Risk Management Guide for Information Technology Systems, NIST Special Publication 800-30, NIST, 2002.
- [8] Australian Government, Department of Defense, DSTO Projects and Requirements Division, Technical Risk Assessment Handbook, Version 1.1, 2010.
- [9] Metrolinx Electrification Project, Risk Management Plan-Version 04, Document Reference No.PB 738, Canada, 2014.
- [10] J. Tixier, G. Dusserre, O. Salvi ve D. Gaston, Review of 62 Risk Analysis Methodologies of Industrial Plants, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 15, Iss. 4, pp. 291-303, 2002.
- [11] F. I. Khan, S. A. Abbasi, Techniques and Methodologies for Risk Analysis in Chemical Process Industries, Journal of Loss Prevention in Chemical Process Industries, Vol. 11, pp. 261-277, 1998.
- [12] CCPS, Guidelines for Integrating Process Safety into Engineering Projects, WILEY, New York, 2019.
- [13] X. Li , A. Kraslawski, Conceptual Process Synthesis: Past and Current Trends, Chemical Engineering and Processing, Vol. 43, pp. 589-600, 2004.
- [14] L. K. Howe, N. S. Dennis, K. Murthy ve G. P. Rangaih, Synthesis and Design of Chemical Processes, Journal of the Institution of Engineers, Vol. 45, Iss. 6, 2005.
- [15] S. Whitaker, The Benefits of Tailoring-Making a Project Management Methodology Fit, <http://www.pmi.org/~media/PDF/learning/benefits-of-tailoring.ashx> (Erişim tarihi: 07.02.2015)

- [16] O.M. Motta, O.L.G. Quelhas, J.R.F. Filho, S. França, M. Meirino, Mega Projects Front-End Planning: The Case of Brazilian Organizations of Engineering and Construction, *American J. of Industrial and Business Management*, Vol. 4, pp. 401-412, 2014.
- [17] G.A.V.D. Wejde, Front-End Loading in the Oil and Gas Industry-Towards a Fit Front-End Development Phase, Master Thesis, Technology Faculty, Delft University of Technology, Delft, 2008.
- [18] M.D. Mcgee, P.R. Defoe, D.I. Robertson, J.D. McConnell, Improving Asset Performance Through Application of a Structured Decision Process, *Journal of Petroleum Technology*, Vol. 52. Iss. 03, pp. 58-61, 2000.
- [19] R. Spangler, Front End Loading and Process Engineering Workflow, Master Thesis, Engineering Management Program, The University of Kansas, Kansas, 2005.
- [20] [www.ipaglobal.com](http://www.ipaglobal.com), (Erişim tarihi: 08.02.2015)
- [21] G. S. R. Towler, *Chemical Engineering Design-Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*, 2nd Edition, Elsevier, 2013.
- [22] P. Loots, N. Henchie, *Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts-Risk Issues and Allocation*, Mayer-Brown Construction&Engineering, 2007, [http://www.mayerbrown.com/files/Publication/fe15bba4-fbe2-4eb0-804e-17911edb0b15/Presentation/PublicationAttachment/ecb7569b-e0ef-4aee-9ff9-a7c4e853aac6/ART\\_EPC\\_EPCM\\_5DEC07.PDF](http://www.mayerbrown.com/files/Publication/fe15bba4-fbe2-4eb0-804e-17911edb0b15/Presentation/PublicationAttachment/ecb7569b-e0ef-4aee-9ff9-a7c4e853aac6/ART_EPC_EPCM_5DEC07.PDF) (Erişim tarihi: 08 02 2015).
- [23] J. Lewis, ARCH 408: Introduction to Project Management, Lecture Notes, The University of Liverpool, Liverpool, Fall 2014-2015.
- [24] S. Canada, *Solar EPC Contracts: How to Mitigate the Risks While Balancing Cost*, McCarthy Building Company, 2013, <http://www.mccarthy.com/quasi/qs-content/uploads/white-papers/solar-epc-contracts-how-to-mitigate-the-risks-while-balancing-cost.pdf> (Erişim tarihi: 08.02.2015).
- [25] D. Hillson, Using a Risk Breakdown Structure in Project Management, *Journal of Facilities Management*, cilt January, 2003.
- [26] P.M. Herder, M.P.C. Weijnen, Quality Criteria for Process Design in the Design Process-Industrial Case Studies and an Expert Panel, *Computer Chem. Eng.*, Vol. 22, Supp. 1, Iss. 15, pp. 513-520, 1998.
- [27] I. T. Cameron, *Modelling Accross the Process Life Cycle: A Risk Management Perspective*, European Symposium on Computer Aided Process Engineering-15, 29 May-1 June, Barcelona, Spain, 2005.
- [28] IEA-RETD (Renewable Energy Technology Deployment), *Risk Quantification and Risk Management in Renewable Energy Projects*, IEA, 2011.
- [29] P. K. Marhavalas, D. Koulouriotis, V. Gemeni, Risk Analysis and Assessment Methodologies in the Work Sites: On a Review, Classification and Comparative Study of the Scientific Literature of the Period 2000-2009, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 24, pp. 477-523, 2011.

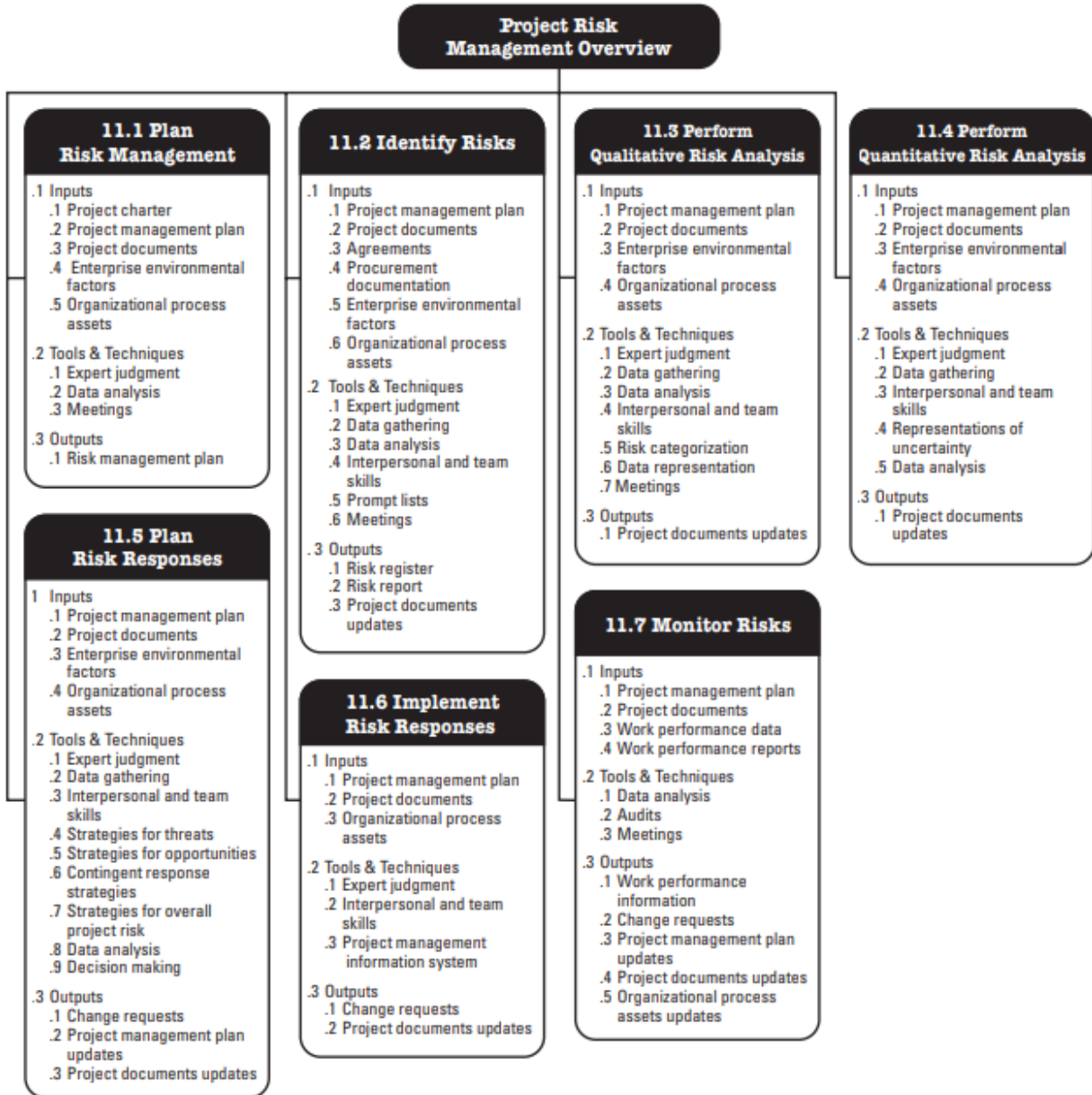
- [30] K. Kidam, N. E. Hussin, O. Hassan, A. Ahmad, A. Johari, M. Hurme, Accident Prevention Approach Throughout Process Design Life Cycle, *Process Safety and Environmental Protection*, Vol. 92, no. 5, pp. 412-422, 2014.
- [31] CCPS, *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*, 3rd Edition, WILEY, New York, 2008.
- [32] D. Poston, Safety Requirements Specification for Safety Instrumented Systems, Honeywell Users Group Meeting,  
<https://www.honeywellprocess.com/library/news-and-events/presentations/HUG-2017-Safety-Requirements-Specification.pdf> (Erişim tarihi: 21.06.2017)
- [33] U.S.Department of Energy (DOE), *DOE-STD-1189-2016: Integration of Safety into the Design Process*, DOE, Washington, 2016.
- [34] CCPS, *Inherently Safer Chemical Processes: A Life Cycle Approach*, 2nd Edition, WILEY, New York, 2010.
- [35] C. Palaniappan, R. Srinivasan, R. B. Tan, Expert System for the Design of Inherently Safer Processes. 2. Flowsheet Development Stage, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 41, pp. 6711-6722, 2002.
- [36] M. Rahman, A. M. Heikkilä, M. Hurme, Comparison of Inherent Safety Indices in Process Concept Evaluation, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 18, pp. 327-334, 2005.
- [37] S. I. Ahmad, H. Hashim, M. Hassim, Z. A. Muis, Inherent Safety Assessment Technique for Separation Equipment in Preliminary Engineering Stage, *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 45, pp. 1123-1128, 2015.
- [38] F. I. Khan, R. Sadiq, P. R. Amyotte, Evaluation of Available Indices for Inherently Safer Design Options, *Process Safety Progress*, Vol. 22, Iss. 2, pp. 83-97, 2003.
- [39] G. Landucci, A. Tugnoli, C. Nicolella, V. Cozzani, Assessment of Inherently Safer Technologies for Hydrogen Production, *Proceedings of the 5th International Seminar on Fire and Explosion Hazards*, 23-27 April, Edinburgh, UK, 2007.
- [40] A.-M. Heikkilä, *Inherent Safety in Process Plant Design- An Index Based Approach* Dissertation for the Degree of Doctor of Technology, Helsinki University of Technology, Technical Research Center of Finland, Espoo, 1999.
- [41] C. B. Etowa, P. R. Amyotte, M. J. Pegg, F. I. Khan, Quantification of Inherent Safety Aspects of the Dow Indices, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 15, pp. 477-487, 2002.
- [42] J. Suardin, M. S. Mannan, M. El-Halwagi, The Integration of Dow's Fire and Explosion Index (F&EI) into Process Design and Optimization to Achieve Inherently Safer Design, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 20, no. 1, pp. 79-90, 2007.
- [43] J. P. Gupta, Application of DOW's Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide to Process Plants in the Developing Countries, *Journal of Loss Prevention in The Process Industries*, Vol. 10, no. 1, pp. 7-15, 1997.



- [44] CII, Constructability, Best Practice Definition, <https://www.construction-institute.org/resources/knowledgebase/best-practices/constructability> (Erişim tarihi: 19.01.2022).
- [45] CII, Constructability Improvement During Conceptual Planning, Version 1.1, [http://www.construction-institute.org/scriptcontent/more/sd4\\_more.cfm](http://www.construction-institute.org/scriptcontent/more/sd4_more.cfm) (Erişim tarihi: 19.08.2014).
- [46] D. Arditi, A. Elhassan, Y. C. Toklu, Constructability Analysis in the Design Firm, *Journal of Construction Engineering and Management*, pp. 117-126, 2002.
- [47] Metrolinx Electrification Project, Risk Management Plan-Version 04, Document Reference No. PB 738, Canada, 2014.
- [48] D.W. Engel, Initial Risk Analysis and Decision-PNNL 20932, U.S. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory , Richland, Washington, 2012.
- [49] Office of Management, Technology Readiness Assessment Guide-DOE G 413.3-4A, U.S. Department of Energy, Washington, 2011.

## **EKLER**

## EK 1: PMBOK (6. Baskı) Uyarınca Risk Yönetim Çerçevesi



## **EK 2. Tipik Bir Risk Yazmacı İçeriği**

- Kayıt numarası
- Kısa adı ve tanımı
- Risk kategorisi
- Riskin tespit edildiği aşama
- Riski tespit eden kişi
- Kök sebep
- Risk değerlendirmesi
- Riske cevap verme stratejisi (Kabul et, Transfer et, Yönet vs.)
- Aksiyonlar
- Riskin Sahibi
- Riskin durumu (açık/kapalı)

### EK 3: ÖTG Çıktıları ve Sorumluluklar

Spangler [19] tarafından tipik bir proje için tanımlanan ve genel uygulamalar ile uyumlu olduğu da belirtilebilecek örnek bir ÖTG çıktı sorumluluk yapısı aşağıdaki gibidir:

Deliverables	FEL 1	FEL 2	FEL 3
<b>Project Scope Documents</b>			
Project Description	PE	PM	PM
Project Execution Plan	PM	PM	PM
<b>Design Basis Documents</b>			
Process Design Basis	PE	PE	PE
Material and Energy Balance		PE	PE
Utility Summary		PE	PE
Emissions Summary		PE	PE
Equipment Design Basis		PE <sup>(1)</sup>	ME
Piping Design Basis			PL
Civil/Structural Design Basis			CE
Electrical Design Basis			EE
Instrument and Controls Design Basis			IE
Fire Protection Design Basis			ME
Insulation Design Basis			ME
Protective Coatings Design Basis			ME
Cost Estimate Basis	PM	PM	PM
<b>Key Drawings</b>			
Block Flow Diagrams	PE		
Process Flow Diagrams		PE	PE
Piping and Instrumentation Diagrams		PE	PE
Materials of Construction Diagrams		PE	PE
Site Plan		CE	CE
General Arrangements		PL	PL
Piping One-Line Drawings			PL
Electrical One-Line Diagrams			EE
<b>Specifications</b>			
Equipment Specifications			ME
Piping Specifications			PL
Instrument Specifications			IE
Motor Specifications			EE
Insulation Specifications			ME
<b>Lists/Summaries</b>			
Line List			PE <sup>(1)</sup> /PL
Tie-in List			PE <sup>(1)</sup> /PL
Equipment List		PE <sup>(1)</sup>	ME
Instrument List		PE <sup>(1)</sup>	IE
I/O List			IE
<b>Datasheets</b>			
Process Data Sheets		PE	
Equipment Data Sheets			PE <sup>(1)</sup> /ME
Control Valve Data Sheets			PE <sup>(1)</sup> /IE
Relief Valve Data Sheets			PE <sup>(1)</sup> /IE
Instrument Data Sheets			PE <sup>(1)</sup> /IE
<b>Schedule</b>			
Overall Project Schedule	PM	PM	PS
<b>Estimate</b>			
Factored Cost Estimate	ES		
Preliminary Estimate		ES	
Definitive Estimate			ES
<b>Project Definition Reports</b>			
PDRI Summary			PM
<sup>(1)</sup> Initiated by Process Engineering. To be completed by the lead discipline at the end of FEL3.			

( PM : Project Management, PE : Process Eng., ME : Mechanical Eng., PL : Piping Eng., CE : Civil/Structural Eng., EE : Electrical Eng., IE : Instrument / Controls Eng., PS : Project Scheduling, ES : Project Estimating)

#### EK 4: ÖTG 2 İş Akışı ve Sorumluluklar

Spangler [19] tarafından tipik bir proje için tanımlanan ÖTG 2 aşaması çıktı sorumluluk yapısı aşağıdaki gibidir:

Workflow Code	Activity Description	Responsible Lead
2.1	Review of Alternates	
	2.1.1 List Alternate Technologies/Methods from FEL 1	PE
	2.1.2 Collect Additional Data / Research Alternatives	PE
2.2	Preliminary Design	
	2.2.1 Revise Process Design Basis	PE
	2.2.2 Revise Block Flow Diagram(s)	PE
	2.2.3 Develop Preliminary Process Flow Diagram(s)	PE
	2.2.4 Prepare Material and Energy Balance(s)	PE
	2.2.5 Prepare Utility Summary	PE
	2.2.6 Prepare Emissions Summary	PE
	2.2.7 Develop Preliminary Plot Plan	CE
	2.2.8 Develop Preliminary General Arrangement(s)	PE/ME
	2.2.9 Prepare Process Data Sheets on Equipment	PE
	2.2.10 Prepare Preliminary Equipment List	PE
	2.2.11 Revise Project Description	PM
	2.2.12 Prepare Project Execution Plan	PM
2.3	Preliminary Estimates	
	2.3.1 Obtain Budget Quotations on Equipment	PE/ME
	2.3.2 Develop Preliminary Take-offs on Long Run Piping	PE/PL
	2.3.3 Develop Preliminary Quantities of Materials for Major Foundations and Structures	CE
	2.3.4 Revise Preliminary Cost Estimate Basis	PM/ES
2.4	Review Project Economics and Risk Analysis	
	2.4.1 Develop Preliminary Estimate	PM/ES
	2.4.2 Revise Economic Scenarios	Owner
	2.4.3 Revise Economic Model	Owner
	2.4.4 Update Risk Factors / Uncertain Variables	Owner
	2.4.5 Run Economic Model With Variation (Monte Carlo)	Owner
	2.4.6 Select Preferred Project Alternative	Owner
	2.4.6 Make Go/No-Go on FEL 3	Owner
	2.4.7 Perform PDRI Analysis for FEL Measurement	Team

## EK 5: ÖTG 3 İş Akışı ve Sorumluluklar

Spangler [19] tarafından tipik bir proje için tanımlanan ÖTG 3 aşaması çıktı sorumluluk yapısı aşağıdaki gibidir:

Workflow Code	Activity Description	Responsible Lead
3.1	Class "A" Design	
	3.1.1 Revise Process Design Basis	PE
	3.1.2 Revise Block Flow Diagram	PE
	3.1.3 Revise Process Flow Diagram(s)	PE
	3.1.4 Prepare Materials of Construction Diagram(s)	PE
	3.1.5 Finalize Material and Energy Balance(s)	PE
	3.1.6 Revise Utility Summary	PE
	3.1.7 Revise Emissions Summary	PE
	3.1.8 Revise Plot Plan	CE
	3.1.9 Revise General Arrangement(s)	ME/CE
	3.1.10 Revise Equipment Design Basis	ME
	3.1.11 Prepare Equipment Data Sheets	ME
	3.1.12 Revise Equipment List	ME
	3.1.13 Develop Piping One-Line Drawings	PL/PE
	3.1.14 Develop Electrical One-Line Diagrams	EE
	3.1.15 Develop Equipment Specifications	ME
	3.1.16 Develop Piping Specifications	PL
	3.1.17 Develop Instrument Specifications	IE
	3.1.18 Develop Motor Specifications	EE
	3.1.19 Develop Insulation Specifications	PL
	3.1.20 Prepare Line List	PE/PL
	3.1.21 Prepare Tie-in List	PE/PL
	3.1.22 Prepare Instrument List	PE/IE
	3.1.23 Prepare I/O List	IE
	3.1.24 Prepare Control Valve Data Sheets	PE/IE
	3.1.25 Prepare Relief Valve Data Sheets	PE/IE
	3.1.26 Prepare Instrument Data Sheets	PE/IE
	3.1.27 Develop Piping Design Basis	PL
	3.1.28 Develop Civil/Structural Design Basis	CE
	3.1.29 Develop Electrical Design Basis	EE
	3.1.30 Develop Instrument and Controls Design Basis	IE
	3.1.31 Develop Fire Protection Design Basis	ME
	3.1.32 Develop Insulation Design Basis	ME/PL
	3.1.33 Develop Protective Coatings Design Basis	ME/PL
	3.1.34 Revise Project Description	PM
	3.1.35 Revise Project Execution Plan	PM
3.2	Hazards Analysis	
	3.2.1 Issue P&IDs for HAZOP Review	PE
	3.2.2 Conduct HAZOP Review	Team
	3.2.3 Implement HAZOP Recommendations in Design	PE
3.3	Definitive Estimate	
	3.3.1 Obtain Multiple, Firm Quotations on Equipment	PE/ME
	3.3.2 Condition Bids to Ensure Firm Pricing	PM/ME
	3.3.3 Develop Refined Take-offs on Long Run Piping	PL
	3.3.4 Develop Refined Quantities of Materials for Major Foundations and Structures	CE
	3.3.5 Revise Cost Estimate Basis	PM/ES
	3.3.6 Develop Overall Project Definitive Estimate	ES
3.4	Review Project Economics and Risk Analysis	
	3.4.1 Finalize Economic Scenarios	Owner
	3.4.2 Finalize Economic Model	Owner
	3.4.3 Update Risk Factors / Uncertain Variables	Owner
	3.4.4 Run Economic Model With Variation (Monte Carlo)	Owner
	3.4.5 Make Go/No-Go on Project Funding to Detail Design	Owner
	3.4.6 Perform PDRI Analysis for FEL Measurement	Team

## EK 6: HAZID Çalışma Sayfası Örneği

RİSKTESPİTİ									RİSK DEĞERLENDİRME	RİSK MÜDAHALE			RİSK İZLEME / KONTROL			
Risk No	Risk Tespit Tarihi	Riski Tespit Eden Kişi	Risk Türü	Risk Faktörü	Sebepl	Sonuç	Birincil Etki Kategorisi	Tetikleyeceği Diğer Hususların Kısa Tanımı	Önem Düzeyi	Öngörülen Tehdit / Fırsat Yönetim Yaklaşımı	Aksiyon	Aksiyon Bitirme Tarihi	Gözden Geçirme İçin Önerilen Zaman Aralığı	Son Gözden Geçirme Tarihi	Risk Sorumlusu	Durum Açık / Kapalı (tick)



## **EK 7: ÖTG 2 ve ÖTG 3 Aşamalarında Netleşmediği için Maliyet Belirsizliği Yaratabilecek Bazı Temel Tasarım Güvenliği Unsurları**

### A. Proses / Ekipman/ Ünite/ Sistem

- Taşkan havuzu
- Drenaj/ Tahliye Tankı
- Koç darbesi sönümleme tankı vs.
- Kontrol odası

### B. Acil Durum Müdahale

- Tüm izolasyon vanaları
- Yangınla mücadele sistemi
- Yangınla pasif mücadele önlemleri
- Toxic sızıntı sığınma odaları, su perdeleri
- Gaz konsantrasyonu izleme üniteleri
- Acil durumda gerekli olabilecek su ve kiyasallar için yedek tanklar

### C. İşçi Sağlığı ve Güvenliği

- İşçileri korumak için kişisel koruma araç gereci olarak değil de yerleşik olarak alınması gereken önlemler (ışıklandırma, oksijen sağlama, kaçış odaları, havalandırma ihtiyaçları, göz duşları vs.)

### D. Yerleşim Planı

- Mesafelendirme ve yerleşim ile ilgili çeşitli konular (çok belirgin belirsizliklere sebep olabilir)

### E. Aktif/ Pasif Koruma Katmanları

- Relif vanaları
- Otomatik durdurma sistemlerine ait sensor ve final elementler
- Yüksek basınçtan koruma sistemleri (patlama diskleri, yüksek emre-amadelikli basınç koruma sistemleri vs.)
- Patlama duvarları

### F. Yüksek Maliyetli Raporlamalar

- Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporu, sayısal risk analizi raporu, güvenlik raporu gereklilikleri
- Bağımsız kuruluşlardan alınması beklenen onaylar

## G. Asayiş

- Alan koruması için gerekli olabilecek bariyer, izleme sistemleri, klube, silahlanma ihtiyaçları

## **EK 8: Güvenlik Açısından Kritik Ekipman Listesi Örneği**

Aşağıda endüstriyel bir projeden örnek alınarak sunulan liste, projeye özgü olarak başka başlıklarla, daha küçük ya da daha geniş bir liste olarak tanımlanabilir:

### **Kıvılcım Kaynakları Kontrolü**

- Süpürme ve pozitif basınçlandırma sistemleri
- Havalandırma
- Statik elektrik kontrol donanımı
- Topraklama ve eşpotansiyel donanımı
- Dolum hızı kontrolü
- Yıldırımından korunma tertibatı

### **Güvenlik Enstrümanlı Sistemleri**

- SIS

### **Basınç / Vakum Relief Sistemleri**

- Güvenlik relief vanaları
- Pilot operasyonlu relief vanaları
- Patlama diskleri
- Sıvı contaları
- Basınç-vakum relief vanaları

### **Ekipman İzolasyonu / Basınç Boşaltma**

- İzolasyon vanaları
- Basınç boşaltım sistemleri
- Basınçsızlandırma sistemleri

### **Atık Bertaraf Sistemleri**

- Alevli bacalar
- Boşaltma sistemleri
- Ekipman drenaj donanımları
- Ayrıştırma üniteleri
- Su verme tankları
- Yakma sistemleri

- Buhar kontrol sistemleri

### **Acil Durum Alarm Sistemleri**

- Tesis acil durum alarm ve izleme sistemleri
- Gaz ve yangın detektörleri
- Kaçak detektörleri

### **Yangınla Mücadele**

- Yangına dayanımlı yapılar
- Yangına mücadele sıvı ve tozları
- Yangın suyu sistemleri
- Su spreyleme sistemleri
- Su sisi sistemleri
- Köpük sistemleri
- Karbon dioksit sistemleri
- Kuru kimyasallı sistemler
- Portatif, taşınabilir sistemler
- Sönümleyiciler

### **Patlama Sönümleme**

- Oksitleyici konsantrasyonu azaltma sistemleri
- Deflagrasyon basıncı sınırlayıcılar
- Patlama yönlendirme kapakları
- Ekipman ve boru izolasyon donanımları
- Sönümleyici bariyerler
- Hızlı aksiyon alan vanalar
- Tıkaçlar
- Su kapanı

### **Özel Sistemler**

- Su/ buhar perdeleri
- Buhar kontrolü
- Mekanik interloklar
- İnhibe edici enjektörler
- Sulu soğutma sistemleri
- Boşalma sistemleri

### **Atık Yönetimi**

- Taşkan havuzları
- Drenajlar
- Oluklar
- İkincil biriktirme havuzları ya da tankları
- Kirletici ayrıştırıcı, sıyırıcılar
- Toplayıcı çukur veya havuzlar
- Atık kanalları

### **Pasif Sistemler**

- Patlama duvarları
- Yangın duvarları
- Yangına dayanımlı kapılar

## EK 9: Etki Değerlendirme Skalası Örneği

Aşağıdaki etki skalası örneği [3] numaralı kaynaktan alınmıştır.

<b>Defined Conditions for Impact Scales of a Risk on Major Project Objectives</b> (Examples are shown for negative impacts only)					
<b>Project Objective</b>	Relative or numerical scales are shown				
	Very low /.05	Low /.10	Moderate /.20	High /.40	Very high /.80
<b>Cost</b>	Insignificant cost increase	<10% cost increase	10-20% cost increase	20-40% cost increase	>40% cost increase
<b>Time</b>	Insignificant time increase	<5% time increase	5-10% time increase	10-20% time increase	>20% time increase
<b>Scope</b>	Scope decrease barely noticeable	Minor areas of scope affected	Major areas of scope affected	Scope reduction unacceptable to sponsor	Project end item is effectively useless
<b>Quality</b>	Quality degradation barely noticeable	Only very demanding applications are affected	Quality reduction requires sponsor approval	Quality reduction unacceptable to sponsor	Project end item is effectively useless

This table presents examples of risk impact definitions for four different project objectives. They should be tailored in the Risk Management Planning process to the individual project and to the organization's risk thresholds. Impact definitions can be developed for opportunities in a similar way.

## EK 10: Skorlama Esasına Dayalı Bir Risk Matrisi Örneği

Aşağıdaki risk matrisi örneği [3] numaralı kaynaktan alınmıştır.

Probability	Threats					Opportunities				
	<b>0.90</b>	0.05	0.09	0.18	0.36	0.72	0.72	0.36	0.18	0.09
<b>0.70</b>	0.04	0.07	0.14	0.28	0.56	0.56	0.28	0.14	0.07	0.04
<b>0.50</b>	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.40	0.20	0.10	0.05	0.03
<b>0.30</b>	0.02	0.03	0.06	0.12	0.24	0.24	0.12	0.06	0.03	0.02
<b>0.10</b>	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01
	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05

Impact (relative scale) on an objective (e.g., cost, time, scope or quality)

Each risk is rated on its probability of occurring and impact on an objective if it does occur. The organization's thresholds for low, moderate or high risks are shown in the matrix and determine whether the risk is scored as high, moderate or low for that objective.

## EK 11: Kimya Endüstrisi Proses Tehlike Analizi Çalışmaları Esnasında Kullanılan Bir Risk Matrisi Örneği

Aşağıdaki matris, tez yazarının çeşitli tesislerde sürdürdüğü proses tehlike analizi çalışmalarından alınmış bir örnektir.

SONUÇLAR					OLASILIK				
ŞİDDET	İNSAN	VARLIK	ÇEVRE	İTİBAR	$\leq 10^{-4}$ /yıl	$10^{-4} < - \leq 10^{-3}$ /yıl	$10^{-3} < - \leq 10^{-2}$ /yıl	$10^{-2} < - \leq 10^{-1}$ /yıl	$10^{-1} < - \leq 10^0$ /yıl
					A	B	C	D	E
					Sanayide /Sektörde hiç duyulmamış	Sanayide /Sektörde duyulmuş	Organizasyonda Şirkette olmuş veya sanayide sektörde yılda birden fazla olmuş	Tesiste meydana gelmiş veya organizasyonda /şirkette yılda birden fazla meydana gelmiş	Tesiste yılda birden fazla meydana gelmiş
0	Yaralanma veya sağlığa etkisi yok	Hasar yok	Etkisi yok	Etkisi yok					
1	Hafif yaralanma veya sağlık etkisi	Hafif hasar	Hafif etki	Hafif etki					
2	Az yaralanma veya sağlık etkisi	Az hasar	Az etki	Az etki					
3	Ciddi yaralanma veya sağlık etkisi	Orta hasar	Orta etki	Orta etki					
4	Kalıcı iş görememezlik veya en fazla 3 can kaybı	Büyük hasar	Büyük etki	Büyük etki					
5	Can Kaybı 3'ten fazla	Çok büyük hasar	Çok büyük etki	Çok büyük etki					