

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PETROKİMYA ENDÜSTRİSİNDE L MATRİS YÖNTEMİ İLE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ: KİMYASAL MADDELERİN ÇEVRESEL
ETKİLERİ VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa ÇAKIROĞLU

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

SUBAT 2025

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PETROKİMYA ENDÜSTRİSİNDE L MATRİS YÖNTEMİ İLE RİSK
DEĞERLENDİRMESİ: KİMYASAL MADDELERİN ÇEVRESEL
ETKİLERİ VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa ÇAKIROĞLU

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Şahin DÜNDAR

ŞUBAT 2025

Mustafa ÇAKIROĞLU tarafından hazırlanan “Petrokimya Endüstrisinde L Matris Yöntemi İle Risk Değerlendirmesi: Kimyasal Maddelerin Çevresel Etkileri Ve Güvenlik Önlemleri ” adlı tez çalışması 18.02.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Prof. Dr. Mustafa Şahin DÜNDAR Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof. Dr. Cenk ÇELİK Kocaeli Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Doç. Dr. Murat TUNA Sakarya Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “PETROKİMYA ENDÜSTRİSİNDE L MATRİS YÖNTEMİ İLE RİSK DEĞERLENDİRMESİ: KİMYASAL MADDELERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(28/02/2025).

Mustafa ÇAKIROĞLU



Sevgili eşim Sündüz Cansu ÇAKIROĞLU ve kızım Asya ÇAKIROĞLU' na...



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, araştırmamın planlanmasından yazım aşamasına kadar geçen her süreçte bilgi ve desteklerini esirgemeyen, teşvik edici yaklaşımları ve yönlendirmeleriyle bu çalışmamın tamamlanmasında büyük katkıları olan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Mustafa Şahin DÜNDAR' a, araştırma çalışmalarım sırasında sağladığı akademik destek ve rehberlik için Arş. Gör. Dr. Celal CANER' e, bu süreçte bana her zaman destek olan sevgili eşim Sündüz Cansu ÇAKIROĞLU' na, yaşamıma neşe ve mutluluk katan canım kızım Asya ÇAKIROĞLU' na ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli abilerim Serkan KOCAASLAN ve Ali ZEYNELGİL' e teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa ÇAKIROĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
TEŞEKKÜR.....	ix
İÇİNDEKİLER.....	xi
KISALTMALAR.....	xiii
SİMGELER.....	xv
TABLO LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY.....	xxv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Yöntem.....	1
1.3. Araştırma Soruları.....	2
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
2.1. Petrokimya Endüstrisi ve Önemi.....	5
2.2. Dünya Ekonomisindeki Yeri.....	5
2.2.1. Sağladığı ürünler.....	5
2.2.1.1. Plastikler.....	6
2.2.1.2. Sentetik lifler.....	6
2.2.1.3. Gübreler.....	6
2.2.1.4. Deterjan ve temizlik ürünleri.....	6
2.2.1.5. İlaçlar ve kozmetikler.....	6
2.3. Örnek Vakalar.....	6
2.3.1. Exxon valdez petrol sızıntısı (1989).....	6
2.3.2. Deepwater horizon patlaması (2010).....	7
2.4. Petrokimya Endüstrisinde Yangın Risklerinin Belirlenmesi ve Yönetimi.....	7
2.4.1. Yangın risklerinin sınıflandırılması.....	9
2.4.2. Petrokimya endüstrisindeki yanıcı ve patlayıcı kimyasallar.....	10
2.4.2.1. Yanıcı gazlar ve solventlerin yangın riski oluşturma nedenleri.....	11
2.4.2.2. Yanıcı kimyasalların depolanma şekilleri.....	12
2.4.2.3. Yanıcı kimyasalların yangına neden olma olasılıkları.....	13
2.4.3. Yangın güvenliği ile ilgili yaklaşımlar.....	14
2.4.3.1. Yangın öncesi alınması gereken önleyici tedbirler.....	14
2.4.3.2. Yangın sırasında uygulanacak acil durum prosedürleri.....	20
2.4.3.3. Yangın sonrası temizleme ve çevre koruma önlemleri.....	21
2.5. Çevresel Etkiler.....	23
2.5.1. Petrokimya endüstrisinde yangınların çevreye etkisi.....	23
2.5.1.1. Petrokimya endüstrisi yangınlarının hava kalitesi üzerindeki etkileri.....	23
2.5.1.2. Yangınların su kaynakları üzerindeki etkileri.....	23

2.5.1.3. Toprak kirliliği ve ekosistem üzerindeki etkiler	24
2.5.1.4. Yangın sonrası atık yönetimi ve çevresel rehabilitasyon	24
2.5.1.5. Yanıcı kimyasalların yanması sonucu oluşan toksik gazların çevresel etkileri	25
2.5.1.6. Yanma sonucu oluşan kimyasalların su kirliliğine etkisi	25
2.5.2. Çevre koruma ve güvenlik önlemleri	26
2.5.2.1. Yangın söndürme suyu toplama sistemleri	26
2.5.2.2. Filtreleme sistemleri	27
2.5.2.3. Havalandırma sistemleri	27
2.5.2.4. Çevresel koruma önlemleri üzerine yapılan çalışmalar	27
2.5.3. Çevresel güvenlik prosedürleri	28
2.5.3.1. Çevresel güvenliğin gelişimi ve yasal düzenlemeler	28
2.5.3.2. Çevresel değerlendirme teknikleri ve uygulamaları	29
2.5.3.3. Çevre sağlığı ve güvenliği yönetimi	29
2.5.3.4. Çevresel güvenlik ve uluslararası düzenlemeler	30
3. YÖNTEM.....	31
3.1. L Matris Yöntemi ile Risk Değerlendirme	31
3.1.1. L Matris yöntemi nedir ve temel ilkeleri nelerdir?	31
3.1.1.1. L Matris yöntemi	31
3.1.1.2. L Matris yöntemi' nin risk değerlendirme süreci	33
3.1.1.3. Endüstriyel uygulamalar	34
3.1.1.4. Avantajlar ve sınırlamalar	34
3.1.1.5. Literatürdeki yöntem karşılaştırmaları	35
3.1.2. Neden L matris yöntemi tercih edilir?	35
3.1.3. Matris türleri ve kullanım alanları	36
3.1.3.1. 2x2 Matrisler	36
3.1.3.2. 3x3 Matrisler	36
3.1.3.3. 5x5 Matrisler (L tipi matris)	36
3.1.3.4. 10x10 Matrisler	36
3.1.4. L matrisinin yangın risk analizinde kullanımı	37
3.1.4.1. L matris yöntemi ve yangın risklerinin belirlenmesindeki etkinliği	37
3.1.4.2. L matris yönteminin yangın güvenliğine katkıları	38
3.1.4.3. L Matris yönteminin sınırlılıkları	39
3.1.4.4. L Matris yöntemi ve diğer yöntemlerle karşılaştırma	39
3.1.5. Örnek çalışmalar	40
3.1.5.1. L Matris yöntemi ve kimyasal risk analizindeki rolü	40
3.1.5.2. Kimya ve petrokimya sektörlerinde L Matris yöntemi uygulamaları	41
3.1.5.3. L Matris yöntemi'nin sınırlılıkları	42
4. METODOLOJİ.....	45
5. UYGULAMA VE BULGULAR.....	47
5.1. Örnek Olay veya Senaryo	47
5.1.1. Tesis tanımı	47
5.1.2. Çalışmanın kapsamı	47
5.1.3. Risk değerlendirmesi	47
5.1.4. Risk analizi bulguları	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
6.1. Petrokimya Endüstrisi Tesislerinde Yapılması Gerekenler	61
6.2. Petrokimya Endüstrisi Tesislerinde Yapılmaması Gerekenler	62
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
FMEA	: Failure Modes and Effects Analysis
HAZOP	: Hazard and Operability Study
KKDİK	: Kimyasalların Kaydı, Değerlendirmesi, İzni ve Kısıtlanması
MSDS	: Material Safety Data Sheet
PLC	: Programmable Logic Controller
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
SÇD	: Stratejik Çevresel Değerlendirme
VOC	: Volatile Organic Compounds
ÇYS	: Çevre Yönetim Sistemi
ISO	: International Organization for Standardization
İSGYS	: İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi
OHSAS	: Occupational Health and Safety Management Systems



SİMGELER

%	: Yüzde [Birim]
CO	: Karbonmonoksit
CO₂	: Karbondioksit
E	: Etki
L	: Olasılık
NO_x	: Azot oksit
PM	: Partikül Madde
R	: Risk Puanı
S	: Şiddet
SO₂	: Kükürt dioksit



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Risk seviyeleri	46
Tablo 5.1. Petrokimya tesisi risk değeriendirme tablosu	49





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Exxon Valdez Petrol Sızıntısı.....	6
Şekil 2.2. Deepwater Horizon Patlaması.	7
Şekil 2.3. Köpüklü yangın söndürme sistemleri.....	18
Şekil 2.4. Kimyasal depolama matrisi	20
Şekil 3.1. L tipi (5x5) risk değerlendirme matrisi	31
Şekil 3.2. Olasılık değerleri.....	32
Şekil 3.3. Şiddet değerleri.....	32
Şekil 3.4. L tipi matris	33
Şekil 5.1. Risklerin olasılık ve şiddet değerleri.....	60



PETROKİMYA ENDÜSTRİSİNDE L MATRİS YÖNTEMİ İLE RİSK DEĞERLENDİRMESİ: KİMYASAL MADDELERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

ÖZET

Bu tez çalışması, petrokimya endüstrisinde kimyasal atık yönetimi süreçlerini ele almakta ve bu süreçlerde yangın risklerini değerlendirmek için L Matris Yöntemi'ni uygulamaktadır. Petrokimya sektörü, küresel ekonomide kritik bir öneme sahip olup, çeşitli sanayi dallarına hammadde sağlayan bir temel taş niteliğindedir. Ancak bu endüstri, hem üretim süreçlerinde oluşan kimyasal atıkların yönetimi hem de çevresel etkileri nedeniyle çok sayıda risk ve zorluk barındırmaktadır.

Kimyasal atıkların yanıcı, toksik ve patlayıcı özellikleri, bu maddelerin uygun olmayan depolanması ya da bertarafı durumunda çok büyük yangın ve patlama riskleri oluşturmaktadır. Tez, bu kapsamda, kimyasal atıkların sınıflandırılması, depolama ve bertaraf koşullarının değerlendirilmesi ve yangın algılama ile söndürme sistemlerinin uygulanması gibi stratejilere odaklanmaktadır. Bu stratejiler hem insan sağlığı hem de çevresel koruma açısından hayati önem taşımaktadır.

Petrokimya endüstrisinde kimyasal atıkların yönetimi, çevre ve insan sağlığı açısından büyük bir önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, tehlikelerin tespit edilmesi ve kontrol altına alınması için risk değerlendirme yöntemlerinin kullanılması gereklidir. Özellikle L Matris Risk Değerlendirme Yöntemi, endüstriyel tesislerde çalışanların karşı karşıya kaldığı fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ergonomik tehlikelerin analiz edilmesinde etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntem, risklerin olasılık ve şiddet düzeylerini değerlendirerek gerekli önlemlerin alınmasını destekler. Ayrıca, kimyasal maddelerin çevre üzerindeki etkileri ve güvenlik tedbirleri üzerine yapılan çalışmalar, tehlikeli kimyasalların doğru şekilde yönetilmesinin ve risk analizi süreçlerinin önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, petrokimya sektöründe kimyasal atık yönetimi süreçlerini L Matris yöntemiyle değerlendirerek, çevresel etkiler ve güvenlik önlemleri açısından detaylı bir analiz sunmayı hedeflemektedir.

L Matris Yöntemi, risk değerlendirmesinde sıkça kullanılan sistematik bir yaklaşımdır ve bu tezde, kimyasal atıkların neden olduğu yangın risklerini olasılık ve şiddet bazında değerlendirmek için kullanılmıştır. Yöntem, tehlikelerin tanımlanması, sınıflandırılması ve önceliklendirilmesine olanak sağlamakta, böylece kritik risklerin erken tespiti ve etkili müdahale planlarının oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır. Bulgular, petrokimya tesislerinde yangın risklerinin minimize edilmesi ve operasyonel güvenliğin artırılması için L Matris Yöntemi'nin önemli bir araç olduğunu göstermektedir.

Petrokimya sektöründe kimyasal atıkların yönetimi, yangın riski açısından hayati bir öneme sahiptir ve çevre ile insan sağlığı üzerinde doğrudan etkiler yaratabilir. Bu kapsamda, L Tipi Matris Yöntemi, yangın tehlikelerinin tespiti ve bu risklerin azaltılmasına yönelik değerlendirmelerde etkili bir yaklaşım sunmaktadır. Özellikle sürekli çalışan ekipmanlar ve yoğun kimyasal kullanımın olduğu bölgelerde,

potansiyel tehlikelerin belirlenmesi ve risk analizinin yapılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma, petrokimya tesislerindeki kimyasal atık yönetimi süreçlerinde meydana gelebilecek yangın risklerini analiz ederek, alınması gereken güvenlik önlemlerini ve kimyasalların çevresel etkilerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi hedeflemektedir.

Tezde ayrıca, süreçlerde yangın risklerini azaltmak için sürdürülebilir yaklaşımlara yer verilmiştir. Bu kapsamda, atık azaltma ve geri kazanım uygulamaları, yeşil kimyasalların tercih edilmesi ve döngüsel ekonomi modellerinin benimsenmesi gibi stratejiler incelenmiştir. Özellikle, geri dönüşüm ve yeniden kullanım uygulamalarının hem yangın risklerini hem de çevresel zararları önemli ölçülerde azalttığı vurgulanmıştır. Bu yaklaşımların, sadece mevcut risklerin azaltılmasında değil, aynı zamanda petrokimya endüstrisinin daha sürdürülebilir bir geleceğe yönelmesinde önemli rol oynadığı belirtilmiştir.

Yangın risklerinin etkili bir şekilde yönetilmesi, çalışan sağlığının korunması, çevresel zararların önlenmesi ve ekonomik kayıpların azaltılması açısından hayati öneme sahiptir. Bu doğrultuda, yangın algılama ve müdahale teknolojilerinin geliştirilmesi, kimyasal atık depolama standartlarının yüksek seviyede uygulanması ve personel eğitim programlarının sürekliliği gibi unsurların önemi vurgulanmaktadır.

Petrokimya endüstrisinde kimyasal atık yönetimi, yalnızca çevresel etkileri minimize etmekle kalmayıp, aynı zamanda tesislerin operasyonel güvenliği açısından da kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, risk değerlendirme yöntemlerinin doğru şekilde uygulanması, endüstrinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasında önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kimyasal atıkların sınıflandırılması, depolama koşulları ve bertaraf yöntemleri ile ilgili ulusal ve uluslararası mevzuatların dikkate alınması, risk yönetim süreçlerinin etkinliğini artırmaktadır. Tez kapsamında kullanılan L Matris Yöntemi, kimyasal maddelerin tehlike potansiyellerini olasılık ve şiddet düzeyinde değerlendirerek, risklerin önceliklendirilmesi ve uygun müdahale stratejilerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bunun yanı sıra, sürekli izleme ve denetim mekanizmalarının oluşturulması, olası yangın ve patlama risklerini minimize etmek için kritik bir gerekliliktir.

Petrokimya sektöründe yangın risklerini azaltmaya yönelik bir diğer önemli unsur ise personelin eğitimi ve farkındalık düzeyinin artırılmasıdır. Eğitim programları, yalnızca yangın güvenliği protokollerinin uygulanmasını öğretmekle sınırlı kalmamalı, aynı zamanda çalışanların kimyasal atık yönetimi süreçlerine aktif katılımını teşvik etmelidir. Ayrıca, teknolojik gelişmelerin sektöre entegrasyonu, risklerin daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Örneğin, akıllı sensör sistemleri ve yapay zekâ destekli yangın algılama teknolojileri, risklerin erken tespiti ve müdahale sürelerinin kısaltılması açısından büyük avantajlar sunmaktadır. Bu tür yenilikçi yaklaşımların hem operasyonel maliyetlerin düşürülmesine hem de çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağladığı görülmektedir. Tezde ele alınan stratejiler, kimyasal atık yönetiminde bütünsel bir yaklaşım benimsenmesi gerektiğini ve çevresel sürdürülebilirlik ile endüstriyel güvenliğin bir arada sağlanabileceğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, bu tez, petrokimya endüstrisinde kimyasal atık yönetimi süreçlerinin iyileştirilmesi, yangın risklerinin minimize edilmesi ve çevresel etkilerin azaltılması için kapsamlı bir rehber sunmaktadır. Çalışma, L Matris Yöntemi'nin petrokimya endüstrisinde etkin bir araç olarak kullanılabilirliğini göstermekle kalmamakta, aynı zamanda hem çevresel hem de endüstriyel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasında

önemli çıkarımlar sunmaktadır. Bu bağlamda, petrokimya tesislerinde risklerin yönetimine dair yenilikçi yaklaşımların benimsenmesi ve bu çalışmanın rehberliğinde uygulanması önerilmektedir.

Bu bağlamda, yangın risklerinin doğru bir şekilde sınıflandırılması, özellikle patlayıcı ve toksik özellikteki kimyasalların tehlike potansiyellerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca, ulusal ve uluslararası standartlara uyum sağlanması, petrokimya tesislerinde yangın risklerini azaltmanın temel unsurlarından biridir. Risk analizleri sonucunda belirlenen kritik alanlarda otomatik yangın algılama sistemlerinin kurulması ve bu sistemlerin düzenli olarak denetlenmesi gerekmektedir.

Süreçlere dair geliştirilen bu yenilikçi yaklaşımlar, endüstriyel verimliliği artırmakla kalmayıp, çevre dostu çözüm yolları sunmaktadır. Bu kapsamda, L Matris Yöntemi'nin yaygınlaştırılması ve sektör çapında uygulamalarının desteklenmesi önerilmektedir. Bu yaklaşım hem çevresel hem de ekonomik anlamda sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasını destekleyecek potansiyele sahiptir.





RISK ASSESSMENT WITH L MATRIX METHOD IN PETROCHEMICAL INDUSTRY: ENVIRONMENTAL IMPACTS OF CHEMICAL SUBSTANCES AND SAFETY MEASURES

SUMMARY

This thesis addresses chemical waste management processes in the petrochemical industry and applies the L Matrix Method to assess fire risks in these processes. The petrochemical industry is critical in the global economy and is a cornerstone in providing raw materials to various industries. However, this industry poses numerous risks and challenges due to both the management of chemical wastes generated during production processes and their environmental impacts.

The flammable, toxic and explosive properties of chemical wastes pose great fire and explosion risks in case of improper storage or disposal of these materials. In this context, the thesis focuses on strategies such as classifying chemical waste, assessing storage and disposal conditions, and implementing fire detection and suppression systems. These strategies are vital for both human health and environmental protection.

The management of chemical wastes in the petrochemical industry is of great importance for the environment and human health. Accordingly, it is necessary to use risk assessment methods to identify and control hazards. In particular, the L Matrix Risk Assessment Method stands out as an effective method for analysing the physical, chemical, biological and ergonomic hazards faced by employees in industrial facilities. This method supports taking necessary precautions by evaluating risk probability and severity levels. In addition, studies on the effects of chemicals on the environment and safety measures reveal the importance of adequately managing hazardous substances and risk analysis processes. This study will present a detailed analysis of chemical waste management processes in the petrochemical industry regarding environmental impacts and safety measures by evaluating them with the L Matrix method.

The L Matrix Method is a widely used systematic approach to risk assessment. It is used in this thesis to assess fire risks from chemical wastes based on probability and severity. The method allows for the identification, classification and prioritisation of hazards, thus contributing to the early detection of critical risks and the formulation of effective response plans. The findings show that the L Matrix Method is essential for minimising fire risks and improving operational safety in petrochemical plants.

Managing chemical wastes in the petrochemical industry is vital in terms of fire risk and can directly impact the environment and human health. In this context, the L Type Matrix Method offers a practical approach to the identification of fire hazards and assessments to mitigate these risks. Especially in areas with continuously operating equipment and intensive chemical use, the need to identify potential hazards and perform risk analysis comes to the forefront. This study aims to analyse the fire risks that may occur in chemical waste management processes in petrochemical plants and

to comprehensively evaluate the safety measures to be taken and the environmental impacts of chemicals.

The thesis also includes sustainable approaches to reduce fire risks in processes. In this context, strategies such as waste reduction and recovery practices, preference for green chemicals and adoption of circular economy models are examined. In particular, it is emphasised that recycling and reuse practices significantly reduce both fire risks and environmental damages. These approaches play an important role in lowering current risks and moving the petrochemical industry towards a more sustainable future.

Effective management of fire risks is vital for protecting employee health, preventing environmental damage and reducing economic losses. In this regard, the importance of improving fire detection and response technologies, implementing chemical waste storage standards at a high level, and maintaining personnel training programs are emphasised.

Chemical waste management in the petrochemical industry is critical not only for minimising environmental impacts but also for the operational safety of facilities. In this context, correctly applying risk assessment methods is essential for the industry to achieve its sustainable development goals. In particular, considering national and international legislation on the classification, storage conditions and disposal methods of chemical waste increases risk management processes' effectiveness. The L-Matrix method used in this thesis enables the prioritisation of risks and the development of appropriate response strategies by assessing the hazard potential of chemical substances at the level of probability and severity. In addition, establishing continuous monitoring and control mechanisms is critical to minimise potential fire and explosion risks.

Personnel training and awareness are another critical element in reducing fire risks in the petrochemical sector. Training programs should not be limited to teaching the implementation of fire safety protocols but should also encourage the active participation of employees in chemical waste management processes. In addition, the integration of technological advances into the industry enables risks to be managed more effectively. For example, intelligent sensor systems and AI-enabled fire detection technologies offer significant benefits regarding early risk detection and reduced response times. Such innovative approaches help to reduce both operational costs and environmental impact. The strategies discussed in this paper demonstrate that a holistic approach to chemical waste management should be adopted and that environmental sustainability and industrial safety can be achieved together.

As a result, this thesis provides a comprehensive guide for improving chemical waste management processes, minimising fire risks and reducing environmental impacts in the petrochemical industry. The study demonstrates the usability of the L Matrix Method as an effective tool in the petrochemical industry and offers important implications for achieving both environmental and industrial sustainability goals. In this context, it is recommended that innovative approaches to managing risks in petrochemical plants be adopted and implemented under the guidance of this study.

In this context, it is essential to accurately classify fire risks and determine the hazard potential of chemicals, especially explosive and toxic chemicals. In addition, compliance with national and international standards is one of the key elements of reducing fire risks in petrochemical plants. Automatic fire detection systems should be installed in critical areas identified as a result of risk analyses and these systems should be regularly inspected.

These innovative approaches to processes increase industrial efficiency and offer environmentally friendly solutions. In this context, it is recommended that the L Matrix Method be disseminated and supported for implementation across the sector. This approach has the potential to support the achievement of sustainable development goals in both environmental and economic terms.





1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, petrokimya endüstrisinde kimyasal atık yönetimi süreçlerinde L Matris Yöntemi ile risk değerlendirmesi yapmayı amaçlamaktadır. Çalışma, yangın güvenliği, çevresel etkiler ve sürdürülebilirlik bağlamında önemli katkılar sunmaktadır. Petrokimya endüstrisi, kimyasal maddelerin yanıcı ve toksik özellikleri nedeniyle yüksek risk taşımaktadır. Bu bağlamda, kimyasal atık yönetim süreçlerinin detaylı analiz edilmesi ve risklerin minimize edilmesine yönelik stratejilerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Petrokimya endüstrisi, enerji yoğun bir sektördür ve çeşitli kimyasalların işlenmesini gerektirir. Bu süreçlerde üretilen kimyasal atıklar, yanıcı ve tehlikeli özellikleri nedeniyle ciddi yangın riskleri taşır. Yanlış yönetilen kimyasal atıklar patlamalara, yangınlara ve çevresel felaketlere yol açabilir. Bu nedenle, risk analizleri, yangın güvenliği ve çevresel etkilerin minimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Bu çalışma, kimyasal atıkların yönetiminde karşılaşılan zorlukları ele alarak, L Matris Yöntemi'nin risk değerlendirme süreçlerindeki rolünü incelemektedir. Çalışmada, yangın güvenliği ve çevresel koruma konularında sürdürülebilir yaklaşımlar geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

1.2. Yöntem

L Matris Yöntemi, tehlikelerin sistematik bir şekilde tanımlanması ve sınıflandırılması için kullanılan etkili bir risk değerlendirme aracıdır. Çalışmada aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. Tehlike Tanımlama: Kimyasal depolama alanlarında potansiyel tehlikelerin belirlenmesi.
2. Olasılık ve Şiddet Puanları: Her tehlikenin olasılık ve şiddet düzeyine göre puanlanması.

3. Risk Puanı Hesaplama: Olasılık ve şiddet çarpımı ile risk seviyelerinin belirlenmesi.
4. Önceliklendirme: En yüksek risk taşıyan bölgelerin ve süreçlerin önceliklendirilmesi.

Bu yöntem, petrokimya tesislerinde güvenlik önlemlerinin doğru yerlere uygulanmasını sağlamak için kullanılmıştır.

1.3. Araştırma Soruları

Bu bölüm, tezin kapsamını belirleyen ve metodolojik yaklaşımı şekillendiren bir rehber niteliği taşır. Çalışmanın odaklandığı problem alanlarını detaylı bir şekilde analiz etmeye ve çözüm önerileri geliştirmeye yönelik bir yol haritası sunar.

Bu bölümde yer alan sorular hem literatürdeki bilgi boşluklarını doldurmayı hem de kimyasal atık yönetimi süreçlerinin etkinliğini artıracak yenilikçi yöntemlerin keşfedilmesini amaçlamaktadır. Araştırma soruları, tezin sadece teorik değil, aynı zamanda pratik katkılar sağlamasını mümkün kılan bir yapı oluşturur. Soruların belirlenmesinde, petrokimya endüstrisinde karşılaşılan kimyasal risklerin minimize edilmesine yönelik yaklaşımlar ve L Matris Yöntemi'nin bu bağlamdaki katkıları temel alınmıştır.

Bu bölümdeki soruların temel işlevi, araştırmanın hangi alanlarda derinleştirileceğini ve hangi metodolojik araçların kullanılacağını belirlemektir. Aynı zamanda, soruların cevaplanması, tez çalışmasının somut bulgulara ve önerilere ulaşmasına olanak tanıyarak, literatüre katkı sunmasını sağlamaktadır.

- [1] Petrokimya endüstrisinde kimyasal atık yönetimi süreçlerinde yangın riski nasıl ortaya çıkar ve bu riskler L Matris Yöntemi kullanılarak nasıl değerlendirilir?
- [2] L Matris Yöntemi ile yapılan risk değerlendirmesinde yangın güvenliği açısından en kritik risk faktörleri nelerdir?
- [3] Kimyasal atıkların depolanması ve taşınması süreçlerinde yangın riski nasıl minimize edilebilir ve bu süreçlerde L Matris Yöntemi nasıl bir katkı sağlar?
- [4] Petrokimya tesislerinde yangın riskini önleyici güvenlik önlemleri L Matris Yöntemi çerçevesinde nasıl önceliklendirilir?
- [5] Kimyasal atık yönetimi sürecinde yangın tehlikesi oluşturabilecek kimyasal maddeler nelerdir ve bu tehlikeler L Matris Yöntemi ile nasıl analiz edilir?

[6] Yangın güvenliği perspektifinden, kimyasal atıkların çevresel etkilerini L Matris Yöntemi kullanarak değerdendirmek için hangi risk faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır?

[7] Petrokimya endüstrisinde yangın güvenliği açısından kritik olan kimyasal maddelerin yönetiminde alınabilecek güvenlik önlemleri nelerdir ve bu önlemler L Matris Yöntemi ile nasıl değerdendirilebilir?

[8] Yangın güvenliği ve çevresel koruma açısından kimyasal atık yönetimi süreçlerinde risk analizinde L Matris Yöntemi'nin avantajları ve sınırlamaları nelerdir?

[9] Kimyasal atıkların bertaraf edilmesi sırasında yangın riskini azaltmaya yönelik uygulamalar nelerdir ve bu uygulamalar L Matris Yöntemi ile nasıl iyileştirilebilir?

[10] Petrokimya endüstrisinde yangın güvenliği sağlamak için acil durum müdahale planları L Matris Yöntemi ile nasıl geliştirilir ve önceliklendirilir?



2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Petrokimya Endüstrisi ve Önemi

Petrokimya sektörü, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan kimyasal ürünler üreten bir endüstri dalıdır. Bu sektör, modern sanayinin temel taşlarından biri olup, günlük yaşamda kullandığımız birçok malzemenin üretiminde kritik bir rol oynar.

2.2. Dünya Ekonomisindeki Yeri

Petrokimya endüstrisi, küresel ekonomide önemli bir yere sahiptir. 2018 yılında, küresel petrokimya pazarının büyüklüğünün yaklaşık 700 milyar dolar olduğu ve yıllık ortalama %8,5 büyüme ile beş yıl içinde 1 trilyon doları aşmasının öngörüldüğü belirtilmiştir. Bu büyüme, artan nüfus, teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile desteklenmektedir [1].

2.2.1. Sağladığı ürünler

Petrokimya endüstrisi, nafta, LPG ve gazyağı gibi petrol ürünleri veya doğal gazı temel girdiler olarak kullanarak plastikler, lastik ve elyaf hammaddeleri ile diğer organik ara ürünleri üreten bir sektördür. Bu sektör, ambalaj, elektronik, otomotiv, inşaat, tekstil ve tarım gibi birçok alana girdi sağlayarak geniş bir etki alanına sahiptir. Özellikle plastik hammaddelerinin %85'inin ithal edildiği Türkiye'de, petrokimya ürünlerine olan talep oldukça yüksektir. Bu durum, petrokimya endüstrisinin ülke ekonomisi ve sanayisi için kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir [2].

Petrokimya ürünleri, dünya ticaretinde önemli bir paya sahiptir ve bu ticaretin yönlendirilmesinde dış ticaret politikaları belirleyici rol oynar. Petrol türevlerinden elde edilen kimyasal ürünlere olan küresel talebin artması, ülkeler arasında rekabeti ve iş birliğini şekillendirmektedir. Bu bağlamda, gümrük vergileri, kotalar, sübvansiyonlar ve ticaret anlaşmaları gibi politika araçları, ülkelerin bu sektördeki rekabet avantajlarını artırmak veya korumak için kullanılmaktadır. Ayrıca, enerji güvenliği, çevresel sürdürülebilirlik ve teknolojik yenilikler de dış ticaret

politikalarının belirlenmesinde etkili faktörler arasında yer almaktadır [3]. Başlıca ürünleri şunlardır:

2.2.1.1. Plastikler

Polietilen, polipropilen gibi plastikler ambalaj, otomotiv, inşaat ve elektronik gibi birçok alanda kullanılır.

2.2.1.2. Sentetik lifler

Naylon, polyester gibi lifler tekstil sektöründe yaygın olarak kullanılır.

2.2.1.3. Gübreler

Tarım sektöründe verimliliği artırmak için kullanılan amonyak ve üre gibi bileşikler petrokimya ürünleridir.

2.2.1.4. Deterjan ve temizlik ürünleri

Evsel ve endüstriyel temizlikte kullanılan birçok deterjan ve sabun petrokimya kaynaklıdır.

2.2.1.5. İlaçlar ve kozmetikler

Birçok ilaç ve kozmetik ürünü, petrokimya türevleri kullanılarak üretilir.

2.3. Örnek Vakalar

2.3.1. Exxon valdez petrol sızıntısı (1989)

Alaska sahillerinde gerçekleşen bu çevre felaketinde, Exxon Valdez tankerinden yaklaşık 11 milyon galon petrol sızarak büyük bir çevresel kirliliğe yol açmıştır. 1.300 mil uzunluğundaki kıyı şeridi etkilenmiştir. Deniz ekosistemine verdiği zarar ve temizleme sürecinin uzunluğu ile dikkat çekmiştir.



Şekil 2.1. Exxon Valdez Petrol Sızıntısı [1].

2.3.2. Deepwater horizon patlaması (2010)

Meksika Körfezi'nde BP'ye ait bir petrol platformunda meydana gelen patlama ve ardından gelen sızıntı, büyük bir çevresel felakete yol açmıştır. Yaklaşık 4,9 milyon varil petrolün denize sızmasına neden olmuştur. Olay, deniz yaşamına zarar vermiş ve temizleme çalışmaları milyarlarca dolara mal olmuştur.



Şekil 2.2. Deepwater Horizon Patlaması [2].

2.4. Petrokimya Endüstrisinde Yangın Risklerinin Belirlenmesi ve Yönetimi

Petrokimya tesislerinde kullanılan kimyasal maddeler, yüksek yanıcılık ve reaktiviteye sahiptir; bu özellikler, tesislerde yangın ve patlama riskini artırmaktadır. Yapılan çalışmalarda, bu risklerin yönetimi için özellikle tehlike belirleme ve risk değerlendirme yöntemlerinin kullanılması önerilmiştir [1]. L Matris Yöntemi gibi sistematik değerlendirme teknikleri, kimyasal atıkların yönetiminde yangın risklerini belirlemek ve önceliklendirmek için etkin bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, risklerin olasılık, şiddet ve tespit edilebilirlik kriterlerine göre sınıflandırılmasına olanak tanır. Örneğin, bir tesisteki kimyasal depolama alanlarında kullanılan solventler ve hidrokarbonlar, bu yöntemle analiz edilerek en yüksek yangın riski taşıyan bölgeler tespit edilmiştir.

Yangın güvenliği, sadece çalışanların sağlığını korumakla kalmaz, aynı zamanda çevresel etkilere karşı da bir koruma sağlar. Bazı araştırmalarda, petrokimya endüstrisinde meydana gelen yangınların çevre üzerinde ciddi olumsuz etkileri olduğu belirtilmiştir. Özellikle hidrokarbon yangınları sonucu atmosfere salınan karbon monoksit, kükürt dioksit ve uçucu organik bileşikler hava kirliliğine neden olmakta ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ayrıca, yangın sırasında

kullanılan söndürme kimyasallarının toprağa ve su kaynaklarına sızması, çevresel kirliliği artırmaktadır. Bu kirliliğin önlenmesi için yangın güvenliği planlarında çevreye zarar vermeyen söndürme maddelerinin kullanılmasının önemi vurgulanmaktadır [5].

Petrokimya tesislerinde yangın güvenliği, çalışan sağlığı ve güvenliği açısından kritik bir gerekliliktir. Yapılan çalışmalara göre, çalışanların yanıcı ve reaktif kimyasallarla temas etmesi sonucunda yangın ve patlama riski artmaktadır. Bu risklerin yönetilmesi için iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin düzenli olarak verilmesi, çalışanların riskleri tanınması ve uygun güvenlik önlemlerini alması sağlanmalıdır. Yangın güvenliği tatbikatları, çalışanların acil durumlara hazırlıklı olmalarına ve yangın anında doğru tepki vermelerine yardımcı olur. Eğitim programlarında, yangın tehlikesine maruz kalabilecek bölgelerde alınması gereken önlemler ve yangın söndürme ekipmanlarının kullanımı öğretilmelidir [6].

Petrokimya endüstrisinde yangın güvenliği, gelişmiş yangın söndürme teknolojilerinin kullanımını da içerir. Bu konuyla ilgili yayınlanan makalelerde, gaz ve köpük bazlı yangın söndürme sistemlerinin, kimyasal yangınlar için en uygun sistemler olduğu belirtilmiştir. Yangının büyümesini engellemek ve çevreye yayılmasını önlemek amacıyla su yerine kimyasal bazlı köpük ve gazların kullanımı yaygındır. Bu söndürme sistemleri, yangına hızlı müdahale ederek hem çevresel zararları hem de yangının tesise vereceği maddi kayıpları azaltmaktadır. Ek olarak, yangın algılama ve alarm sistemlerinin kullanımı, yangın güvenliği açısından proaktif bir koruma sağlamaktadır. Tesislerde kurulan bu sistemler, duman ve sıcaklık değişimlerini algılayarak erken uyarı sağlamakta, böylece yangına zamanında müdahale edilmesine imkân tanımaktadır [7].

Proaktif güvenlik yönetimi, petrokimya endüstrisinde yangın güvenliğini sağlamak için etkili bir yaklaşımdır. L Matris Yöntemi gibi risk değerlendirme araçları, potansiyel tehlikelerin önceden belirlenmesine ve önceliklendirilmesine yardımcı olur. L Matris Yöntemi kullanılarak yapılan değerlendirmeler, yangın riskine en çok maruz kalan alanların belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Böylece, yangın güvenliği önlemleri doğru yerlere uygulanmakta ve risklerin azaltılması sağlanmaktadır. Özellikle kimyasal depolama alanlarında yapılan risk analizleri, yangın güvenliği sistemlerinin kurulacağı noktaların belirlenmesinde faydalı

olmaktadır. Bu yöntemin hem yangın güvenliği hem de çevresel koruma açısından proaktif bir çözüm sunduğu vurgulanmaktadır.

Yapılan literatür taramasının sonuçlarına göre, petrokimya endüstrisinde yangın güvenliği, çalışan sağlığı ve çevre koruma için hayati öneme sahiptir. Yangın tehlikeleri, kimyasal maddelerin yüksek yanıcılık özellikleri ve reaktivitesi nedeniyle ciddi riskler oluşturur. Bu risklerin yönetimi için kullanılan L Matris Yöntemi gibi değerlendirme teknikleri, proaktif güvenlik yönetimi kapsamında oldukça etkilidir. Ayrıca, çevresel zararları en aza indirmek ve çalışan güvenliğini sağlamak için uygun yangın söndürme teknolojilerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Eğitim ve farkındalık programları, çalışanların acil durumlara hazırlıklı olmasını sağlarken, güvenli depolama ve taşıma uygulamaları yangın riskini azaltmada önemli bir rol oynamaktadır.

2.4.1. Yangın risklerinin sınıflandırılması

Petrokimya endüstrisinde yangın riskleri, kullanılan kimyasalların yanıcılık özellikleri ve proses koşullarına bağlı olarak çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Yanıcı gazların, buharların, sislerin veya tozların hava ile oluşturduğu patlayıcı ortamlar, bu sektörde çalışanlar ve tesis güvenliği açısından önemli tehlikeler oluşturur. Bu nedenle, patlayıcı ortamların oluşabileceği tüm alanlarda risk değerlendirmesi yapılmalı ve uygun teknik ve organizasyonel önlemler alınmalıdır. Özellikle, yanıcı maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, ortam sıcaklığı, basıncı ve havalandırma koşulları gibi faktörler göz önünde bulundurularak, patlayıcı atmosfer sınıflandırması yapılmalı ve buna göre önlemler planlanmalıdır [8]. Yangın risklerinin doğru bir şekilde sınıflandırılması, risk yönetiminin ilk adımıdır ve risklerin önceliklendirilmesi ile risk azaltma stratejilerinin belirlenmesine yardımcı olur. Literatürde, yangın risklerinin sınıflandırılması genellikle kimyasal özellikler, tutuşma potansiyeli, yanma hızı ve yangının yayılma riskine göre yapılmaktadır:

- **Yanıcılık derecelerine göre sınıflandırma**

Araştırmalara göre, kimyasallar yanıcılık seviyelerine göre düşük, orta ve yüksek riskli olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma, yangın tehlikesine karşı alınacak önlemlerin belirlenmesine yardımcı olur. Kimyasalların yanıcılık özelliklerine göre sınıflandırılması, güvenli depolama ve kullanım açısından kritik öneme sahiptir. Bu sınıflandırma, kimyasalların fiziksel ve kimyasal özelliklerine dayanarak yapılmalı ve

kesinlikle alfabetik sıraya göre düzenlenmemelidir. Doğru bir sınıflandırma için Malzeme Güvenlik Bilgi Formları (MSDS) temel bir kaynak olarak kullanılmalıdır. Kimyasallar, yanıcılık derecelerine göre; kolay alev alabilen, çok kolay alev alabilen, oksitleyici, patlayıcı ve sıkıştırılmış gazlar gibi kategorilere ayrılmalıdır. Ayrıca, katı ve sıvı kimyasalların ayrı olarak sınıflandırılması, fiziksel temas sonucu oluşabilecek riskleri azaltmak için önemlidir. Bu şekilde, kimyasalların birbirleriyle uyumlu bir şekilde depolanması ve grupların bariyerlerle ayrılması sağlanarak, olası tehlikelerin önüne geçilebilir [14].

- **Kimyasal maddelerin reaktivitesine göre sınıflandırma**

Akademik dergisinde belirtilen bulgulara göre, kimyasal atıklar reaktivite derecelerine göre sınıflandırıldığında, yanıcı ve patlayıcı özellikleri analiz edilerek yangın riskine karşı önlemler alınmaktadır. Örneğin, kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve basınç yangın riskini artırır, bu nedenle reaktif kimyasallar izole alanlarda depolanmalıdır.

- **Çevresel yayılma potansiyeline göre sınıflandırma**

Yapılan çalışmalara göre, yangının çevreye yayılma riski, yangın tehlikesinin büyüklüğünü ve çevresel etkilerini belirler. Çevresel yayılma potansiyeline göre sınıflandırma, yangının diğer bölgelere sıçrama olasılığına göre yapılır ve bu, acil durum müdahale planlarının oluşturulmasında rehberlik eder.

2.4.2. Petrokimya endüstrisindeki yanıcı ve patlayıcı kimyasallar

Petrokimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan kimyasallar arasında yanıcı gazlar (örneğin, propan ve etilen) ve çeşitli solventler bulunmaktadır. Özellikle solventler, hidrokarbonlar ve diğer organik bileşikler yüksek yanıcılık potansiyeline sahip olup, uygun olmayan depolama ve işlem koşullarında yangın riskini artırmaktadır. Bu risklerin minimize edilmesi için, kimyasal maddelerin yanıcılık özelliklerine göre sınıflandırılması ve depolama alanlarının bu sınıflandırmaya uygun olarak düzenlenmesi büyük önem taşır. Ayrıca, yangın güvenliği risk sıralama sistemleri kullanılarak, tesislerdeki yangın güvenlik önlemlerinin etkinliği değerlendirilmeli ve gerekli iyileştirmeler yapılmalıdır [15]. Bu kimyasalların yangın riski, özellikleri ve kullanım alanlarına göre değişiklik gösterir:

- **Propan**

Propanın petrokimya endüstrisinde en yaygın kullanılan yanıcı gazlardan biri olduğu bilinmektedir. Propan, düşük ateşleme sıcaklığı ve geniş patlayıcı limitleri nedeniyle yangın riski yüksek bir gazdır. Küçük bir kıvılcım veya sıcak yüzey teması, propanın aniden alev almasına yol açabilir. Ayrıca, propanın sıvı halde depolanması sırasında sızıntılar meydana geldiğinde havayla birleşerek patlayıcı bir ortam oluşturabilir.

- **Etilen**

Bilimsel dergide yayımlanan bir çalışmadaki bulgular, etilenin yüksek yanıcılık potansiyeline sahip bir gaz olduğunu ve özellikle polimer üretiminde yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir. Etilenin kendiliğinden tutuşma sıcaklığı düşük olup oksijenle kolayca reaksiyona girebilir. Etilen gazı sızdığında ortamda yüksek bir patlayıcı atmosfer oluşturabilir ve küçük bir tetikleyiciyle büyük yangınlara neden olabilir.

- **Benzen ve toluen gibi solventler**

Solventler, petrokimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan organik kimyasallardır. Benzen ve toluen gibi solventler yüksek buhar basınçlarına ve düşük yanma sıcaklıklarına sahiptir. Bu solventler, özellikle depolama ve taşıma sırasında yangın riski oluşturur. Buharlaşma hızları yüksek olan solventler, kolayca gaz fazına geçerek geniş alanlara yayılabilir ve bu durum yangın riskini artırır [39].

2.4.2.1. Yanıcı gazlar ve solventlerin yangın riski oluşturma nedenleri

Yanıcı gazlar ve solventler, kimyasal özellikleri nedeniyle yangın riskine katkıda bulunur. Bu kimyasalların yangın tehlikesi oluşturmalarının temel nedenleri, ateşleme sıcaklıkları, patlama limitleri ve reaktivite düzeyleridir:

- **Düşük tutuşma sıcaklıkları**

Yanıcı gazlar ve solventlerin çoğunun tutuşma sıcaklığı düşüktür. Literatürdeki bulgulara göre, özellikle propan ve etilen gibi gazlar, ortamdaki herhangi bir kıvılcım, sıcak yüzey veya elektriksel bir ark ile kolayca alev alabilir. Bu düşük tutuşma sıcaklıkları, bu gazların yangın riskini artıran faktörlerden biridir.

- **Geniş patlayıcı limitler**

Propan, etilen ve solventlerin geniş patlayıcı limitlere sahip olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur. Bu kimyasalların geniş patlayıcı limitleri, havada belirli bir

konsantrasyona ulaştıklarında kolayca patlayabilecekleri anlamına gelir. Örneğin, propan ve etilen gibi gazlar, %2 ila %10 arasında bir konsantrasyonda patlayıcı bir ortam yaratabilir [16].

- **Yüksek buhar basınçları ve buharlaşma hızı**

Benzen ve toluen gibi solventler, yüksek buhar basınçları nedeniyle hızla buharlaşarak yangın tehlikesini artırır. Bu konuda yapılan çalışmalara göre, yüksek buhar basıncı olan solventler depolandıkları alanda hızla gaz fazına geçer ve bu durumda yanıcı bir atmosfer oluşur. Buharlaşan bu solventler, kapalı alanlarda biriktiğinde tehlikeli konsantrasyonlara ulaşabilir ve yangın riskini artırır.

- **Kimyasalların reaktivitesi**

Kimyasalların reaktivitesi, bir maddenin diğer maddelerle kimyasal reaksiyona girme eğilimini ve hızını ifade eder. Bu özellik, kimyasal süreçlerin verimliliği ve güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Reaktivite bilgileri, kimyasal reaksiyonların mekanizmalarının anlaşılması ve yeni sentez yöntemlerinin geliştirilmesi için temel teşkil eder. Etilen gibi reaktif gazlar, oksijen ve diğer oksitleyici kimyasallarla kolayca reaksiyona girebilir. Referanstaki araştırmaya göre, reaktif gazlar oksitleyici ortamlarda çok hızlı bir şekilde reaksiyona girer ve yangın riskini artırır. Etilen gibi yüksek reaktiviteye sahip kimyasalların açık alanda muhafaza edilmesi gereklidir; aksi takdirde reaktif kimyasallarla temas ettiğinde yangın veya patlama riski oluşabilir [40].

2.4.2.2. Yanıcı kimyasalların depolanma şekilleri

Yanıcı kimyasalların güvenli bir şekilde depolanabilmesi için sıcaklık kontrolü önemli bir faktördür. Depolama sıcaklıkları, kimyasalların yanıcı gaz salınımını etkileyerek yangın riskini doğrudan etkiler.

- **Sıcaklık kontrollü depolama alanları**

ScienceDirect ve Safety Science dergilerindeki araştırmalara göre, yanıcı kimyasalların depolandığı alanlarda sıcaklık kontrolü yapmak yangın riskini azaltmak için önemlidir. Sıcaklığın belirli seviyenin üzerine çıkması, kimyasal buharlaşmayı artırarak yangın riskini yükseltir. Örneğin, benzen ve toluen gibi solventler, yüksek buharlaşma eğiliminde olup sıcaklık kontrolünün olmadığı ortamlarda yangına yol açabilir.

- **Soğutma sistemlerinin kullanımı**

Fire Safety Journal’da yayımlanan çalışmalara göre, soğutma sistemlerinin kullanılması, yanıcı kimyasalların güvenli bir şekilde depolanmasını sağlar. Depolama sırasında soğutma sistemleri, kimyasalların buhar basıncını düşürerek yanıcı gazların ortamda birikmesini önler. Bu uygulama, özellikle sıcaklık değişikliklerinin fazla olduğu bölgelerde, yangın riskinin minimize edilmesine katkıda bulunur.

- **Yangın yalıtımlı depolama alanları**

Yanıcı kimyasalların depolandığı alanların yangına dayanıklı malzemelerle yalıtılması, yangının yayılmasını önler. Yalıtımlı depolama alanları, yangın çıkması durumunda yangının diğer bölmelere sıçramasını engelleyerek büyük çaplı yangınların önüne geçer. Özellikle çelik kaplı duvarlar ve yangın geçirmez kapılar, kimyasal depolama alanlarının güvenliğini artırır. Yangın yalıtımlı depolama alanları, yangına dayanıklı malzemeler kullanılarak inşa edilen ve yangın sırasında içeriğin korunmasını sağlayan özel tasarımlardır. Bu alanlarda, yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve düşük ısı iletkenliğe sahip malzemeler tercih edilir [41]. Özellikle, kapalı hücreli nano-gözenekli malzemeler, yalıtım ve depolama uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemeler, içerdikleri hava veya gaz fazı sayesinde ısı transferini minimize ederek, yangın anında depolanan maddelerin zarar görmesini engeller. Ayrıca, bu tür malzemeler hafif olmaları ve yüksek mekanik dayanımları nedeniyle depolama alanlarının yapısal bütünlüğünü de destekler [42].

2.4.2.3. Yanıcı kimyasalların yangına neden olma olasılıkları

Yanıcı kimyasalların yangın çıkarma olasılığı, bu maddelerin doğası gereği yüksektir ve endüstriyel ortamlarda ciddi tehlikeler oluşturur. Bu riskleri azaltmak için, kimyasalların özelliklerine uygun depolama ve işleme yöntemleri uygulanmalıdır. Özellikle, yanıcı ve parlayıcı sıvıların depolandığı binalarda yangın güvenliği ve söndürme sistemleri büyük önem taşır. Bu tür binalarda, yangın güvenliği açısından mimari tasarım özellikleri ve depolama şekilleri dikkatlice planlanmalıdır. Ayrıca, yangın söndürme sistemlerinin yaşam döngüsü maliyeti göz önünde bulundurularak uygun sistemlerin seçilmesi tavsiye edilir [17]. Petrokimya endüstrisinde kullanılan yanıcı gazlar ve solventlerin yangına neden olma olasılıkları, çeşitli önleyici tedbirlerle azaltılabilir.

2.4.3. Yangın güvenliği ile ilgili yaklaşımlar

2.4.3.1. Yangın öncesi alınması gereken önleyici tedbirler

Petrokimya endüstrisinde yangın riskini azaltmak için yangın öncesinde alınması gereken önleyici tedbirler büyük önem taşır. Yangın risklerinin sınıflandırılmasının ardından, risk düzeyine uygun koruma stratejileri belirlenmelidir. Bu stratejiler, yangını önlemeye yönelik proaktif önlemlerden, yangın durumunda hızlı müdahaleye kadar geniş bir yelpazeyi kapsar ve yangın risklerini minimize etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler, yangın çıkma olasılığını azaltmak ve yangın durumunda hasarı minimuma indirmek için kullanılır:

- **Patlama güvenlik duvarları ve izolasyon panelleri**

Patlayıcı gazların depolandığı alanlarda yangın yayılımını önlemek amacıyla patlama güvenlik duvarları ve izolasyon panelleri kullanılır. Yangın riskini minimize etmek için tehlikeli kimyasalların depolandığı alanlar güvenli bölgelere ayrılmalıdır. Bu bölgelendirme ve güvenlik önlemleri patlamaların etkisini sınırlayarak yangının tesisin diğer bölümlerine yayılmasını önler ve diğer çalışanların tahliyesini kolaylaştırır. Özellikle yüksek yanıcılık riskine sahip maddeler için ayrı bölme ve yalıtım önlemleri önerilmektedir.

- **Periyodik denetim ve bakım**

Yangın güvenliği açısından periyodik denetim ve bakım çalışmaları önemlidir. Yanıcı kimyasalların depolandığı alanların düzenli olarak denetlenmesi, olası tehlikelerin önceden tespit edilmesini sağlar. Yangın söndürme ekipmanları, dedektörler ve havalandırma sistemleri gibi güvenlik önlemlerinin düzenli bakımları yapılmalıdır.

Petrokimya sektöründe, periyodik bakım ve denetim uygulamaları, operasyonel güvenliği artırmak ve riskleri en aza indirmek için kritik öneme sahiptir. Bu uygulamalar, ekipmanların düzenli kontrolü ve bakımı sayesinde arızaların önlenmesini, üretim süreçlerinin kesintisiz devam etmesini ve iş güvenliğinin sağlanmasını hedefler. Ayrıca, risk odaklı denetim yaklaşımlarıyla, yüksek risk taşıyan alanlara yoğunlaşarak denetim kaynaklarının etkin kullanımı sağlanır. Bu sayede, potansiyel tehlikeler önceden tespit edilerek gerekli önlemler alınabilir. İç kontrol sistemlerinin etkinliği ve risk yönetimi süreçlerinin düzenli olarak değerlendirilmesi, işletmelerin sürdürülebilirliği açısından da büyük önem taşır. Bu bağlamda, stratejik denetim ve risk odaklı denetim uygulamaları, işletmelerin risk profillerinin

belirlenmesi ve denetim süreçlerinin bu profillere göre şekillendirilmesi açısından önemlidir. Kimyasal depolama alanları, dedektörler ve yangın söndürme ekipmanlarının düzenli olarak kontrol edilmesi, olası arızaların önceden tespit edilmesini sağlar ve yangın riskini azaltır [18].

- **Çevresel izleme ve risk analizi**

Çevresel izleme sistemleri yangın riskinin minimize edilmesine katkıda bulunur. Bu sistemler, yangının çevresel etkilerini takip ederek, kimyasal sızıntı ve yangının yayılmasını önlemek amacıyla önceden müdahale edilmesini sağlar. Risk analizi ise, yangın güvenliği önlemlerinin etkinliğini değerlendirmek ve gerektiğinde güncellemeler yapmak için önemlidir.

Petrokimya endüstrisinde yangın güvenliği, standart güvenlik önlemleri, önleyici tedbirler ve yangınla mücadele ekipmanlarının etkin bir şekilde kullanılmasını gerektirir. Literatürde belirtilen güvenlik önlemleri, yanıcı maddelerin güvenli depolanmasını, yangın algılama ve söndürme sistemlerinin kullanılmasını ve çalışanların güvenlik bilincinin artırılmasını içermektedir. Yangına karşı kullanılan önleyici tedbirler arasında duman ve gaz algılama sistemleri, ısı algılama ve otomatik kapatma sistemleri ile izolasyon panelleri yer alır. Ayrıca, yangınla mücadele ekipmanları arasında köpük ve gaz bazlı yangın söndürme sistemleri, taşınabilir yangın söndürücüler ve yangın algılama sistemleri öne çıkmaktadır. Bu güvenlik önlemleri ve stratejiler, yangın riskini en aza indirmeyi ve petrokimya endüstrisinde güvenli bir çalışma ortamı sağlamayı amaçlar.

Risk Analysis dergisindeki bulgulara göre, petrokimya tesislerinde kullanılan risk değerlendirme teknikleri, yangın risklerinin sınıflandırılmasını ve önceliklendirilmesini sağlar. L Matris Yöntemi ve HAZOP (Hazard and Operability Study) gibi yöntemler, potansiyel yangın tehlikelerini belirleyerek önleyici tedbirlerin doğru alanlara yönlendirilmesine olanak tanır.

- **Personel eğitimi ve yangın tatbikatları**

Yangına karşı alınacak koruma stratejilerinden biri de personelin eğitilmesi ve düzenli yangın tatbikatlarının yapılmasıdır. Literatür taramalarında, çalışanların yangın güvenliği konusunda bilinçlendirilmesinin yangın anında hızlı ve doğru müdahale yapılmasını sağladığı belirtilmektedir. Çalışanların yangın güvenliği konusunda eğitilmesi ve bu eğitimlerin düzenli olarak tekrarlanması yangın anında doğru

adımların atılmasını sağlar. Özellikle tehlikeli kimyasallarla çalışan personelin yangına nasıl müdahale edeceğini öğrenmesi önem taşır.

Yanıcı gazlar ve solventlerle çalışacak personelin yangın riskleri konusunda eğitilmesi gereklidir. Araştırmalar, çalışanların yangın güvenliği konusunda eğitilmesinin yangın anında doğru müdahale yapılmasını sağladığını belirtmektedir. Özellikle yüksek risk taşıyan kimyasallarla çalışanların güvenlik protokollerini bilmeleri ve kişisel koruyucu ekipmanları kullanmaları zorunludur.

Literatürde, çalışanların yangın güvenliği konusunda eğitilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Özellikle kimyasal yangınların yoğun olduğu tesislerde personelin acil durumlara hazır olması ve yangın anında uygulanacak prosedürleri bilmesi gereklidir. Ayrıca, yangın tatbikatları ve güvenlik eğitimleri, çalışanların olası bir yangın durumunda hızlı ve doğru tepki vermelerini sağlar.

Petrokimya endüstrisinde yangın güvenliğinin sağlanması için çalışanların eğitimi zorunludur. Eğitimler, çalışanların yangın güvenliği önlemlerini anlamalarına ve acil bir durumda ne yapacaklarını bilmelerine yardımcı olur [43].

- **İzolasyon ve havalandırma sistemleri**

Kimyasal yangın riskini azaltmak için kullanılan izolasyon ve havalandırma sistemleri, yangın anında patlama ve zehirli gazların yayılmasını önler. Özellikle patlayıcı gazların bulunduğu alanlarda negatif basınçlı havalandırma sistemlerinin kullanılması önerilir. Yapılan araştırmalar, bu sistemlerin kimyasal yangın riskini azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Yanıcı gazlar ve solventlerin birikmesini önlemek için petrokimya tesislerinde güçlü havalandırma sistemleri kullanılır. Safety Science dergisindeki bulgulara göre, etkin havalandırma, bu kimyasalların havada birikmesini önleyerek yangın riskini azaltır. Ayrıca, duman ve gaz dedektörleri yangının erken aşamada tespit edilmesini sağlar. Bu dedektörler, kimyasal sızıntı durumunda otomatik alarm vererek acil müdahaleyi mümkün kılar.

Yanıcı kimyasalların bulunduğu depolama alanlarında uygun havalandırma sistemlerinin kullanılması önerilir. Etkin bir havalandırma, yanıcı gazların birikmesini önleyerek yangın riskini azaltır. Ayrıca, duman tahliye sistemleri yangın durumunda dumanın hızla tahliye edilmesini sağlayarak, yangının kontrol altına alınmasına yardımcı olur. Bu sistemler, çalışanların güvenli tahliyesini de kolaylaştırır.

- **Yangın algılama, ihbar ve söndürme sistemleri**

Akademik dergilerde yer alan araştırmalara göre, petrokimya tesislerinde gaz, köpük ve su bazlı yangın söndürme sistemlerinin kullanımı yaygındır. Gaz bazlı sistemler, kimyasal yangınlarda etkin bir söndürme sağlayarak çevreye daha az zarar verir. Özellikle köpük bazlı yangın söndürme sistemleri, yüksek yanıcılık riskine sahip hidrokarbonların depolandığı alanlarda etkilidir. Bu sistemlerin yangın söndürme etkisi, kimyasal yangınların büyümesini önlemekte ve çevreyi korumaktadır. Şekil 3.1’ de köpüklü yangın sistemi örneği gösterilmiştir. Petrokimya tesislerinde yangın söndürme sistemleri, yanıcı ve parlayıcı sıvıların depolanması ve kullanımı nedeniyle kritik bir öneme sahiptir. Bu tesislerde, yangın güvenliği önlemleri kapsamında bina dışı hortum sistemleri, sprinkler ve köpüklü yangın söndürme sistemleri gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Özellikle açık hava tank sahalarında, olası yangın durumları için yangın söndürme sistemlerinin tasarımı ve boyutlandırılması, ilgili hidrolik hesap yöntemleri kullanılarak yapılmaktadır. Ayrıca, yangın suyu basınçlandırma sistemleri ve yangın suyu depolama konuları da yangın güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, sanayi tesislerinde yangın söndürme sistemlerinin bakımı ve ulusal mevzuata uygun şekilde sistematik bir yaklaşım geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, Sakarya Üniversitesi’nde yapılan bir tez çalışmasında, sanayi tesisleri için yangın sistemleri bakımlarına dair özgün bir model geliştirilmiştir. Bu model, yangın söndürme sistemlerinin bakımlarının nasıl yapılacağına dair sistematik bir yaklaşım önermektedir. Ayrıca, Yıldız Teknik Üniversitesi’nde yapılan bir diğer tez çalışmasında, yanıcı malzemelerin depolandığı açık hava tank sahasında yangın söndürme sistemlerinin tasarımı üzerine detaylı bilgiler sunulmuştur. Bu çalışmalar, petrokimya tesislerinde yangın söndürme sistemlerinin tasarımı, bakımı ve uygulanması konularında önemli bilgiler sağlamaktadır [8].

Literatürde yangın riskini azaltmak için yangın söndürme teknolojilerinin kullanımının önemi vurgulanmıştır. Örneğin, köpük bazlı yangın söndürme sistemleri, hidrokarbon yangınlarında etkili olup kimyasalları yalıtarak yangının oksijenle temasını keser. Gaz bazlı yangın söndürme sistemleri ise kapalı alanlarda oluşabilecek yangınlarda hızlı söndürme sağlar ve çevresel etkileri azaltır.

Yapılan literatür taramasına göre, yangın risklerinin sınıflandırılması, yangın güvenliği yönetiminin temel adımlarındandır. Kimyasal maddelerin yanıcılık,

reaktivite ve çevresel yayılma potansiyeline göre sınıflandırılması, yangın risklerinin önceliklendirilmesine ve alınacak önlemlerin belirlenmesine rehberlik eder. Yangına karşı koruma stratejileri, yangın önleyici ekipmanların kurulumu, yangın bölgelendirme, personel eğitimi ve yangın tatbikatları gibi proaktif önlemleri içerir. Literatürde, yanıcı gazlar ve solventler için uygun yangın söndürme sistemlerinin kurulmasının, yangın riskini azaltmada etkili olduğu belirtilmektedir. Özellikle köpük bazlı yangın söndürme sistemleri, hidrokarbon bazlı solventler için etkin bir müdahale sağlar. Ayrıca, gaz bazlı yangın söndürme sistemleri, kimyasal yangınlarda çevreye zarar vermeden yangını kontrol altına almak için tercih edilir.

Ayrıca, yangın risklerini minimize etmek için izolasyon ve havalandırma sistemleri gibi yöntemler etkili çözümler sunar. Literatürde, bu önlemlerle yangın risklerinin azaltılabileceği ve yangın sırasında hızlı müdahale imkânı sağlanarak hasarın en aza indirilebileceği belirtilmektedir.

Duman ve gaz dedektörleri, yangın söndürme sistemleri ve otomatik kapatma valfleri gibi yangın önleyici ekipmanların kurulumu yangın riskini azaltır. Bu sistemler yangının erken tespit edilmesini sağlar ve anında müdahale imkânı sunar.



Şekil 2.3. Köpüklü yangın söndürme sistemleri [3].

- **Erken uyarı sistemleri**

Yapılan araştırmalar, duman ve gaz dedektörleri gibi erken uyarı sistemlerinin yangın riskini minimize etmede etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Duman ve sıcaklık algılama sensörleri, yangının erken aşamada tespit edilmesini sağlar. Bu sistemler,

yangının başlamadan kontrol altına alınması için acil müdahale ekiplerini uyararak hızlı reaksiyon imkânı sunar. Petrokimya tesislerinde genellikle merkezi bir alarm sistemine entegre edilmiş bu dedektörlerin kullanımı zorunlu kılınmaktadır. Petrokimya tesislerinde erken uyarı sistemleri, olası tehlikeleri önceden tespit ederek can ve mal kayıplarını önlemek için kritik bir rol oynar. Bu sistemler, tesislerdeki yanıcı ve patlayıcı maddelerin varlığı nedeniyle oluşabilecek yangın, gaz sızıntısı veya patlama risklerini minimize etmek amacıyla tasarlanır. Özellikle, zehirli gazların anlık takibi ve erken uyarı mekanizmaları, çalışanların güvenliği açısından büyük önem taşır. Bu bağlamda, yeraltı maden ocaklarında zehirli gazların anlık takibi ve erken uyarı mekanizması için PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) tabanlı SCADA (Gözetleyici Kontrol ve Veri Toplama Sistemi) sistemi tasarımı üzerine yapılan bir çalışma, benzer sistemlerin petrokimya tesislerinde de uygulanabileceğini göstermektedir [10].

• Kimyasalların doğru depolanması

Yanıcı gazlar ve solventlerin yangın riskini minimize etmek için depolama koşulları büyük önem taşır. Bu kimyasalların izole ve güvenli alanlarda depolanması gerekmektedir. Depolama alanlarının sıcaklık ve nem kontrolünün yapılması ve yanıcı kimyasalların birbirinden ayrılarak depolanması yangın riskini azaltır. Yanlış depolama yöntemleri, uygun olmayan ambalajlama ve etiketleme eksiklikleri, bu riskleri daha da yükseltmektedir. Örneğin, farklı kimyasal grupların uyumsuz bir şekilde depolanması, istenmeyen reaksiyonlara ve yangınlara yol açabilir. Yanıcı kimyasalların doğru depolanması, yangın riskini azaltmak için kritik öneme sahiptir. Depolama sırasında kullanılan yöntemler, özellikle kimyasalların türüne ve tehlike seviyesine bağlı olarak değişiklik gösterir.

Yanıcı kimyasallar genellikle iki temel şekilde depolanır; kapalı kaplarda ve tanklarda. Kapalı kaplarda depolama, özellikle küçük hacimli kimyasallar için tercih edilirken, yüksek hacimli yanıcı kimyasallar tanklarda depolanır. Bu kapalı ortamlar, yanıcı kimyasalların dış ortamla temasını en aza indirerek yangın riskini azaltır.

Yanıcı kimyasalların uygun şekilde ayrılması yangın riskini azaltır. Özellikle reaktif kimyasalların aynı alanda depolanması, istenmeyen reaksiyonlar sonucunda yangın veya patlama riskini artırabilir. Bu nedenle, kimyasalların uyumluluğuna göre ayrı bölmelerde veya raflarda saklanması önerilir. Ayrıca, yüksek risk taşıyan

kimyasalların izole ve yangın geçirmez bölmelerde depolanması gerektiği belirtilmiştir [44].

												İşaret yok
	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+
	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+
	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
İşaret yok	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+

Alevlenir sıvılar ve aerosoller (Sınıf 3)
 Alevlenir katılar, kendiliğinden tepkimeye giren maddeler (Sınıf 4.1)
 Kendiliğinden yanmaya yatkın maddeler (Sınıf 4.2)
 Su ile temas ettiğinde alevlenir gazlar çıkaran maddeler (Sınıf 4.3)
 Yan yana **DEPOLANAMAZ**
 Yan yana depolanabilir

Şekil 2.4.Kimyasal depolama matrisi [4].

2.4.3.2. Yangın sırasında uygulanacak acil durum prosedürleri

Yangın sırasında uygulanacak acil durum prosedürleri, çalışanların güvenliğini sağlamak ve yangının yayılmasını önlemek için kritik öneme sahiptir. Literatür incelemesi, yangın anında uygulanacak prosedürlerin doğru planlanmasının ve düzenli olarak tatbikatlarla test edilmesinin hayati olduğunu vurgulamaktadır:

- **Tahliye ve güvenli alan yönetimi**

Yangın sırasında çalışanların güvenli bir şekilde tahliye edilmesi en temel önlemlerden biridir. Petrokimya tesislerinde, yangının yayılmasını önlemek amacıyla güvenli alanların oluşturulması ve tahliye yollarının belirlenmesi önemlidir. Güvenli tahliye yolları, kimyasal yangınlarda çalışanların hızla tahliye edilmesini sağlayarak yaralanmaları önler. Ayrıca, yangın ve tahliye eğitimlerinin içeriği, hedef kitlesi ve doğru davranış biçimlerinin öğretilmesi, afet anında etkin müdahale ve güvenli tahliye için kritik öneme sahiptir [11].

- **Yangın müdahale ekibi ve acil müdahale ekipmanları**

Yangın sırasında müdahale ekibinin profesyonel bir şekilde eğitilmiş olması gerekmektedir. Acil durum müdahale ekipleri, yangının boyutuna göre yangın söndürme ekipmanlarını kullanarak yangını kontrol altına almak için görevlendirilir.

Ekiplerin yangın söndürme tüpleri, solunum cihazları ve yangın elbiseleri gibi ekipmanlarla donatılması ve acil durum senaryolarına göre düzenli tatbikat yapmaları gerekmektedir.

- **Kimyasal sızıntı yönetimi**

Kimyasal yangın sırasında, yangınla birlikte kimyasal sızıntı riskine karşı müdahale önemlidir. Yangın sırasında kullanılan söndürme kimyasallarının çevreye zarar vermemesi için uygun kimyasal bariyerlerin kullanılması gerekmektedir. Bu bariyerler, kimyasal sızıntının yayılmasını engelleyerek çevresel kirliliği azaltır ve yangınla birlikte oluşabilecek ikincil tehlikeleri minimize eder [12].

Tesisin işleyiş şekline kimyasal sızıntı yönetiminin dahil edilmesi yangın riskini azaltır. Kimyasal sızıntılar, yangının hızla büyümesine neden olabileceği için, sızıntıların kontrol altına alınması önemlidir. Sızıntı önleyici kaplamalar, sızıntı tepsileri ve emici malzemeler, bu tür risklerin yönetilmesine yardımcı olur.

Yapılan literatür taraması sonucunda, yanıcı kimyasalların depolanma şekilleri, depolama sıcaklıkları, tesis tasarımı ve işleyiş şeklinin yangın riski üzerinde doğrudan etkili olduğu görülmektedir. Yanıcı kimyasalların güvenli bir şekilde depolanması için uygun depolama türleri, sıcaklık kontrolü ve tesis tasarımı gibi faktörler önem taşır. Tesislerin yangın güvenliğini sağlamak için, yalıtımlı depolama alanları, etkin havalandırma sistemleri ve yangın söndürme ekipmanlarının kurulumu gereklidir.

Ayrıca, tesisin işleyiş şekline bağlı olarak periyodik denetim, bakım, personel eğitimi ve sızıntı yönetimi gibi yöntemler, yangın riskinin azaltılmasında kritik rol oynamaktadır. Bu bulgular, petrokimya tesislerinde yangın güvenliğinin sağlanmasına yönelik kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır [45].

2.4.3.3. Yangın sonrası temizleme ve çevre koruma önlemleri

Yangın sonrasında yapılması gereken temizlik ve çevresel koruma önlemleri, yangının çevresel etkilerini azaltmak ve yangından kaynaklanan zararlı kimyasalları temizlemek için büyük önem taşır:

- **Kirlilik kontrolü ve temizlik çalışmaları**

Yangın sonrası ortamdaki zararlı kimyasalların temizlenmesi çevre koruma açısından kritik bir süreçtir. Kimyasal yangınların ardından, havada ve toprakta bulunan zararlı maddelerin temizlenmesi gerekir. Bu aşamada özel filtreleme cihazları ve kimyasal

temizleme ekipmanları kullanılarak ortamdaki kirleticilerin kontrol altına alınması sağlanır. Hava kirliliğini önlemek için yangın sonrası baca filtreleme sistemleri devreye alınarak atmosferdeki kirletici gazların azaltılması hedeflenir.

- **Su ve toprak kirliliği önlemleri**

Yangın sırasında kullanılan söndürme maddeleri, toprağa ve su kaynaklarına sızarak kirliliğe yol açabilir. Bu nedenle, yangın sonrası temizleme işlemlerinde su kirliliği önlemleri alınması gereklidir. Yapmış olduğum literatür taramasında yayımlanan araştırmalar, yangın sonrası toprak kirliliğinin önlenmesi için kirletici maddelerin kimyasal analizlerinin yapılması ve kontamine alanların temizlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Su kaynaklarının korunması için yangın söndürme suyu, atık su arıtma tesislerinde filtre edilerek çevreye zarar vermesi önlenir. Yangınlar sonrasında su ve toprak kirliliği, özellikle ağır metallerin birikimi nedeniyle çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturur. Toprak, doğal filtrasyon kapasitesi sayesinde kirleticileri bir süre tutabilse de bu kapasitenin aşılması durumunda kirleticiler bitkiler aracılığıyla besin zincirine girerek insan sağlığını olumsuz etkileyebilir. Ağır metallerin toprakta birikmesi, bitki fizyolojisini bozarak tarımsal verimliliği düşürür ve besin zinciri yoluyla canlı sağlığını tehdit eder [13].

- **Atık yönetimi ve geri dönüşüm**

Yangın sonrası temizleme çalışmalarında ortaya çıkan yanmış malzeme ve atıkların yönetimi, çevre koruma açısından önemlidir. Çalışmalar, kimyasal yangınlar sonrası atıkların güvenli bir şekilde toplanması ve geri dönüştürülebilir malzemelerin ayrılması gerektiğini belirtir. Yangın sonrası bertaraf edilecek atıkların doğru sınıflandırılması, çevresel zararların minimize edilmesine katkı sağlar.

- **Düzenli çevresel izleme ve raporlama**

Yangın sonrası çevresel etkiyi en aza indirmek için düzenli çevresel izleme yapılması önemlidir. Literatür taramasına göre, petrokimya tesisleri, yangın sonrası belirli periyotlarla çevresel analizler yapmalı ve bu analiz sonuçlarını ilgili kurumlara raporlamalıdır. Çevresel izleme çalışmaları, yangın kaynaklı kirleticilerin takip edilmesini sağlar ve bu sayede tesislerin çevreye olan etkisi kontrol altında tutulur.

Yapılan literatür taramasına göre, petrokimya endüstrisinde yangın öncesi, yangın sırasında ve yangın sonrası alınması gereken önlemler, çevresel koruma ve çalışan güvenliği açısından büyük önem taşır. Yangın söndürme sistemleri ve erken uyarı

sistemleri, yangın öncesi alınabilecek önleyici tedbirler arasında yer alırken; yangın sırasında uygulanacak acil durum prosedürleri, tahliye, kimyasal sızıntı kontrolü ve ekipman kullanımını içerir. Yangın sonrası ise, temizlik çalışmaları, su ve toprak kirliliği önlemleri, atık yönetimi ve düzenli çevresel izleme ile çevre koruma sağlanır. Literatürde, bu süreçlerin titizlikle planlanması ve uygulanması ile yangın risklerinin minimuma indirileceği ve çevresel etkilerin azaltılacağı vurgulanmaktadır.

2.5. Çevresel Etkiler

2.5.1. Petrokimya endüstrisinde yangınların çevreye etkisi

2.5.1.1. Petrokimya endüstrisi yangınlarının hava kalitesi üzerindeki etkileri

Petrokimya tesislerinde meydana gelen yangınlar, atmosfere büyük miktarlarda karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂) ve uçucu organik bileşikler (VOC'ler) gibi kirleticilerin salınmasına neden olur. Bu kirleticiler, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olup, solunum yolu hastalıkları ve kardiyovasküler sorunlara yol açabilir.

Fosil yakıtların kullanımı sonucu yüksek miktarda sera gazı emisyonu oluşur. 2020 yılında, kimya sektörü tüm endüstriyel sektör CO₂ emisyonlarının %18'ini oluşturmuştur.

Örneğin, yayımlanan bir çalışmada, büyük bir petrokimya yangını sonrasında bölgedeki hava kalitesinin önemli ölçüde bozulduğu ve partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2.5}) seviyelerinin Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği sınırların üzerine çıktığı belirtilmiştir. Bu durum, yangınların hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini açıkça göstermektedir [24].

2.5.1.2. Yangınların su kaynakları üzerindeki etkileri

Petrokimya tesislerindeki yangınlar sırasında kullanılan söndürme suları, kimyasal maddelerle kontamine olarak yüzey ve yeraltı su kaynaklarına karışabilir. Bu durum, su ekosistemlerinde toksik etkiler yaratabilir ve içme suyu kaynaklarını tehdit edebilir.

Plastik atıklar, özellikle okyanuslarda birikerek deniz ekosistemlerine zarar verir. Ayrıca, üretim süreçlerinde oluşan atıklar su ve toprak kirliliğine yol açabilir. Bir petrokimya yangını sonrasında bölgedeki yeraltı sularında benzen, toluen ve etilbenzen gibi aromatik hidrokarbonların konsantrasyonlarının arttığı tespit

edilmiştir. Bu kirleticiler, su ekosistemleri ve insan sağlığı için ciddi riskler oluşturur [46].

2.5.1.3. Toprak kirliliği ve ekosistem üzerindeki etkiler

Yangınlar sırasında yayılan kimyasal maddeler, atmosfere salındıktan sonra yağışlarla toprağa inerek toprak kirliliğine neden olabilir. Bu durum, bitki örtüsü ve toprak mikroorganizmaları üzerinde olumsuz etkilere yol açarak ekosistem dengesini bozabilir.

Industrial & Engineering Chemistry Research dergisinde yayımlanan bir çalışmada, petrokimya yangınları sonrasında toprak örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının arttığı ve bu metallerin bitki büyümesini olumsuz etkilediği rapor edilmiştir. Bu da tarımsal verimliliğin düşmesine ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olabilir.

2.5.1.4. Yangın sonrası atık yönetimi ve çevresel rehabilitasyon

Petrokimya yangınları sonrasında oluşan tehlikeli atıkların yönetimi, çevresel etkilerin azaltılması için kritik öneme sahiptir. Yanmış kimyasalların ve kontamine olmuş yapı malzemelerinin uygun şekilde bertaraf edilmemesi, uzun vadeli çevre sorunlarına yol açabilir.

Yangın sonrası atık yönetimi stratejilerinin etkin bir şekilde uygulanmasının, çevresel rehabilitasyon sürecini hızlandırdığı ve ekosistemlerin iyileşmesine katkı sağladığı yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, atıkların sınıflandırılması, taşınması ve bertarafı süreçlerinin titizlikle planlanması gerekmektedir.

Risk değerlendirme yöntemlerinin uygulanmasının, potansiyel tehlikelerin erken tespit edilmesine ve önleyici tedbirlerin alınmasına yardımcı olduğu bilinen bir gerçektir. Bu sayede, olası yangınların çevresel etkileri minimize edilebilir.

Petrokimya endüstrisindeki yangınlar, hava, su ve toprak üzerinde ciddi olumsuz etkilere yol açarak ekosistemleri ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle, yangın öncesi, sırası ve sonrasında alınacak önlemler büyük önem taşır. Özellikle, yangın sonrası çevresel izleme ve rehabilitasyon çalışmalarının titizlikle yürütülmesi gerekmektedir.

Ayrıca, çalışanların eğitimi ve farkındalığının artırılması, acil durum müdahale ekiplerinin hazır bulundurulması ve çevresel risk değerlendirmelerinin düzenli olarak yapılması, yangınların çevresel etkilerini azaltmada kritik rol oynar. Bu bağlamda,

literatürdeki çalışmaların ışığında, petrokimya tesislerinde çevre dostu uygulamaların benimsenmesi ve sürdürülebilirlik ilkelerinin entegrasyonu önerilmektedir.

2.5.1.5. Yanıcı kimyasalların yanması sonucu oluşan toksik gazların çevresel etkileri

Yanıcı kimyasalların yanması sırasında açığa çıkan karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂) ve uçucu organik bileşikler (VOC'ler) gibi toksik gazlar, hava kalitesini olumsuz etkiler. Bu kirleticiler, atmosferde asılı kalan partikül maddelerle birleşerek insan sağlığı üzerinde ciddi tehditler oluşturur. Özellikle solunum yolu hastalıkları ve kardiyovasküler rahatsızlıkların artmasına neden olabilirler.

Örneğin, büyük ölçekli endüstriyel yangınlar sonrasında atmosfere salınan toksik gazların konsantrasyonlarının, Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınır değerlerin üzerine çıktığı ve bu durumun halk sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı belirtilmiştir [25].

2.5.1.6. Yanma sonucu oluşan kimyasalların su kirliliğine etkisi

Yanıcı kimyasalların yanması sırasında oluşan toksik bileşikler, atmosfere yayıldıktan sonra yağışlarla birlikte su kaynaklarına karışabilir. Bu durum, yüzey ve yeraltı sularında kirliliğe yol açarak ekosistemleri tehdit eder. Özellikle, sucul yaşam üzerinde toksik etkiler gösteren bu kirleticiler, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve su kalitesinin düşmesine neden olabilir.

Endüstriyel yangınlar sonrasında su örneklerinde ağır metaller ve organik kirleticilerin konsantrasyonlarının arttığı tespit edilmiştir. Bu kirleticilerin, su ekosistemleri üzerinde toksik etkiler yarattığı ve içme suyu kaynaklarını tehdit ettiği vurgulanmıştır.

• Yanma sonucu oluşan kimyasalların toprak kirliliğine etkisi

Yanma sırasında oluşan toksik maddeler, atmosfere yayıldıktan sonra toprağa çökerek toprak kirliliğine neden olabilir. Bu durum, bitki örtüsü ve toprak mikroorganizmaları üzerinde olumsuz etkilere yol açarak ekosistem dengesini bozabilir. Ayrıca, tarımsal verimliliğin düşmesine ve gıda güvenliğinin tehlikeye girmesine neden olabilir.

Endüstriyel yangınlar sonrasında toprak örnekleri üzerinde yapılan çalışmalarda toksik kimyasalların biriktiği ve bu birikimin bitki büyümesini olumsuz etkilediği rapor

edilmiştir. Bu da tarımsal alanlarda verimliliğin azalmasına ve biyolojik çeşitliliğin tehdit altına girmesine yol açmaktadır.

Yanıcı kimyasalların yanması sonucu oluşan çevresel kirliliği önlemek için, endüstriyel tesislerde etkin risk yönetimi stratejilerinin uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda, düzenli bakım ve denetimlerin yapılması, yangın güvenlik sistemlerinin etkinliğinin sağlanması ve acil durum planlarının oluşturulması önem taşır.

Risk değerlendirme yöntemlerinin uygulanmasının, potansiyel tehlikelerin erken tespit edilmesine ve önleyici tedbirlerin alınmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede, olası yangınların çevresel etkileri minimize edilebilir.

Yanıcı kimyasalların yanması sonucu oluşan toksik gazlar, hava, su ve toprak üzerinde ciddi kirliliğe yol açarak ekosistemleri ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle, endüstriyel tesislerde yangın riskini azaltmak ve çevresel etkileri en aza indirmek için önleyici tedbirlerin alınması şarttır. Ayrıca, yangın sonrası çevresel izleme ve rehabilitasyon çalışmalarının titizlikle yürütülmesi gerekmektedir.

Bu bağlamda, çalışanların eğitimi ve farkındalığının artırılması, acil durum müdahale ekiplerinin hazır bulundurulması ve çevresel risk değerlendirmelerinin düzenli olarak yapılması, yangınların çevresel etkilerini azaltmada kritik rol oynar. Literatürdeki çalışmaların ışığında, endüstriyel tesislerde çevre dostu uygulamaların benimsenmesi ve sürdürülebilirlik ilkelerinin entegrasyonu önerilmektedir.

2.5.2. Çevre koruma ve güvenlik önlemleri

2.5.2.1. Yangın söndürme suyu toplama sistemleri

Endüstriyel tesislerde meydana gelen yangınlar sırasında kullanılan söndürme sularının kontrolsüz bir şekilde çevreye yayılması, su kaynaklarının kirlenmesine ve ekosistemlerin zarar görmesine neden olabilir. Bu nedenle, yangın söndürme sularının etkin bir şekilde toplanması ve arıtılması için özel sistemlerin kurulması hayati önem taşır. Bu sistemler, yangın anında kullanılan suyun drenajını sağlayarak, kirleticilerin çevreye yayılmasını engeller ve atık suyun uygun şekilde bertaraf edilmesine olanak tanır. Ayrıca, bu tür sistemlerin tasarımında, tesisin faaliyet alanı, kullanılan kimyasallar ve yerel çevresel düzenlemeler gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Yangın söndürme sırasında kullanılan su, yanıcı maddelerle temas ederek kirlenebilir ve çevreye zarar verebilir. Bu nedenle, yangın söndürme sularının toplanması ve

arıtılması büyük önem taşır. Endüstriyel tesislerde yangın söndürme sularının toplanması için tasarlanan sistemlerin etkinliği incelenmiştir. Çalışmada, bu sistemlerin çevresel kirliliği önlemede kritik bir rol oynadığı vurgulanmıştır [47].

2.5.2.2. Filtreleme sistemleri

Yangın sırasında oluşan duman ve gazlar, hava kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, filtreleme sistemleri kullanılarak zararlı partiküllerin ve gazların atmosfere salınımı engellenebilir. Yangın sırasında kullanılan filtreleme sistemlerinin etkinliği değerlendirilmiştir ve bu sistemlerin hava kirliliğini azaltmada önemli bir katkı sağladığını göstermektedir.

2.5.2.3. Havalandırma sistemleri

Yangın sırasında oluşan toksik gazların iç mekanlarda birikmesini önlemek için havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Yangın güvenliği kapsamında havalandırma sistemlerinin tasarımı ve uygulaması incelenmiştir ve yangın sırasında oluşabilecek sağlık risklerini azaltmada etkili olduğu belirtilmiştir.

2.5.2.4. Çevresel koruma önlemleri üzerine yapılan çalışmalar

Petrokimya tesislerinde yangınlara karşı çevresel koruma, olay öncesi alınan tedbirlerle başlar ve yangın sonrasında da etkin müdahalelerle sürdürülür. Yangın öncesinde, büyük endüstriyel kazaları önlemek ve olası etkilerini azaltmak amacıyla risk değerlendirmeleri yapılmakta, teknik ve idari önlemler uygulanmaktadır. Örneğin, depolama tankları etrafına sızıntı ve taşmalarda kirleticilerin yayılmasını önleyecek sedde setleri (bund duvarları) inşa edilmekte ve bu setlere bağlı drenaj sistemleri, acil durumda dışarıdan kapatılarak kirli söndürme sularının çevreye kaçıışı engellenebilmektedir [48]. Ayrıca tesis içi otomatik sprinkler ve köpükleme gibi yangın bastırma sistemleri ile düzenli tatbikatlar, yangın riskini düşürerek çevresel zararı en aza indirmeyi hedefler. Yangın sonrasında ise çevresel etkilerin kontrol altına alınması kritik önem taşır. Literatürde, özellikle yangın söndürme suları ile ortama yayılabilecek petrol kökenli kirleticilerin tutulması ve arıtılması gereği vurgulanmıştır; bu tür atık suların kontrolsüz bırakılması, 1986 Basel (İsviçre) yangınında olduğu gibi, tonlarca kimyasalın Ren Nehri'ne karışarak yüz binlerce balığın ölümüne yol açtığı ciddi ekolojik felaketlere neden olabilmektedir. Bu nedenle, yangın sonrası acil çevre koruma tedbirleri kapsamında, “kanal ve drenajların kapatılması”, kontamine su ve

toprağın uygun yöntemlerle toplanıp arıtılması ve etkilenen alanların rehabilitasyonu gibi önlemler uygulanır. Araştırmalar, alınan bu tür önlemlerin çevresel tahribatı önemli ölçüde azalttığını göstermektedir; zira kontrolsüz yangınların temizlenmesi ve çevreye verdiği zararların tazmini son derece maliyetli olup önleyici ve sınırlandırıcı tedbirlerin ne denli gerekli olduğunu ortaya koymaktadır [49].

2.5.3. Çevresel güvenlik prosedürleri

2.5.3.1. Çevresel güvenliğin gelişimi ve yasal düzenlemeler

Çevresel güvenlik, çevresel bozulmaların yarattığı olumsuz etkilerin artması ve geleneksel güvenlik algılarının bu sorunlara yeterli çözümler sunamaması nedeniyle önem kazanmıştır. Bu bağlamda, çevresel güvenlik kavramının tanımı ve tarihsel gelişimi üzerine yapılan çalışmalar, çevre ve güvenlik arasındaki ilişkiyi derinlemesine incelemektedir. Örneğin, Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi'nde yayımlanan bir makalede, çevresel güvenliğin gelişimi ve bu kavramın güvenlik çalışmalarındaki yeri ele alınmıştır [26].

Türkiye'de çevre yönetimi ve korunan alanlara ilişkin mevzuat düzenlemeleri de çevresel güvenliğin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Son dönemde yapılan yasal düzenlemelerle, "milli parklar", "tabiat parkları", "tabiatı koruma alanları" ve "özel çevre koruma bölgeleri" gibi korunan alanların tespiti ve yönetimi konusunda yeni koruma statüleri oluşturulmuştur. Bu düzenlemeler, çevrenin korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından kritik öneme sahiptir.

Birçok ülkede, kimyasal atıkların depolanması ve bertarafı ile ilgili yasal düzenlemeler ve standartlar bulunmaktadır. Bu düzenlemeler, çevre ve insan sağlığını korumayı amaçlayarak, atık yönetimi süreçlerinde uyulması gereken kuralları belirler. Örneğin, Türkiye'de "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik" bu konuda rehberlik etmektedir.

Kimyasal atıkların depolanması ve bertaraf edilmesi sırasında ortaya çıkan yangın tehlikeleri, çevre ve güvenlik açısından önemli riskler taşımaktadır. Bu risklerin etkin bir şekilde yönetilmesi, uygun depolama yöntemlerinin uygulanması, düzenli denetimler ve çalışanların bilinçlendirilmesi ile mümkündür. Ayrıca, yasal düzenlemelere uyum ve uluslararası standartların takip edilmesi, bu süreçlerin güvenli ve çevre dostu bir şekilde yürütülmesini destekler.

2.5.3.2. Çevresel değerlendirme teknikleri ve uygulamaları

Çevresel değerlendirme teknikleri, çevresel güvenliğı artırmak için kullanılan önemli araçlardır. Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) gibi yöntemler, projelerin çevresel etkilerini önceden belirleyerek olumsuz etkilerin minimize edilmesini sağlar. Türkiye'de bu tekniklerin gelişimi ve uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar, çevresel değerlendirme süreçlerinin etkinliğini artırmak için öneriler sunmaktadır [27].

2.5.3.3. Çevre sağlığı ve güvenliğı yönetimi

Çevre sağlığı ve güvenliğı yönetimi, risk değerlendirmesi ve kontrol adımlarını içeren bir süreçtir. Bu süreçte, hava ve su kirliliğinin etkileri, çalışma ortamı risk etmenleri ve tehlikeli maddelerle ilgili önlemler gibi konular ele alınır. Anadolu Üniversitesi'nin ders içeriklerinde yer alan "Çevre Sağlığı ve Güvenliğı" dersi, bu konulara dair kapsamlı bilgiler sunarak, çevresel güvenliğı artırmak için alınabilecek önlemler konusunda farkındalık yaratmaktadır.

Çevre sağlığı ve güvenliğı yönetimi, çalışanların refahını korumanın yanı sıra, iş yerlerinin ve çevrenin bütünsel korunmasını da içerir. Bu kapsamda, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi (ÇYS) ve OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliğı Yönetim Sistemi (İSGYS) gibi standartların uygulanması, firmaların çevresel ve iş güvenliğı performanslarını artırmada kritik rol oynar. Türkiye'de yapılan bir araştırmada, bu sertifikalara sahip 148 firmanın kazaları en aza indirmek için yasal gereklilikleri karşılayacak düzeyde harcama yaptıkları ve bu yatırımların çalışan memnuniyeti üzerinde olumlu etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Özellikle, 250'den fazla çalışanı olan ve beş yıldan uzun süredir bu sistemleri uygulayan büyük ölçekli firmaların, çevre ve iş güvenliğı yatırımlarında daha istekli oldukları ve çalışan memnuniyetinde daha olumlu sonuçlar elde ettikleri görülmüştür [33].

Ayrıca, çevre sağlığı ve güvenliğı yönetimi, afet durumlarında da büyük önem taşır. İklim değışikliği ve artan nüfus gibi faktörler, afet sayılarında artışa ve çevre sağlığının bozulmasına yol açmaktadır. Afet yönetiminde etkili bir çevre sağlığı yaklaşımı için, afet öncesinde risklerin belirlenmesi ve hazırlıklı olunması, afet sırasında ve sonrasında ise çevre sağlığı hizmetlerinin eksiksiz ve koordineli bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Özellikle, afet sonrası temiz su ve gıda temini, hijyen koşullarının sağlanması, atıkların toplanması ve bulaşıcı hastalıkların kontrolü gibi

evre sağlığı sorunları, afetlerin etkilerini daha da artırabilmektedir. Bu nedenle, toplum katılımı ve yerel ile ulusal yönetimlerin koordineli çalışması, evre sağlığı profesyonellerinin rehberliğinde halk sağlığının korunması açısından kritik öneme sahiptir [34].

2.5.3.4. Çevresel güvenlik ve uluslararası düzenlemeler

Çevresel güvenlik, uluslararası düzeyde de önemli bir konu olarak ele alınmaktadır. Küresel ısınma ve çevresel tehditler gibi konular, uluslararası düzenlemeler ve iş birlikleri gerektirmektedir. Bu bağlamda, çevresel güvenlik sorunları ve uluslararası düzenlemeler üzerine yapılan çalışmalar, küresel evre politikalarının şekillendirilmesinde rehberlik etmektedir.

Çevresel güvenliği artırmak için alınabilecek önlemler ve yasal düzenlemeler üzerine yapılan çalışmalar, evre koruma politikalarının etkinliğini artırmak için önemli bilgiler sunmaktadır. Bu bağlamda, çevresel değerlendirme tekniklerinin etkin kullanımı, evre sağlığı ve güvenliği yönetimi süreçlerinin iyileştirilmesi ve uluslararası iş birliklerinin güçlendirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, evre bilincinin artırılması ve sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesi, çevresel güvenliğin sağlanması kritik rol oynamaktadır.

3. YÖNTEM

3.1. L Matris Yöntemi ile Risk Değerlendirme

İş yerlerinde üretimin devamlılığı ve iş güvenliğinin sağlanması, ancak güvenli bir çalışma ortamının oluşturulmasıyla mümkündür. Bu durum, iş güvenliği alanında yetkin ve uzman kişiler tarafından gerçekleştirilir. İş güvenliği uzmanları, çalışma ortamlarında kontrol listeleri ve risk analizleri oluşturarak, tehlikeli durumların risklere dönüşmesini önlemek için koruyucu ve önleyici tedbirler alır.

3.1.1. L Matris yöntemi nedir ve temel ilkeleri nelerdir?

3.1.1.1. L Matris yöntemi

L Matris Yöntemi, endüstriyel risk analizlerinde, risklerin olasılık ve şiddet bazında iki boyutlu bir matriste değerlendirilmesini sağlayan bir araçtır. Bu yöntem, özellikle karmaşık süreçlerin bulunduğu endüstrilerde riskleri sınıflandırmak, önceliklendirmek ve yönetmek için tercih edilir. L Matris Yöntemi, tehlikelerin olasılık ve şiddet boyutlarında değerlendirildiği sistematik bir yaklaşımdır. Bu yöntemde her risk, olasılık (L) ve şiddet (S) çarpımı ile hesaplanan bir risk puanına göre sınıflandırılır [19].

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

Şekil 3.1. L tipi (5x5) risk değerlendirme matrisi [5].

- **Olasılık (L)**

Bir tehlikenin meydana gelme ihtimali (örneğin, düşük, orta, yüksek) sayısal bir değerle ifade edilir. Bu değer genellikle geçmiş olayların istatistiklerine veya uzman değerlendirmelerine dayanır.

SONUÇ		OLASILIK
Çok Küçük	1	<i>Hemen hemen hiç</i>
Küçük	2	<i>Çok az (yılda bir kez), sadece anormal durumlarda</i>
Orta	3	<i>Az (yılda bir kez)</i>
Yüksek	4	<i>Sıklıkla (ayda bir)</i>
Çok Yüksek	5	<i>Çok sıklıkla (haftada bir, her gün), normal çalışma şartlarında</i>

Şekil 3.2. Olasılık değerleri [6].

- **Şiddet (S)**

Tehlikenin meydana gelmesi durumunda yaratacağı zararın büyüklüğü değerlendirilir. Bu zarar, insan sağlığı, çevresel etkiler ve finansal kayıpları içerebilir.

SONUÇ		ŞİDDET
Çok Hafif	1	<i>İş saati kaybı yok, ilkyardım gerektiren</i>
Hafif	2	<i>İşgünü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan ayakta tedavi, ilkyardım gerektiren</i>
Orta	3	<i>Hafif yaralanma, yatarak tedavi gerektiren</i>
Ciddi	4	<i>Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı</i>
Çok Ciddi	5	<i>Ölüm, sürekli iş görememezlik</i>

Şekil 3.3. Şiddet değerleri [7].

- **Risk puanı (R)**

$R=L \times SR = L \times S$ Risk puanı, olasılık ve şiddetin birleştirilmesiyle hesaplanır. Bu puan, riskin hangi öncelikte ele alınması gerektiğini belirler [20].

ETKİ	RİSK	ETKİ (ŞİDDET)				
	OLASILIK	1 Çok Hafif	2 Hafif	3 Orta	4 Ciddi	5 Çok Ciddi
1 Çok Düşük	1 Çok Düşük	2 Çok Düşük	3 Çok Düşük	4 Çok Düşük	5 Düşük	
2 Düşük	2 Çok Düşük	4 Çok Düşük	6 Düşük	8 Düşük	10 Orta	
3 Orta	3 Çok Düşük	6 Düşük	9 Orta	12 Orta	15 Yüksek	
4 Yüksek	4 Çok Düşük	8 Düşük	12 Orta	16 Yüksek	20 Çok Yüksek	
5 Çok Yüksek	5 Düşük	10 Orta	15 Yüksek	20 Çok Yüksek	25 Çok Yüksek	
		Olasılık				

Şekil 3.4.L tipi matris [8].

3.1.1.2. L Matris yöntemi' nin risk değerlendirme süreci

L Matris Yöntemi'nin uygulanması belirli bir sistematik çerçevede gerçekleştirilir:

- **Tehlike tanımlama**

İlk adım, süreçlerdeki potansiyel tehlikelerin belirlenmesidir. Örneğin, bir petrokimya tesisinde yanıcı gazların taşınması sırasında olası sızıntılar bir tehlike olarak tanımlanır.

- **Olasılık ve şiddet değerlerinin belirlenmesi**

Her tehlike için olasılık ve şiddet puanı atanır. Örneğin, bir yanıcı gaz sızıntısının meydana gelme olasılığı yüksek (L=4) ve şiddeti ciddi (S=5) olarak değerlendirilebilir [21].

- **Risklerin sınıflandırılması**

Risk puanları, renk kodlu bir matris üzerinde gösterilir:

- **Yeşil (Düşük Risk):** Kabul edilebilir düzeyde risk.
- **Sarı (Orta Risk):** Kontrol edilmesi gereken risk.
- **Kırmızı (Yüksek Risk):** Acil müdahale gerektiren risk.

- **Önceliklendirme ve müdahale planlaması**

Kırmızı alanlardaki riskler için derhal önlemler alınır. Örneğin, sızıntı riskini azaltmak için boru hatlarının düzenli kontrolü ve sızdırmazlık testleri yapılabilir.

- **Takip ve izleme**

Alınan önlemlerin etkinliği düzenli olarak izlenir ve risk değerlendirmesi periyodik olarak yenilenir.

3.1.1.3. Endüstriyel uygulamalar

L Matris Yöntemi, çeşitli endüstrilerde risk değerlendirme ve yönetiminde yaygın olarak kullanılır:

1) Petrokimya endüstrisi

a) Yangın ve patlama riskleri

Yanıcı gazların depolanması ve taşınmasında L Matris Yöntemi kullanılarak yüksek riskli alanlar belirlenmiştir. Örneğin, metan ve etilen gibi gazların depolandığı tanklar kırmızı alan olarak sınıflandırılmış ve bu bölgelere otomatik yangın söndürme sistemleri kurulmuştur.

b) Kimyasal sızıntılar

Literatürde, kimyasal sızıntıların çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde L Matris Yöntemi'nin kullanıldığı belirtilmiştir. Bu analizler, çevresel izleme sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamıştır.

2) İmalat ve üretim sektörleri

• Makine arızaları

ScienceDirect'te yayımlanan bir makalede, imalat süreçlerindeki makine arızalarının L Matris Yöntemi ile analiz edildiği belirtilmiştir. Yüksek risk taşıyan makineler için düzenli bakım programları oluşturulmuş ve bu şekilde arıza oranları azaltılmıştır.

3) Çevresel riskler

• Doğal gaz tesisleri

Doğal gaz tesislerinde L Matris Yöntemi ile risk analizi yapılarak sızıntı ve patlama risklerinin azaltılması için önlemler geliştirilmiştir. Örneğin, gaz kaçaklarının tespit edilmesi için akıllı sensörler yerleştirilmiştir.

3.1.1.4. Avantajlar ve sınırlamalar

▪ Avantajlar

- Basit ve anlaşılır; Görsel bir araç olduğu için ekipler tarafından kolayca anlaşılabilir.
- Kaynak yönetimi; Risklerin önceliklendirilmesi, kaynakların etkin kullanımını sağlar.
- Esnek ve uygulanabilir; Çeşitli endüstrilerde ve farklı risk türlerinde kullanılabilir.

▪ Sınırlamalar

- Subjektiflik; Risk puanlarının atanmasında öznel kararlar alınabilir.
- Dinamik süreçlerde kısıtlılık; Sürekli değişen koşullarda matrisin güncellenmesi gerekebilir.
- Karmaşıklık; Çok sayıda tehlikenin olduğu ortamlarda yöntem yetersiz kalabilir.

3.1.1.5. Literatürdeki yöntem karşılaştırmaları

L Matris Yöntemi, diğer risk analiz yöntemleri ile karşılaştırıldığında belirli avantajlar ve dezavantajlar sunar [22].

• Hazard and Operability Study (HAZOP)

Daha detaylı bir analiz sağlar, ancak daha karmaşık ve zaman alıcıdır.

• Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Hata türlerini ve etkilerini daha ayrıntılı olarak analiz eder, ancak görsel bir araç sunmaz.

• Fine-Kinney

Daha geniş bir değerlendirme ölçeği sunar, ancak anlaşılması daha zor olabilir.

L Matris Yöntemi, risklerin olasılık ve şiddet bazında iki boyutlu değerlendirilmesini sağlayan, özellikle endüstriyel risk analizlerinde etkili bir araçtır. Yangın, patlama, kimyasal sızıntı gibi yüksek risk taşıyan durumların analiz edilmesinde yaygın olarak kullanılan bu yöntem, risklerin önceliklendirilmesini ve etkili müdahale stratejilerinin geliştirilmesini sağlar. Ancak yöntemin subjektif karar alma süreçleri ve dinamik ortamlarda uygulanabilirlik sınırlamaları göz önünde bulundurulmalıdır. Literatürde, L Matris Yöntemi'nin güvenlik önlemlerinin planlanması ve risk yönetimi stratejilerinin oluşturulmasında kritik bir araç olduğu vurgulanmaktadır.

3.1.2. Neden L matris yöntemi tercih edilir?

L Tipi Matris Yöntemi, risk değerlendirme süreçlerinde basitliği ve uygulanabilirliği nedeniyle tercih edilmektedir. Bu yöntem, tehlikelerin olasılık ve şiddet derecelerini değerlendirerek risk seviyelerini belirlemeye yardımcı olur. Özellikle iş sağlığı ve güvenliği alanında, çalışanların korunması ve iş sürekliliğinin sağlanması için etkili bir araç olarak kabul edilir. Ayrıca, farklı sektörlerdeki uygulamalarıyla, tehlikelerin tanımlanması ve kontrol önlemlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu yöntemin avantajları arasında, uygulanmasının kolay olması ve sebep-sonuç ilişkilerinin değerlendirmeye dahil edilmesi yer alır. Özellikle madencilik gibi yüksek riskli sektörlerde, risklerin belirlenip skorlanmasında etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır.

Ayrıca, L Tipi Matris Yöntemi, iş kazaları ve meslek hastalıklarına yönelik risk değerlendirmelerinde de kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntemin işçi sağlığı alanında kullanılmasının bazı sakıncaları olabileceği de belirtilmektedir.

Sonuç olarak, L Tipi Matris Yöntemi, risk değerlendirme süreçlerinde basitliği, uygulanabilirliği ve farklı sektörlerdeki yaygın kullanımı nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak, her yöntemde olduğu gibi, kullanım alanına ve amacına göre avantajları ve sınırlılıkları dikkate alınmalıdır.

3.1.3. Matris türleri ve kullanım alanları

Risk değerlendirme süreçlerinde kullanılan matris türleri, tehlikelerin olasılık ve şiddet derecelerini analiz ederek risk seviyelerini belirlemeye yardımcı olur. Bu matrisler, genellikle olasılık ve şiddet eksenlerinde farklı boyutlarda yapılandırılır. En yaygın kullanılan matris türleri şunlardır:

3.1.3.1. 2x2 Matrisler

Bu basit matrisler, düşük ve yüksek olasılık ile düşük ve yüksek şiddet kombinasyonlarını değerlendirir. Küçük ölçekli işletmelerde veya daha az karmaşık süreçlerde tercih edilir.

3.1.3.2. 3x3 Matrisler

Olasılık ve şiddet için düşük, orta ve yüksek kategorilerini içerir. Orta düzeyde karmaşıklığa sahip işletmelerde kullanılır.

3.1.3.3. 5x5 Matrisler (L tipi matris)

Olasılık ve şiddeti çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak beş seviyede değerlendirir. Bu matrisler, detaylı risk analizleri için uygundur ve özellikle tehlikeli endüstrilerde yaygın olarak kullanılır.

3.1.3.4. 10x10 Matrisler

Daha karmaşık ve detaylı analizler için kullanılır; olasılık ve şiddeti on farklı seviyede değerlendirir. Büyük ölçekli ve yüksek riskli projelerde tercih edilir.

Matrislerin boyutu ve karmaşıklığı, işletmenin ihtiyaçlarına, sektörün özelliklerine ve analiz edilecek risklerin çeşitliliğine göre seçilir. Örneğin, 5x5 matrisler, iş sağlığı ve güvenliği alanında yaygın olarak kullanılırken, daha büyük matrisler, daha karmaşık ve yüksek riskli projelerde tercih edilebilir.

Ayrıca, matris tipi analiz yöntemleri, risklerin büyüklüğünü "gerçekleşme olasılığı" ve "şiddeti" ile ölçerken, risklerin verimlilik, itibar, mali zarar, çevre etkisi gibi sonuçları da dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak, risk değerlendirme matrisleri, işletmelerin tehlikeleri sistematik bir şekilde analiz etmelerine ve uygun önlemler almalarına yardımcı olan önemli araçlardır. Matris türünün seçimi, analiz edilecek risklerin karmaşıklığına ve işletmenin ihtiyaçlarına göre belirlenmelidir.

3.1.4. L matrisinin yangın risk analizinde kullanımı

L Matris Yöntemi, yangın risklerinin belirlenmesi, sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi için kullanılan etkili bir analiz aracıdır. Özellikle petrokimya endüstrisi gibi yüksek risk taşıyan sektörlerde, bu yöntem güvenlik önlemlerinin planlanmasında önemli bir rol oynamaktadır.

3.1.4.1. L matris yöntemi ve yangın risklerinin belirlenmesindeki etkinliği

L Matris Yöntemi, yangın risklerini belirlemek için olasılık (L) ve şiddet (S) unsurlarını birleştiren iki boyutlu bir değerlendirme sağlar. Risklerin sınıflandırılması ve önceliklendirilmesi, bu yöntemin temel özelliklerindendir [36]:

- **Olasılık ve şiddet kombinasyonu**

Yangın riskleri, olasılık ve şiddet çarpımıyla hesaplanan bir risk puanına göre sıralanır. Bu puan, riskin kabul edilebilir seviyede olup olmadığını veya öncelikli müdahale gerektirip gerektirmediğini belirler [37].

- **Örnek uygulamalar**

Referans gösterdiğim makalede, bir öğrenci yurdunda L Matris yöntemi ile risk değerlendirmesi yapılmıştır. Örnekte gördüğümüz üzere, sadece petrokimya tesislerinde değil, birçok alanda yöntemin ne kadar kullanışlı olduğunu görmekteyiz [38].

- **Tehlike belirleme**

Literatürde, yangın tehlikelerinin tanımlanmasında L Matris Yöntemi'nin görselliği ve sistematik yapısının avantaj sağladığı belirtilmiştir. Bu özellikler, özellikle çok sayıda tehlike içeren endüstrilerde analiz sürecini kolaylaştırır.

- **Petrokimya endüstrisinde L Matris yöntemi ile yapılmış çalışmalar**

Petrokimya endüstrisi, yanıcı ve reaktif kimyasalların kullanımı nedeniyle yangın ve patlama risklerinin yüksek olduğu bir sektördür. L Matris Yöntemi, bu riskleri analiz etmek ve güvenlik önlemlerini planlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır:

- **Yanıcı gazların değerlendirilmesi**

Metan ve propan gibi yanıcı gazların L Matris Yöntemi ile değerlendirilerek, gaz depolama tanklarının risk seviyesinin belirlenmesi ve bu alanlarda havalandırma sistemlerinin artırılması, tesisler için hayati önem taşımaktadır. Yanıcı gazların risk değerlendirmesinde, L Tipi Matris Yöntemi, tehlikelerin gerçekleşme olasılığı ve potansiyel etkilerini analiz etmek için kullanılan pratik bir yaklaşımdır. Bu yöntemde, olasılık ve şiddet değerleri belirlenerek çarpılır ve elde edilen risk skoru, alınması gereken önlemlerin önceliklendirilmesinde kullanılır. Örneğin, bir çalışmada amonyak tankının alt bağlantı flanşlarından sızıntı olasılığı haftada bir (olasılık değeri 3) ve bu sızıntının ciddi yaralanmalara yol açabileceği (şiddet değeri 4) öngörülerek, risk skoru 12 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlendirme, patlayıcı ortamların nicel olarak tanımlanması ve gerekli önlemlerin zamanında alınması açısından önemlidir [8].

- **Kimyasal reaksiyon riskleri**

Safety Science'de yayımlanan bir çalışmada, kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşabilecek yangın risklerinin L Matris Yöntemi ile analiz edildiği belirtilmiştir. Özellikle reaktif kimyasalların depolandığı alanlarda, yangın riski yüksek bölgelerin tespiti için bu yöntemin kullanımı önerilmektedir.

- **Sızıntı ve patlama riskleri**

Kimyasal sızıntı ve patlama risklerinin L Matris Yöntemi ile değerlendirilerek önleyici tedbirlerin geliştirildiğini göstermektedir. Bu analizler, sızıntıların çevresel etkilerini minimize etmek için kritik önlemlerin alınmasına yardımcı olmuştur.

3.1.4.2. L matris yönteminin yangın güvenliğine katkıları

L Matris Yöntemi, yangın güvenliğini sağlamada çeşitli avantajlar sunar:

- **Hızlı ve etkili analiz**

L Matris Yöntemi, olasılık ve şiddeti basit bir çarpım yoluyla değerlendirerek hızlı ve etkili bir analiz sunar. Özellikle geniş çaplı endüstriyel tesislerde, bu hız büyük bir avantaj sağlar.

- **Kaynakların optimizasyonu**

Risk puanlarının önceliklendirilmesi, güvenlik önlemleri için gereken kaynakların doğru bir şekilde tahsis edilmesine olanak tanır.

- **Esnek kullanım**

Farklı türde tehlikeler için uygulanabilir. Örneğin, petrokimya tesislerinde hem yanıcı gazlar hem de kimyasal sızıntılar için aynı yöntem kullanılabilir.

- **Görsel temsil**

Literatürde, yöntemin görselliği sayesinde ekiplerin riskleri kolayca anlamasına olanak sağladığı belirtilmektedir. Renk kodlu matrisler, risklerin daha anlaşılır bir şekilde temsil edilmesini sağlar.

3.1.4.3. L Matris yönteminin sınırlılıkları

Her ne kadar L Matris Yöntemi avantajlar sunsa da yöntemin bazı sınırlamaları da bulunmaktadır:

- **Öznel değerlendirme**

Risk puanlarının belirlenmesi sırasında kullanılan olasılık ve şiddet değerleri subjektif olabilir. Bu durum, sonuçların doğruluğunu etkileyebilir.

- **Dinamik süreçlerde güncelleme ihtiyacı**

Sürekli değişen risk faktörlerinin olduğu endüstrilerde, matrisin düzenli olarak güncellenmesi gerekir. Aksi takdirde, risklerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi mümkün olmayabilir.

- **Sınırlı detay seviyesi**

L Matris Yöntemi, karmaşık sistemlerin detaylı analizi için yeterli olmayabilir. Bu tür durumlarda, HAZOP veya FMEA gibi daha detaylı yöntemlerle desteklenmesi gerekebilir.

3.1.4.4. L Matris yöntemi ve diğer yöntemlerle karşılaştırma

- **HAZOP (Hazard and Operability Study)**

- **Avantaj:** Daha derinlemesine bir analiz sunar ve süreçteki potansiyel arızaları ayrıntılı bir şekilde inceler.

- **Dezavantaj:** Uygulama süresi daha uzundur ve L Matris Yöntemi kadar hızlı sonuç vermez.
- **FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)**
 - **Avantaj:** Hata türlerini ve etkilerini detaylı olarak analiz eder.
 - **Dezavantaj:** Görsel bir temsile sahip değildir ve L Matris Yöntemi kadar kolay anlaşılmaz.
- **Fine-Kinney yöntemi**
 - **Avantaj:** Daha geniş bir skala kullanarak riskleri değerlendirir.
 - **Dezavantaj:** L Matris Yöntemi kadar pratik ve görsel değildir.

L Matris Yöntemi, yangın risklerinin belirlenmesi ve sınıflandırılmasında etkili bir araçtır. Özellikle petrokimya endüstrisi gibi yüksek riskli sektörlerde, bu yöntem risklerin hızlı bir şekilde analiz edilmesine ve önceliklendirilmesine olanak tanır. Ancak, öznel değerlendirmelere açık olması ve dinamik süreçlerde düzenli güncellemeler gerektirmesi gibi sınırlamaları bulunmaktadır.

L Matris Yöntemi, daha karmaşık sistemler için HAZOP veya FMEA gibi yöntemlerle desteklenebilir. Subjektifliği azaltmak için risk puanlarının belirlenmesinde istatistiksel veriler kullanılabilir. Matrisin düzenli olarak güncellenmesi, değişen risk faktörlerinin dikkate alınmasını sağlar.

Bu bulgular, petrokimya tesislerinde yangın güvenliği için L Matris Yöntemi'nin önemini ve kullanım alanlarını net bir şekilde ortaya koymaktadır. Literatürde, yöntemin güvenlik stratejilerinin geliştirilmesi ve risk yönetiminde etkin bir araç olduğu vurgulanmaktadır.

3.1.5. Örnek çalışmalar

Kimyasal risk analizinde kullanılan L Matris Yöntemi, özellikle kimya ve petrokimya sektörlerinde risklerin belirlenmesi, sınıflandırılması ve yönetilmesinde yaygın bir araçtır. Bu yöntemin güvenilirliği ve geçerliliği, çeşitli akademik araştırmalarla desteklenmiştir.

3.1.5.1. L Matris yöntemi ve kimyasal risk analizindeki rolü

L Matris Yöntemi, risklerin olasılık ve şiddet boyutlarında iki boyutlu olarak değerlendirildiği bir risk analiz aracıdır. Bu yöntem, özellikle endüstriyel ortamlarda

tehlikelerin hızlı ve etkili bir şekilde sınıflandırılmasını sağlar. Kimya ve petrokimya sektörlerinde, yangıcı ve tehlikeli kimyasalların kullanımı nedeniyle risklerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi kritik öneme sahiptir.

3.1.5.2. Kimya ve petrokimya sektörlerinde L Matris yöntemi uygulamaları

- **Petrokimya tesislerinde yangın ve patlama risk analizi**

Journal of Loss Prevention in the Process Industries'de yayımlanan bir çalışmada, bir petrokimya tesisindeki yangıcı gazların depolanması ve taşınması sırasında oluşabilecek yangın ve patlama riskleri L Matris Yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda, yüksek risk taşıyan bölgeler belirlenmiş ve bu alanlarda ek güvenlik önlemleri alınmıştır. Bu çalışma, L Matris Yöntemi'nin petrokimya sektöründe risk değerlendirmesinde etkin bir araç olduğunu göstermektedir.

- **Kimyasal üretim süreçlerinde tehlike değerlendirmesi**

Safety Science dergisinde yayımlanan bir araştırmada, kimyasal üretim süreçlerindeki potansiyel tehlikeler L Matris Yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada, proses ekipmanlarının arıza olasılıkları ve bu arızaların potansiyel sonuçları analiz edilerek, risk seviyeleri belirlenmiştir. Bu sayede, kritik ekipmanların düzenli bakım ve izleme programları oluşturulmuştur.

- **Kimyasal depolama alanlarında risk sınıflandırması**

Kimyasal depolama alanlarındaki risklerin L Matris Yöntemi ile sınıflandırılması incelenmiş olup çalışmada, farklı kimyasalların depolandığı alanlarda olası sızıntı, yangın ve patlama riskleri değerlendirilmiş ve risk seviyelerine göre depolama düzenlemeleri yapılmıştır. Bu uygulama, L Matris Yöntemi' nin depolama güvenliğinde de etkili bir araç olduğunu göstermektedir [23].

- **L Matris yöntemi'nin güvenilirliği ve geçerliliği**

L Matris (5x5 risk matrisi) yöntemi, petrokimya sektörü de dahil olmak üzere endüstride yaygın biçimde kullanılan pratik bir risk değerlendirme aracıdır. Bu metodun temel avantajı, basit ve anlaşılır olması, tek bir uzman tarafından bile hızlı uygulanabilmesi ve olasılık-şiddet çarpımıyla risk seviyelerini görselleştirerek kısa sürede önceliklendirme yapabilmesidir [50].

- **Kolay uygulanabilirlik**

Yöntemin basit ve anlaşılır yapısı, farklı endüstrilerde kolayca uygulanabilmesini sağlar. Bu durum, yöntemin geçerliliğini artıran bir faktördür.

- **Esneklik**

L Matris Yöntemi, farklı risk türleri ve sektörler için uyarlanabilir olması nedeniyle geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu esneklik, yöntemin güvenilirliğini destekler.

- **Görsel temsil**

Risklerin görsel olarak temsil edilmesi, karar vericilerin riskleri daha iyi anlamasına ve yönetmesine yardımcı olur. Bu özellik, yöntemin etkinliğini artırır.

3.1.5.3. L Matris yöntemi'nin sınırlılıkları

Her ne kadar L Matris Yöntemi birçok avantaj sunsa da, bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Literatürde yöntemin güvenilirlik ve geçerliliği konusunda bazı soru işaretleri vardır. Özellikle risk skorlarının belirlenmesi değerlendiricinin deneyimine bağlı olduğundan, yanlış veya tutarsız puanlamalar ciddi tehlikelerin önem sırasını düşürebilir ya da önemsiz riskleri yüksek gösterebilir. Nitekim bazı akademik çalışmalar, L matrisi yaklaşımının yüksek tehlike potansiyeli barındıran ortamlarda riskleri olduğundan daha düşük seviyede sınıflandırma eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu durum, yöntemin risk tahmin doğruluğunu sınırlayabileceğini ve özellikle nadir ancak büyük sonuçlu (ör. patlama gibi) olayların yeterince vurgulanamama riskinin olduğunu göstermektedir. Yine de doğru ve dikkatli uygulandığında L matrisi, işyerinde mevcut tehlikeleri sistematik şekilde belirleyip risk düzeylerine göre sıralayarak endüstriyel kazaların önlenmesine önemli katkı sağlayabilir. Birçok kaynak, bu matris yönteminin proaktif bir güvenlik yönetimi aracı olarak kullanılabileceğini, ancak petrokimya gibi büyük kaza riski yüksek sektörlerde daha detaylı ve kantitatif analizlerle desteklenmesi gerektiğini vurgulamaktadır (örneğin, HAZOP gibi yöntemlerle). Sonuç olarak literatürde L matrisi yönteminin, kolay ve hızlı bir ön değerlendirme aracı olarak faydalı olduğu, ancak kesin sonuçlar üretme konusundaki sınırlamaları nedeniyle kompleks tehlikeler için tek başına yeterli görülmeyip diğer metodolojilerle birlikte uygulanmasının kazaların önlenmesinde en etkili yaklaşımı oluşturacağı değerlendirilmektedir [51].

- **Subjektif değerlendirme**

Risk olasılığı ve şiddeti değerlendirmeleri, kişisel yargılara dayanabilir ve bu da sonuçların tutarlılığını etkileyebilir.

- **Karmaşık sistemlerde yetersizlik**

Çok karmaşık süreçlerin bulunduğu endüstrilerde, L Matris Yöntemi detaylı analizler için yetersiz kalabilir.

- **Dinamik ortamlarda güncelleme gerekliliği**

Sürekli değişen risk faktörlerinin olduğu ortamlarda, matrisin düzenli olarak güncellenmesi gerekebilir.

L Matris Yöntemi, kimya ve petrokimya sektörlerinde kimyasal risk analizinde etkin ve geçerli bir araç olarak kullanılmaktadır. Literatürdeki çalışmalar, yöntemin risklerin belirlenmesi, sınıflandırılması ve yönetilmesinde güvenilir sonuçlar verdiğini göstermektedir. Ancak, yöntemin sınırlılıkları göz önünde bulundurularak, gerektiğinde daha detaylı analiz yöntemleriyle desteklenmesi önerilir.

Bu bağlamda, L Matris Yöntemi'nin diğer risk analiz yöntemleriyle birlikte kullanılması, risk değerlendirme süreçlerinin etkinliğini artıracaktır. Ayrıca, subjektif değerlendirmelerin minimize edilmesi için standartlaştırılmış kriterlerin geliştirilmesi ve düzenli eğitimlerin verilmesi faydalı olacaktır.



4. METODOLOJİ

Çalışmamda L Tipi Matris Yöntemini seçme nedenim, risk değerlendirme süreçlerindeki basitliği ve uygulanabilirliği. Risk analizinde en çok tercih edilme nedenlerinin başında gelir. Bu yöntem, tehlikelerin olasılık ve şiddet derecelerini analiz ederek risk seviyelerini belirler ve özellikle iş sağlığı ve güvenliği gibi alanlarda etkili bir araçtır. Yöntem, farklı sektörlerde tehlikelerin tanımlanması ve kontrol önlemlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmakta olup, yüksek riskli sektörlerde risklerin belirlenmesi ve skorlanmasında avantaj sağlar. Kullanımı kolay olmasının yanı sıra sebep-sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesine olanak tanır. Ancak, işçi sağlığı gibi alanlarda sınırlılıkları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Risk değerlendirmede kullanılan matrisler, olasılık ve şiddet derecelerine göre yapılandırılır. 2x2 matrisler basit analizler için, 3x3 matrisler orta düzey karmaşıklıkta işletmeler için, 5x5 matrisler detaylı risk analizlerinde ve 10x10 matrisler büyük ölçekli projelerde kullanılır. Matris türü, işletmenin ihtiyaçlarına, sektör özelliklerine ve analiz edilecek risklerin karmaşıklığına göre seçilir. Matrisler, risklerin olasılık ve şiddeti yanında çevresel etkiler, mali zarar, itibar ve verimlilik gibi sonuçları da dikkate alır. Bu nedenle, matrisler işletmelerin tehlikeleri sistematik şekilde analiz etmelerine ve uygun önlemler almalarına yardımcı olan önemli araçlardır.

L Matris Yöntemi, endüstriyel tehlikelerin olasılık (likelihood) ve etki (severity) boyutunda değerlendirildiği basit ve etkili bir risk analizi yöntemidir. Yöntem, her bir risk için sayısal değerler atayarak risk seviyelerinin belirlenmesine olanak tanır.

Petrokimya endüstrisinde yangın riskleri, genellikle ani ve büyük çaplı hasarlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışma, yangın risklerini hızlı bir şekilde değerlendirmek ve uygun güvenlik önlemlerini önceliklendirmek için L Matris Yöntemi'ni kullanmıştır.

Kimyasal atık yönetimi süreçlerindeki tehlikeler, L Matris Yöntemi kullanılarak olasılık ve etki açısından değerlendirilmiştir. Yanıcı gaz kaçağı, depolama alanında yangın ve toksik gaz yayılması gibi tehlikeler analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, veriler literatür taraması, sektörel raporlar ve uzman görüşlerinden elde edilmiştir. Literatürde, petrokimya endüstrisindeki yangın riskleri ve güvenlik önlemleri üzerine yapılan çalışmalar temel alınmıştır.

Yangın risklerinin değerlendirilmesi sırasında, literatürden elde edilen bulgular saha gözlemleri ve uzman görüşleriyle desteklenmiştir.

Sektörel raporlar, depolama alanlarında kullanılan yangın söndürme sistemleri, güvenlik protokolleri ve risk azaltma stratejileri hakkında bilgi sağlamıştır.

Çalışmada, kimyasal atık yönetimi süreçlerinde karşılaşılan tehlikeler tanımlanmıştır. Bu tehlikeler arasında yanıcı kimyasal sızıntıları, depolama alanında yangın ve toksik gaz yayılması gibi olaylar yer almaktadır. Bu tehlikeler, literatür taramaları ve saha gözlemleri temel alınarak belirlenmiştir.

Her bir tehlike için olasılık (L) ve etki (E) değerleri belirlenmiştir. Olasılık, olayın gerçekleşme sıklığını ifade ederken, etki, olayın meydana geldiğinde yaratacağı hasar düzeyini temsil etmektedir. Bu değerler, literatürdeki bilgiler ve saha gözlemlerine dayalı olarak atanmıştır.

Tablo 4.1. Risk seviyeleri [1].

Kategori	Olasılık (L)	Etki (E)
Düşük	Olayın nadiren gerçekleşmesi	Küçük bir zarara yol açması
Orta	Olayın ara sıra gerçekleşmesi	Orta düzeyde bir zarara yol açması
Yüksek	Olayın sık sık gerçekleşmesi	Ciddi zararlara yol açması

Risk seviyeleri, $R=L \times E$ formülü ile hesaplanmıştır. Risk, düşük (1-3), orta (4-6) ve yüksek (7-9) olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma, hangi risklere öncelik verilmesi gerektiğini belirlemek için kullanılmıştır.

5. UYGULAMA VE BULGULAR

Türkiye’ de birçok rafineri incelendiğinde, teorik altyapıyı daha derinleştirerek, risklerin tanımlanması, değerlendirilen tehlikelerin neden-sonuç ilişkisi ve önerilen güvenlik önlemlerinin uygulama süreçlerini detaylandırabiliriz. İşte örnek:

5.1. Örnek Olay veya Senaryo

5.1.1. Tesis tanımı

Çalışmamda İzmit ilindeki küçük ölçekli bir petrokimya tesisini inceledim. Tesis, yüksek risk taşıyan yanıcı ve patlayıcı kimyasalların depolandığı tank alanlarına sahiptir. Çalışma, kimyasal depolama tankları, dolum ve boşaltma alanları ve yangın güvenliği sistemleri gibi kritik süreçlere odaklanmaktadır.

5.1.2. Çalışmanın kapsamı

Bu bölümde, tesis içinde olası riskleri L Matris Yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Belirlenen tehlikeler:

- Yanıcı Kimyasal Sızıntı
- Depolama Alanında Yangın
- Toksik Gaz Yayılması

Bu riskler hem çalışan güvenliği hem de çevresel etkiler açısından değerlendirilmiştir.

5.1.3. Risk değerlendirmesi

L Matris Yöntemi, her bir tehlike için olasılık (L) ve etki/şiddet (E) değerlerini kullanarak risk seviyelerini belirler. Riskler, olasılık ve şiddet değerlerinin çarpılması formülüyle hesaplanmıştır. Risk analizimin sonuçları aşağıdadır.

5.1.4. Risk analizi bulguları

L Matris Yöntemi kullanılarak küçük ölçekli bir petrokimya tesisinde gerçekleştirilen risk analizi sonuçları, sistematik bir şekilde değerlendirilmiş, elde edilen bulgular tablo formatında sunulmuş ve işletmeye düzenleyici ve önleyici faaliyetler tavsiye

edilmiştir; ayrıca, bu faaliyetlerin uygulanması durumunda riskin ne kadar düşeceği de tablo 5.1’de gösterilmiştir.



Tablo 5.1. Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
1	Depolama Tankları	Yanıcı gaz sızıntısı	Yangın ve Patlama Riski	4	5	20	Yüksek	-Sızıntı dedektörleri takılmalı -Periyodik bakımlar aksatılmamalı -Güvenlik eğitimleri artırılmalı	2	5	10	Orta
2	Boru Hatları	Basınçlı gaz sızıntısı	Zehirlenme Riski	3	4	12	Orta	-Basınç sensörleri takılmalı -Acil durum prosedürleri gözden geçirilmeli	1	4	4	Düşük
3	Üretim Hatları	Statik elektrik birikmesi	Patlama Riski	4	5	20	Yüksek	-Alan tamamen termal koruma sistemleriyle donatılmalı -Proses kontrol sistemleri olmalı	2	4	8	Orta
4	Depolama Tankları	Kimyasal dökülme	Patlama ve Zehirlenme Riski	4	5	20	Yüksek	-Sızıntı dedektörleri takılmalı -Periyodik bakımlar aksatılmamalı -Güvenlik eğitimleri artırılmalı	2	5	10	Orta
5	Trafo odası	Aşırı yüklenme ve kablolama hataları	Elektrik Kaynaklı Yangın, Patlama ve Ciddi Yaralanmalar	4	5	20	Yüksek	-Aşırı yük ve kaçak akım koruma rölesi -Yangına dayanıklı malzeme -Düzenli bakım	2	5	10	Orta
6	Reaktörler	Patlama valfinin arızalı olması	Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Basınç sistemleri düzenli periyotlarla yenilenmeli -Patlama valfleri iyileştirilmeli	1	5	5	Düşük

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
7	Depolar	Yetersiz havalandırma	Zehirlenme ve Patlama	3	4	12	Orta	-Havalandırma yoksa kurulmalı varsa bakımları yapılmalı -Gaz algılama sistemleriyle izlenmesi -Personele güvenli çalışma prosedürleri eğitimi verilmeli	1	4	4	Düşük
8	Üretim Sahası	Valf arızası ve sızıntı	Yangın veya Patlama Riski	4	5	20	Yüksek	-Düzenli bakım ve kalibrasyon programlarının oluşturulması -Gaz kaçak dedektörlerinin kritik noktalara yerleştirilmesi	2	5	10	Orta
9	Depolama Departmanı	Reaktif maddelerin temas etmesi	Yangın veya Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Uygun depolama standartlarına göre sınıflandırılması -Çalışanlara düzenli kiöyasal güvenlik eğitimi verilmesi	1	5	5	Düşük
10	Bakım ve Onarım Departmanı	Borularda yeterli izolasyonun yapılmaması	Zehirlenme veya Yangın/Patlama Riski	4	5	20	Yüksek	-Bakım prosedürlerinin standartlaştırılması -Gaz algılama ve izolasyon sistemlerinin modernize edilmesi -İş güvenliği ve kimyasal maddelere karşı korunma eğitimi	1	5	5	Düşük

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut DurumDeğerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
11	Proses Kontrol Departmanı	Sensör veya Otomasyon arızası	Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Sistemlere düzenli bakım -Redunant Systems kurulması -Manuel yedek control mekanizmalarının oluşturulması -Otomatik acil kapatma sistemlerinin kurulması	1	5	5	Düşük
12	Atık Yönetimi Departmanı	Kimyasal atıkların uygunsuz bertaraf edilmesi	Yangın, Toksik Gaz Salınımı ve Çevre Kirliliği Riski	4	4	16	Yüksek	-Tehlikeli atıkların doğru sınıflandırılması -Sıcaklık, nem ve kimyasal sızıntı izleme sistemlerinin kurulması -Düzenli denetleme ve raporlama	2	4	8	Orta
13	Nakliye ve Lojistik Departmanı	Tehlikeli kimyasalların taşınması sırasında uygun ambalaj kullanılmaması	Yangın, Patlama veya Çevre Kirliliği Riski	3	5	15	Yüksek	-Uluslararası taşımacılık standartlarına (ADR) uygun ambalajların kullanılması -Tehlikeli madde taşımacılığı eğitimi verilmesi	1	5	5	Düşük
14	Labaratuvar ve Test Departmanı	Reaktiflerin yanlış miktarda ve uygunsuz karıştırılması	Zehirli Gaz Salınımı ve Yangın/Patlama Riski	3	4	12	Orta	-Kimyasal Analiz protokollerinin hazırlanması -Labaratuvar güvenliği ve kimyasal kullanımı eğitimi -Uygun Dozajlama -Düzenli bakım ve kalibrasyon	1	4	4	Düşük

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut DurumDeğerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
15	Enerji Üretim ve Buhar Sistemleri Departmanı	Kazanların basınç güvenlik valflerinin arızalanması	Kazan Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Valflerin düzenli bakım ve test programına alınması -Otomatik basınç izleme ve acil kapatma sistemlerinin kurulması	1	5	5	Düşük
16	Dolum ve Paketleme Departmanı	Statik elektrik birikmesi	Yangın veya Patlama Riski	4	5	20	Yüksek	-Topraklama ekipmanlarının düzenli bakım ve test programına alınması -Anti-statik ekipmanların kullanılması -Yangına dayanıklı Zemin kaplaması kullanılması	1	5	5	Düşük
17	Hammadde Depolama ve Taşıma Departmanı	Yetersiz havalandırma	Toz Patlama Riski	4	5	20	Yüksek	-Etkili havalandırma sistemlerinin kurulması -Düzenli temizlik -Anti-patlayıcı özellikte ekipmanların (ATEX) kullanılması -Toz patlaması riskleri eğitimi verilmesi	2	5	10	Orta

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
18	Soğutma ve Kondens Departmanı	Soğutma sistemi ekipmanları arızası	Toksik Gaz Zehirlenme Riski	3	5	15	Yüksek	-Soğutma sistemlerinin düzenli bakımı ve testi -Sızdırmazlık standartlarına uyulması	1	5	5	Düşük
19	Katalizör Yenileme ve Geri Kazanım Departmanı	Yüksek sıcaklık nedeniyle kontrolsüz ısınma	Yangın veya Resöktörde Patlama	3	5	15	Yüksek	-Isıs ve basınç dayanıklılığının test edilmesi -Reaksiyon hızını kontrol eden otomasyon sistemlerinin kurulması -Otomatik acil kapatma sistemlerinin kurulması	1	5	5	Düşük
20	Sızıntı Tespit ve Kontrol Departmanı	Borularda küçük sızıntıların fark edilmemesi	Sızan Gazların Yangın ve Patlama Riski	4	5	20	Yüksek	-Sızıntı algılama sistemlerinin düzenli bakım ve testlerinin yapılması -Basınç testi ve sızıntı kontrolü -Boruların geçtiği alanlara havalandırma sistemlerinin kurulması	2	5	10	Orta
21	Korozyon Kontrol Departmanı	Korozyon kontrolünün yapılmaması ve borularda çatlak	Çevre Kirliliği, Yangın veya Patlama Riski	3	4	12	Orta	-Korozyon control programlarının uygulanması -Korozyona karşı dayanıklı kaplamaların kullanılması -Acil müdahale ekipmanlarının bulundurulması	1	4	4	Düşük

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut DurumDeğerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
22	Depolama Tankları Departmanı	Tankların sızdırmazlık contalarının aşınması	Çevre Kirliliği, Yangın ve Toksik Gaz Riski	3	5	15	Yüksek	-Tankların düzenli sızdırmazlık testi yapılmalı -Tank çevresine ikincil sızdırmazlık bariyerleri eklenmeli -Yangın algılama ve söndürme sistemleri devreye alınmalı	1	5	5	Düşük
23	Yükleme ve Boşaltma Departmanı	Tankerlerin hortum bağlantılarında hata	Yangın, Patlama veya Çevre Kirliliği Riski	4	5	20	Yüksek	-Hortumların düzenli control edilmesi -Yükleme ve boşaltma sırasında gaz dedektörü kullanılması -Çalışanlara operasyonel güvenlik eğitimi verilmesi	1	5	5	Düşük
24	Su ve Atık Su Arıtma Departmanı	pH Kontrol ünitesinin arızalanması	Çevresel Kirlilik ve Yasal Yaptırımlar Riski	3	4	12	Orta	-pH ölçüm cihazlarının düzenli bakım ve kalibrasyonu -Kritik noktalara yedek ekipman ve alarm sistemleri entegre edilmesi	1	3	3	Düşük
25	Havalandırma ve Emisyon Departmanı	Bacalarda filtrelerin tıkanması	Çevre Kirliliği ve Çalışanlar için Sağlık Riski	4	5	20	Yüksek	-Filtrelerin düzenli bakım ve temizlik programına alınması -Bacalara emisyon ölçüm cihazlarının takılması -Yedek filtrelerin hazır bulundurulması	1	5	5	Düşük

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
26	Ham Petrol Rafine Edilme Departmanı	Distilasyon kolonu sıcaklık control sisteminde arıza	Basınç Birikmesi ve Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Distilasyon kolonunun sıcaklık ve basınç control sistemlerinin düzenli bakım ve kalibrasyonu -Otomatik acil tahliye valflerinin devreye alınması -Sıcaklık ve basınç sensörlerinin yedeklenmesi	1	5	5	Düşük
27	Katalitik Kramik Üitesi (FCC)	Katalizör besleme sisteminde tıkanıklık ve yanlış miktarda katalizör dozajlama	Reaktör İçinde Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Düzenli bakım ve temizlik programına alınması -Otomatik control sistemi kurulması -Reaktörde basınç tahliye ve acil kapatma sistemlerinin entegre edilmesi	1	5	5	Düşük
28	Parlama ve Patlama Koruma Departmanı	Venting ve alev tutucuların tıkanması veya arızalanması	Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Düzenli bakım ve test programına alınması -İzleme ve uyarı sistemleriyle donatılması -Etkin havalandırma sistemlerinin kurulması	1	5	5	Düşük
29	Yakıt Gazı Sistemi ve Boru Hatları Departmanı	Boru hatlarındaki contaların eskimesi veya gevşemesi	Yangın veya Patlama Riski	4	5	20	Yüksek	-Boru hatlarının düzenli olarak sızdırmazlık testine tabi tutulması -Gaz dedektörlerinin yerleştirilmesi -Yangın söndürme sistemlerinin aktif hale getirilmesi	1	5	5	Düşük

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
30	Pompa İstasyonları ve Sıvı Transfer Departmanı	Aşırı ısınma ve mekanik arıza sebebiyle sızıntı oluşması	Yangın veya Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Düzenli bakım ve aşınma kontrollerinin yapılması -Sıvı sızıntı dedektörlerinin yerleştirilmesi -Isı algılama ve control sistemlerinin devreye alınması	1	5	5	Düşük
31	Basınçlı Tank Depolama Departmanı	Tank güvenlik vanalarının arızalanması	Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Güvenlik vanalarının düzenli olarak kontrol edilmesi -Otomatik tahliye sistemlerini devreye alınması -Tank çevresinde patlama duvarlarının inşa edilmesi	1	5	5	Düşük
32	Elektrik Dağıtım ve Güç Yönetimi Departmanı	Aşırı yüklenme ve izolasyon hatası nedeniyle kısa devre	Kısa Devre Sonucu Yangın Riski	3	4	12	Orta	-Ekipmanların termal görüntüleme ve izolasyon testlerine tabi tutulması -Elektrik sistemine devre kesici ve koruma rölelerinin entegre edilmesi -Çalışanlara elektrik güvenliği verilmesi	1	4	4	Düşük
33	Soğutucu Sistemler ve Kriyojenik Depolama Departmanı	Soğutucu sistemlerin arızalanması veya gazların buharlaşma kontrolünün yetersiz kalması	Tank Patlaması veya Gaz Kaçağı Riski	3	5	15	Yüksek	-Tankların basınç ve sıcaklık control sistemlerinin düzenli bakım ve testi -Tanklarda buharlaşmayı önlemek için soğutucu sistemlerin izlenmesi -Otomatik tahliye valflerinin kurulması	1	5	5	Düşük

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
34	Proses Kontrol ve Otomasyon Departmanı	Yazılım hatası veya sensör sıcaklık değerlerinin yanlış algılanması	Reaktörde Patlama Riski	3	5	15	Yüksek	-Otomasyon sisteminin yazılım ve donanım güncellemelerinin yapılması -Manuel kontrol prosedürleri hakkında eğitim verilmesi -Yedek sensör ve control sistemlerini kurulması	1	5	5	Düşük
35	Kimyasal Stoklama ve Taşıma Departmanı	Kimyasalların taşınması sırasında uygun ambalajların kullanılmaması	Çalışanların Toksik Maddeye Maruz Kalması, Çevre Kirliliği ve Yangın Riski	4	5	20	Yüksek	-Standartlara uygun ambalaj kullanılması -Taşıma sırasında sızdırmazlık testi yapılması -Çalışanlara tehlikeli madde eğitimi verilmesi	1	5	5	Düşük
36	Yanıcı Gaz Depolama ve Kullanım Departmanı	Basınç regülatörlerinin arızalanması	Patlama veya Yangın Riski	4	5	20	Yüksek	-Basınç regülatörlerinin düzenli bakım ve testinin yapılması -Hassas gaz dedektörlerinin yerleştirilmesi -Gazın birikmesini önlemek için hava akış sistemlerinin kurulması	1	5	5	Düşük
37	Buhar ve Isı Geri Kazanım Sistemleri Departmanı	Buhar kaçaklarının oluşması	Çalışanların Yanma ve Yaralanma Riski	3	4	12	Orta	-Boruların düzenli çatlak ve sızıntı kontrollerinin yapılması -Buhar kaçak dedektörlerinin kullanılması -Basınç tahliye vanalarının devreye alınması	1	4	4	Düşük

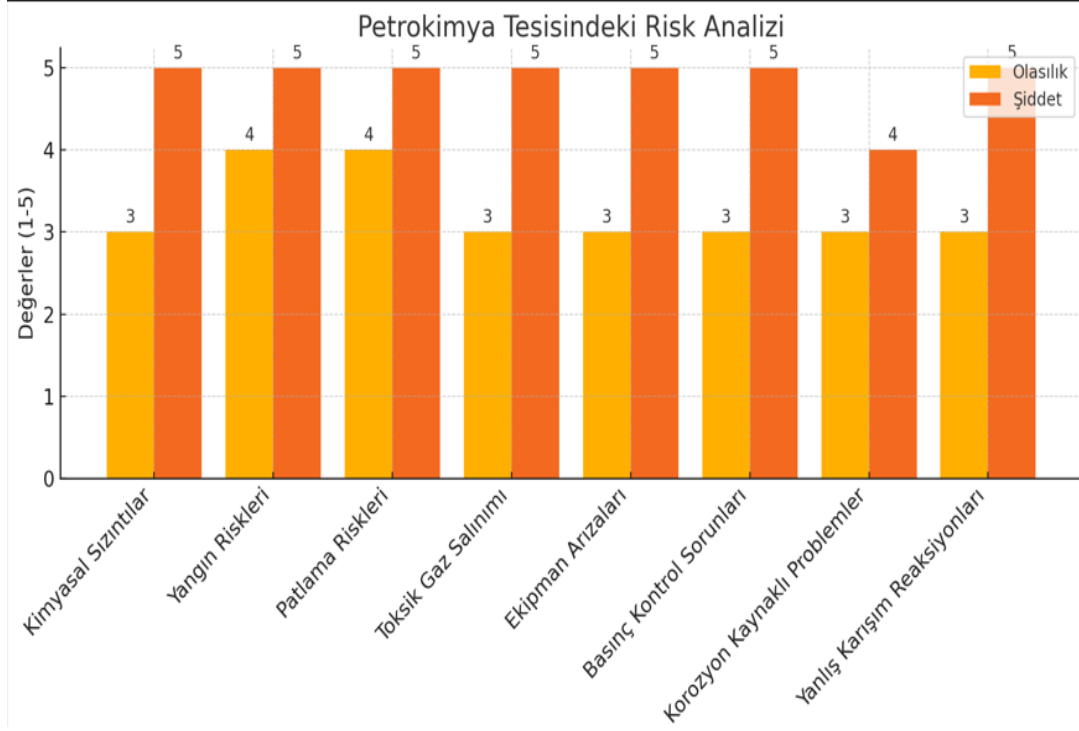
Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
38	Kimyasal Reaksiyon Süreçleri Departmanı	Sıcaklık ve basınç kontrollerinin kaybedilmesi	Patlama ve Toksik Gaz Salınımı	4	5	20	Yüksek	-Basınç kontrol sistemlerinin düzenli bakım ve testlerinin yapılması -Basınç tahliye vanalarının yerleştirilmesi Acil soğutma sistemlerinin devreye alınması	1	5	5	Düşük
39	Sıvı Kimyasal Karıştırma ve Üretim Departmanı	Tank içindeki kimyasal oranlarının yanlış belirlenmesi	Yangın veya Toksik Gaz Yayılımı Riski	3	5	15	Yüksek	-Karıştırıcı motorlarının düzenli bakım ve performans testlerinin yapılması -Otomatik dozajlama sistemi kurulması -Acil kapatma ve soğutma sistemlerinin kurulması	1	5	5	Düşük
40	Tesis Yangın Güvenliği Departmanı	Söndürme sistemlerini çalışmaması	Yangının Büyümesi ve Tesiste Maddi Hasar	3	5	15	Yüksek	-Yangın söndürme sistemlerinin düzenli bakım ve testlerinin yapılması -Yedek yangın söndürme sistemi kurulması -Çalışanlara yangın riskleri ve acil müdahale prosedürleri eğitimi verilmesi	1	5	5	Düşük

Tablo 5.1. (Devamı) Petrokimya tesisi risk değerlendirme tablosu

No	Alan	Tehlike	Risk	Mevcut Durum Değerleri				Düzenleyici Önleyici Faaliyetler	Döf Sonrası Değerler			
				Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu		Olasılık	Şiddet	Risk Puanı	Risk Değ. Sonucu
41	Kimyasal Nakliye ve Boru Hatları Departmanı	Contaların eskimesi sebebiyle kimyasal sızıntı	Çalışanların Zehirlenmesi, Yangın ve Çevre Kirliliği	3	5	15	Yüksek	-Contaların düzenli olarak kontrol edilmesi ve yenilenmesi -Kimyasal sızıntı algılama cihazlarının yerleştirilmesi -Boru hattı çevresinde ikincil koruma bariyerlerinin oluşturulması	1	5	5	Düşük
42	Basınçlı Hava Sistemleri Kompresör Ünitesi	Basınç kontrol sistemlerinin arızalanması veya filtrelerin tıkanması	Patlama ve Çalışanların Yaralanması	3	5	15	Yüksek	-Basınç kontrol sistemlerinin test edilmesi ve filtrelerin yenilenmesi -Otomatik tahliye vanalarının kurulması -Çevresine güçlendirilmiş güvenlik duvarlarının inşa edilmesi	1	5	5	Düşük
43	Katalizör Rejenerasyon Ünitesi	Katalizör sisteminin temizlenmemesi	Patlama ve Yangın Riski	3	5	15	Yüksek	-Oksijen ve sıcaklık seviyelerini sürekli izleme sensörlerinin kurulması -Otomatik analiz sistemlerinin devreye alınması Acil soğutma sistemlerinin kurulması	1	5	5	Düşük

Sonuç olarak, petrokimya endüstrisinde yangın güvenliği ve çevresel koruma için L Matris Yöntemi gibi sistematik yaklaşımlar, proaktif bir risk yönetimi anlayışını desteklemektedir. Çalışmada ortaya konan bulgular ve öneriler, bu alandaki uygulamaların geliştirilmesine önemli katkılar sunmaktadır. Aşağıdaki grafikte ise en çok karşılaşılan risklerin olasılık ve şiddet değerleri ortalama olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Risklerin olasılık ve şiddet değerleri.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Petrokimya endüstrisi, üretim süreçleri sırasında çeşitli yangın ve çevresel riskleri barındıran yüksek tehlikeli bir sektördür. Bu çalışmada, petrokimya endüstrisinde kimyasal atık yönetimi süreçlerinde yangın güvenliği ve çevresel koruma perspektifleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır. L Matris Yöntemi'nin bu süreçlerdeki etkinliği, risklerin belirlenmesi ve minimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Petrokimya tesislerinde güvenliği sağlamak, düzenli bakım, otomasyon, çalışan farkındalığı ve uygun prosedürlerin uygulanmasıyla mümkün olabilir. Risklerin doğru bir şekilde yönetilmesi, sadece çalışanların ve tesisin güvenliğini değil, aynı zamanda operasyonların sürekliliğini ve çevrenin korunmasını da garanti eder. Güvenlik kültürü tesis genelinde benimsenmeli ve her çalışan, tehlikeleri önlemede aktif bir rol üstlenmelidir.

Çalışma kapsamında, petrokimya endüstrisinde yangın risklerinin oluşum nedenleri, etkileri ve bu risklere karşı alınabilecek önlemler incelenmiştir. Elde edilen ana bulgular şu şekildedir:

6.1. Petrokimya Endüstrisi Tesislerinde Yapılması Gerekenler

- **Düzenli Bakım ve Kontrol**

Tesisin tüm ekipman ve sistemleri (boru hatları, reaktörler, basınçlı tanklar, kompresörler, yangın söndürme sistemleri vb.) düzenli olarak bakım ve kalibrasyon programlarına tabi tutulmalıdır. Kritik ekipmanlar için periyodik performans testleri ve sızdırmazlık kontrolleri yapılmalıdır.

- **Otomasyon ve İzleme Sistemleri**

Sıcaklık, basınç, akış ve gaz kaçaqları gibi kritik parametrelerin sürekli izlenmesi için otomasyon sistemleri devreye alınmalıdır. Sensörler ve dedektörler düzenli olarak kontrol edilmeli ve gerektiğinde yenilenmelidir.

- **Eğitim ve Farkındalık**

Çalışanlara kimyasal maddeler, basınçlı sistemler, yangın güvenliği ve acil durum müdahale prosedürleri hakkında düzenli eğitim verilmelidir. Çalışanların prosedürlere

bağlı kalmasını sağlamak için tatbikatlar düzenlenmelidir. Eğitim ve farkındalık programlarının çalışan güvenliği üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır.

- **Acil Durum Sistemleri**

Yangın algılama ve söndürme sistemleri, basınç tahliye vanaları, acil kapatma ve soğutma sistemleri aktif tutulmalı ve düzenli test edilmelidir. Her departmanda acil müdahale ekipmanlarının (yangın söndürücüler, göz yıkama istasyonları, koruyucu kıyafetler vb.) yeterli miktarda bulunması sağlanmalıdır.

- **Proses ve Reaksiyon Kontrolü**

Kimyasal reaksiyon süreçlerinde, karışım oranlarının doğru ayarlanmasını sağlayacak otomatik dozajlama sistemleri kullanılmalıdır. Reaktörlerde oksidasyon, basınç birikimi ve aşırı ısınma risklerine karşı önlemler alınmalıdır.

- **Çevresel Güvenlik**

Kimyasal atık yönetimi prosedürleri geliştirilmeli, uygun depolama ve bertaraf yöntemleri uygulanmalıdır. Gaz ve sıvı kaçaqlarını önlemek için çevresel izleme sistemleri devreye alınmalıdır.

6.2. Petrokimya Endüstrisi Tesislerinde Yapılmaması Gerekenler

- **Bakım ve Kontrol İhmal Edilmemelidir**

Ekipmanların aşırı kullanımına izin verilmemeli, bakım süreçleri aksatılmamalıdır. Eskiyen boru hatları, contalar ve bağlantı elemanları kullanılmaya devam edilmemelidir.

- **Prosedürlere Uyumsuzluk**

Çalışanlar, belirlenen prosedürlerin dışında doğaçlama yöntemlere başvurmamalıdır. Eğitim ve prosedürlerin dışına çıkılmamalıdır.

- **Yetersiz Yedek Sistemler**

Kritik sistemlerde yedekleme yapılmaması, arıza durumunda büyük felaketlere yol açabilir. Yedek sistemlerden ödün verilmemelidir.

- **Ekipmanlar Arasında Uyumsuzluk**

Standartlara uygun olmayan ekipmanların kullanımı, güvenlik açıklarına neden olur. Uygun olmayan cihaz ve parçaların kullanılmasına izin verilmemelidir.

- **Tehlikeli Maddelerin Uygunsuz Yönetimi**

Kimyasal maddeler, uyumsuz malzemelerle depolanmamalı veya taşınmamalıdır. Yanıcı veya toksik maddeler kontrolsüz şekilde biriktirilmemelidir.

L Matris Yöntemi, petrokimya endüstrisinde yangın risklerinin değerlendirilmesinde etkili bir araçtır. Bu yöntemin sunduğu iki boyutlu değerlendirme yaklaşımı, risklerin hem olasılık hem de şiddet boyutunda analiz edilmesine imkan tanır. Çalışmada bu yöntemin aşağıdaki avantajları belirlenmiştir:

- Risklerin sistematik bir şekilde sınıflandırılmasına olanak tanır.
- Önceliklendirme ve müdahale planlamasında rehberlik eder.
- Çevresel etkilerin ve çalışan güvenliğinin birlikte ele alınmasını sağlar.

Çalışmanın sonuçlarına dayanarak, çevresel koruma ve güvenliği artırmak için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

- Yanıcı kimyasalların depolanmasında havalandırma ve izolasyon sistemlerinin etkin kullanımı sağlanmalıdır.
- Yangın söndürme sırasında kullanılan kimyasalların çevresel etkilerini minimize etmek amacıyla çevre dostu alternatifler tercih edilmelidir.
- Düzenli eğitim ve tatbikatlarla çalışanların yangın güvenliği konusundaki farkındalıkları artırılmalıdır.
- Kimyasal atık yönetimi süreçlerinde döngüsel ekonomi uygulamaları benimsenmelidir.
- Yasal düzenlemelerin uygulanabilirliğinin artırılması ve uluslararası standartların benimsenmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, petrokimya endüstrisinde yangın güvenliği ve çevresel koruma için L Matris Yöntemi gibi sistematik yaklaşımlar, proaktif bir risk yönetimi anlayışını desteklemektedir. Çalışmada ortaya konan bulgular ve öneriler, bu alandaki uygulamaların geliştirilmesine önemli katkılar sunmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] Xuanya Liu, Qinglin Zhang, Xiaoyuan Xu, 2013, "Petrochemical Plant multi-Objective and multi-Stage fire Emergency Management Technology System Based on the fire risk Prediction", *Procedia Engineering Dergisi*, Cilt 62, Sayfa 1104-1111
- [2] Muhammet Bayram Cihan, Güldenur Çetin, 2024, "Petrokimyasal Ürünlerde Dış Ticaret Politikası Savunma Araçlarının Etkin Kullanım Analizi ve Uygun Koşullar Altında Anti-Damping Başvuru Koşulları", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Dış Ticaret Dergisi*, Cilt 2, Sayı 2, Sayfa 12-21
- [3] Abdullah Mete Özgüner, 2022, "Orta Anadolu-Orta Karadeniz Petrokimya Kümelenmesinin Önemi", *International Journal of Engineering Research and Development*, Cilt 14, Sayı 2, Sayfa 368-384
- [4] M. İbrahim Çelebi, 2010, Kimya ve Petrokimya Sektöründe Kazalar ve Petkim Örneği, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Tez No:269504, Sayfa 18-92
- [5] Kevin D. Bladon, Monica B. Emelko, 2014, "Wildfire and the Future of Water Supply ", *Environmental Science and Technology Dergisi*, Cilt 48, Sayı 16, Sayfa 36-43
- [6] Nilambar Bariha, Deepak Kumar Ojha, Indra Mani Mishra, 2023, "Fire and risk analysis during loading and unloading operation in liquefied petroleum gas (LPG) bottling plant", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries Dergisi*, Cilt 81, Makale No:104928, Sayfa 107-131
- [7] Ufuk Mevlevioğlu, M.A. Neşet Kadirgan, Gökçen Alev Çiftçioğlu, 2019, Kimya Endüstrilerinde Patlama ve Yangınların Önlenmesi ve İlgili Vaka Çalışması, *Dergi Park Araştırma Makalesi*
- [8] Saliha Çetinyokuş, 2017 "Patlama, Yangın ve Toksik Yayılım Fiziksel Etki Alanının Belirlenmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 23, Sayı 7
- [9] Çeri H, 2020, "Sanayi Tesislerinde Yangın Söndürme Sistemleri İçin Özgün Bir Bakım Modelinin Geliştirilmesi", *Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*
- [10] İlten E, Ünsal M. Emin, 2024, "Yeraltı Maden Ocaklarında Zehirli Gazların Anlık Takibi Ve Erken Uyarı Mekanizması İçin Plc Tabanlı Scada Sistemi Tasarımı", *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, Cilt 12, Sayı 1, Sayfa 64 – 74
- [11] Kırtas H. Ahmet, Altundağ H, 2020, "Yangın ve Tahliye Eğitim Modeli Araştırması", *İSG Akademik Dergisi*, Cilt 2, Sayı 1, Sayfa 73-81
- [12] Martin, D., Tomida, M., Meacham, B., 2016, "Environmental Impact of Fire", *Fire Science Reviews Dergisi*, Cilt 5, Sayı 1, Makale No:5, Sayfa 81-102

- [13] Yerli C, 2020, “Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri”, Bingöl Üniversitesi, Türk Doğa ve Fen Dergisi, Cilt 9, Özel Sayı, Sayfa 103-114
- [14] Kumru Karaca, 2020, “Kimyasalların Üretimi, Depolanması ve Taşınmasında İş Sağlığı ve Güvenliği”, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Tez No:621997
- [15] Alkoç A, Yılmaz F, 2018, “İmalat Tesislerinde Yangın Tesisatlarından Kaynaklanan Risklerin Sıralama Yöntemi İle Analizi”, Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, Cilt 2, Sayı 1, Sayfa 1-11
- [16] Kırçıl Ö, Sinem Anmaz, 2019, Farklı Sensörlerle Yanıcı Gazların Ölçülmesi ve Dinamik Modellenmesi, Uluslararası Yapay Zekâ ve Veri İşleme Sempozyumu
- [17] Öner A, 2009, Yanıcı/Parlayıcı Sıvı Depolanan Binalarda Yangın Güvenliği ve Söndürme Sistemleri, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 14, Sayı 1
- [18] Kır H, 2010, Stratejik Denetim ve Denetimde Risk Odaklılık, Denetim Dergisi, 2010/4
- [19] Soykan, O. 2018. Endüstriyel Balıkçı Gemilerinde L Tipi Matris Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi ve Kullanılabilirliği. Ege Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences, 35 (2), 207-217
- [20] Korkmaz G, 2020, L Tipi (5x5 Matris) Risk Analiz Yöntemi ve Fine Kinney Yöntemi ile Yapı Makinalarında Risk
- [21] Özkılıç Ö, 2014, Risk Değerlendirmesi, Tisk Yayın No: 338, Ankara, 106 (s. 182-184). Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu ProQuest Dissertations & Theses Global, Petrokimya endüstrisinde çevresel güvenlik önlemleri
- [22] Chunbing Bao, Jianping Li, Dengsheng Wu, 2022, "Risk Matrix" Kitabı “Different types of risk matrices and typical applications” Bölümü, Sayfa 13-26
- [23] Asude Ateş, Bayise Kavaklı Vatansever, “Ar-Ge kuruluşunda kimyasal maddelerin sınıflandırılması, etiketlenmesi, ambalajlanması, depolanması, taşınması ve oluşan kimyasal atıkların bertarafı”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 2018
- [24] Peiyue Li, D. Karunanidhi, T. Subramani, K. Srinivasamoorthy, 2021, "Sources and Consequences of Groundwater Contamination", Archives of Environmental Contamination and Toxicology Dergisi, Cilt 80, Sayfa 1-10
- [25] Alan Brown, 2021, “Toxic Emissions From Chemical Fires”, Environmental Science and Technology Dergisi, Cilt 55, Sayı 2, Sayfa 805-810
- [26] Vural Ç, 2018, “Çevresel Güvenliğin Gelişimi”, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, Cilt 6, Sayı 1, Sayfa 20 - 38
- [27] Yiğit Avdan Z, 2020, Çevre Sağlığı ve Güvenliği, Anadolu Üniversitesi Ders Kitabı
- [28] Ning Zhang, Yunfei Qi, Yana Zhang, Jialiang Luo, Ping Cui, Wei Jiang, 2020, “A Review on Oil/Water Mixture Separation Material”, Industrial & Engineering Chemistry Research Dergisi, Cilt 59, Sayı 33, Sayfa 546-568

- [29] Hüseyin Altundağ , Mustafa Koçak, 2021, Tersanelerde yangın güvenliği ve risk analizi, , Dirençlilik Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, Sayfa 245-263
- [30] Atıkların düzenli depolanmasına dair yönetmelik, T.C. Resmî Gazete, Sayı:27533, 26 Mart 2010
- [31] Chunbing Bao, Jianping Li, Dengsheng Wu, 2022, "Risk Matrix Design Assessment: Criteria and Quantitative Indicators", Risk Matrix Kitabı, Sayfa 89-114
- [32] Hatice Ölçücü Şensoy, İrem Ersöz Kaya, 2019, “Tehlikeli Atık Bertaraf Tesislerinde Karşılaştırmalı Risk Analizi ve Biyolojik Faktörler Açısından Risk Değerlendirmesi”, Araştırma Makalesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı 17
- [33] Atık Yönetimi Yönetmeliği, T.C. Resmî Gazete, 29314, 2 Nisan 2015
- [34] Metin Bayram, Mustafa Cahid Ünğan, 2016, “Çevre ve İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemlerine Yatırım Yapan Firmalarda Çalışan Memnuniyeti Tutumlarının İncelenmesi”, İşletme Bilimi Dergisi, Cilt 4, Sayı 2
- [35] Feyza Dereli, Belgin Yıldırım, 2023, “Afetlerde Çevre Sağlığı”, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 2
- [36] Mustafa Özgür Keskin, Osman Doğan, Serkan Ersoy, 2020, “Metalik Bir Yeraltı Maden İşletmesi, Cevher Çıkarma, Üretim ve Nakliyat Aşamalarında Risk Değerlendirmesi”, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 2
- [37] Ali Koltan, Turgay Karaçay, Mehmet Kurt, 2010, “Risk Değerlendirmede Kullanılan L Tipi Karar Matrisi Yönteminin İşçi Sağlığı Uygunluğunun Değerlendirilmesi”, Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, Cilt 17, Sayı 65
- [38] Şükran Yemişçioglu, Zuhal Şimşek, 2023, “L Tipi Matris Yöntemi ile Bir Öğrenci Yurdunun Yangın Riski Açısından Değerlendirilmesi”, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 12, Sayı 2
- [39] Özgün Vatansever, Hacı Ahmet Kırtas, Tolga Barışık, 2021, “Bleve Temelli Kaza Etkilerinin Değerlendirilmesi”, Dirençlilik Dergisi, Cilt 5, Sayı 2
- [40] Cansu Esen, 2017, “Diels-Alder Siklo Katılma Reaksiyonları ile Sentetik Poliesterlerin Ana Zincirinin Fonksiyonlandırılması”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı, Tez No: 455365
- [41] Ayşenur Gül, 2012, “Karbon Nanofiber İlave Edilmiş Mezofaz Zift Bazlı Karbon Köpüğün Hazırlanması ve Karakterizasyonu”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İleri Teknolojiler Ana Bilim Dalı, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bilim Dalı, Tez No: 323829
- [42] Gökhan Yıldırım, 2013, “Nano-Gözenekli Malzemelerin Üretimi ve Karakterizasyonu”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tez No: 336420
- [43] Emine Gerçek Öter, 2023, “Afet ve Acil Durumlara Müdahale Kapsamında Destek Personelinin Hazır Oluşluğunun Artırılması”, Afet ve Risk Dergisi, Cilt 6, Sayı 1

- [44] Kumru Karaca, 2020, “Kimyasalların Üretimi, Depolanması ve Taşınmasında İş Sağlığı ve Güvenliği”, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, Tez No: 621997
- [45] Ayşe Nur Dalman, 2017, “Akaryakıt Tankları için Stok Yönetimi ve Sızıntı Tespit Sistemi”, Yeditepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tez No: 486634
- [46] Rojhat Genç, 2014, “Endüstriyel Tesislerde Ortaya Çıkabilecek Yangın Risklerinin Kocaeli İli Örneğinde Değerlendirilmesi”, Elektronik Mesleki Gelişim ve Araştırma Dergisi, Cilt 2, Özel Sayı
- [47] Hatice Şimşek, 2020, “Endüstriyel İşlerde Yangın Sistemlerinin İş Sağlığı ve Güvenliğinde Yeri ve Önemi”, İSG Akademik, Cilt 2, Sayı 1
- [48] Er A., Bozdağ O., 2020, “Petrol ve Petrol Ürünlerinin Güvenli Depolanması”, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 3, Sayı 2, Sayfa 170-179
- [49] Doregar Zavareh R., Dana T., Roayaei E., Monavari S.M., Jozi S.A., 2022, “The Environmental Risk Assessment of Fire and Explosion in Storage Tanks of Petroleum Products”, Sustainability, Cilt 14, Sayı 17, Makale No:10747
- [50] Tuba Kabakulak, 2019, “Bir Tekstil İşletmesinde Risk Değerlendirme Uygulaması: 5x5 Matris ve HAZOP”, Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi, Cilt 3, Sayı 2, Sayfa 97-111
- [51] Özgür Akkoyun, Gürbet Ekinci, 2021, “Farklı İSG-RİSK değerlendirme yöntemlerinin bir yeraltı maden işletmesinde karşılaştırmalı uygulanması ve yöntem önerisi”, Madencilik (Bilimsel Madencilik Dergisi), Cilt 60, Sayı 4, Sayfa 219-226

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mustafa ÇAKIROĞLU

ÖĞRENİM DURUMU :

- **Lisans** : 2014, Anadolu Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme
- **Yükseklisans** : 2025, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yangın ve Yangın Güvenliği (Tezli)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER :

- 2009 Yılından bu yana Hava Kuvvetleri Komutanlığında Yangın Astsubayı olarak görev yapmaktadır.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER :

- Dündar M.Ş., Çakiroğlu M. 2025. Petrokimya Endüstrisinde Kimyasal Atık Yönetimi Süreçlerinde L Matris Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi: Kimyasal Maddelerin Çevresel Etkileri ve Güvenlik Önlemleri. 2. Uluslararası Thales Fen, Mühendislik, Mimarlık ve Matematik Kongresi.