KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

TEHLİKELİ MADDE ÜRETİM VE DEPOLAMA TESİSLERİNİN MEKÂNSAL KÜMELENMESİ VE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: BULANIK SWARA VE COCOSO YAKLAŞIMI- İSTANBUL ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RESUL HARMAN

DANIŞMAN
DOÇ. DR. YILMAZ DELİCE



2026

T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

TEHLİKELİ MADDE ÜRETİM VE DEPOLAMA TESİSLERİNİN MEKÂNSAL KÜMELENMESİ VE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: BULANIK SWARA VE COCOSO YAKLAŞIMI- İSTANBUL ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Hazırlayan
Resul HARMAN

Danışman
Doç. Dr. Yılmaz DELİCE

Jüri Üyeleri
1. Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN
2. Doç. Dr. Yılmaz DELİCE
3. Dr. Öğr. Üyesi Ayhan DURAK

Nisan 2026
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Resul HARMAN

İmza

	TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU	Doküman No	FR-287
		İlk Yayın Tarihi	8/02/2022
		Revizyon Tarihi	-
		Revizyon No	0
		Sayfa No	ii/1

T.C.
Kayseri Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Anabilim Dalı : Uluslararası Ticaret ve Lojistik
Program Adı : Yüksek Lisans Tezi
Tez Başlığı : Tehlikeli Madde Üretim ve Depolama Tesislerinin Kümeleme Yöntemi ile Analizi ve Depo Yeri Seçimi

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının a) Giriş, b) Ana bölümler ve c) Sonuç kısımlarından oluşan (Kapak, Önsöz, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) toplam 98 sayfalık kısmına ilişkin 14/04/2026 tarihinde ***Turnitin*** intihal programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranı**: % 10'**dur.

Uygulanan filtrelemeler:

1- Giriş dahil
2- Ana Bölümler dahil
3- Sonuç dahil
4- Alıntılar dahil
5- Kapak hariç
6- Önsöz ve Teşekkür hariç
7- İçindekiler hariç
8- Kaynakça hariç
9- Özet hariç
10- Yedi (7) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Önerisi Hazırlama, Tez Yazma ve Teslim Yönergesini inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim. 28/04/2026

Danışman	Öğrenci
Doç. Dr. Yılmaz DELİCE	Resul HARMAN
İmza	İmza

KILAVUZA UYGUNLUK

"Tehlikeli Madde Üretim ve Depolama Tesislerinin Kümeleme Yöntemi ile Analizi ve Depo Yeri Seçimi" başlıklı Yüksek Lisans Tezi, Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna Uygun Olarak Hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan	**Tez Danışmanı**
Resul HARMAN	Doç. Dr. Yılmaz DELİCE
İmza	İmza

Uluslararası Ticaret ve Lojistik ABD Başkanı

Prof. Dr. Tuncay ÇELİK

İmza

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Doç. Dr. Yılmaz Delice danışmanlığında Resul HARMAN tarafından hazırlanan "Tehlikeli Madde Üretim ve Depolama Tesislerinin Kümeleme Yöntemi ile Analizi ve Depo Yeri Seçimi" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

10/04/2026

JÜRİ:

Danışman	**: Doç. Dr. Yılmaz DELİCE**	İmza
Üye	**: Prof. Dr. Emel KIZILKAYA AYDOĞAN**	İmza
Üye	**: Dr. Öğr. Üyesi Ayhan DURAK**	İmza

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ……...…… tarih ve …… sayılı kararı ile onaylanmıştır.

……. /……../ ……

Doç. Dr. Ahmet TERZİ

İmza

Enstitü Müdürü

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında bilgi, tecrübe ve yol gösterici katkılarıyla bana rehberlik eden danışmanım Doç. Dr. Yılmaz DELİCE'ye; akademik gelişimime katkı sağlayan değerli hocalarıma ve desteklerini her zaman hissettiğim kıymetli öğretim üyelerine içten teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her koşulda yanımda olan ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan sevgili annem Arife HARMAN'a sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, üzerimde büyük emeği bulunan, bugünlere gelmemde önemli pay sahibi olan ve hatırası ile her zaman yoluma ışık tutan merhum babam Bekir HARMAN'ı rahmet ve özlemle anıyorum.

Resul HARMAN, Kayseri, Nisan 2026

TEHLİKELİ MADDE ÜRETİM VE DEPOLAMA TESİSLERİNİN MEKÂNSAL KÜMELENMESİ VE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: BULANIK SWARA VE COCOSO YAKLAŞIMI- İSTANBUL ÖRNEĞİ

Resul HARMAN

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2026

Danışman: Doç. Dr. Yılmaz DELİCE

ÖZET

Bu çalışma, İstanbul il sınırları içerisindeki tehlikeli madde depo ve tesislerinin mekânsal dağılımını inceleyerek, bu tesislerin afet riski ve depo yeri seçimi kriterleri ile ilişkisini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Tehlikeli madde ile ilişkili tesislere ait firma bilgileri ve NACE kodları İstanbul Sanayi Odası ve İstanbul Ticaret Odası kayıtlarından temin edilmiş; tesis konumları Google Earth aracılığıyla doğrulanarak enlem–boylam koordinatları elde edilmiştir. Elde edilen veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Quantum GIS (QGIS) yazılımı kullanılarak haritalandırılmış ve OpenStreetMap altlık haritası üzerinde görselleştirilmiştir. İstanbul ilçeleri; tehlikeli madde tesis türleri, nüfus yoğunluğu ve deprem riski değişkenleri dikkate alınarak hiyerarşik kümeleme analizi ile sınıflandırılmıştır. Veriler normalizasyon işlemine tabi tutulmuş, ilçeler arasındaki benzerlikler Öklid uzaklığı ile hesaplanmış ve Elbow yöntemi ile Davies–Bouldin indeksi (DBI) kullanılarak optimum küme sayısı belirlenmiştir. Bulgular, İstanbul'da tehlikeli madde riskinin tesis yoğunluğu ile birlikte nüfus ve afet etkilenebilirliği üzerinden farklılaştığını ortaya koymuştur. Çalışmanın son aşamasında, tehlikeli madde depo yeri seçimine ilişkin kriterlerin önem ağırlıkları Bulanık SWARA yöntemiyle belirlenmiş, ulaşım ve taşımacılık erişimi, pazar ve lojistik ağlara yakınlık ile afet ve güvenlik riskleri kriterlerinin öncelikli olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak alternatifler COCOSO yöntemi ile değerlendirilmiş ve en uygun depo yeri alternatiflerinin sıralaması belirlenmiştir. Bu yönüyle çalışma, mekânsal analiz, kümeleme ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerini bütünleştirerek tehlikeli madde yönetimi için karar vericilere bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tehlikeli Madde Depoları, Kümeleme Analizi, Bulanık SWARA, COCOSO, Yer Seçimi

SPATIAL CLUSTERING AND PRIORITIZATION OF HAZARDOUS MATERIAL PRODUCTION AND STORAGE FACILITIES: A FUZZY SWARA AND COCOSO APPROACH – THE CASE OF ISTANBUL

Resul HARMAN

Kayseri University Institute of Graduate Education

Master Thesis, April 2026

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Yılmaz DELİCE

ABSTRACT

This study analyzes the spatial distribution of hazardous material storage and facility sites in Istanbul and examines their relationship with disaster risk and site selection criteria. Data on hazardous material facilities, including firm information and NACE codes, were obtained from the Istanbul Chamber of Industry and the Istanbul Chamber of Commerce. Facility locations were verified via Google Earth and mapped using GIS-based QGIS software on an OpenStreetMap base map. Districts were classified through hierarchical clustering analysis based on facility types, population density, and earthquake risk. The data were normalized, similarities were calculated using Euclidean distance, and the optimal number of clusters was determined using the Elbow method and the Davies–Bouldin Index (DBI). The findings indicate that hazardous material risk in Istanbul varies depending on both facility density and population vulnerability. In the final stage, criterion weights for site selection were determined using the Fuzzy SWARA method, revealing that transportation accessibility, proximity to logistics networks, and safety risks are the most critical factors. Based on these weights, alternatives were evaluated using the COCOSO method, and the most suitable site alternatives were ranked. Overall, the study integrates spatial analysis, clustering, and multi-criteria decision-making (MCDM) methods to provide a comprehensive decision-support framework for hazardous material management.

Keywords: Hazardous Material Storage, Clustering Analysis, Fuzzy SWARA, COCOSO, Site Selection

İÇİNDEKİLER

TEHLİKELİ MADDE ÜRETİM VE DEPOLAMA TESİSLERİNİN MEKÂNSAL KÜMELENMESİ VE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ: BULANIK SWARA VE COCOSO YAKLAŞIMI- İSTANBUL ÖRNEĞİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU ii
KILAVUZA UYGUNLUK iii
KABUL VE ONAY TUTANAĞI iv
ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xi
TABLOLAR LİSTESİ xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ xv
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

1.1. Tehlikeli Maddelerin Tanımı ve Özellikleri 4
1.2. Tehlikeli Madde Türleri 5
1.2.1. Patlayıcılar 5
1.2.2. Gazlar 6
1.2.3. Yanıcı Sıvılar 7
1.2.4. Alevlenir Katılar 8
1.2.5. Oksitleyici Maddeler 8
1.2.6. Zehirli ve Bulaşıcı Maddeler 9
1.2.7. Radyoaktif Maddeler 10
1.2.8. Aşındırıcı Maddeler 11

1.2.9. Diğer Tehlikeli Maddeler 12
1.3. ADR Sınıf Etiketleri 12
1.4. Tehlikeli Maddelerin Taşıdığı Riskler 15
1.4.1. Endüstriyel Kazalar 16
1.5. Tehlikeli Madde Üretim ve Depolama Tesisleri 18
1.6. Tehlikeli Madde Depolama Yöntemleri ve Özellikleri 20
1.7. Üretim Süreci ve Ortaya Çıkan Riskler 22
1.8. Depo ve Üretim Tesislerinin Yer Seçimi Kriterleri 23
1.9. Tehlikeli Madde Lojistiği ve Risk Yönetimi 24
1.9.1. Risk Yönetimi İlkeleri 26
1.9.2. Lojistik Süreçlerde Risk Bölgesi Analizi 27
1.10. Türkiye'de Afet Yönetimi 28
1.10.1. Afet Risk Azaltma Stratejileri 31
1.11. İstanbul İl Afet Risk Azaltma Çalışmaları 33
1.11.1. İstanbul İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP) 37
1.11.2. İstanbul Sismik Mikro-Bölgeleme Raporu 39
1.12. Literatür Değerlendirmesi 40

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM, RAPOR VE VERİLER

2.1. Lojistikte Coğrafi Bilgi Sistemleri 44
2.2. QGIS ve Kullanım Alanları 45
2.2.1. QGIS ile Tehlikeli Madde Yönetimi 45
2.2.2. Veri Analiz Süreci 46
2.2.3. Veri İşleme ve Haritalandırma 47
2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri 48
2.3.1. Bulanık SWARA Yöntemi 49
2.3.2. Cocoso Yöntemi 50
2.4. Kümeleme Yöntemleri ve Uygulama Alanları 51
2.4.1. Hiyerarşik Kümeleme 52
2.4.3. Hiyerarşik Olmayan Kümeleme 52
2.4.4. Elbow Yöntemi 53
2.4.5. Davies–Bouldin İndeksi 54

2.4.6. Öklid Uzaklığı 55
2.5. Coğrafi Veri ile Kümeleme Uygulamaları 56
2.8. Diğer Coğrafi ve Demografik Veriler 57
2.8.1. NACE Kodları 59

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA VE BULGULAR

3.1. QGIS Tabanlı Veri Katmanlarının Oluşturulması ve Mekânsal Görselleştirme 61
3.2. Kümeleme Analizleri 64
3.2.1. Küme Sayısının Belirlenmesi 65
3.2.2. Kümeleme Analizi Bulguları 68
3.2.3. Kümeleme Analizi ile Mekansal Dağılım Sonuçlarının Karşılaştırılması 70
3.3. Bulanık SWARA ile Depo Yeri Seçimi Kriter Belirleme 72
3.4. Tehlikeli Madde Depo Yeri Seçimi Kriterlerinin Değerlendirilmesine Yönelik Model Önerisi 73
3.5. Bulanık Swara ile Uygulama 77
3.6. Nihai Ağırlıklar ve Kriter Sıralaması 86
3.7. Bulanık SWARA ve COCOSO Yöntemleri ile Alternatif Yer Seçiminin Analizi 88

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

KAYNAKÇA 100
EKLER 113
TEZ İNTİHAL RAPORU 120
ETİK KURUL ONAYI 123
ÖZGEÇMİŞ 124

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simgeler

°C : Santigrat

°F : Fahrenhayt

Kısaltmalar

AB : Avrupa Birliği

ADR : Tehlikeli Malların Karayolu ile Taşınmasına İlişkin Avrupa Anlaşması

AFAD : Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

AHP : Analitik Hiyerarşi Süreci

AKOM : İstanbul Büyükşehir Belediyesi Afet ve Koordinasyon Merkezi

AKUP : Arazi Kullanım Planlaması

ANP : Analitik Ağ Süreci

BM-AEK : Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu

CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi

CSB : ABD Kimyasal Güvenlik Kurulu

ÇKKV : Çok Kriterli Karar Verme

DBI : Davies Bouldin İndeksi

GBF : Güvenlik Bilgi Formu

GPS : Küresel Konumlandırma Sistemi

IBC : Orta Ölçekli Dökme Kap

İAMP : İstanbul İl Afet Müdahale Planı

İBB : İstanbul Büyükşehir Belediyesi

İRAP : İl Afet Risk Azaltma Planları

JICA : Japon Uluslararası İş Birliği Ajansı

KG : Kilogram

LD : Öldürücü Doz

MG : Miligram

NACE : Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması

NFPA : Yanıcı ve Parlayıcı Sıvılar Standardı

OTIF : Uluslararası Demiryolu Taşımacılığı Hükûmetlerarası Örgütü

PDF : Taşınabilir Belge Formatı

PNG : Taşınabilir Ağ Grafikleri

PSİA	: Basınç Birimi
QGIS	: Quantum Coğrafi Bilgi Sistemi
RID	: Demiryolu ile Tehlikeli Malların Uluslararası Taşınmasına İlişkin Düzenleme
STK	: Sivil Toplum Kuruluşu
TAMP	: Türkiye Afet Müdahale Planı
TARAP	: Türkiye Afet Risk Azaltma Planı
TMGD	: Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanı
U-ETDS	: Ulaştırma Elektronik Takip ve Denetim Sistemi
WCSS	: Küme İçi Hata Kareler Toplamı

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Tehlikeli maddelerin paketleme gruplarına göre toksisite kriterleri 10
Tablo 1.2. Tehlikeli maddelerin sınıflandırılması ve etiketleri 13
Tablo 1.3. Olasılık ve etki düzeyine göre ilk 10 küresel risk 28
Tablo 2.1. Tehlikeli madde ile ilişkili tesislere ait firma bilgileri ve NACE kodları 57
Tablo 3.1. Veri seti matrisi 65
Tablo 3.2. İstanbul ilçeleri hiyerarşik kümeleme tablosu 68
Tablo 3.3. Bulanık SWARA için üçgen bulanık rakamları 73
Tablo 3.4. Görüşmeye katılan uzmanların demografik ve mesleki özellikleri 74
Tablo 3.5. Ana ve alt kriterlere ait kısaltmalar 76
Tablo 3.6. Karar vericilerin bulanık dilsel ifade ile değerlendirmeleri ve sıralanması ... 77
Tablo 3.7. Ana kriterlere ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri 79
Tablo 3.8. Ulaşım ve taşımacılık erişimi alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri 79
Tablo 3.9. Pazar ve lojistik ağa yakınlık alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri . 79
Tablo 3.10. Yerleşim ve çevresel faktörler alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri 80
Tablo 3.11. Acil durum ve tahliye alt yapısı alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri 80
Tablo 3.12. Afet ve güvenlik riskleri alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri 80
Tablo 3.13. Teknik altyapı ve maliyet alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri 80
Tablo 3.14. Tüm karar vericilerin ana kriterlere ait önem ağırlıkları 82
Tablo 3.15. Tüm karar vericilerin ulaşım ve taşımacılık erişimi kriterine ait önem ağırlıkları 82
Tablo 3.16. Tüm karar pazar ve lojistik ağa yakınlık kriterine ait önem ağırlıkları 82
Tablo 3.17. Tüm karar vericilerin yerleşim ve çevresel faktörler kriterine ait önem ağırlıkları 83
Tablo 3.18. Tüm karar vericilerin acil durum tahliye kriterine ait önem ağırlıkları 83
Tablo 3.19. Tüm karar vericilerin aft ve güvenlik riskleri kriterine ait önem ağırlıkları 83
Tablo 3.20. Tüm karar vericilerin teknik alt yapı ve maliyet kriterine ait önem ağırlıkları 83
Tablo 3.21. Nihai sonuçlar 84

Tablo 3.22. Ana kriterlerin ve alt kriterlerinin bulanık SWARA sonucu ağırlıkları ve puanları.....86
Tablo 3.23. Alt kriterlerin bulanık SWARA sonucu önem sıraları ve puanları.....87
Tablo 3.24. Alternatifler ve kriterlere ait karar matrisi.....92
Tablo 3.25. Normalize edilmiş karar matrisi ve kriter ağırlıkları.....92
Tablo 3.26. S_i ve P_i değerleri.....93
Tablo 3.27. COCOSO yöntemi ile alternatiflerin nihai sıralaması.....93

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Türkiye'de seveso direktifi gelişimi 17
Şekil 1.2. Tehlikeli madde depolama matrisi 22
Şekil 3.1. QGIS ortamında tehlikeli madde depo ve tesislerine ait noktasal verilerin yüklenmesi 61
Şekil 3.2. Tehlikeli madde depo ve tesislerinin OpenStreetMap altlık haritası üzerinde gösterimi 63
Şekil 3.3. Tehlikeli madde depo ve tesislerine ait nokta katmanının semboloji ayarları gösterimi 63
Şekil 3.4. Tehlikeli madde depo ve tesislerinin QGIS düzen (layout) ortamında oluşturulan harita çıktısı 64
Şekil 3.5. İstanbul ilçeleri kümele dendrogramı 66
Şekil 3.6. İstanbul ilçeleri kümele grafiği 67
Şekil 3.7. Bulanık Swara uygulama aşamaları 76

GİRİŞ

Sanayileşme, kentleşme ve lojistik faaliyetlerin artışıyla birlikte tehlikeli maddelerin üretimi, depolanması ve taşınması hem ekonomik hem de toplumsal açıdan stratejik bir önem kazanmıştır. Ancak bu faaliyetler, yanlış planlama ve yetersiz risk yönetimi durumunda ciddi çevresel, ekonomik ve insani kayıplara yol açabilmektedir. Özellikle büyük metropollerde tehlikeli madde depo ve tesislerinin yer seçimi, yalnızca lojistik verimlilik açısından değil; aynı zamanda afet riski, nüfus yoğunluğu ve çevresel etkiler açısından da kritik bir karar problemi hâline gelmiştir.

Türkiye'nin en büyük metropolü olan İstanbul; yüksek nüfus yoğunluğu, gelişmiş sanayi altyapısı, yoğun lojistik ağları ve aktif fay hatlarına yakınlığı nedeniyle tehlikeli madde kaynaklı risklerin en yoğun hissedildiği kentlerden biridir. Kimya, enerji, depolama ve atık bertaraf gibi tehlikeli madde ile ilişkili faaliyetlerin belirli ilçelerde yoğunlaşması, olası bir endüstriyel kaza veya doğal afet durumunda riskin mekânsal olarak katlanarak artmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, tehlikeli madde depo ve tesislerinin mevcut durumunun mekânsal olarak analiz edilmesi ve risk temelli bir bakış açısıyla değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Son yıllarda CBS, mekânsal verilerin analiz edilmesi ve karmaşık risk yapılarının görselleştirilmesi açısından güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. CBS tabanlı analizler sayesinde tehlikeli madde tesislerinin konumsal dağılımları, nüfus ve afet riskleriyle birlikte değerlendirilebilmekte; bu da karar vericilere daha bütüncül ve veri temelli bir bakış açısı sunmaktadır. Bununla birlikte, mekânsal analizlerin tek başına yeterli olmadığı; çok sayıda kriterin birlikte değerlendirilmesini gerektiren depo yeri seçimi problemlerinde ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasının gerekli olduğu görülmektedir.

Bu bağlamda, kümeleme analizi ve Bulanık SWARA gibi yöntemler hem mevcut risk yapısının sınıflandırılmasında hem de depo yeri seçimine ilişkin kriterlerin göreli önemlerinin belirlenmesinde etkin araçlar sunmaktadır. Kümeleme analizi, ilçeler arasındaki benzerlikleri ortaya koyarak risk profillerinin belirlenmesini sağlarken;

Bulanık SWARA yöntemi, uzman görüşlerini belirsizlikleri de dikkate alarak karar sürecine dâhil etmektedir. Bu yöntemlerin birlikte kullanılması, tehlikeli madde yönetimi ve depo yeri seçimi süreçlerinde daha güvenilir ve uygulanabilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.

Bu çalışma, İstanbul il sınırları içerisinde bulunan tehlikeli madde depo ve tesislerinin mekânsal dağılımını CBS tabanlı analizler ile incelemekte; ilçeleri tehlikeli madde tesis yoğunluğu, nüfus yoğunluğu ve deprem riski değişkenleri doğrultusunda kümeleme analizi ile sınıflandırmaktadır. Ayrıca, tehlikeli madde depo yeri seçimine ilişkin kriterlerin önem ağırlıkları Bulanık SWARA yöntemi kullanılarak belirlenmektedir. Elde edilen bu kriter ağırlıkları, alternatiflerin performanslarının değerlendirilmesi ve en uygun depo yeri seçiminin yapılabilmesi amacıyla COCOSO yöntemi ile analiz edilerek nihai sıralama sonuçlarına dönüştürülmektedir. Çalışmanın temel amacı, mekânsal analiz, kümeleme ve ÇKKV yöntemlerini bütünleştirerek İstanbul özelinde risk temelli ve karar destek odaklı bir değerlendirme çerçevesi sunmaktır.

Bu yönüyle çalışma, tehlikeli madde yönetimi, afet risk azaltma ve lojistik planlama alanlarında hem akademik literatüre katkı sağlamayı hem de yerel yönetimler ve ilgili kurumlar için uygulanabilir politika ve planlama önerilerine temel oluşturmayı hedeflemektedir.

Birinci bölümde, tehlikeli maddelere ilişkin kavramsal çerçeve oluşturulmuş ve konuya ilişkin literatür ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Bu kapsamda tehlikeli maddelerin tanımı, sınıflandırılması ve özellikleri ele alınmış; ADR tehlikeli sınıf etiketleri, tehlikeli maddelerin taşıdığı riskler ve endüstriyel kazalar açıklanmıştır. Ayrıca tehlikeli madde üretim ve depo tesisleri, depolama yöntemleri, üretim sürecinde ortaya çıkan riskler ile depo ve üretim tesislerinin yer seçimine ilişkin kriterler değerlendirilmiştir. Bölümün sonunda, tehlikeli madde lojistiği ve risk yönetimi yaklaşımları ele alınarak mevcut literatür değerlendirilmiş ve araştırma boşluğu ortaya konulmuştur.

İkinci bölümde, çalışmada kullanılan yöntemler ve veri kaynakları açıklanmıştır. Bu bölümde öncelikle lojistikte CBS kullanımı ve QGIS yazılımının uygulama alanları ele alınmış; veri analiz süreci, veri işleme ve haritalandırma adımları açıklanmıştır. Ardından ÇKKV yöntemleri kapsamında SWARA ve Bulanık SWARA yöntemleri tanıtılmış; kümeleme yöntemleri, küme sayısının belirlenmesine yönelik yaklaşımlar ve uzaklık

ölçütleri açıklanmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan coğrafi ve demografik veriler bu bölümde sunulmuştur.

Üçüncü bölümde, çalışmanın uygulama süreci ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Bu kapsamda QGIS ortamında oluşturulan veri katmanları açıklanmış; tehlikeli madde tesis yoğunluğu, nüfus yoğunluğu ve deprem riski değişkenleri kullanılarak gerçekleştirilen kümeleme analizleri sunulmuştur. Küme sayısının belirlenmesi ve kümeleme analizi sonuçları değerlendirilmiş; ilçelerin risk profilleri ortaya konulmuştur. Ayrıca tehlikeli madde depo yeri seçimine yönelik kriterler belirlenerek bir model önerisi geliştirilmiştir. Bu kapsamda uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiş olan kriterler Bulanık SWARA yöntemi ile analiz edilmiş, kriter ağırlıkları hesaplanmış ve bu ağırlıklar COCOSO yöntemi ile değerlendirilerek alternatiflerin nihai sıralamaları elde edilmiştir.

Dördüncü ve son bölümde ise çalışmadan elde edilen genel sonuçlar özetlenmiş, bulgular literatür ışığında değerlendirilmiş ve çalışmanın tehlikeli madde yönetimi, afet risk azaltma ve lojistik planlama açısından sağladığı katkılar ortaya konulmuştur. Ayrıca çalışmanın sınırlılıkları belirtilmiş ve gelecekte yapılabilecek araştırmalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR

1.1. Tehlikeli Maddelerin Tanımı ve Özellikleri

Tehlikeli maddeler, literatürde farklı şekillerde tanımlanmakla birlikte, en kapsamlı tanımlardan biri Erkut vd. (2007, s. 539–540) tarafından yapılmıştır. Erkut vd., tehlikeli maddeleri "kimyasal, fiziksel veya biyolojik özellikleri nedeniyle, elleçleme, depolama veya taşınma süreçlerinde insan sağlığına, güvenliğe, mülkiyete ya da çevreye potansiyel risk oluşturan maddeler ya da materyaller" olarak ifade etmektedirler.

Tehlikeli maddeler, sanayinin neredeyse tüm kollarında ürün döngüsü içerisinde hammadde, yardımcı madde, nihai ürün veya atık olarak karşımıza çıkmaktadır. İşletmelerin lojistik süreçlerinde ve tedarik zinciri yapılarında doğrudan ya da dolaylı şekilde yer alabilen bu maddeler, günümüzde özellikle kimya, petrol, sağlık gibi birçok sektörde yoğun olarak kullanılmaktadır. Tehlikeli maddelerin bu denli yaygın kullanımı, aynı zamanda tehlikeli maddelerin depolanması, taşınması ve yer değiştirilmesine olan ihtiyacı artırmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak, canlılar ve çevre üzerinde onarılması güç etkiler bırakan büyük kazalar meydana gelmiş ve uzun yıllar süren kalıcı kirlilik sorunları ortaya çıkmıştır (Boyacı & Gencer, 2021, s. 15). Bu tanımlar, tehlikeli maddelerin yalnızca içerik ve yapılarına değil, aynı zamanda kullanım, depolama ve taşınma koşullarına bağlı olarak doğurabilecekleri risklere de dikkat çekmektedir. Dolayısıyla bu tanımlar, tehlikeli maddelerin yönetiminde çok boyutlu bir risk değerlendirmesinin zorunlu olduğunu vurgulamaktadır.

ADR Sözleşmesi, tehlikeli maddelerin taşınması sırasında uluslararası düzeyde uyulması gereken kuralları belirleyen temel düzenlemelerden biridir. Bu sözleşmeye göre tehlikeli maddeler; yanıcı, patlayıcı, korozif, radyoaktif, toksik ve çevreye zararlı özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Böylece maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanan riskler, taşımacılık sürecinde ortaya çıkabilecek olası tehlikelere göre

tanımlanmakta ve uygun güvenlik önlemleri belirlenmektedir (ADR Book, 2018). İlgili özellikteki maddeler Tehlikeli Madde Türleri 1.2 başlığında detaylı şekilde açıklanacaktır. Türkiye, ADR'ye 22 Mart 2010 tarihinde taraf olmuş ve anlaşma 1 Ocak 2011 tarihi itibarıyla yürürlüğe girmiştir. Bu tarihten itibaren tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınmasına ilişkin tüm faaliyetler ADR kuralları çerçevesinde düzenlenmeye başlanmıştır.

1.2. Tehlikeli Madde Türleri

Kimyasal ve fiziksel yapıları ile oluşum özellikleri dikkate alındığında; elde edilmesi, işlenmesi, depolanması, paketlenmesi, kullanılması, bertaraf edilmesi ve taşınması süreçlerinde çevreye, insanlara, hayvanlara ve doğal hayata zarar verme potansiyeli bulunan tüm maddeler "tehlikeli madde" olarak tanımlanmaktadır. Bu tür maddeler, yapı ve özellikleri itibarıyla toplumun can ve mal güvenliğini tehlikeye sokabilmektedir. Katı, sıvı, gaz, buhar, toz veya bunların karışımları şeklinde bulunabilen tehlikeli maddeler; insan sağlığına, diğer canlılara ve çevreye risk oluşturdukları için özellikle taşıma ve depolama işlemleri sırasında özel güvenlik önlemleri gerektirmektedir. Nitekim, ADR kapsamında bu maddeler, özelliklerine göre dokuz ana sınıfta incelenmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2025).

- Patlayıcılar
- Gazlar
- Parlayıcı sıvılar
- Parlayıcı katılar
- Oksitleyici maddeler, organik peroksitler
- Zehirli ve enfeksiyöz maddeler
- Radyoaktif maddeler
- Korozif maddeler
- Diğer muhtelif maddelerdir (D-Ulaştırma, 2020).

1.2.1. Patlayıcılar

Tehlikeli maddeler sınıfında yer alan ilk grup, patlayıcılardır. Bu maddeler, yüksek ısı, kıvılcımlar, darbe veya çarpma gibi etkilere karşı son derece hassastır. Barut, mermi ve TNT gibi örneklerle tanınan bu maddeler, kendi içerisinde alt sınıflara ayrılır.

- **Sınıf 1.1**: Yüksek patlama riski taşıyan maddelerdir.

- **Sınıf 1.2**: Dolaylı olarak patlama riski bulunan maddelerdir.
- **Sınıf 1.3**: Yangın riski taşıyan maddelerdir.
- **Sınıf 1.4**: Patlama riski düşük, ancak ciddi sonuçlar doğurmayacak maddelerdir.
- **Sınıf 1.5**: Dış etkenlerden bağımsız olarak patlayabilen maddelerdir.
- **Sınıf 1.6**: Aşırı derecede duyarsız olan maddelerdir.

Bu sınıflar, tehlikeli maddelerin patlama riski seviyelerine göre sıralanır, en tehlikeli olan Sınıf 1.1'den en az tehlikeli olan Sınıf 1.4'e doğru. Patlayıcı maddelerin taşınması, İçişleri Bakanlığı'ndan izin alınmasını zorunlu kılar (Espinoza, 2024).

1.2.2. Gazlar

Gazlar, maddenin üç temel hâlinden birini oluşturmakta ve sıvılar ile katılarla birlikte doğanın en önemli yapı taşları arasında yer almaktadır. Bulundukları kabın tamamını doldurma özellikleri ve sıvılar ile katılara kıyasla daha düşük yoğunluklarıyla tanınan gazlar hem günlük yaşamda hem de evrenin farklı katmanlarında varlık göstermektedir. Soluduğumuz havadan yıldızların çekirdeklerinde gerçekleşen nükleer reaksiyonlara kadar geniş bir yelpazede bulunan bu maddeler, bilimsel araştırmalardan endüstriyel uygulamalara kadar pek çok alanda hayati bir rol oynamaktadır. Gazların esnek yapıları ve davranış biçimleri, onların hem gündelik yaşamdaki işlevselliklerini hem de evrenin işleyişindeki vazgeçilmez konumlarını ortaya koymaktadır (Ateş & Fandaklı, 2023, s. 27).

Normal sıcaklık ve basınç koşullarında gaz halde bulunan, ancak sıvılaştırılmış, derin dondurulmuş veya solvent içinde çözülmüş olarak da taşınabilen yanıcı, zehirli veya basınçlı gazlardan oluşan kimyasal maddelerdir. Sınıf 2, üç alt gruba ayrılmıştır:

- **Sınıf 2.1**: Yanıcı gazlar.
- **Sınıf 2.2**: Yanıcı olmayan, sıkıştırılmış gazlar.
- **Sınıf 2.3**: Zehirli gazlar.

Bu sınıfta yer alan bazı kimyasallar, örneğin karbondioksit, normal şartlarda tehlikeli sayılmasa da basınç altında taşınması veya depolanması durumunda risk oluşturabileceği için tehlikeli kabul edilir. Bu nedenle, bu tür gazların taşındığı tank veya tüp, potansiyel bir tehlike barındırdığından dolayı bu sınıfa dâhil edilmiştir (ADR Book, 2018).

1.2.3. Yanıcı Sıvılar

Yanıcı sıvılar, kapalı kap parlama noktası 100 °F'nin (37,8 °C) altında olan ve aynı sıcaklıkta buhar basıncı 40 psia'yı aşmayan sıvılar olarak tanımlanmaktadır. NFPA 30 (Flammable and Combustible Liquids Code) standardına göre bu sıvılar, parlama ve kaynama noktalarına göre alt sınıflara ayrılmaktadır:

- Sınıf I sıvılar, parlama noktası 100 °F'nin altında olan sıvıları kapsamaktadır.
    - Sınıf IA: Parlama noktası 73 °F'nin (22,8 °C) altında ve kaynama noktası 100 °F'nin altında olan sıvılar. Örn: Heptan, dietil eter, petrol eteri, pentan.
    - Sınıf IB: Parlama noktası 73 °F'nin altında, kaynama noktası ise 100 °F'nin üzerinde olan sıvılar. Örn: Aseton, izopropil alkol, toluen, etanol, siklohekzan.
    - Sınıf IC: Parlama noktası 73–100 °F arasında olan sıvılar. Örn: Terebentin, ksilen.

Parlayıcı (combustible) sıvılar ise, parlama noktası 100 °F (37,8 °C) ve üzerinde, ancak 200 °F'nin (93,3 °C) altında olan sıvılar olarak tanımlanmaktadır. Bunlar da kendi içinde sınıflandırılmaktadır:

- Sınıf II: Parlama noktası 100–140 °F arasında olan sıvılar. Örn: Dizel yakıtı, formaldehit, gazyağı.
- Sınıf III sıvılar, parlama noktası 140 °F ve üzerinde olan sıvılardır:
    - Sınıf IIIA: Parlama noktası 140–200 °F arasında olan sıvılar. Örn: Formaldehit, yağ bazlı boyalar, mineral yağ.
    - Sınıf IIIB: Parlama noktası 200 °F ve üzerinde olan sıvılar. Örn: Gliserin, benzil alkol, etilen glikol, bazı yağ bazlı boyalar.

Yanıcı ve parlayıcı sıvılar arasındaki bu ayrımın anlaşılması, süreç güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü herhangi bir sıvının parlama noktası ne olursa olsun, çalışma veya işlem sıcaklığı bu değerin üzerine çıktığında yanıcı buhar atmosferi oluşabilmektedir. Bu nedenle, süreçlerde kullanılan sıvıların sınıflandırması, uygun işletme sıcaklıklarının belirlenmesi, kazara tutuşmanın önlenmesi ve uygun elektrikli ekipmanların seçilmesi açısından kritik rol oynamaktadır (Stonehouse Process Safety, 2025).

1.2.4. Alevlenir Katılar

Alevlenir katılardır çabuk tutuşabilen katı maddeler, kendiliğinden tepkimeye giren maddeler, polimerleştirici maddeler ve duyarlılığı azaltılmış katı patlayıcıları kapsamaktadır.

Bir maddenin Sınıf 4.1 kategorisine girebilmesi için aşağıdaki özelliklerden birine sahip olması gerekmektedir:

- Çabuk tutuşabilir katı maddeler ve nesneler,
- Kendiliğinden tepkimeye giren katılar ve sıvılar,
- Duyarlılığı azaltılmış katı patlayıcılar,
- Kendiliğinden tepkimeye giren maddeler ile ilgili türev maddeler,
- Polimerleştirici maddeler.

Sınıf 4.1 maddelerinin kullanım alanları oldukça geniştir ve özellikle sanayi ve tarım sektörlerinde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Günlük yaşamda kullanılan kibrit, yapay gübre, şampuan ve ebonit üretiminde kullanılan sülfür bu sınıfa örnek gösterilebilecek maddelerdendir (Avrupa TMGD, 2019).

1.2.5. Oksitleyici Maddeler

Oksitleyiciler, kendi başlarına yanıcı veya parlayıcı olmamakla birlikte, oksidasyon reaksiyonları yoluyla diğer maddelerin yanmasını başlatan veya hızlandıran kimyasal bileşiklerdir. Reaksiyon şiddeti, ilgili bileşiğin oksidasyon-redüksiyon potansiyeline bağlıdır. Güçlü oksitleyiciler özellikle metaller, metal hidritler veya yanıcı organik çözücüler gibi kolay oksitlenebilen maddelerle temas ettiğinde yangın veya patlama riski oluşturur. Ayrıca bu maddelerin ısı, darbe veya sürtünmeye maruz kalması patlama potansiyelini artırmaktadır.

Oksitleyici maddeler oda sıcaklığında veya hafif ısıtıldığında kolayca ayrışarak ortama oksijen salabilirler. Oksijen konsantrasyonunun artması, yangın ve patlama ihtimalini ciddi ölçüde yükseltmektedir. Uyumsuz malzemelerle temas ettiklerinde farklı riskler ortaya çıkmaktadır. Bu etkiler; yangının daha hızlı gelişmesi ve yoğun yanması, normal şartlarda kolay yanmayan maddelerin tutuşmasının kolaylaşması ve yanıcı maddelerin tutuşturucu bir kaynak olmaksızın kendiliğinden tutuşması şeklinde sıralanabilir. Uyumsuz malzemeler arasında kâğıt, tahta, yanıcı veya parlayıcı kimyasallar, gres, mum, kumaş ve birçok plastik türü bulunmaktadır.

Oksitleyicilerin çeşitleri de farklı risk profillerine sahiptir. Örneğin, inorganik peroksitler suyla şiddetli reaksiyona girerek oksijen açığa çıkarırken, organik peroksitler kuru kristal halde son derece kararsız, reaktif ve yanıcıdır. Nitratlar, diğer maddelerin yanmasını hızlandırmakta ve yangın sırasında tahriş edici veya zehirli duman yayabilmektedir. Perkloratlar ise normal şartlarda kararlı olmalarına rağmen yanıcı maddelerle karıştıklarında patlayıcı özellik gösterebilmektedir.

Sağlık açısından değerlendirildiğinde, oksitleyiciler genellikle aşındırıcı özellik taşımakta ve insan sağlığı üzerinde ciddi etkiler yaratmaktadır. Cilt ile temas durumunda kızarıklık, tahriş ve yanıklara yol açabilirken; solunması boğazda tahriş, nefes darlığı, baş dönmesi ve ağır vakalarda akciğer ödemi veya ölüme sebep olabilmektedir. Yutulmaları halinde sindirim sisteminde kalıcı hasarlar oluşabilmektedir. Uzun süreli maruziyet, hematolojik ve nörolojik bozukluklara yol açabilmekte, ayrıca bazı oksitleyicilerin emilimi karaciğer ve böbrek hastalıkları ile kanser gelişimiyle ilişkilendirilmektedir.

Oksitleyici maddelerin güvenli şekilde elleçlenmesi ve kullanılması için işlemlerin iyi havalandırılan ortamlarda, tercihen davlumbaz altında gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Reaksiyonların yüksek derecede ekzotermik olma veya sıçrama/patlama riski taşıdığı durumlarda koruyucu güvenlik kalkanlarının kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, depolama sırasında uyumsuz maddelerden ayrı tutulmaları ve uygun kişisel koruyucu ekipmanla çalışılması, olası risklerin en aza indirilmesi açısından kritik önem taşımaktadır (University of Alberta, 2025).

1.2.6. Zehirli ve Bulaşıcı Maddeler

Zehirli maddeler, yutulmaları, solunmaları veya cilt teması yoluyla insanda ölüme, ciddi yaralanmalara ya da sağlık sorunlarına yol açabilen kimyasal bileşiklerdir. Bulaşıcı maddeler ise patojen içeren ya da patojen içerdiği makul şekilde tahmin edilen biyolojik materyaller olarak tanımlanmaktadır. Tehlikeli madde yönetmeliklerinde patojenler; bakteri, virüs, riketsiya, parazit ve mantar gibi mikroorganizmaların yanı sıra insan veya hayvanlarda hastalık oluşturabilen diğer biyolojik etkenleri de kapsamaktadır. Zehirli ve bulaşıcı maddeler, doğrudan temas veya maruziyet halinde insan ve hayvan sağlığı üzerinde ciddi tehditler barındırmaktadır. Bu nedenle söz konusu maddelerin taşınması, depolanması ve kullanımı, uluslararası anlaşmalar ve ulusal mevzuatlar çerçevesinde sıkı güvenlik prosedürlerine tabi tutulmuştur. Özellikle lojistik süreçlerde uygun paketleme,

ambalajlama, uyumluluk değerlendirmesi ve eğitim faaliyetleri, olası risklerin en aza indirilmesi bakımından kritik öneme sahiptir (Dangerous Goods International, 2019).

Tablo 1.1. *Tehlikeli maddelerin paketleme gruplarına göre toksisite kriterleri*

Paketleme Grubu	Oral LD_{50} (mg/kg)	Dermal LD_{50} (mg/kg)	Toz/Buhar Solunumu LC_{50} (mg/l)
I	≤ 5.0	≤ 50	≤ 0.2
II	> 5.0 ve ≤ 50	> 50 ve ≤ 200	> 0.2 ve ≤ 2.0
III	> 50 ve ≤ 300	> 200 ve ≤ 1000	> 2.0 ve ≤ 4.0

Kaynak: IMDG Code (2020).

Tehlikeli maddelerin paketleme grupları, maddelerin toksisite seviyelerine göre sınıflandırılmasını sağlar. Bu sınıflandırma, özellikle taşıma ve depolama sırasında güvenlik önlemlerinin düzeyini belirlemek açısından kritik öneme sahiptir. Tablo 1.1'de görüldüğü üzere, oral, dermal ve solunum yoluyla maruziyet değerleri, maddenin insan sağlığı üzerindeki olası etkilerini sayısal olarak ortaya koymaktadır. Paketleme Grubu I, en yüksek derecede toksik maddeleri içerirken, Grup III daha düşük toksisite seviyesine sahip maddeleri kapsamaktadır. Böylece paketleme grupları, tehlikeli maddelerle çalışırken uygulanması gereken koruyucu tedbirlerin şiddetini ve önceliğini belirleyen uluslararası kabul görmüş bir güvenlik standardı sunmaktadır.

1.2.7. Radyoaktif Maddeler

Radyoaktif maddeler, yüksek risk potansiyelleri nedeniyle olası bir kaza halinde hızlı ve etkin müdahale gerektiren tehlikeli madde grupları içerisinde değerlendirilmektedir (Erdoğan & Eraslan, 2021, s. 688). Radyoaktif maddelerin paketleme ve güvenli taşınmasına dair düzenlemelerde yer alan standartlar, müdahale gerektiren durumlara yönelik hazırlıkta kritik öneme sahiptir (Parlak, 2023, s. 90). Radyoaktif malzemelerden kaynaklanabilecek afetler ve bunlara ilişkin risk bilgileri, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından derlenmekte ve raporlanmaktadır (United Nations Office for Disaster Risk Reduction [UNDRR], 2025).

Radyoaktif kaynakların aktivite düzeyleri ve yol açabileceği deterministik etkiler, sınıflandırmanın temel kriterlerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, bu kaynakların kullanıldığı tesis ve uygulamalardaki çalışma koşulları, zırhlama sağlayan bir düzenek içerisinde bulunup bulunmadığı, taşınabilirliği, geçmiş kazalardan elde edilen deneyimler gibi uygulamaya özgü risk faktörleri de dikkate alınması gereken unsurlar arasında yer almaktadır. Bu çerçevede, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından radyoaktif

kaynaklar ve bunlarla yürütülen faaliyetler belirli ölçütler esas alınarak derecelendirilmiş ve beş farklı sınıfta tanımlanmıştır (Nükleer Düzenleme Kurumu, 2024). Radyoaktif atıklar, içeriklerindeki radyoaktivite düzeyine bağlı olarak düşük, orta ve yüksek seviyeli olmak üzere üç temel gruba ayrılmaktadır. Düşük seviyeli atıklar; hastaneler, laboratuvarlar, çeşitli endüstriyel faaliyetler ve nükleer santrallerin rutin işletim süreçleri sırasında ortaya çıkan materyallerden oluşmaktadır. Orta seviyeli atıklar, nispeten daha yüksek radyoaktiviteye sahip olup, güvenli taşınmaları ve depolanmaları için özel koruma kaplarına ihtiyaç duymaktadır. Yüksek seviyeli atıklar ise genellikle nükleer reaktörlerde kullanılan yakıt çubuklarından kaynaklanmakta olup, uzun dönemli radyolojik riskleri nedeniyle en tehlikeli atık kategorisini temsil etmektedir (Kaptan, 2000, s. 7).

1.2.8. Aşındırıcı Maddeler

Metaller, sahip oldukları yüksek mukavemet, elektrik ve ısı iletim özellikleri, şekillendirilebilirlikleri ve dayanıklılıkları sayesinde endüstriyel üretim süreçlerinde temel malzemelerden biri olarak kabul edilmektedir. Çelik, alüminyum, bakır, altın ve titanyum gibi metaller; yapısal mühendislik, inşaat, otomotiv, havacılık ve uzay sanayi, elektronik, enerji ve tıp gibi pek çok alanda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yapısal mühendislik ve inşaat sektöründe çelik ve alüminyum, köprüler ile yüksek katlı yapıların inşasında hem dayanıklılık hem de hafiflik sağlamaktadır. Otomotiv sektöründe kullanılan hafif metaller, yakıt verimliliğini artırırken; çelik, araçlara güvenlik ve uzun ömür kazandırmaktadır. Havacılıkta ise alüminyum ve titanyum, yüksek mukavemet-ağırlık oranlarıyla öne çıkmakta ve uzay teknolojilerinde kritik bir rol oynamaktadır. Elektrik ve elektronik sektöründe bakır, yüksek iletkenliği sayesinde kablo ve devre üretiminde yaygın tercih edilmektedir. Sağlık alanında ise titanyum ve paslanmaz çelik, biyo-uyumluluk özelliklerinden dolayı tıbbi implantlarda, cerrahi aletlerde ve diş hekimliği uygulamalarında kullanılmaktadır. Ayrıca alüminyum, korozyon direnci ve hafifliği nedeniyle gıda ambalajları ve içecek kutularında tercih edilmektedir. Metallerin seçiminde; ağırlık, dayanıklılık, elektrik ve ısı iletkenliği, korozyon direnci, biyo-uyumluluk, maliyet ve çevresel etkiler göz önünde bulundurulmaktadır. Özellikle otomotiv ve havacılık gibi sektörlerde hafif metaller tercih edilirken; zorlu çevresel koşullarda paslanmaz çelik ve titanyum ön plana çıkmaktadır. Bunun yanında, çevresel sürdürülebilirlik açısından metallerin üretim, kullanım ve geri dönüşüm süreçlerinde

sağlık, güvenlik ve çevresel etkilerin bütüncül şekilde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (Fandaklı & Ateş, 2023, s. 123).

Aşındırıcı (korozif) maddeler; cilt ve mukoz membranların epitel dokularına kimyasal etkileri sonucunda zarar verebilen, ayrıca temas veya sızma durumunda diğer maddelere ya da taşıma araçlarına hasar oluşturabilen tehlikeli kimyasal gruplarıdır. Bu sınıfa, yalnızca suyla temas ettiğinde aşındırıcı özellikte sıvı meydana getiren veya havadaki doğal nem ile reaksiyona girerek aşındırıcı buhar ve sis oluşturan maddeler de dâhildir. Korozif maddelerin en karakteristik özelliği, ciltte ve tat alma duyusunda kalıcı hasarlara yol açabilmeleridir. Ayrıca, diğer eşyalar üzerinde de ciddi tahribat meydana getirmeleri sıkça karşılaşılan bir durumdur. Bu tür maddelerle temas halinde, derhal bol su ile yıkama gibi acil müdahale önlemlerinin uygulanması, maruziyetin olumsuz sonuçlarını en aza indirmek açısından büyük önem taşımaktadır (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu, 2020, s. 234–239).

1.2.9. Diğer Tehlikeli Maddeler

Sınıf 9, birden fazla tehlike türünü barındıran genel bir sınıftır. Bu nedenle, taşınma sırasında diğer sınıfların kapsamadığı ancak risk oluşturan maddeleri ve nesneleri içerir. Sınıf 9 maddeleri ve nesneleri, tehlike türlerine göre şu alt gruplara ayrılır:

- M1: İnce toz halinde solunduğunda sağlığı tehdit edebilen maddeler,
- M2: Yangın durumunda dioksin üretebilen maddeler ve nesneler,
- M3: Alevlenebilir buhar yayan maddeler,
- M4: Lityum bataryalar,
- M5: Hayat kurtarıcı ekipmanlar,
- M6-M8: Çevreye zararlı maddeler.
- M9-M10: Yüksek sıcaklıklı maddeler.
- M11: Başka bir sınıftaki tanımlara uymayan ama taşıma sırasında tehlike arz eden diğer maddeler ve nesneler (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu, 2020, s. 243).

1.3. ADR Sınıf Etiketleri

ADR, tehlikeli maddelerin karayolu taşımacılığı sürecinin insan sağlığına ve çevreye zarar vermeden, güvenli ve düzenli bir şekilde yürütülmesini esas almaktadır. Bu anlaşma kapsamında, uluslararası karayolu güvenliğinin artırılması, tehlikeli maddelerin doğru

biçimde sınıflandırılması, uygun şekilde paketlenmesi, etiketlenmesi ve diğer taşıma modları ile uyumluluklarının belirlenmesi temel unsurlar olarak kabul edilmektedir (Yalçınkaya vd., 2020, s. 974). Tehlikeli madde sınıf, bölüm ve etiketleri Tablo 1.2'de detaylı bir biçimde gösterilmektedir.

Tablo 1.2. *Tehlikeli maddelerin sınıflandırılması ve etiketleri (Nalçakan & Er, 2018)*

Sınıf	Bölüm	Etiket
SINIF 1 Patlayıcılar	Bölüm 1.1 Kütle halinde patlama özelliğine sahip patlayıcılar	
SINIF 1 Patlayıcılar	Bölüm 1.2 Parça tesirli patlayıcılar	
SINIF 1 Patlayıcılar	Bölüm 1.3 Küçük çapta yanma ve parça tesiri ile yangın çıkarma riski olan patlayıcılar	
SINIF 1 Patlayıcılar	Bölüm 1.4 Patlama riski düşük maddeler	
SINIF 1 Patlayıcılar	Bölüm 1.5 Kütle halinde patlama özelliğine sahip duyarsız maddeler	
SINIF 1 Patlayıcılar	Bölüm 1.6 Kütle halinde patlama özelliğine sahip olmayıp aşırı derecede duyarsız maddeler	
SINIF 2 Gazlar	Bölüm 2.1 Yanıcı gazlar	
SINIF 2 Gazlar	Bölüm 2.2 Yanıcı olmayan, zehirli olmayan gazlar	
SINIF 2 Gazlar	Bölüm 2.3 Zehirli gazlar	

Tablo 1.2. *Tehlikeli maddelerin sınıflandırılması ve etiketleri (devamı)*

SINIF 3 Yanıcı Sıvılar	Bölüm 3.1 Yanıcı sıvılar	
SINIF 4 Yanıcı Katılar	Bölüm 4.1 Yanıcı katılar, kendiliğinden reaktif maddeler	
SINIF 4 Yanıcı Katılar	Bölüm 4.2 Kendiliğinden yanmaya yatkın maddeler	
SINIF 4 Yanıcı Katılar	Bölüm 4.3 Su ile temas ettiğinde yanıcı gaz çıkaran maddeler	
SINIF 5 Oksitleyici Maddeler ve Organik Peroksitler	Bölüm 5.1 Oksitleyici maddeler	
	Bölüm 5.2 Organik Peroksitler	
SINIF 6 Zehirli ve Bulaşıcı Maddeler	Bölüm 6.1 Zehirli Maddeler	
SINIF 6 Zehirli ve Bulaşıcı Maddeler	Bölüm 6.2 Bulaşıcı Maddeler	
SINIF 7 Radyoaktif Maddeler	Bölüm 7.1 Radyoaktif Maddeler	
SINIF 8 Aşındırıcılar	Bölüm 8.1 Aşındırıcı Maddeler	
SINIF 9 Çeşitli Tehlikeli Maddeler ve Nesneler	Bölüm 9.1 Çeşitli Tehlikeli Maddeler	

Tablo 1.2'de verilen tehlikeli madde etiketleri, uluslararası standartlara göre belirlenen uyarı işaretleridir. Bu etiketler, maddelerin tehlike sınıflarını görsel olarak ifade ederek taşıma, depolama ve kullanım süreçlerinde risklerin hızlı şekilde tanımlanmasına yardımcı olur. Ayrıca, ilgili fiziksel, kimyasal ve biyolojik riskleri simgeleyerek güvenliğin sağlanmasına katkı sunar.

1.4. Tehlikeli Maddelerin Taşıdığı Riskler

Şener'e (2021, s. 294) göre tehlikeli maddelerden kaynaklanan olaylar, tehlikeli madde içermeyen olaylarla karşılaştırıldığında gerek can kaybı gerekse ekonomik zarar açısından çok daha yüksek oranlara ulaşmaktadır. Sun ve diğerlerine (2025, s. 4314) göre tehlikeli maddeler; üretim, depolama ve taşımacılık süreçlerinde hem insan sağlığı hem de çevre açısından yüksek riskler barındırmaktadır. Yanıcılık, aşındırıcılık, toksisite ve reaktivite gibi özelliklere göre sınıflandırılan bu maddeler, uygun şekilde yönetilmediklerinde yangın, patlama, toksik salınım ve çevresel kirlenme gibi felaket boyutunda olaylara yol açabilmektedir. Bu tür kazalar yalnızca tesis çalışanlarını değil, çevrede yaşayan toplulukları ve ekosistemleri de doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla tehlikeli maddelerin depolanması ve elleçlenmesinde ayrım mesafeleri, uygun havalandırma, sızdırmaz bariyer, havuz veya set sistemleri ve yangın koruma önlemleri gibi güvenlik protokollerinin titizlikle uygulanması büyük önem taşımaktadır. Yu ve diğerlerine (2022, s. 2) göre tehlikeli madde taşımacılığının gerçek zamanlı risk değerlendirmesi, çok sayıda risk faktörünün etkisi, karayolu tankerlerinin operasyonel durumundaki belirsizlikler ve taşıma ortamlarının değişken yapısı nedeniyle oldukça güç bir süreçtir. Risk değerlendirmesi, tehlikeli madde taşımacılığı araştırmalarında öncelikli konulardan biri olup, risk azaltma stratejilerinin temelini oluşturmaktadır. Günümüzde karayolu tankerlerinde GPS tabanlı izleme sistemleri ve gösterge paneli kameralarının zorunlu hale gelmesi, risklerin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, tehlikeli madde taşımacılığında kaza oranı nispeten düşük olmakla birlikte, bu kazaların en belirgin özelliği yüksek şiddet ve ciddi sonuçlara yol açma potansiyelidir. Bu nedenle, tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınmasında risk değerlendirmesi, yalnızca kazaların meydana gelme olasılığına değil, aynı zamanda bu kazaların yol açabileceği şiddet derecesine dayalı olarak yapılmalıdır.

Ülkemizde Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında 24 Ekim 2013'te 28801 sayılı resmi gazte ile yayınlanan Yönetmelik'te tehlikeli madde taşımacılığının

insan sağlığına, çevreye ve kamu güvenliğine zarar vermeden yürütülmesi temel ilke olarak belirtilmektedir. Yönetmelik kapsamında, göndericiden alıcıya, yükleyenden sürücüye kadar taşıma zincirinde yer alan tüm tarafların sorumluluk ve yükümlülükleri tanımlanarak risk azaltımına yönelik kapsamlı bir çerçeve oluşturulmuştur. Ayrıca, risk yönetimi sisteminin bir unsuru olarak işletmelerin Tehlikeli Madde Faaliyet Belgesi bulundurması, Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanı istihdam etmesi ve Ulaştırma Elektronik Takip ve Denetim Sistemi gibi izleme sistemleri aracılığıyla taşıma süreçlerini kayıt altına alması zorunlu kılınmıştır. Bunun yanında, uzaktan takip sistemlerinin uygulanabilmesine imkân tanınarak, olası tehlikeli olaylarda erken uyarı mekanizmalarının oluşturulması hedeflenmektedir. Bu düzenlemeler, Türkiye'de tehlikeli madde taşımacılığına yönelik sistematik bir risk yönetimi yaklaşımının benimsendiğini göstermektedir.

1.4.1. Endüstriyel Kazalar

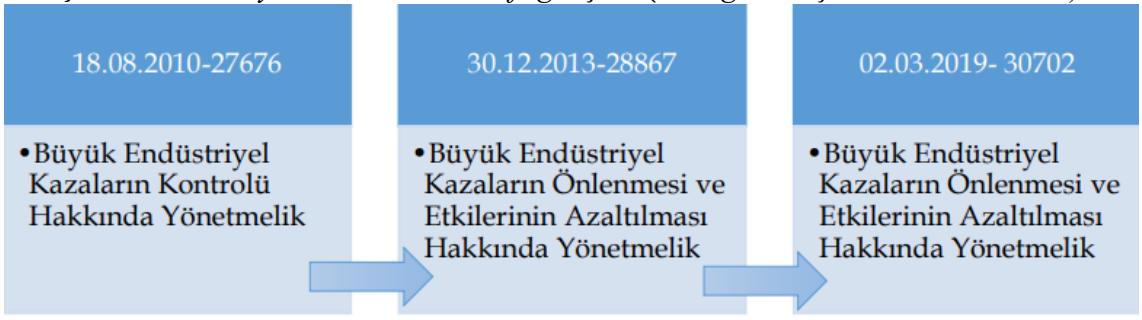
Tehlikeli maddelerin üretim, depolama ve kullanımının giderek artması, büyük ölçekli endüstriyel kaza risklerini önemli ölçüde artırmaktadır. Sanayi teknolojilerindeki gelişmeler, fabrikalarda ve çalışanların korunmasına yönelik çeşitli güvenlik tedbirlerini beraberinde getirse de olası kazaların çevre üzerinde geniş ölçekli etkilere yol açabileceği daha net biçimde ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, yalnızca çalışanların değil, aynı zamanda toplumun ve doğal çevrenin güvenliğini sağlamak amacıyla, tehlikeli maddelerin yönetiminde sistematik, bütüncül ve açıkça tanımlanmış kontrol mekanizmalarına duyulan ihtiyaç gün geçtikçe daha belirgin hale gelmektedir (Koşar & İlhan, 2002). Endüstriyel kazalar değerlendirildiğinde, şüphesiz en önemli dönüm noktalarından biri olarak İtalya'da meydana gelen Seveso kazası öne çıkmaktadır. Rocha ve diğerlerinin (2023, s. 1–2) çalışmalarında belirtildiği üzere, Seveso kazası Avrupa kıtasında yaşanan en büyük endüstriyel kazalardan biri olarak kabul edilmektedir. 10 Temmuz 1976'da İtalya'nın Seveso kentinde bulunan Roche tesisinde, dioksin reaktörünün aşırı ısınması sonucu meydana gelen olayda, insan yapımı en toksik kimyasallardan biri olarak değerlendirilen dioksin hatalı bir vana yoluyla çevreye yayılmıştır. Kaza sonucunda yaklaşık 3.000 hayvan doğrudan ölmüş, ayrıca 70.000'den fazla hayvan, dioksinin gıda zincirine karışmasını engellemek amacıyla itlaf edilmiştir. Bu yönüyle Seveso olayı, tarihteki en büyük kimyasal kazalardan biri olarak değerlendirilmektedir. Güneş ve Çetinyokuş'un (2020, s. 227) çalışmalarında belirtildiği

üzere, 1976 yılında İtalya'nın Seveso kasabasında meydana gelen kazanın ardından 1982'de Seveso I Direktifi (82/501/EEC) yürürlüğe girmiştir. Bunu, 1984 yılında Hindistan'ın Bhopal kentinde yaşanan felaketin etkisiyle yayımlanan Seveso II Direktifi (96/82/EC) takip etmiştir. 2000 yılında Romanya'nın Baia Mare kentinde meydana gelen kaza ise, konunun ulusal ve uluslararası hukuk sistemlerinde kalıcı bir biçimde yer almasına neden olmuştur.

Endüstriyel tesislerde yaşanan bu tür kazalar, söz konusu tesislerin çevresel etkileri de dikkate alınarak hangi alanlara konumlandırılması gerektiği sorusunu gündeme getirmiştir. Bu kapsamda, endüstriyel tesislerin arazi ve yerleşim bölgelerine yerleştirilmesine ilişkin düzenlemeler Seveso II Direktifi ile ele alınmış, Arazi Kullanım Planlaması (AKUP) ilkeleri belirlenmiştir. Söz konusu ilkeler, daha sonra yürürlüğe giren Seveso III Direktifi (2012/18/EU) ile de sürdürülmüştür.

Türkiye'de büyük endüstriyel kazalara ilişkin mevzuat süreci, Avrupa Birliği (AB)'nin Seveso Direktifleri ile uyum çerçevesinde gelişmiştir. İlk olarak, 18 Ağustos 2010 tarihli ve 27676 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik ile temel düzenlemeler yapılmıştır. Ardından, 30 Aralık 2013 tarihli ve 28867 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik yürürlüğe girmiş, bu düzenleme AB'nin Seveso II Direktifi esas alınarak hazırlanmıştır. Son olarak, 2 Mart 2019 tarihli ve 30702 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan ve aynı adı taşıyan yeni yönetmelik ile düzenlemeler güncellenmiş, mevzuat Seveso III Direktifi (2012/18/EU) ile uyumlu hale getirilmiştir. Böylece Türkiye'de büyük endüstriyel kazalara yönelik mevzuat, kontrol odaklı yaklaşımdan önleme, etki azaltma ve kapsamlı risk yönetimini içeren daha gelişmiş bir çerçeveye evrilmiştir. Türkiye'de seveso direktifi gelişimi Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.

Şekil 1.1. *Türkiye'de seveso direktifi gelişimi (Erdoğan & Çakmak, 2023, s. 22)*



Şekil 1.1'de Türkiye'de Seveso Direktifi kapsamında büyük endüstriyel kazaların kontrolüne yönelik mevzuatın tarihsel gelişimi gösterilmektedir. 2010 yılında yayımlanan yönetmelik ile başlayan süreç, 2013 ve 2019 yıllarında yapılan düzenlemelerle güncellenmiş ve kapsamı genişletilmiştir. Böylece büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılmasına yönelik mevzuat yapısı güçlendirilmiştir.

1.5. Tehlikeli Madde Üretim ve Depolama Tesisleri

Tehlikeli Maddeler ile iştigal eden işletmelerin, 11/06/2019 tarihli ve 44011 sayılı Bakanlık Makam Olur'u ile yürürlüğe giren yönerge kapsamında Tehlikeli Madde Faaliyet Belgesi (TMFB) almaları zorunlu kılınmıştır. Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik çerçevesinde; taşımacı, dolduran, paketleyen, yükleyen, gönderen, alıcı, boşaltan ve tank konteyner/portatif tank işletmecisi olarak bu faaliyetlerden biri veya birden fazlasıyla iştigal eden işletmelerin TMFB'ye sahip olmaları gerekmektedir. Yönerge, karayolu ile yapılan tehlikeli madde taşımacılığı faaliyetlerinde yer alan bu aktörleri kapsamakta olup, aynı zamanda belirli istisnaları da tanımlamaktadır. Buna göre; Tehlikeli Madde Uygunluk Belgesi sahibi kıyı tesisleri, ADR Sınıf 6.2'ye tabi bulaşıcı maddeler ile iştigal eden işletmeler, üniversite hastaneleri, genel maksatlı ve doğum hastaneleri, müstakil klinikler, tıp merkezleri, diyaliz merkezleri, tıbbî ve biyomedikal laboratuvarlar, biyoteknoloji ve mikrobiyoloji laboratuvarları, tıbbî araştırma merkezleri, bölge kan merkezi laboratuvarları, hayvan hastaneleri, hayvanlar üzerinde araştırma ve deney yapan kuruluşlar ile veteriner kontrol ve araştırma enstitüleri yönerge kapsamı dışında tutulmuştur. Ayrıca, tehlikeli maddeyi üretiminde kullanmayan, satışa konu etmeyen ve yalnızca atık üreten nihai tüketici durumundaki işletmeler ile ana hizmet konusu tehlikeli madde taşımacılığı olmayan işletmeler için de TMFB zorunluluğu bulunmamaktadır.

Tehlikeli Madde Faaliyet Belgesi'nin alınması veya mevcut belgenin yenilenmesi sürecinde, işletme ve kuruluşların belirli belgeleri eksiksiz olarak hazırlamaları gerekmektedir. Bu kapsamda, başvuru dilekçesi, başvuru formu, tehlikeli madde faaliyet tespit raporu eki, ticaret odası faaliyet belgesi, ticaret sicil tasdiknamesi ve elektronik tebligat adresi gibi belgelerin tamamlanarak başvuru esnasında ilgili mercilere sunulması zorunludur.

11 Temmuz 1993 tarihli ve 21634 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği, tehlikeli kimyasal maddelerin üretimi, depolanması,

ambalajlanması ve taşınmasına ilişkin esasları ayrıntılı şekilde düzenlemiştir. Yönetmelik, işletmelerin tehlikeli kimyasal madde ve müstahzarlarıyla iştigal ederken uymaları gereken güvenlik kurallarını "Özel Risk Durumları" ve bunlarla ilgili "Güvenlik Tavsiyeleri" başlıkları altında toplamıştır. Bu kapsamda, işletmelerin yalnızca üretim sırasında değil, depolama süreçlerinde de insan sağlığına ve çevreye zarar vermeyecek şekilde hareket etmeleri zorunluluğunu belirtir.

Depolama tesislerinin tasarımı ve işletilmesinde risk azaltıcı önlemler ön planda tutulmuştur. Yönetmeliğe göre, tehlikeli kimyasal madde ve müstahzarlarının konulduğu depolar; ısı kontrolü, izolasyon, yıldırımdan korunma, havalandırma, alarm ve yangın söndürme sistemleri gibi güvenlik ekipmanlarıyla donatılmalı ve bu amaçlara uygun malzemelerden inşa edilmelidir. Ayrıca, depolara ve bunların yakın çevresine, depolanan maddelerin yükleme, boşaltma ve kullanım aşamalarında ortaya çıkabilecek tehlikelere karşı alınması gereken önlemleri açıklayan uyarı işaretleri ve yazıları asılması zorunlu kılınmıştır.

Yönetmelikte, depolarda bulundurulabilecek madde türleriyle ilgili de önemli kısıtlamalar yer almaktadır. Buna göre, tehlikeli maddeler; ilaç, hayvan ilacı, gıda maddesi, yem ve bunların katkı maddeleri ile aynı depolarda saklanamaz. İnsan ve çevre sağlığına yönelik riskleri azaltmak amacıyla, korozif, az zehirli ve tahriş edici özelliğe sahip maddelerin depolandığı alanlarda uyarı levhalarının bulundurulması gerekmektedir. Çok zehirli maddeler ise yalnızca kilitli mekanlarda depolanabilir ve bu mekanlara erişim yalnızca işletme müdürü ile yetkili personel tarafından sağlanabilir. Böylece, yetkisiz kişilerin bu maddelere ulaşması ve kötüye kullanması önlenmektedir.

Depolama ve ambalajlama koşullarına ilişkin ayrıntılı hükümler de yönetmelikte yer almaktadır. Tehlikeli madde ve müstahzarlarının ambalajlanması; sızma, dökülme, kaçak ve bulaşmayı önleyecek şekilde yapılmalı, böylece maddelerin depolanması ve taşınması sırasında herhangi bir risk ortaya çıkmamalıdır. Ambalajsız depolama ve taşımaya ise yalnızca kapalı sistemlerde ve ilgili idareden özel izin alınması koşuluyla izin verilmektedir. Ayrıca, birbiriyle şiddetli reaksiyona girebilecek maddelerin aynı dış kap içerisinde depolanması yasaklanmış; basınç artışı ya da gaz çıkışı gibi durumlar için otomatik basınç ayarlayıcı sistemlere sahip kapların kullanılması zorunlu tutulmuştur.

Sonuç olarak, söz konusu Yönetmelik, yalnızca depolama koşullarına ilişkin teknik standartları değil, aynı zamanda işletmelerin sorumluluklarını da kapsamaktadır.

Tehlikeli kimyasalların üretimi, depolanması ve taşınması işlerini üçüncü kişilere devreden işverenler dahi, iştigal edenlerle birlikte müteselsil sorumluluk altındadır. Bu yaklaşım, risklerin yalnızca teknik önlemlerle değil, aynı zamanda hukuki sorumluluk düzenlemeleriyle de kontrol altına alınmasını hedeflemektedir. Böylece, Türkiye'de tehlikeli kimyasalların depolanması ve taşınması sürecinde insan ve çevre sağlığının korunmasına yönelik kapsamlı bir yasal çerçeve oluşturulmuştur.

1.6. Tehlikeli Madde Depolama Yöntemleri ve Özellikleri

Kimyasal maddelerin güvenli bir şekilde depolanması, doğru sınıflandırma ile başlar. Her kimyasal, özelliklerine göre gruplandırılmalı ve bu gruplar için uygun depolama şartları belirlenmelidir. Tehlikeli maddelerin güvenli depolanması, iş sağlığı ve güvenliği açısından kritik öneme sahip olup iş kazalarının ve çevresel risklerin önlenmesinde temel bir adımdır. Depolama alanlarının tasarımı, yalnızca günlük faaliyetler için gerekli miktarda tehlikeli madde bulundurulmasını öngörmektedir. Bu alanlar düzenli, iyi aydınlatılmış, havalandırması yeterli ve kolay ulaşılabilir şekilde planlanmalı; ayrıca her depolama bölgesi, tehlikeli maddeleri tanımlayan uygun işaretlemelerle açıkça belirlenmelidir.

Depolama sırasında en önemli hususlardan biri, ambalaj ve kapların sızdırmazlığını ve dayanıklılığını tehlikeye atabilecek mekanik yüklerden kaçınılmasıdır. Kırılabilir kaplar en fazla 0,4 metre, diğer kaplar ise 1,5 metre yükseklikten düşmeyecek şekilde istiflenmelidir. Bu sınırların üzerinde istifleme yapılacaksa, paletli depolama birimlerinin güvenliği ve depolama sistemleri direktifleri 'ZH 1/428' gibi standartlara uyulmalı, ayrıca forklift operatörlerinin eğitim ve yetkinliği sağlanmalıdır. Kimyasal reaktivite riski olan maddeler en az üç metre uzaklıkta tutulmalı; patlayıcı veya kolay alevlenebilir maddeler için anti-statik kıyafet ve ekipman kullanımı zorunlu hale getirilmelidir.

Depolama alanında kullanılan tüm ekipmanların periyodik bakım ve kontrolleri düzenli aralıklarla yapılmalı; sızıntı, çatlak veya deformasyon görülen kaplar derhal kullanım dışı bırakılmalıdır. Orta ölçekli dökme kap'lar (IBC) ve depolama tankları gibi büyük hacimli birimler için taşma kapasiteleri sınırlı tutulmalı ve ilave güvenlik havuzları oluşturulmalıdır. Ayrıca tankların ve siloların dolumu sırasında patlama riskini azaltmak amacıyla topraklama, basınç düşürme ve filtreleme sistemleri kullanılmalı; silo dolum hatlarında çarpma koruması ve ikmal yollarının işaretlenmesi gibi ek önlemler alınmalıdır.

Dökülen tehlikeli maddeler derhal uygun absorbanlar, granüller, paspaslar veya kimyasal bağlayıcılar ile temizlenmeli, sıvı dökülmelerde endüstriyel elektrikli süpürge ve nemli bez gibi yöntemler uygulanmalıdır. Ayrıca güvenlik bilgi formlarında belirtilen bertaraf prosedürlerine uygun hareket edilmeli ve atıklar düzenli olarak kayda alınmalıdır. Çalışanların bu süreçlerde kişisel koruyucu donanım eldiven, gözlük, önlük, solunum maskesi vb. kullanmaları zorunludur.

Dökme ürünlerin depolanması da özel önlemler gerektirmektedir. Bu kapsamda depo hangarları rüzgâr yönüne göre konumlandırılmalı, çekici baca düzenekleri hazır bulundurulmalı ve farklı nitelikteki maddeler ayrı alanlarda muhafaza edilmelidir. Havalandırma sistemleri hem gaz birikiminin önlenmesi hem de iş güvenliğinin sağlanması amacıyla düzenli olarak kontrol edilmeli; en az yılda bir kez performans muayeneleri yapılmalıdır. Ayrıca işyeri talimatları çerçevesinde çalışanların depolama alanlarına erişimi sınırlandırılmalı, yalnızca yetkin ve eğitimli personelin girişine izin verilmelidir (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2009, s. 620–627).

Depo yerleşim planlaması, işletmenin genel stratejisi ile uyumlu olarak yapılmalı ve tüm süreçlerin açık biçimde tanımlanması gerekmektedir. Kimyasal maddelerin depolandığı alanlarda ürünlerin doğru şekilde yerleştirilmesi, envanter yönetiminin etkin yürütülmesi, güvenlik önlemlerinin sağlanması ve düzenli kontrollerin yapılması büyük önem taşımaktadır. Depolama süreçlerinde kabul, kontrol, kayıt, dağıtım ve yerleştirme aşamalarının dikkatle yönetilmesi, bu süreçlerin her birinin güvenlik standartlarıyla uyumlu olmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, depo içerisinde ürünlerin yerleştirilmesinde adresleme sistemlerinin etkin biçimde kullanılması, depo faaliyetlerinin verimliliğini artırarak işlemlerin daha güvenli ve düzenli yürütülmesine katkı sağlamaktadır. Bu unsurlar hem kimyasal maddelerin güvenli depolanmasını hem de işletme verimliliğini artırmayı hedefleyen bir depo tasarımının temel bileşenlerini oluşturmaktadır (Evinsel, 2010, s. 102).

Uludağ Üniversitesi'ne (2019, s. 1) göre hazırlanan Tehlikeli Madde Depolama Matrisi, farklı tehlikeli madde sınıflarının hangi koşullarda bir arada depolanabileceğini göstermektedir. Tehlikeli maddelerin depolanmasında uyumluluk durumlarını gösteren depolama matrisi Şekil 1.2'de sunulmaktadır.

Şekil 1.2. *Tehlikeli madde depolama matrisi*



Matriste yer alan "+" işareti maddelerin birlikte depolanabileceğini, "–" işareti birlikte depolanamayacağını, "O" işareti ise gerekli güvenlik önlemleri alınması koşuluyla birlikte depolanabileceğini ifade etmektedir. Bu matris, depolama sırasında oluşabilecek kimyasal reaksiyon ve risklerin önlenmesi amacıyla kullanılan bir güvenlik rehberidir.

1.7. Üretim Süreci ve Ortaya Çıkan Riskler

Üretim süreçlerinde kimyasalların yanlış depolanması, taşınması veya işlenmesi, çalışanların sağlığını tehdit eden ciddi tehlikelere yol açabilmektedir. Bu maddelere maruz kalma; solunum, cilt teması ve yutma gibi farklı yollar üzerinden gerçekleşmektedir. Kimyasalların toksisite düzeyini belirleyen faktörler arasında ise maruz kalma dozu, süresi ve bireysel duyarlılık öne çıkmaktadır. Çalışma ortamlarında kimyasal maddelere karşı korunmada; kişisel koruyucu ekipman kullanımı, uygun taşıma ve depolama prosedürlerinin uygulanması ile mühendislik kontrollerinin sağlanması riskleri en aza indirmektedir. Kimyasal maruziyetin etkileri, basit cilt tahrişlerinden solunum güçlüklerine ve hatta uzun vadede kansere kadar uzanabilmektedir. Bu nedenle, işyerlerinde etkin risk değerlendirmelerinin yapılması, güvenlik önlemlerinin alınması ve çalışanların bu konuda bilinçlendirilmesi hayati önem taşır. Çalışma ortamındaki tehlikelerin kontrol altına alınması yalnızca çalışan sağlığını korumakla kalmamakta, aynı

zamanda işyerinin genel güvenlik kültürünü güçlendirmekte ve sürdürülebilir bir çalışma ortamı yaratmaktadır (Demirci vd., 2023, s. 244–245).

AFAD'a göre kimyasal tehditler üç başlıkta değerlendirilmektedir. Birinci başlık, kimyasal savaş ajanlarının savaş veya terör amaçlı kullanımı ile ortaya çıkan tehditlerdir. İkinci başlık, toksik endüstriyel kimyasal maddelerin kaza sonucu çevreye yayılması ile oluşan tehditlerdir. Üçüncü başlık ise evlerde kullanılan tehlikeli kimyasal maddelerin yarattığı risklerdir (AFAD, 2025).

Bunun yanı sıra, ABD Kimyasal Güvenlik Kurulu tarafından yapılan bir araştırmaya göre, kimyasal kazaların nedenleri farklı faktörlere dayanmaktadır. Araştırmada, kazaların %30'unun dış etkenlerden, %28'inin mekanik hatalardan, %20'sinin insan faktöründen, %17'sinin çarpma arızalarından, %9'unun kontrolsüz kimyasal tepkimelerden, %3'ünün enstrüman kazalarından, %2'sinin süreç koşullarının bozulmasından ve %1'inin servis hatalarından kaynaklandığı belirtilmektedir. Kimyasal kazaların türlerine bakıldığında ise %43'ünün havaya yayılma, %26'sının yangın, %24'ünün patlama ve %6'sının su kirliliği şeklinde gerçekleştiği rapor edilmiştir (Taksim TMGDK, 2019).

1.8. Depo ve Üretim Tesislerinin Yer Seçimi Kriterleri

Bir kuruluşun tesislerinin yerini belirlemek önemli bir konum stratejisidir. Bu tür bir kararın genellikle uzun vadeli etkileri olur ve bu etkilerin geri alınması oldukça zordur. Genel olarak, lokasyon seçimi yapılırken farklı kuruluşlar arasında benzerlikler bulunsa da her işletme sektörel ihtiyaçları nedeniyle kendine özgü bir yer seçer (Fuskova vd., 2018, s. 5).

Tesis ve depo alanlarının belirlenmesinde çevresel ve toplumsal etkiler kritik bir rol oynamaktadır. Çevreye verilebilecek olası zararların en aza indirilebilmesi için ekosistemin dengesi göz önünde bulundurulmalı ve depoların yerleşim bölgelerinden uzak alanlarda konumlandırılması, halk sağlığı ve güvenliği açısından temel bir öncelik olarak ele alınmalıdır. Bununla birlikte, teknik ve lojistik gereksinimler de dikkate alınmalı; depoların ulaşım ağlarına yakın olması, lojistik süreçlerin daha etkin ve verimli bir şekilde yürütülmesine katkı sağlamaktadır. Depo alanlarının seçiminde temel altyapı hizmetlerine erişim de önemli bir kriterdir. Su, elektrik ve iletişim sistemlerine kolay ulaşım sağlanması, operasyonel sürekliliğin güvence altına alınmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, depolama alanlarının yangın ve patlama gibi olası tehlikelere karşı

korunabilirliği göz önünde bulundurulmalı; bu amaçla acil müdahale imkanlarının sağlanmış olması gerekmektedir. Son olarak, depo yerleşiminin sismik riskler açısından güvenli bir jeolojik zemin üzerinde bulunması, olası doğal afetlere karşı tesis güvenliği ve sürekliliği açısından büyük önem taşımaktadır (Oral vd., 2021, s. 117).

Tehlikeli madde tesislerinin ulaşım ağlarına yakın konumlandırılması, taşımacılık risklerinin azaltılması ve lojistik süreçlerin etkin bir şekilde yönetilebilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle karayolu, demiryolu ve denizyolu bağlantılarının bulunması, tesislerin verimli kullanımını artıran temel faktörlerden biridir. Bununla birlikte, taşımacılık sırasında meydana gelebilecek olası kazalar ve döküntü durumları göz önünde bulundurulmalı; riskleri en aza indirecek stratejik yerleşim noktaları tercih edilmelidir. Yer seçimi sürecinde, tesislerin yerleşim yerlerine olan mesafesi ve olası tehlikelerin çevre üzerindeki etkileri dikkate alınarak güvenlik önlemleri en üst düzeye çıkarılmalıdır. İnsan sağlığına yönelik tehditleri en aza indirmek için tesislerin, yoğun nüfuslu bölgelerden uzak alanlarda kurulması gerekmektedir. Bunun yanında, yer seçimi yalnızca çevresel etkilerle değil, aynı zamanda toplumsal güvenlik boyutu ile de ele alınmalıdır. Ekonomik açıdan ise, tesislerin taşımacılık maliyetlerini düşürecek şekilde konumlandırılması önem arz etmektedir. Operasyonel süreçlerin kolaylaştırılabilmesi için tesislerin, malzeme akışını destekleyen bölgelerde kurulması hem verimliliği artırmakta hem de güvenli bir lojistik altyapı sağlamaktadır (Mehran vd., 2019).

1.9. Tehlikeli Madde Lojistiği ve Risk Yönetimi

Tehlikeli madde lojistiği günümüzde en yoğun olarak karayolu taşımacılığı ile gerçekleştirilmektedir. Ancak bu maddeler, sahip oldukları kimyasal ve fiziksel özellikler nedeniyle diğer ürün gruplarından farklı bir taşıma yaklaşımı gerektirmektedir. İnsan sağlığına, çevreye ve ekonomik faaliyetlere ciddi tehdit oluşturabilen tehlikeli maddelerin taşınması, yalnızca klasik lojistik süreçlerle sınırlandırılamaz. Bu nedenle, söz konusu taşımacılık faaliyetleri mutlaka etkin bir risk yönetimi ve özel taşımacılık politikaları çerçevesinde yürütülmelidir (Erdal, 2018, s. 935).

Risk kavramı, gerçekleşmesi muhtemel bir olay sonrasında ölüm, yaralanma ya da farklı boyutlarda kayıpların ortaya çıkma olasılığını ifade etmektedir. Riskin büyüklüğü, karşı karşıya olunan tehlikenin şiddeti ve gerçekleşme olasılığı, bireylerin maruz kalma derecesi, toplumsal savunmasızlık düzeyi ve riskin yönetilebilirliği gibi çok boyutlu faktörlere bağlıdır. Bu çerçevede risk, yalnızca bireyler için değil, aynı zamanda

toplumun tüm kesimleri ve doğal çevre için ciddi tehditler doğurabilmektedir. Özellikle tehlikeli madde kaynaklı olaylar düşünüldüğünde, riskin doğru biçimde analiz edilmesi ve yönetilmesi hayati önem taşımaktadır. Risk yönetimi, tehlikeli madde olayları bağlamında kritik bir süreç olup, öncelikle risklerin belirlenmesi ve tanımlanmasını, ardından bu risklerin olası olumsuz etkilerine karşı toplumsal dayanıklılığın artırılmasını amaçlamaktadır. Bu noktada, kurumlar arası eşgüdüm sağlanarak yürütülen risk azaltma çalışmaları, tehlikeli maddelerin yol açabileceği olumsuz sonuçların kontrol altına alınmasında ya da en aza indirilmesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Bununla birlikte risk yönetimi, yalnızca mevcut tehlikelerin tanımlanmasıyla sınırlı değildir; aynı zamanda potansiyel risklerin bütüncül olarak anlaşılmasını, savunmasız kişi ve varlıkların tespit edilmesini ve kapsamlı risk değerlendirme süreçlerinin uygulanmasını da içermektedir. Böylelikle risk yönetim süreci hem insan sağlığının korunması hem de çevresel güvenliğin sağlanması bakımından daha sürdürülebilir ve güvenli bir sistemin oluşturulmasına hizmet etmektedir. Ayrıca bu süreç, krizlerin meydana gelmeden önce öngörülmesini ve alınacak önleyici tedbirlerin sistematik bir çerçevede planlanmasını mümkün kılmakta, böylece toplumsal güvenlik kültürünün geliştirilmesine katkı sunmaktadır (Şener, 2021, s. 298).

Tehlikeli madde taşımacılığına ilişkin görev ve sorumluluklar, ulusal mevzuat ve taraf olunan uluslararası sözleşmeler çerçevesinde ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Bu kapsamda, tehlikeli madde taşımacılığı alanında hizmet verenler ile bu hizmetten yararlananların hak, yükümlülük ve sorumluluklarının belirlenmesi; karayolu ve demiryoluyla tehlikeli maddelerin taşınmasına yönelik mevzuatın hazırlanması, uygulanması ve gerekli izinlerin verilmesi temel görevler arasında yer almaktadır. Ayrıca, taşımacılık faaliyetlerinin ADR ve RID (Demiryolu ile Tehlikeli Malların Uluslararası Taşınmasına İlişkin Düzenleme) şartlarına uygunluğunun sağlanması, bu çerçevede uluslararası gelişmelerin takip edilerek mevzuata aktarılması, kamu kurumları arasında koordinasyonun sağlanması ve AB mevzuatıyla uyum çalışmalarının yürütülmesi önem taşımaktadır. Bununla birlikte, Türkiye-AB mali iş birliği çerçevesinde sektöre yönelik proje geliştirilmesi, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu ve Uluslararası Demiryolu Taşımları Hükümetlerarası Örgüt'ü bünyesinde yürütülen çalışmaların takip edilmesi, uluslararası toplantılara katılım sağlanması ve teknik yardım programlarının düzenlenmesi de görev kapsamındadır. TMGD niteliklerinin, yetkinliklerinin ve görev tanımlarının belirlenmesi; danışmanlık kuruluşlarının belgelendirilmesi ve denetlenmesi,

mevzuata uygun işleyişin sürdürülmesi için gerekli düzenlemeler yapılmaktadır. Ayrıca, tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan araç, tank, konteyner ve ambalajların tip onay, test ve sertifikasyon işlemlerinin uluslararası standartlara uygun olarak gerçekleştirilmesi; teknik muayenelerinin yapılması ve uygunluk belgelerinin düzenlenmesi de önemli bir sorumluluk alanıdır. Bu çerçevede, ADR Bölüm 9'da tanımlanan araçların teknik muayeneleri, RID kapsamındaki vagonların kontrolleri ve eski araçlar için asgari güvenlik kriterlerinin belirlenmesi, can, mal ve çevre güvenliğinin artırılmasına hizmet etmektedir. Yetkilendirilen muayene merkezlerinin niteliklerinin belirlenmesi, denetlenmesi, istatistikî verilerin kayıt altına alınması ve gerekli durumlarda mevzuatın öngördüğü yaptırımların uygulanması da idari görevler arasında yer almaktadır. Tüm bu düzenlemeler, tehlikeli madde taşımacılığında güvenlik, çevre koruma, uluslararası uyum ve sektörel verimliliğin sağlanmasına yönelik bütüncül bir yaklaşımı ortaya koymaktadır (T. C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2025).

1.9.1. Risk Yönetimi İlkeleri

"Risk" kavramı, kökeni Fransızca "risque" sözcüğüne dayanan ve olası tehlikelerin gerçekleşme ihtimalini ifade eden bir terimdir. Risk yönetimi, potansiyel tehlikelerin önceden öngörülmesi, bu tehlikelerin değerlendirilmesi ve olası etkilerinin en aza indirilmesine yönelik planlama süreçlerini kapsamaktadır. Bu süreç; risklerin belirlenmesi, ayrıntılı olarak incelenmesi, önceliklendirilmesi, uygun çözüm planlarının geliştirilmesi ve sonrasında bu planların izlenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Belirtilen aşamalar, risk yönetiminin sistematik, düzenli ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasına katkı sağlayarak hem bireysel hem de kurumsal düzeyde güvenliğin artırılmasına hizmet etmektedir (Emhan, 2009, s. 213).

Risk yönetim süreci, planlama, denetleme, raporlama, değerlendirme ve belirleme aşamalarından oluşmaktadır. Risk yönetiminin etkin bir şekilde uygulanabilmesi için öncelikle işletmenin stratejik hedefleri, mevcut durumu ve risk profili dikkate alınarak süreç planlanmalıdır. Bu aşamada, sürece katılacak kişilerin sorumlulukları ve organizasyon yapısı belirlenmekte, kullanılacak yöntemler tanımlanmakta ve risk göstergeleri oluşturulmaktadır. Sürecin en kritik boyutlarından biri risklerin tanımlanması ve analizidir. Risklerin tanımlanması; erken teşhis yapılmasını, potansiyel risklerin tüm özelliklerinin sistematik yaklaşımlar aracılığıyla ortaya konmasını sağlamaktadır. Risk analizi ise risklerin gerçekleşme olasılığı, etkileri ve önem düzeylerinin değerlendirilerek

sınıflandırılmasını içermektedir. Tanımlama ve analiz aşamalarının ardından, risk yöneticileri uygun mücadele yöntemlerini belirlemelidir. Bu seçim yapılırken potansiyel kayıpların derecesi, gerçekleşme olasılığı, zararın boyutu, yöntemin ekonomikliği, fayda-maliyet dengesi, aciliyet ve öncelikler ile mevcut kaynakların sınırlılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Risklerin yönetiminde genellikle üç temel strateji kullanılmaktadır: etkilerin azaltılması, riskin transfer edilmesi veya riskin kabullenilmesi. Bunun yanında, fırsatlardan yararlanabilmek için organizasyonların önceden stratejik bir yaklaşım geliştirmiş olması da gereklidir. Son aşama olan risklerin denetimi ve raporlanması, mevcut risklerin yönetim sürecini değerlendirmek, ortaya çıkabilecek yeni riskler hakkında veri sağlamak ve gerekli durumlarda sürecin geliştirilmesine katkı sunmak amacıyla sürekli olarak yürütülmelidir. Böylece risk yönetimi, işletmenin sürdürülebilirliği ve güvenliği açısından dinamik bir yapıya kavuşturulmuş olur (Köksal, 2013, s. 314).

1.9.2. Lojistik Süreçlerde Risk Bölgesi Analizi

Risk, istenmeyen olaylarla ilişkili belirsizliklerin nesnel bir yansıması olarak tanımlanmaktadır. Lojistik risk yönetimi, öngörülemeyen risklerin önceden tahmin edilmesini ve bunların en aza indirilmesini amaçlayan sistematik bir süreçtir. Ancak günümüzde birçok lojistik işletmesi, risk değerlendirmelerini bilimsel yöntemlere dayandırmak yerine daha çok deneyim temelli analizler ile gerçekleştirmekte, bu durum ise belirsiz risklerin tam anlamıyla ortaya konulmasını güçleştirmektedir. Lojistik faaliyetler, geniş coğrafi alanlara yayılması, çok sayıda bağlantı noktasını içermesi ve karmaşık operasyonel koşulları nedeniyle doğası gereği daha fazla risk barındırmaktadır. Bu durum, lojistik işletmelerinin hem belirsizliklerle hem de çeşitli risk türleriyle daha yoğun biçimde karşı karşıya kalmasına yol açmaktadır. Bu risklerin etkin biçimde değerlendirilmesi için ise hem niteliksel yöntemler (örneğin uzman görüşleri, senaryo analizleri) hem de niceliksel yöntemler (örneğin istatistiksel modeller, olasılık hesaplamaları) kullanılmakta ve böylece daha kapsamlı bir risk yönetimi çerçevesi oluşturulmaktadır (Yan vd., 2022, s. 2–3).

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, işyerlerinde risklerin değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Ancak bu düzenlemelerde, risk değerlendirmesi için kullanılacak yöntem konusunda herhangi bir sınırlama veya zorunluluk bulunmamaktadır (Kuyucu, 2016, s. 33).

Tepe Küçükoğlu'nun (2018, s. 2129) aktardığı üzere, Dünya Ekonomik Forumu tarafından 2019 yılında yayımlanan 14. Küresel Risk Raporu'nda dünyada gerçekleşme olasılığı en yüksek riskler; önem düzeyi, etki düzeyi ve ait oldukları kategoriye göre sınıflandırılmıştır. Olasılık ve etki düzeylerine göre belirlenen ilk 10 küresel risk Tablo 1.3'te gösterilmektedir.

Tablo 1.3. *Olasılık ve etki düzeyine göre ilk 10 küresel risk*

Olasılık düzeyine göre ilk 10 risk	**Etki düzeyine göre ilk 10 risk**
1. Aşırı iklim olayları (Ç)	1. Kitle imha silahlarının yapacağı yıkım (J)
2. İklim değişikliğini azaltma ve iklim değişikliğine uyum konusunda yaşanacak başarısızlık (Ç)	2. İklim değişikliğini azaltma ve iklim değişikliğine uyum konusunda yaşanacak başarısızlık (Ç)
3. Doğal afetler (Ç)	3. Aşırı iklim olayları (Ç)
4. Veri dolandırıcılığı/hırsızlığı (T)	4. Su krizleri (Ç)
5. Siber saldırılar (T)	5. Doğal afetler (Ç)
6. İnsan ürünü çevresel felaketler (Ç)	6. Biyoçeşitliliğin azalması, ekosistemin çöküşü (Ç)
7. Büyük ölçekli istemeyen göç (S)	7. Siber saldırılar (T)
8. Biyoçeşitliliğin azalması, ekosistemin çöküşü (Ç)	8. Kritik bilgi altyapısının bozulması (T)
9. Su krizleri (Ç)	9. İnsan ürünü çevresel felaketler (Ç)
10. Genel ekonomideki varlık balonları (E)	10. Bulaşıcı hastalıkların yayılması (S)

Not: Ç: Çevresel risk; T: Teknolojik risk; E: Ekonomik risk; S: Sosyal risk; J: Jeopolitik risk.

Raporda olasılık açısından öne çıkan ilk riskler arasında aşırı iklim olayları, iklim değişikliğine uyumda başarısızlık, doğal afetler, veri dolandırıcılığı ve siber saldırılar yer almaktadır. Etki düzeyine göre ise kitle imha silahlarının yaratacağı yıkım, iklim değişikliğini azaltma konusundaki başarısızlıklar, aşırı iklim olayları, su krizleri ve biyolojik çeşitliliğin azalması en kritik tehditler olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca riskler; çevresel, teknolojik, ekonomik, sosyal ve jeopolitik kategorilere ayrılarak çok boyutlu bir bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Bu tablo, küresel ölçekte hem doğrudan insan yaşamını hem de ekonomik ve ekolojik sistemleri tehdit eden risklerin kapsamlı bir görünümünü sunmakta ve risk yönetiminde önceliklendirme açısından yol gösterici olmaktadır.

1.10. Türkiye'de Afet Yönetimi

Türkiye'de afet yönetimi, afetlerin etkilerini en aza indirmek ve toplumun afetlere karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla bir dizi kapsamlı çalışma ve stratejiyle ele alınmaktadır. 1959 yılında çıkarılan 7269 sayılı Kanun, Türkiye'de afet yönetimi konusunda bir dönüm noktasıdır. Bu Kanun'un çıkarılmasından önce, her doğal afet için ayrı ayrı yasal

düzenlemeler yapılarak olayların etkileri giderilmeye çalışılmıştır. Ancak bu yaklaşım tepkisel bir yapıya sahipti ve afetlere karşı bütüncül bir hazırlık ve yönetim eksikliği doğuruyordu. 7269 sayılı Kanun ile afetlere karşı daha öngörüsel bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu yasa, afet meydana gelmeden önce alınması gereken tedbirleri, yapılacak iş ve işlemleri belirleyerek, idarenin yetki ve sorumluluklarını yasal bir çerçeveye oturtmuştur. Böylece afet yönetimi, sadece müdahale ve iyileştirme süreciyle sınırlı kalmayıp, risklerin azaltılmasına ve önleyici tedbirlerin alınmasına yönelik bir sistem haline getirilmiştir (Ersöz, 2023, s. 448). 1988 yılında yayınlanan 88/12777 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe giren "Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik", afetlere karşı devletin hazırlık seviyesini yükselten önemli bir adım olmuştur. Bu yönetmeliğin amacı, afetler meydana gelmeden önce devletin tüm kaynaklarının ve güçlerinin etkili bir şekilde planlanmasıdır. Böylece bir afet durumunda, devletin afet bölgesine hızlı bir şekilde müdahale etmesi sağlanmış ve afetzedeler için en etkin ilk yardım yapılması hedeflenmiştir. Yönetmelik, acil yardım teşkilatlarının kuruluşunu ve görevlerini net bir şekilde düzenleyerek, afetlere karşı daha organize bir yaklaşım geliştirilmesini amaçlamıştır. Afet anında müdahale için gerekli tüm prosedürler belirlenmiş ve ilgili birimlerin koordinasyonu sağlanmıştır. Bu, Türkiye'de afet yönetiminin daha sistematik ve hızlı bir şekilde uygulanmasını sağlayacak temel düzenlemelerden biridir (Demir, 2003, s. 150). Türkiye ‘Afet Yönetimi’ tartışması 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremlerinden sonra başlamıştır (Işık vd., 2012, s. 91).

Günümüzde bu çalışmalar genellikle Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) öncülüğünde yürütülmekte olup, kamu kurumları, yerel yönetimler, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve üniversiteler gibi çok paydaşlı bir yapı ile desteklenmektedir. Türkiye’de afet yönetimi, risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme olmak üzere dört temel aşama üzerinde şekillenmektedir.

Afet ülkesi Türkiye, Türkiye Afet Risk Azaltma Planı’nı (TARAP) Cumhurbaşkanı onayı ile 8 Temmuz 2022 tarihinde 31890 sayılı Resmî gazetede yayımlanarak yürürlüğe almıştır. Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP), Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından geliştirilmiş ve Türkiye’nin afetlere karşı daha dayanıklı bir yapıya kavuşmasını hedefleyen kapsamlı bir ulusal plandır. Bu plan, afetlerin toplum, ekonomi ve çevre üzerindeki yıkıcı etkilerini önlemek ya da asgari düzeye indirmek amacıyla hazırlanmıştır. Türkiye’nin jeolojik, coğrafi ve iklimsel yapısı nedeniyle

deprem, sel, heyelan ve diğer doğal afetlere sıkça maruz kaldığı göz önünde bulundurulduğunda, TARAP'ın amacı bu doğal risklere karşı ülke genelinde dayanıklılığı artırmak, afet risklerini bilimsel yöntemlerle belirlemek ve etkili çözümler sunmaktır. TARAP'ın temel yaklaşımı, afet risklerini belirlemekle başlamaktadır. Risk değerlendirmesi sürecinde, her bölgenin kendine özgü tehlike potansiyelleri ve zafiyetleri dikkate alınmaktadır. Bu değerlendirmeler, geçmişte yaşanan afetlerin analiz edilmesi, mevcut yapı stokunun dayanıklılığı, bölgesel nüfus yoğunluğu ve kritik altyapıların durumunun göz önünde bulundurulması ile gerçekleştirilir. Bu analizlerden elde edilen veriler, afet risklerini önceliklendirmek ve hangi alanlarda hangi adımların atılması gerektiğini belirlemek için kullanılmaktadır. Planın en önemli hedeflerinden biri, bu risklerin ortaya çıkmasını engellemek veya olası etkilerini en aza indirecek uzun vadeli stratejiler geliştirmektir.

Bu stratejiler doğrultusunda TARAP, afet risklerini azaltmaya yönelik dört temel ilke üzerinde şekillenmektedir: birincisi, toplumda afet bilincinin artırılması ve risk azaltma kültürünün yaygınlaştırılmasıdır. Bu kapsamda, bireylerin ve kurumların afetler öncesinde bilinçlendirilmesi ve olası afetlere karşı hazırlıklı olmaları sağlanır. İkincisi, afetlere dayanıklı altyapıların oluşturulmasıdır. Bu ilke, mevcut yapıların iyileştirilmesi ve yeni yapıların afetlere dayanıklı standartlara uygun şekilde inşa edilmesini kapsar. Üçüncüsü, afet risk yönetiminde tüm paydaşlar arasında etkin bir iş birliğinin sağlanmasıdır. Afetlerle mücadele, yalnızca hükümetin değil, aynı zamanda özel sektörün, sivil toplum kuruluşlarının ve bireylerin ortak sorumluluğudur. Dördüncü ilke ise, afetlerin yol açtığı zararların en aza indirilmesi için proaktif bir yaklaşım benimsemektir. Bu, afetler meydana gelmeden önce risklerin azaltılması ve hazırlık çalışmalarının yapılması anlamına gelir. TARAP'ın en önemli özelliklerinden biri, ulusal düzeydeki çabaların yerel düzeydeki çalışmalarla entegre edilmesini sağlamasıdır. Planın uygulama altyapısını, Türkiye'nin 81 ilinde hazırlanan İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP) oluşturmaktadır. Her ilin kendine özgü afet riskleri ve özellikleri dikkate alınarak hazırlanan bu planlar, yerel yönetimlerin afetlerle mücadele kapasitesini artırmayı hedefler. Bu kapsamda, yerel düzeyde risklerin belirlenmesi, bu risklere uygun önlemlerin geliştirilmesi ve uygulanması sağlanır. Böylece, yerelden genele yayılan bir dayanıklılık yaklaşımı benimsenir. İRAP'lar sayesinde, afetlere karşı dirençli şehirler inşa edilmesi ve toplumun afetlere karşı daha hazırlıklı hale getirilmesi hedeflenmektedir.

TARAP'ın başarısı, çok paydaşlı bir katılım mekanizması ile güvence altına alınmaktadır. Planın hayata geçirilmesinde kamu kurum ve kuruluşları, yerel yönetimler, özel sektör, sivil toplum kuruluşları, üniversiteler, medya mensupları ve bireylerin katkıları hayati önem taşır. Bu bağlamda, halkın afetlere karşı duyarlılığını artırmak ve onları sürecin bir parçası haline getirmek temel bir öncelik olarak görülmektedir. Plan, afet risklerini azaltmak için gerekli eylemleri açıkça tanımlayarak, her paydaşın görev ve sorumluluklarını belirler. Ayrıca, bu süreçte kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanılması sağlanır.

TARAP, afetlere yönelik risk azaltma çalışmalarıyla ekonomik, sosyal ve çevresel kayıpları önlemeyi veya azaltmayı amaçlayan uzun vadeli bir vizyon sunmaktadır. Bu vizyon, afetler yaşanmadan önce alınacak önlemlerle, afetlerin yıkıcı etkilerinin en aza indirileceği bir Türkiye hedefler. Afetlere karşı dayanıklı altyapılar oluşturmak, yerel yönetimlerin kapasitelerini geliştirmek ve toplumda afet bilincini yaygınlaştırmak, bu hedefin temel unsurlarını oluşturur. TARAP, toplumun her kesiminde farkındalık yaratarak, Türkiye'nin afet risklerine karşı daha dirençli bir ülke haline gelmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu plan, yalnızca bir kriz yönetimi aracı değil, aynı zamanda sürdürülebilir bir afet yönetimi kültürü oluşturmayı hedefleyen kapsamlı bir rehberdir.

1.10.1. Afet Risk Azaltma Stratejileri

Afet riski, belirli bir bölgede ve belirli bir zaman diliminde gerçekleşmesi muhtemel olan, potansiyel can kayıplarına ve zararlara yol açabilecek olaylar karşısında, bir topluluğun ya da sistemin maruz kaldığı tehlike düzeyini, savunmasızlık durumunu ve bu olaylarla baş etme kapasitesini tanımlayan bir kavramdır (Azimli Çilingir & Örçen Güler, 2020, s. 153). Afet hazırlık süreci yalnızca kurumların değil, tüm bireylerin sorumluluğunda olan bir süreçtir. Bu nedenle, toplum düzeyinde afet hazırlığına katılım kritik bir öneme sahiptir. Ancak doğa kaynaklı afetlerin görece düşük sıklıkla meydana gelmesi, birçok topluluğun afet hazırlıklarıyla yeterince ilgilenmemesine yol açmaktadır. Acil bir ihtiyaç algısı oluşmadığında hazırlık faaliyetleri nadiren gerçekleştirilmekte, hatta geçmişte afet deneyimi yaşamış veya gerekli kaynaklara sahip bireylerin dahi bu süreçlere aktif katılım göstermediği gözlemlenmektedir. Afetlere yönelik hazırlık, yalnızca fiziksel tedbirlerle sınırlı olmayıp, aynı zamanda bireylerin risk algısı, risklerin toplumsal temsili, risk iletişimi, psikolojik afet mitleri ve kadercilik anlayışı ile de yakından ilişkilidir (Akbolat vd., 2025, s. 440).

31 Mayıs 2012 tarihinde, afet zararlarını azaltmak ve kentsel dönüşüm çalışmalarını daha etkin şekilde yürütmek amacıyla hazırlanan 6306 sayılı "Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun", 28309 sayılı Resmî Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yasanın temel amacı, "…afet riski taşıyan bölgeler ile bu alanların dışındaki riskli yapıların bulunduğu arsa ve arazilerde, fen ve sanat normlarına uygun, sağlıklı ve güvenli yaşam alanları oluşturmak üzere iyileştirme, tasfiye ve yenilemelere ilişkin usul ve esasları belirlemek…" şeklinde tanımlanmıştır. Ancak, yasa özellikle büyük şehirlerdeki rant değeri yüksek bölgelerde uygulanarak, kentsel dönüşüm projeleriyle rantsal dönüşümün en güçlü aracı haline gelmiştir (Tercan, 2018, s. 112).

Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), ülkemizde geçmişte yaşanan afetlerden edinilen tecrübeler doğrultusunda, afetlere etkin ve koordineli bir şekilde müdahaleyi sağlamak amacıyla hazırlanmıştır. İlk kez 03 Ocak 2014 tarihli ve 28871 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren TAMP, gerekli revizyonların ardından 15 Eylül 2022 tarihli ve 31954 sayılı Resmî Gazete'de yeniden düzenlenmiş ve güncellenmiştir. Planın yasal dayanağını oluşturan Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği ise 24 Şubat 2022 tarihli ve 31760 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

TAMP kapsamında ulusal düzeyde 25, yerel düzeyde ise 23 hizmet grubu oluşturulmuştur. Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı, İçişleri Bakanlığı, Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı ile Türk Kızılay Genel Müdürlüğü ana çözüm ortakları olarak belirlenmiştir. Diğer bakanlıklar, kamu kurum ve kuruluşları ise destek çözüm ortakları rolü üstlenmektedir.

TAMP'ta afetlerin etkisine göre dört müdahale seviyesi tanımlanmıştır: S1, yerel imkânların yeterli olduğu durumları; S2, bir ilin kapasitesinin yetersiz kalması halinde destek illerden yardım gerektiren durumları; S3, ulusal düzeyde desteğe ihtiyaç duyulan afetleri; S4 ise uluslararası yardım gerektiren büyük ölçekli afetleri ifade etmektedir. Ayrıca, olası afetlerde etki alanının birden fazla ili kapsaması durumuna karşı, her il için "destek iller planlaması" yapılmıştır.

TAMP, dikey ve yatay olmak üzere iki düzeyde kurumsal yapılanmayı içermektedir. Ulusal düzeyde koordinasyon Afet ve Acil Durum Kurulu tarafından sağlanmaktadır. Cumhurbaşkanlığı 1 No'lu Kararnamesi'nin 522/I maddesi uyarınca oluşturulan bu kurul;

İçişleri Bakanı başkanlığında, ilgili bakanlıkların bakan yardımcıları, AFAD Başkanı, İletişim Başkanlığı temsilcileri, Türk Kızılay Genel Müdürü ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Müdürü'nün katılımıyla toplanmaktadır. Gerektiğinde diğer kamu kurum ve kuruluşları, üniversiteler, sivil toplum örgütleri ve uzman kişiler de toplantılara davet edilebilmektedir.

Yerel düzeyde koordinasyon ise, İl Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu ve İl/İlçe AFAD Merkezleri aracılığıyla yürütülmektedir. İlgili vali başkanlığında toplanan İl Koordinasyon Kurulu, afet ve acil durum hallerinde çağrı ve talimat beklemeksizin İl AFAD Merkezi'nde derhal toplanarak gerekli koordinasyonu sağlamaktadır.

1.11. İstanbul İl Afet Risk Azaltma Çalışmaları

İstanbul ilinde yaşanabilecek bir afetin sonuçlarını en aza indirgemek için kamu kuruluşları, STK'lar, sivil toplum örgütleri ve üniversiteler çeşitli çalışmalar yapmakta ve rapor yayınlamaktalar. Bu çalışmalar 1999 depremi sonrasında hız bulmuş ve 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Japon Uluslararası İş birliği Ajansı (JICA) 'nın ortak çalışması olan Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro Bölgeleme Dahil Afet Önleme Azaltma Temel Planı Çalışması yayınlanmıştır.

2013 yılında Lojistikçiler Derneği İstanbul İli Afet Lojistik Planı Kılavuzu'nu yayınlamıştır. Tanyaş ve arkadaşlarının yayınlamış olduğu kılavuzda, şehri etkileyebilecek büyük çaplı afetler, özellikle deprem gibi yıkıcı felaketler sonrasında, hızlı ve etkili bir lojistik destek sağlamak amacıyla hazırlanmış kapsamlı bir rehberdir. Bu kılavuz, afet sonrası İstanbul'un acil ihtiyaçlarını karşılamak için tüm lojistik süreçlerin koordineli bir şekilde yönetilmesini amaçlar. İlk olarak, afet lojistiği temel kavramları ve afet anında ihtiyaç duyulacak temel malzeme ve hizmetlerin nasıl tedarik edileceği, dağıtılacağı ve yönetileceği üzerinde durulur. Bu süreçte, gıda, su, tıbbi malzemeler, barınma ihtiyaçları gibi temel unsurların zamanında ve etkili bir şekilde sağlanabilmesi için planlamalar yapılır. Ayrıca, kılavuzda, afet sonrası tedarik edilecek malzemelerin depolanacağı lojistik merkezleri ve geçici depolama alanlarının belirlenmesi önemlidir. Bu alanların konumları, güvenliği ve lojistik operasyonların etkin bir şekilde yürütülmesi için alınacak önlemler detaylandırılır. Afet lojistiği, sadece malzeme tedarikiyle sınırlı kalmaz; afet sonrası ulaşım altyapısının durumu da kritik bir faktördür. Kılavuz, yolların, köprülerin, limanların ve havaalanlarının afet sonrası işlevselliğini değerlendirir. Lojistik destek için gerekli olan araç ve ekipmanların organize

edilmesi, dağıtım merkezlerinden yardımların hızla ulaşacağı noktalara taşınması için uygun planlar hazırlanır. Ayrıca, kılavuzda, afet durumunda önemli olan bir diğer unsur ise insan kaynağı ve koordinasyondur. Afet lojistiği için gereken personelin organize edilmesi, gönüllülerin eğitilmesi, uzman ekiplerin görevlendirilmesi gibi adımların yanı sıra, yerel yönetimlerin, kamu ve özel sektör kuruluşlarının, sivil toplum kuruluşlarının (STK) etkili bir iş birliği içinde çalışabilmesi için gerekli stratejiler belirlenir. Bu iş birliği, lojistik süreçlerin hızlı ve koordineli bir şekilde ilerlemesini sağlar.

İstanbul'daki afet lojistik planlamasında, iletişim altyapısının önemi de büyüktür. Kılavuz, afet anında tüm ilgili birimler arasında etkili iletişimin sağlanabilmesi için kullanılacak iletişim araçları ve sistemlerini tanımlar. Lojistik ekiplerinin ve diğer paydaşların birbirleriyle hızlı ve güvenli bir şekilde veri paylaşabilmesi için uygun teknolojik alt yapılar ve veri yönetim süreçleri belirlenir. Ayrıca, kılavuzda, İstanbul'daki afet riskleri göz önünde bulundurularak, lojistik süreçlerin aksamasını önlemek için yapılacak risk analizleri ve alınacak önlemler detaylı bir şekilde ele alınır. Bu aşamada, afet sırasında ortaya çıkabilecek zorluklara ve engellere karşı alternatif çözümler geliştirilmesi gerektiği vurgulanır. Kılavuzda bir diğer önemli başlık ise planların sürekliliği ve esnekliğidir. İstanbul'un değişken coğrafi ve yapısal koşulları göz önünde bulundurularak, afet lojistiği planlarının esnek olması gerektiği belirtilir. Planlar, çeşitli afet senaryolarına göre sürekli olarak gözden geçirilmeli ve güncellenmelidir.

Son olarak, kılavuz, afet sonrası lojistik operasyonlarının verimliliğini izlemek ve değerlendirmek için bir izleme sistemi geliştirilmesini önerir. Bu sistem sayesinde, yapılan işlemlerden elde edilen geri bildirimlerle, gelecekteki afetlere karşı daha etkili bir hazırlık yapılabilir. Kılavuz, İstanbul'un afet lojistiği için bir yol haritası sunarak, tüm paydaşların ve ilgili birimlerin afet sırasında birlikte hareket etmesini ve kaynakları verimli bir şekilde kullanmasını sağlamayı amaçlar. Bu kapsamlı planlama, İstanbul'un afetlere karşı daha dayanıklı bir şehir haline gelmesi için kritik bir adım teşkil eder (Tanyaş vd., 2013).

2019 yılında İstanbul Valiliği ve AFAD tarafından ortak hazırlanan ve İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından yayınlanan İstanbul İl Afet Müdahale Planı (İAMP), İstanbul'un büyük çaplı afetlere, özellikle depremler gibi yıkıcı felaketlere karşı etkili ve hızlı bir müdahale kapasitesine sahip olmasını sağlamayı amaçlayan kapsamlı bir plandır. Plan, afetlere hazırlık, müdahale, iyileşme ve rehabilitasyon süreçlerini içerir. İstanbul'un

coğrafi yapısı, aktif fay hatları üzerindeki durumu ve nüfus yoğunluğu göz önünde bulundurularak, olası afetlerin yaratacağı riskler değerlendirilmiş ve bu risklerin azaltılması için alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Plan, afet durumunda müdahale edecek olan kurumlar ve kuruluşlar arasında güçlü bir koordinasyon sağlamayı hedefler. Yerel yönetimler, kamu kurumları, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları arasındaki iş birliği netleştirilerek, afet anında görev alacak olan ekiplerin görev tanımları yapılmıştır. Ayrıca, afet sırasında gerekli olan iletişim altyapısı ve bilgi paylaşım yöntemleri de ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. İstanbul'un afet lojistiği ihtiyaçları, malzeme tedariki, depolama ve dağıtım süreçleriyle ilgili detaylar da plan kapsamında yer almaktadır. Afet sonrası iyileşme süreçleri, psikososyal destek, sağlık hizmetlerinin sağlanması ve ekonomik rehabilitasyon gibi konular da planın önemli başlıklarındandır. Bunun yanı sıra, İstanbul'daki afetlere karşı risk azaltma ve hazırlık çalışmalarına, yapıların güçlendirilmesi, altyapının iyileştirilmesi ve halkın bilinçlendirilmesi gibi adımlar da dahil edilmiştir. Plan, düzenli tatbikatlar ve eğitimlerle hem afet müdahale ekiplerinin hem de halkın afetlere karşı hazırlıklı olmasını sağlamayı amaçlar. Genel olarak, İstanbul İl Afet Müdahale Planı, afetlere karşı daha dayanıklı bir İstanbul oluşturmayı ve bu tür felaketlerde can ve mal kaybını en aza indirgemeyi hedefleyen stratejiler geliştirmektedir (AFAD, 2019).

25 Şubat 2023 yılında İstanbul Planlama Ajansı'nın 25 Şubat 2023 tarihinde düzenlediği İstanbul Deprem Çalışma Grubu toplantısı, İstanbul'da olası bir deprem riski karşısında alınması gereken önlemler ve hazırlıklar konusunda önemli bir adım olmuştur. Toplantıda, İstanbul'un deprem riskine karşı daha dayanıklı hale gelmesi için atılacak adımlar, iş birliği yapılacak kurumlar ve sektörler ele alınmıştır. İstanbul'un büyük bir deprem riski taşıdığı, bu yüzden hem yapılaşma hem de halkın afetlere karşı bilinçlendirilmesi konularının öncelikli olduğu vurgulanmıştır. Katılımcılar, şehirdeki mevcut binaların güçlendirilmesi, yeni yapılan yapıların ise deprem yönetmeliklerine uygun inşa edilmesi gerektiği konusunda fikir birliğine varmışlardır. Ayrıca, afet sonrası hızlı bir müdahale için altyapı güçlendirmeleri, lojistik planlamalar ve kriz yönetimi stratejilerinin detaylandırılması gerektiği üzerinde durulmuştur. Deprem sonrası yaşamın normal seviyelere hızlıca dönebilmesi için, toplumun her kesimiyle ortaklaşa yürütülecek eğitim ve tatbikatların önemi de toplantının önemli gündem maddelerinden biri olmuştur. Toplantı, İstanbul'da yaşanabilecek bir depremde etkin bir koordinasyon sağlanması, gerekli önlemlerin hızla uygulanabilmesi ve deprem sonrası hızlı toparlanma süreçlerinin

yönetilmesi adına çeşitli stratejilerin belirlenmesine katkı sağlamıştır (İstanbul Palanlama Ajansı, 2023).

2024 İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü Halk Sağlığı Hizmetleri Başkanlığı Çevre Sağlığı Birimi tarafından hazırlanan Afet Eylem Planı, İstanbul'da meydana gelebilecek afetler, özellikle depremler gibi büyük felaketler sonrası halk sağlığının korunmasına yönelik kapsamlı bir strateji sunmaktadır. Bu plan, afet öncesi, afet anı ve sonrası olmak üzere üç aşamalı bir yaklaşım benimser. Afet öncesinde, halk sağlığını tehdit edebilecek risklerin azaltılması için gerekli hazırlıklar yapılır; bu kapsamda, halkı bilinçlendirmek amacıyla eğitimler düzenlenir, sağlık ekipmanları temin edilir ve afet sonrası sağlık hizmetlerinin sağlanabilmesi için altyapı çalışmaları gerçekleştirilir. Afet anında ise, Çevre Sağlığı Birimi, afet bölgesine hızlıca sağlık ekipleri göndererek su ve gıda güvenliği, enfeksiyon hastalıklarının önlenmesi, sanitasyon ve atık yönetimi gibi kritik alanlarda hızlı müdahale sağlar. Bu dönemde, halk sağlığını korumak amacıyla içme suyu temini, hijyen ve sanitasyon hizmetlerinin sağlanması büyük önem taşır. Afet sonrası iyileşme sürecinde ise, sağlık hizmetleri yeniden organize edilir, hastalar tedavi edilir, psikososyal destek sağlanır ve dezenfeksiyon çalışmalarına başlanır. Çevre Sağlığı Birimi, afet sonrası enfeksiyon hastalıklarını önlemek amacıyla sağlık taramaları yapar ve toplumsal sağlığın yeniden inşası için çalışmalarını sürdürür. İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü'nün bu planı, afetlere karşı halk sağlığını korumak ve iyileştirmek için bütüncül bir yaklaşım sunar, afetlere karşı dayanıklı bir İstanbul oluşturmayı hedefler (T. C. Sağlık Bakanlığı, 2024).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Afet ve Koordinasyon Merkezi (AKOM) İstanbul'un olası afetlere karşı hazırlıklı olabilmesi için hayati öneme sahip bir kurumdur. AKOM, İstanbul'da meydana gelebilecek doğal afetler veya diğer kriz durumları için gerekli hazırlık, müdahale ve iyileşme süreçlerini yönetmek amacıyla faaliyet gösterir. Merkezi, afet anında hızlı ve etkin bir koordinasyon sağlamak için tüm belediye birimleri, kamu kurumları, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarıyla iş birliği içinde çalışır. AKOM, afetlere yönelik erken uyarı sistemlerinin kurulması, afet müdahale planlarının geliştirilmesi, afet senaryolarının oluşturulması ve bu senaryolara uygun tatbikatların düzenlenmesi gibi bir dizi önleyici çalışma yürütür. Ayrıca, afet sırasında hızlı ve verimli müdahale için lojistik altyapıları, sağlık hizmetleri ve geçici barınma alanları gibi ihtiyaçları organize eder. İstanbul'un afetlere karşı dayanıklılığını artırmak amacıyla, bu merkez ayrıca halkı bilinçlendirme faaliyetlerine de önem verir ve afet eğitimleri ile

toplumu afetlere hazırlıklı hale getirmeye çalışır. AKOM, tüm bu çalışmalarla İstanbul'un afetlere karşı daha güvenli ve dirençli bir şehir haline gelmesine katkı sağlar (AKOM, 2024).

İstanbul İl Afet Risk Azaltma Stratejileri, İstanbul'un olası afetlere karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlamak için geliştirilen planlar ve önlemler bütünüdür. Bu stratejiler, depreme dayanıklı binalar inşa etmek, altyapıyı güçlendirmek, afet eğitimleri düzenlemek ve halkı bilinçlendirmek gibi adımları içerir. Amaç, afetlerin etkilerini en aza indirmek ve şehri bu tür olaylara karşı hazırlıklı hale getirmektir. Bütün bu çalışmaların neredeyse hepsinin birleştiği veriler şüphesiz AFAD'ın yayınlamış olduğu İstanbul İl Afet Risk Azaltma Plandır. Plandan ikinci bölümde detaylı şekilde bahsedilecektir.

1.11.1. İstanbul İl Afet Risk Azaltma Planı (İRAP)

İRAP, İstanbul'un afetlere karşı dayanıklılığını artırmayı ve şehirdeki mevcut riskleri sistematik bir şekilde azaltmayı amaçlayan kapsamlı bir stratejik plandır. AFAD tarafından hazırlanan bu plan, İstanbul'un gelecekte karşılaşabileceği doğal, teknolojik ve insan kaynaklı afetlerin olası etkilerini en aza indirmeyi hedefler. İstanbul, büyük bir metropol olmasının yanı sıra, coğrafi konumu ve yüksek nüfusu nedeniyle çeşitli afet riskleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu plan, İstanbul'un mevcut afet risklerini tespit edip bu risklere karşı uygun önlemler almayı amaçlar.

İstanbul'daki en önemli afet riskleri, çeşitli doğal afetler (deprem, sel, heyelan, tsunami) ve teknolojik afetler (kimyasal sızıntılar, endüstriyel kazalar) olarak belirlenmiştir. İstanbul'daki tüm bu afet türlerine karşı alınması gereken tedbirler, planın temel hedeflerini oluşturmaktadır. İRAP, afetlere karşı etkin bir mücadele stratejisi oluşturmak amacıyla detaylı bir risk analizi sürecine dayanmaktadır. Bu süreçte İstanbul'daki çeşitli kurum ve kuruluşlar, belediyeler, akademik camia ve teknik personel birlikte çalışarak, şehirdeki riskler üzerinde derinlemesine incelemeler yapmıştır.

İRAP, 9 farklı afet türü üzerinde yoğunlaşırken, bu afetlerin her birinin İstanbul için taşıdığı potansiyel zararlar detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. İstanbul'da karşılaşılan başlıca afet türleri arasında büyük deprem riski, sel ve taşkınlar, heyelanlar, tsunami, orman yangınları ve endüstriyel kazalar yer almaktadır. Bu tür afetler için belirlenen risklerin azaltılması amacıyla 4 ana amaç belirlenmiş olup, bu amaçlara ulaşmak için 34 hedef geliştirilmiştir. Hedeflerin başarılması için ise toplamda 454 eylem önerilmiştir. Bu

eylemler, afet öncesi hazırlık, afet sırası müdahale, afet sonrası iyileştirme süreçlerini kapsamaktadır.

Plan, İstanbul'daki kentsel dönüşüm projeleriyle doğrudan ilişkilidir. Kentsel dönüşüm, özellikle deprem riskini azaltma noktasında önemli bir rol oynamaktadır. Eski ve dayanıksız yapıların yerine, afetlere dayanıklı yeni yapılar inşa edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, altyapı iyileştirme çalışmaları, su taşkınlarını önlemek için gerekli dere ıslahı ve kanalizasyon sistemlerinin güçlendirilmesi, afetlere karşı direncin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Plan ayrıca, İstanbul'daki binaların deprem riskine karşı güçlendirilmesi, sağlık tesislerinin afetlere hazırlıklı olması, ulaşım ağlarının afet sırasında işlevini sürdürebilmesi için gereken tedbirlerin alınmasını içermektedir.

Afet tatbikatları ve eğitim çalışmaları da planda önemli bir yer tutmaktadır. Halkın afetler konusunda bilinçlendirilmesi, yerel yönetimler ve afet müdahale ekiplerinin kapasitesinin artırılması için eğitim ve tatbikatlar düzenlenmektedir. Bu tatbikatlar, senaryo bazlı afet müdahale çalışmaları şeklinde gerçekleştirilmekte, afet sırasında yapılması gerekenler hakkında bilgi verilmekte ve bu sayede halkın ve ekiplerin afetlere karşı daha hazırlıklı hale gelmesi sağlanmaktadır.

İRAP'ın bir diğer önemli bileşeni, teknolojinin kullanımıdır. İstanbul'daki afet risklerinin daha etkin bir şekilde izlenmesi ve yönetilmesi için uydu ve CBS kullanılmaktadır. Bu sistemler, riskli bölgelerin haritalandırılması, afetlerin etkilerinin analiz edilmesi ve müdahale süreçlerinin daha etkin yönetilmesini sağlamak için kritik bir araçtır. Ayrıca, afet veri tabanları oluşturulmakta ve bu veriler, afetlere karşı daha etkili stratejiler geliştirilmesi için kullanılmaktadır.

Afetlere karşı direncin artırılmasında, psikososyal destek hizmetlerinin de önemli bir rolü vardır. Afetler sonrasında, özellikle çocuklar, yaşlılar ve engelliler gibi hassas grupların psikolojik destek alması gerekmektedir. Bu doğrultuda, İstanbul'daki afet sonrası psikososyal destek hizmetlerinin güçlendirilmesi için çeşitli planlar ve eylemler belirlenmiştir.

İRAP, yerel, ulusal ve uluslararası düzeyde iş birliğini teşvik etmeyi de amaçlamaktadır. Uluslararası iş birlikleri, afet yönetimi konusunda bilgi ve deneyim paylaşımını teşvik etmekte, komşu ülkelerle ortak projeler geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, bu iş birlikleri, afetlere karşı daha etkili müdahale yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, İRAP, İstanbul'u afetlere karşı daha dirençli bir şehir haline getirebilmek için kapsamlı bir strateji sunmaktadır. Planın etkin bir şekilde uygulanabilmesi, tüm paydaşların iş birliği içinde hareket etmesine ve afetlere karşı sürekli bir izleme ve güncelleme süreci izlenmesine dayanmaktadır. Bu sayede, İstanbul'un afetlere karşı daha güvenli bir şehir olması hedeflenmektedir (AFAD, 2019).

1.11.2. İstanbul Sismik Mikro-Bölgeleme Raporu

JICA ve İBB iş birliğiyle hazırlanan İstanbul İli Sismik Mikro Bölgeleme Raporu, İstanbul'un deprem risklerini belirlemek ve bu risklere karşı alınması gereken önlemleri ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır. Bu rapor, İstanbul'daki farklı bölgelerin zemin yapıları, jeolojik özellikleri ve yer altı koşullarını detaylı bir şekilde inceleyerek şehrin sismik risk haritalarını oluşturmuştur. İstanbul'un aktif fay hatları üzerinde yer alması, büyük deprem riskini beraberinde getirir, bu yüzden rapor, deprem olasılıklarına karşı şehri daha güvenli hale getirebilmek adına kapsamlı bir strateji sunar. JICA, Japonya'daki afet yönetimi ve sismik risk azaltma konusundaki tecrübelerini İstanbul'a uyarlayarak, şehrin sismik risklerini belirlerken, mikro bölgeleme yöntemi ile her bölgenin deprem davranışını daha doğru bir şekilde incelemiştir. Rapor, İstanbul'daki her bölgenin zemin özelliklerine ve yer altı koşullarına dayanarak, hangi bölgelerde deprem riski daha yüksek, hangi bölgelerde ise riskin daha düşük olduğu hakkında bilgi sağlamaktadır.

Rapor, İstanbul'daki yapılaşmanın ve altyapının depreme dayanıklı olabilmesi için gerekli önlemleri ve stratejileri belirlerken, tehlikeli madde tesisleri gibi kritik alanlara da özel bir dikkat göstermektedir. İstanbul gibi büyük metropollerde, tehlikeli kimyasal maddelerin depolandığı veya işlendiği tesislerin varlığı, depremler sırasında ciddi güvenlik tehditleri oluşturabilir. Bu tür tesislerin bulunduğu bölgelerde, deprem sonrası olabilecek sızıntılar, yangınlar veya kimyasal patlamalar, çevreye büyük zarar verebilir ve halk sağlığını tehdit edebilir. Bu nedenle, rapor, tehlikeli madde tesislerinin yer seçimi, zemin yapıları ve güvenlik önlemleri konularında özel önerilerde bulunmaktadır. Özellikle bu tür tesislerin, sismik açıdan riskli bölgelerden uzak tutulması ve zemin etütlerinin daha titizlikle yapılması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, afet anında bu tesislerden kaynaklanabilecek risklerin en aza indirilmesi için acil durum planları ve hızlı müdahale stratejilerinin oluşturulması gerektiği belirtilmiştir.

JICA ve İBB iş birliğiyle hazırlanan İstanbul İli Sismik Mikro Bölgeleme Raporu, sadece İstanbul'un deprem risklerine dair bilimsel bir temel oluşturmakla kalmamış, aynı

zamanda şehrin afet güvenliğini artırmak için önemli stratejik önerilerde bulunmuştur. Bu rapor, İstanbul'daki yapılar, altyapılar, tehlikeli madde tesisleri ve diğer kritik alanların güvenliğini sağlamak adına rehberlik etmekte ve şehrin daha dayanıklı, güvenli ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasını sağlamaya yönelik önemli bir adım olmuştur (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2002).

1.12. Literatür Değerlendirmesi

Afet ve acil durum lojistiği kapsamında depo yeri seçimi problemi, son yıllarda genellikle ÇKKV yöntemleri kullanılarak ele alınmaktadır. Afet sonrası lojistik faaliyetlerin etkin bir şekilde yürütülebilmesi, doğru konumlandırılmış depo ve dağıtım merkezlerinin varlığına doğrudan bağlıdır. Bu kapsamda Bayram ve Eren (2023), afet sonrası geçici depo yeri seçimi problemini ÇKKV yöntemleri çerçevesinde incelemiştir. Çalışmada, afet sonrası lojistik faaliyetlerin etkinliğini artırmak amacıyla farklı alternatif depo alanları belirlenmiş; bu alternatifler afet yönetimi, erişilebilirlik ve operasyonel uygunluk gibi kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ÇKKV yöntemlerinin afet sonrası depo yeri seçiminde sistematik ve rasyonel kararlar alınmasına olanak sağladığını ortaya koymuştur.

Benzer şekilde, afet ve olağanüstü durum koşullarında lojistik faaliyetlerin sürekliliğinin sağlanması için depo ve dağıtım merkezi yer seçiminin kritik bir karar problemi olduğu vurgulanmaktadır. Oral vd. (2022), pandemi sürecinde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi kapsamında ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yer seçimi problemini ele almıştır. Çalışmada, farklı alternatifler ÇKKV yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve sağlık lojistiğinde depo yeri seçiminde sistematik karar verme yaklaşımlarının önemi vurgulanmıştır. Elde edilen bulgular, afet ve kriz dönemlerinde depo ve dağıtım merkezi yer seçiminde ÇKKV yöntemlerinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Tehlikeli madde depo yeri seçimi, yanlış kararlar alınması durumunda çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi riskler oluşturabilecek stratejik bir karar problemidir. Bu nedenle, literatürde tehlikeli madde depolarının yer seçimi sürecinde çok sayıda kriterin birlikte değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Oral vd. (2021), Kırıkkale ilinde tehlikeli madde depo yeri seçimini AHP ve ANP yöntemleri kullanarak incelemiştir. Çalışmada, güvenlik, çevresel etkiler, yerleşim alanlarına uzaklık ve ulaşım olanakları gibi kriterler dikkate alınmış ve alternatif depo alanları bu kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, AHP ve ANP yöntemlerinin tehlikeli madde depo yeri seçiminde etkili ve uygulanabilir karar destek araçları olduğunu ortaya koymuştur.

Tehlikeli madde depo yeri seçiminde mekânsal faktörlerin dikkate alınması, risklerin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda Erbaş, Balı ve Durgut tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tehlikeli madde depo yeri seçimi CBS perspektifinden ele alınmıştır. Çalışmada, tehlikeli maddelerin üretimi, depolanması ve elleçlenmesi sırasında oluşabilecek çevresel ve güvenlik riskleri göz önünde bulundurularak depo yeri seçim kriterleri belirlenmiş; bu kriterlere uygun alanların tespitinde konumsal analizlerden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgular, CBS tabanlı analizlerin tehlikeli madde depo yeri seçiminde etkin bir karar destek aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, bu tür çalışmaların çoğunlukla sınırlı mekânsal ölçeklerde gerçekleştirildiği ve afet risklerinin bütüncül bir çerçevede ele alınmadığı dikkat çekmektedir.

Tehlikeli ve riskli materyallerin depolanması, geri kazanımı veya bertarafına yönelik tesis yeri seçimi problemleri, yalnızca uygun konumun belirlenmesini değil, aynı zamanda kapasite planlaması ve dağıtım ağlarının tasarımını da gerektirmektedir. Bu kapsamda Kurtay ve Erol (2025), mühimmat geri dönüşüm problemine yönelik olarak tesis yeri seçimi ve dağıtım ağı tasarımını bütünleşik bir yaklaşımla ele almıştır. Çalışmada, CBS kullanılarak aday depo konumları belirlenmiş; kapasite analizi ve dağıtım ağı tasarımı ise tamsayılı programlama yöntemiyle optimize edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, çevresel ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi amacıyla riskli materyaller için tesis yeri seçiminin sistematik ve bütüncül bir şekilde ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Tehlikeli maddelerin depolanması ve elleçlenmesi süreçleri, meydana gelebilecek kazalar sonucunda çevre ve insan sağlığı üzerinde ciddi riskler oluşturmaktadır. Bu kapsamda, risk tabanlı yaklaşımların tehlikeli madde yönetiminde önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir. Sun vd. (2025), bir üretim tesisinde tehlikeli maddelerin depolanması ve elleçlenmesi sırasında ortaya çıkabilecek riskleri sistematik bir biçimde analiz etmiştir. Çalışmada, depolama ve elleçleme faaliyetlerinin güvenlik, çevresel etki ve operasyonel risk boyutları birlikte ele alınmış ve risklerin azaltılmasına yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen bulgular, tehlikeli madde depolama süreçlerinde risklerin yalnızca tesis içi operasyonlarla sınırlı kalmadığını göstermektedir.

Benzer şekilde, kimyasal ve tehlikeli maddelerin depolandığı tesislerde meydana gelebilecek sızıntı, yangın ve patlama gibi kazaların ciddi çevresel ve sağlık riskleri oluşturduğu literatürde vurgulanmaktadır. Jafari vd., (2022), kimyasal depo risk analizine yönelik yeni bir yaklaşım önermiştir. Çalışmada, hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonları ile bulanık Bayes ağ modeli birlikte kullanılarak kimyasal depolarda oluşabilecek tehlikelerin olasılık ve şiddet boyutları detaylı biçimde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kimyasal depo risklerinin nicel ve belirsizlikleri dikkate alan yöntemlerle analiz edilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Afet lojistiği kapsamında depo yeri belirleme problemleri, özellikle mekânsal analizlerin ve CBS tabanlı yaklaşımların yaygınlaşmasıyla birlikte daha sistematik bir şekilde ele alınmaktadır. Bu kapsamda Kaya vd. (2025), afet lojistiği çerçevesinde CBS kullanarak depo yeri belirleme problemini Kilis ili örneğinde incelemiştir. Çalışmada, afet öncesi risk analizi, altyapı durumu ve ulaşım olanakları gibi mekânsal kriterler CBS tabanlı analizler aracılığıyla değerlendirilmiş ve afet yönetimi açısından güvenli depo alanları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, CBS tabanlı mekânsal analizlerin afet lojistiği kapsamında depo yeri seçiminde etkin bir karar destek aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Tehlikeli maddelerin depolandığı tesislerde meydana gelen kazaların nedenlerine odaklanan çalışmalar da literatürde önemli yer tutmaktadır. Chang ve Lin (2006), son kırk yıl içerisinde endüstriyel tesislerde meydana gelen 242 depolama tankı kazasını incelemiş ve kazalara yol açan temel nedenleri analiz etmiştir. Çalışmada, kazaların büyük bir bölümünün tasarım hataları, işletme koşulları ve yetersiz güvenlik önlemlerinden kaynaklandığı ortaya konulmuştur. Bu bulgular, tehlikeli madde depolama tesislerinde güvenlik ve risk faktörlerinin dikkate alınmasının hayati önem taşıdığını göstermektedir. Özellikle deprem riski yüksek bölgelerde bu tür kazaların ikincil afetlere dönüşebileceği ve etkilerin daha da ağırlaşabileceği belirtilmektedir.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda, tehlikeli madde depo yeri seçimine yönelik çalışmaların ağırlıklı olarak ÇKKV yöntemleri veya CBS tabanlı mekânsal analizler üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak bilgimiz dahilinde mevcut çalışmaların büyük bir bölümünde, afet riski, nüfus yoğunluğu ve mekânsal kırılganlık gibi faktörlerin bütünleşik bir değerlendirme çerçevesinde ele alınmadığı dikkat çekmektedir. Ayrıca, risk analizine odaklanan çalışmaların çoğunlukla depo içi süreçlerle sınırlı kaldığı ve bu

risklerin depo yeri seçimi kararlarına doğrudan entegre edilmediği görülmektedir. Bununla birlikte, yine bilgimiz dahilinde kriter ağırlıklandırma sürecinde belirsizliği doğrudan ele alan bulanık ÇKKV yaklaşımlarının kullanımının sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, bu çalışmada tehlikeli madde depo yeri seçimi problemi; CBS tabanlı mekânsal analizler, afet ve deprem riski göstergeleri ile uzman görüşlerine dayalı Bulanık SWARA yöntemi birlikte kullanılarak ele alınmakta ve literatürdeki söz konusu boşluğun doldurulması amaçlanmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM, RAPOR VE VERİLER

2.1. Lojistikte Coğrafi Bilgi Sistemleri

CBS, tedarik zinciri ve lojistik sistemlerinde karar verme süreçlerini destekleyerek operasyonların daha verimli ve güvenli yürütülmesini sağlamaktadır. Bu sayede sistem, dağıtım süreçlerinde verimlilik ve güvenliği artırmanın yanı sıra, depo yeri seçiminde de etkin bir optimizasyon sağlamayı hedeflemektedir (Qu, 2024, s. 397).

Tehlikeli maddeler; üretimi, kullanımı, elleçlenmesi, depolanması ve taşınması sırasında dikkatsizlik veya kazalar sonucunda çevre ve insan güvenliğini tehdit edebilecek zararlar oluşturabilen maddelerdir. Bu maddeler katı, sıvı veya gaz halinde olabilir ve tehlike durumunda çevreye ciddi zararlar verebilirler. Günümüzde, bu tür maddelerin üretimi hızla artmakta ve kullanım alanları genişlemektedir. Ancak, bu maddelerin yaygın kullanımı, özellikle bir tehlike anında çevresel etkileri göz önüne alındığında, onları depolamanın ayrı bir problem haline gelmesine yol açmaktadır. Depo yeri seçimi, bu tür tehlikeli maddelerin güvenli bir şekilde saklanabilmesi için dikkatlice yapılmalıdır. Depo yeri seçimi, tesis yeri seçim problemi ile benzer özellikler gösterse de doğal faktörlerden kaynaklanan seçim kriterlerinin çok iyi belirlenmesi gereklidir. Günümüzde, hızla gelişen ve küreselleşen rekabetçi ekonomik ortamda, firmalar sadece hayatta kalmayı değil, aynı zamanda bulundukları çevre üzerinde de etki sahibi olmayı hedeflemektedirler. Bu nedenle, yeni tesis yerlerinin belirlenmesinde daha titiz bir analiz yapılması gerektiği belirtilmektedir. Firmalar, çevresel etkilerden kaçınmak ve sürdürülebilir bir gelişim sağlamak için tesis yerlerini doğru belirlemelidirler. Bu kapsamda, tesis yerleri belirlenirken kullanılan yöntemlerin çeşitliliği ve kapsamı oldukça geniştir. Özellikle CBS, bu süreçte önemli bir karar destek aracı olarak öne çıkmaktadır. CBS, konumsal (yerle ilgili) ve konumsal olmayan verileri bir arada sunabilen bir teknoloji olup, karar destek sistemlerinin oluşturulmasında büyük avantaj sağlar. CBS'nin sağladığı karar analizleri, matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle karşılaştırıldığında, karmaşık

verilerin hızlı ve etkili bir şekilde değerlendirilmesini mümkün kılar. Bu nedenle, özellikle tehlikeli madde depolama alanlarının seçimi gibi önemli kararlar alınırken, CBS analizlerinin kullanılması son derece faydalı olmaktadır. Bu sistemler, doğal faktörler ve çevresel etkiler gibi değişkenleri göz önünde bulundurarak daha doğru ve güvenli kararlar alınmasına yardımcı olur (Erbaş vd., 2014, s. 5-6).

2.2. QGIS ve Kullanım Alanları

QGIS, açık kaynaklı bir CBS olup, geniş bir yelpazede kullanım alanına sahiptir. Haritalama ve görselleştirme, mekansal verilerin analiz edilmesi ve tematik haritaların tasarlanması QGIS'in temel kullanım alanları arasındadır. Kentsel planlamada arazi kullanımı, ulaşım altyapılarının geliştirilmesi ve risk yönetimi projelerinde sıklıkla kullanılır. Çevre yönetiminde doğal kaynakların korunması, çevresel etki değerlendirmesi ve biyolojik çeşitliliğin izlenmesi için etkin bir araçtır. Ayrıca altyapı ve ulaşım projelerinde rota optimizasyonu, taşımacılık planlaması ve trafik yönetimi gibi analizlerde kullanılır. QGIS'in en büyük avantajlarından biri, Python programlama dili kullanılarak yeni eklentilerin kolay ve hızlı bir şekilde geliştirilebilmesidir (Ercan & Ünsal, 2023, s. 184). QGIS, afet yönetiminde risk bölgelerinin belirlenmesi, tahliye yollarının planlanması ve doğal afetlere hazırlık için önemli bir rol oynamaktadır. Ticari uygulamalarda, mağaza yeri seçimi, depo yeri seçimi, müşteri analizleri ve satış ağı optimizasyonu gibi stratejik kararlar için QGIS etkili bir araçtır (Palino & Sparks, 2024).

2.2.1. QGIS ile Tehlikeli Madde Yönetimi

QGIS, tehlikeli madde depoları ve üretim tesislerinin yönetiminde güçlü ve etkili bir araç olarak kullanılabilir. Tehlikeli maddelerin depolanması ve üretilmesi, çevresel ve insani riskler taşıdığı için, bu tesislerin doğru konumlandırılması ve yönetilmesi kritik öneme sahiptir. QGIS, CBS altyapısı ile bu tesislerin yer seçimi, risk analizi, izleme ve denetim süreçlerinde kapsamlı bir destek sağlar.

Tehlikeli madde depoları ve üretim tesislerinin konumları, çevresel faktörler ve nüfus yoğunluğu gibi değişkenler göz önünde bulundurularak analiz edilebilir. Örneğin, tesislerin sismik risk alanlarına yakınlığı, su kaynaklarına mesafesi ve çevresel hassasiyetler QGIS kullanılarak detaylı bir şekilde haritalandırılabilir. Ayrıca, tesislerin çevresindeki potansiyel etki alanları belirlenerek bu bölgelerdeki nüfus yoğunluğu, altyapılar ve ekosistem üzerindeki olası zararlar analiz edilebilir. Bu bilgiler, risk

yönetimi stratejilerinin geliştirilmesinde ve önleyici tedbirlerin alınmasında önemli bir rol oynar.

QGIS'in sunduğu ağ analiz araçları, tehlikeli madde taşıma güzergâhlarının optimizasyonunda da kullanılabilir. Depolar ve üretim tesisleri arasındaki lojistik ağların planlanması sırasında, en güvenli ve en uygun maliyetli rotalar belirlenebilir. Bunun yanı sıra, acil durum senaryolarında tahliye planlarının oluşturulması ve uygulanması için QGIS ile detaylı haritalar ve analizler yapılabilir.

QGIS ayrıca, bu tesislerin düzenli olarak izlenmesi ve güncel risk durumlarının değerlendirilmesi için bir izleme platformu olarak kullanılabilir. Tesislerin çevresinde gerçekleşen arazi kullanım değişiklikleri, nüfus artışı veya çevresel faktörlerdeki değişimler, uydu görüntüleri ve diğer veri kaynaklarıyla QGIS üzerinden takip edilebilir. Bu şekilde, yeni riskler zamanında tespit edilerek gerekli önlemler alınabilir. Python tabanlı özel eklentilerle QGIS'in işlevselliği artırılabilir, böylece tehlikeli madde tesislerinin yönetiminde daha esnek ve verimli çözümler sunulabilir. QGIS, bu özellikleriyle, sürdürülebilir bir tehlikeli madde yönetim sistemi oluşturmak için vazgeçilmez bir araçtır.

2.2.2. Veri Analiz Süreci

QGIS, açık kaynaklı bir CBS yazılımıdır ve coğrafi verilerin görselleştirilmesi, analiz edilmesi ve yönetilmesi için kullanılır. Kullanıcı dostu arayüzü ve geniş işlevselliği sayesinde hem profesyonel hem de amatör kullanıcılar için ideal bir araçtır. QGIS, harita oluşturma, mekânsal sorgulamalar, veri analizi ve coğrafi veri yönetimi gibi birçok işlemin kolayca gerçekleştirilmesini sağlar. Yazılımın arayüzü, harita görünümü, katman paneli, araç çubukları ve eklentiler gibi temel bileşenlerden oluşur. Bu bileşenler, kullanıcıların verileri hızlı bir şekilde yükleyip görselleştirmesine ve analiz etmesine olanak tanır.

QGIS, Shapefile, GeoJSON, KML, CSV ve raster veriler gibi çeşitli formatlardaki coğrafi verileri destekler. Veri yükleme işlemi oldukça basittir: "Katman Ekle" butonu kullanılarak istenilen veri formatı seçilir ve dosya yüklenir. Yüklenen veri, harita görünümünde otomatik olarak görüntülenir. Kullanıcılar, katman özelliklerini kullanarak verilerin stilini değiştirebilir (renk, sembol, etiket vb.) ve haritalarını daha anlaşılır hale getirebilir. Veri analizi sürecinde QGIS, mekansal sorgulamalar, coğrafi analizler, raster analizleri ve ağ analizleri gibi birçok işlev sunar. Örneğin, belirli bir alan içindeki nokta

veya çizgiler filtrelenebilir, tampon bölgeler oluşturabilir, iki katmanın kesişimi veya birleşimi bulunabilir, yükseklik verileri üzerinde eğim ve bakı analizleri yapılabilir veya en kısa yol analizleri gerçekleştirilebilir.

QGIS'in güçlü yönlerinden biri de geniş eklenti kütüphanesidir. Örneğin, "Processing Toolbox" ile GRASS ve SAGA gibi araçlarla ileri düzey analizler yapılabilir, "SCP (Semi-Automatic Classification Plugin)" ile uydu görüntüleri üzerinde sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilebilir veya "QGIS2Web" eklentisi ile haritalar web tabanlı olarak paylaşılabilir. Analiz sonuçlarını harita olarak dışa aktarmak için "Baskı Düzenleyicisi" kullanılır. Bu araç sayesinde harita, lejant, ölçek çubuğu ve diğer öğeler eklenerek çıktı PDF, PNG veya JPEG formatında kaydedilebilir.

QGIS, veri yönetimi ve paylaşımı konusunda da oldukça esnektir. Veriler farklı formatlara dönüştürebilir, PostGIS veya SpatiaLite gibi veritabanları ile entegre çalışabilir veya analiz sonuçları web haritaları aracılığıyla paylaşılabilir. Açık kaynaklı olması, ücretsiz ve sürekli geliştirilen bir yazılım olması, QGIS'i hem bireysel hem de kurumsal kullanıcılar için cazip kılmaktadır. Ayrıca, Windows, macOS ve Linux işletim sistemlerinde çalışabilmesi ve geniş bir kullanıcı ve geliştirici topluluğuna sahip olması, QGIS'in avantajlarını artırmaktadır (Gandhi, 2022).

2.2.3. Veri İşleme ve Haritalandırma

QGIS ile veri işleme ve haritalandırma süreci, coğrafi verilerin yönetimi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi aşamalarını kapsayan çok yönlü ve detaylı bir çalışmayı gerektirir (Kaya vd., 2025, s. 8). İlk aşamada, doğru ve güvenilir veri kaynaklarının belirlenmesi ve QGIS ortamına aktarılması büyük önem taşır. Veri kaynakları genellikle raster ve vektör veri setleri, web tabanlı hizmetler ve açık veri portallarından elde edilebilir. Verilerin içeriğine ve türüne göre uygun veri katmanları oluşturularak projeye eklenir.

Veri işleme aşamasında, öncelikle veri setlerinin uyumluluğunun sağlanması gerekmektedir. Farklı projeksiyon sistemlerine sahip veriler, 'Projeksiyon Dönüştürme' araçları kullanılarak tek bir koordinat sistemine dönüştürülür. Ayrıca, veriler üzerinde 'Öznitelik Tablosu' düzenlemeleri, gereksiz sütunların temizlenmesi, veri türlerinin düzeltilmesi gibi işlemler yapılır. Eğer verilerde eksiklikler veya hatalar varsa, 'Veri Düzenleme' modunda gerekli düzenlemeler gerçekleştirilir.

Veri analizinde, coğrafi veriler üzerinde mekânsal ve öznitelik bazlı analizler yapılır. Örneğin, belirli bir bölgedeki arazilerin kullanım durumu, nüfus yoğunluğu veya çevresel faktörlerle ilişkili analizler gerçekleştirilebilir. QGIS, tampon oluşturma, kesişim, birleştirme ve çözümleme gibi güçlü mekânsal analiz araçları sunar. Ayrıca, 'Mekânsal Birleştirme' özelliği kullanılarak farklı veri katmanları arasında ilişki kurmak mümkündür. Bu aşamada üretilen yeni veri katmanları, orijinal verilerle birlikte projeye eklenerek bütüncül bir veri seti oluşturulur.

Haritalandırma sürecinde, işlenen verilerin görselleştirilmesi için stil ve sembolik araçları kullanılır. Katmanlar için uygun renkler, semboller ve sınıflandırma yöntemleri seçilerek verilerin harita üzerinde anlaşılır bir şekilde gösterilmesi sağlanır. Özellikle 'Graduated' veya 'Categorized' sembolik kullanımı ile veriler renk geçişleri veya kategorik sembollerle zenginleştirilir. Stil oluşturma işlemi tamamlandıktan sonra, harita düzenleme aşamasına geçilir. QGIS'in 'Düzenleme Yöneticisi' kullanılarak, haritaya başlık, ölçek çubuğu, kuzey oku, lejant ve açıklayıcı metinler eklenir. Haritanın görsel tasarımında estetik unsurlar kadar, bilgilerin doğru ve anlaşılır bir şekilde sunulması da önemlidir.

Son aşamada, hazırlanan harita projesi uygun formatlarda dışa aktarılır. QGIS, haritaları PDF, PNG, SVG gibi görsel formatların yanı sıra SHP, GeoJSON, KML gibi coğrafi veri formatlarında da kaydetme imkânı tanır. Eğer proje web tabanlı bir ortamda kullanılacaksa, harita verileri 'Web Haritası' olarak dışa aktarılabilir veya web GIS sistemleriyle entegre edilebilir. Tüm bu süreç boyunca veri kalitesine, analiz doğruluğuna ve görsel sunumun netliğine dikkat edilir. QGIS'in sunduğu zengin araç seti ve açık kaynak yapısı, kullanıcıların esnek ve özelleştirilebilir haritalar oluşturmasına olanak tanır. Böylece, coğrafi verilerin etkili bir şekilde analiz edilmesi ve karar alma süreçlerinde kullanılabilecek nitelikli haritalar üretilmesi sağlanır (Duke University Libraries, 2025).

2.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Arslan (2024, s. 6) çalışmasında ÇKKV yöntemlerini, karar verme sürecinde birden fazla ölçütün aynı anda dikkate alınarak değerlendirildiği analitik yöntemler bütünü olarak tanımlamıştır. Bu yaklaşımlar, tek boyutlu karar mekanizmalarının yetersiz kaldığı durumlarda, alternatiflerin farklı kriterler açısından sistematik olarak incelenmesine olanak tanımımaktadır. Greco ve diğerlerinin (2025, s. 352–354) çalışmalarında, ÇKKV

yöntemlerinin 1970'lerden günümüze kadar geçirdiği gelişim süreci ayrıntılı biçimde ele alınmaktadır. ÇKKV, 1970'li yıllardan itibaren Yöneylem Araştırması'nın en hızlı gelişim gösteren alt alanlarından biri hâline gelmiş; başlangıçta değer ve fayda fonksiyonlarının değerlendirilmesi, üstünlük (outranking) yaklaşımları ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi klasik yöntemlerle temsil edilmiştir. 1980'li ve 1990'lı yıllarda ise literatür hızla genişlemiş, özellikle European Journal of Operational Research dergisi yayımladığı çalışmalarla bu gelişimin merkezinde yer almıştır. Roy ve Vincke'nin (1981) erken dönem araştırması, ilerleyen yıllarda büyük ölçüde hayata geçirilen gelişim perspektiflerini ortaya koymuştur. ÇKKV genel olarak iki alt alana ayrılmaktadır. Sonlu (bilinen) alternatifler kümesi üzerinde karar verme ve çok amaçlı optimizasyon. Bu iki alan, özellikle insan–makine etkileşimi ve karar verici tercihlerini öğrenme bağlamında birbirini etkilemiş; ikili karşılaştırmalar her iki yaklaşımda da yaygın olarak kullanılmıştır. 2000'li yıllardan itibaren ise alan, klasik yöntemlerden daha gelişmiş modellere doğru evrilmiş ve belirsizlikleri daha etkin biçimde yönetmeyi amaçlayan sağlam (robust) ordinal regresyon gibi modern yaklaşımlar geliştirilmiştir. Dolayısıyla ÇKKV, yarım yüzyıllık süreçte yalnızca yöntemsel açıdan değil, uygulama alanları bakımından da köklü bir dönüşüm geçirmiştir. Sahoo ve Goswami'nin (2023, s. 25–26) çalışmasına göre, Günümüzün karmaşık ve hızla değişen koşullarında karar vericiler, yapılandırılmış ve bilgi temelli bir karar verme yaklaşımı gerektiren çok boyutlu sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda, ÇKKV yöntemleri; birden fazla amaç, farklı kriterler ve çeşitli tercihlerin aynı anda dikkate alındığı karar problemlerini sistematik bir çerçevede ele alma olanağı sunmaktadır. Literatürdeki mevcut gelişmeler, ÇKKV'nin yalnızca güncel karar verme süreçlerinde değil, aynı zamanda geleceğe dönük stratejik planlamalarda da önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Özellikle yapay zekâ, blokzincir ve nesnelerin interneti gibi yeni nesil teknolojilerle ÇKKV yöntemlerinin entegrasyonu, karar verme süreçlerinin etkinlik ve uyarlanabilirliğini artırma açısından dikkate değer bir potansiyel barındırmaktadır. Bu nedenle, geleceğe yönelik ÇKKV araştırmalarında ortaya çıkan eğilimlerin ve yönelimlerin belirlenmesi hem akademik çalışmalar hem de uygulamalı karar verme süreçleri açısından kritik öneme sahiptir.

2.3.1. Bulanık SWARA Yöntemi

SWARA yöntemi, Kersuliene ve çalışma arkadaşları tarafından ÇKKV problemlerinde öznel kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş, etkili ve görece yeni bir

yöntem olarak literatürde yer almaktadır. SWARA yönteminin öne çıkan özelliklerinden biri, kriter ağırlıklarının belirlenmesi sürecinde uzman görüşlerinin sistematik olarak değerlendirilmesine imkân tanımasıdır. Uzmanlar, her bir kriterin göreli önem düzeyini belirleyerek kriterleri öncelik sırasına koymakta ve elde edilen bu sıralama doğrultusunda toplam değerlendirme sonuçları oluşturulmaktadır. Yöntemin işleyişinde, en yüksek öncelik en önemli kriteri, en düşük öncelik ise en az önemli değerlendirme ölçütünü temsil etmektedir (Liu vd., 2022, s. 7).

Bu yaklaşım, diğer bazı ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha düşük hesaplama karmaşıklığına sahip olması nedeniyle uygulamada önemli avantajlar sunmaktadır (Keshavarz-Ghorabaee vd., 2018, s. 3). Bulanık mantık temeline dayanan Bulanık SWARA yöntemi ise karar verme sürecinde ortaya çıkan belirsizliklerin ve çok sayıda etkenin neden olduğu karmaşıklığın daha esnek, gerçekçi ve etkin biçimde ele alınmasına olanak tanımaktadır. Bu yönüyle yöntem, uzman değerlendirmelerine dayalı süreçlerin daha sağlıklı şekilde yürütülmesini desteklemektedir (Şengül & Çağıl, 2020, s. 968). Bulanık SWARA yöntemi, kriterlerin göreli önem düzeylerini uzman görüşlerine dayalı bir puanlama mantığıyla belirlemekte; bu süreci belirsizlikleri de dikkate alan bulanık sayılar aracılığıyla daha esnek ve gerçekçi bir yapıya dönüştürmektedir. Bu yönüyle Bulanık SWARA, klasik puanlama yaklaşımlarının geliştirilmiş ve karar destek odaklı bir uzantısı olarak değerlendirilmektedir (Şengül vd., 2021, s. 245).

2.3.2. COCOSO Yöntemi

COCOSO yöntemi, ortalama ağırlıklandırma ve güç ağırlığı yaklaşımlarını bir araya getiren uzlaşmacı çözüm tekniklerini bütünleştirerek en uygun alternatifin belirlenmesini amaçlayan birçok kriterli karar verme yöntemidir (Rasoanaivo vd., 2024).

Karar verme problemlerinde elde edilen sonuçların doğruluğunu artırmak amacıyla geliştirilen bu yöntem, toplamsal ve çarpımsal değerlendirme yaklaşımlarını birlikte ele alan bütünleşik bir yapıya sahiptir. Çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde hibrit bir yaklaşım olarak değerlendirilen COCOSO, sınırlı sayıdaki alternatif arasından en uygun seçeneğin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Geleneksel yöntemlerde genellikle doğrusal ya da çarpımsal değerlendirme yaklaşımlarından yalnızca biri kullanılırken, COCOSO yöntemi bu iki yaklaşımı bir arada değerlendirerek daha dengeli ve kapsamlı bir analiz süreci sunmaktadır. Bu yönüyle yöntem, farklı bakış açılarını tek bir çerçevede

birleştirerek uzlaşmacı bir çözüm üretmekte ve karar verme sürecinin daha sağlıklı sonuçlar vermesine katkı sağlamaktadır (Aghamammadlı, 2025, s. 115).

2.4. Kümeleme Yöntemleri ve Uygulama Alanları

Kümeleme, çok boyutlu veri yapıları içerisinde belirli bir benzerlik ya da uzaklık ölçütüne dayalı olarak, birbirine en yakın özelliklere sahip veri noktalarının bir araya getirilmesini ve bu yolla veri kümesi içerisindeki doğal yapıların ortaya çıkarılmasını amaçlayan istatistiksel ve makine öğrenmesi temelli bir analiz yöntemidir. Özellikle etiketlenmemiş verilerin sınıflandırılmasında ve mekânsal ya da tematik analizlerde veri yapısının daha anlaşılır hâle getirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Omran vd., 2007, s. 1).

Kümeleme analizinde önceden tanımlanmış bir sınıf ya da etiket bilgisine ihtiyaç duyulmaz. Benzer özellikler gösteren veri nesneleri aynı gruplar altında toplanırken, farklı özellikler gösteren nesneler ayrı kümelerde yer almaktadır. Bu yönüyle kümeleme; veri madenciliği, makine öğrenmesi ve desen tanıma alanlarında temel analiz yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. K-Means, hiyerarşik kümeleme ve DBSCAN gibi algoritmalar, farklı veri yapıları ve analiz amaçlarına göre sıklıkla tercih edilen teknikler arasında yer almaktadır (Rençber, 2019, s. 1672).

Kümeleme algoritmaları farklı disiplinlerde geniş uygulama alanına sahiptir. Pazarlama alanında müşteri segmentasyonu, sağlık alanında hasta gruplarının belirlenmesi, finans alanında risk–getiri analizleri ve örüntü tanıma çalışmalarında nesne sınıflandırmaları bu yöntemlerin kullanımına örnek olarak gösterilebilir. Bu sayede veri içerisindeki anlamlı örüntüler ortaya çıkarılmakta, kümeler arası benzerlik ve farklılıklar analiz edilmekte ve karar verme süreçleri desteklenmektedir.

Mekânsal analizler açısından değerlendirildiğinde, kümeleme yöntemleri risk içeren tesislerin dağılımının incelenmesinde de önemli bir araçtır. Tehlikeli madde depolarının coğrafi dağılımının kümelenmesi sayesinde yüksek riskli bölgeler belirlenebilmekte; altyapı yeterliliği, güvenlik önlemleri ve çevresel etkiler sistematik biçimde analiz edilebilmektedir. Özellikle İstanbul örneğinde, tehlikeli madde depolarının mekânsal kümelenmesi yoluyla riskli bölgelerin belirlenmesi ve bu bölgelere yönelik önleyici stratejilerin geliştirilmesi mümkün olmaktadır.

Kümeleme yöntemleri genel olarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan yöntemler olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir. Hiyerarşik yöntemler, nesneleri adım adım

birleştirerek ya da ayırarak hiyerarşik bir yapı oluştururken; hiyerarşik olmayan yöntemler genellikle önceden belirlenen küme sayısına göre veri setini doğrudan gruplandırmaktadır (Taşkın & Emel, 2010, s. 398). Bu iki yaklaşım, yöntemsel yapı ve uygulama süreci bakımından farklılık göstermektedir.

2.4.1. Hiyerarşik Kümeleme

Hiyerarşik kümeleme, veri noktalarını aşamalı biçimde birleştirerek ya da ayırarak kümeler oluşturan bir yöntemdir. Bu yaklaşımda amaç, veri nesneleri arasındaki benzerlik ilişkilerini adım adım değerlendirerek çok seviyeli bir küme yapısı ortaya koymaktır. Elde edilen sonuçlar genellikle dendrogram adı verilen ağaç yapısı ile görselleştirilmekte ve kümeler arası ilişkiler hiyerarşik bir düzen içerisinde sunulmaktadır (Taşkın & Emel, 2010, s. 398).

Yığmacı yaklaşımda başlangıçta her bir gözlem ayrı bir küme olarak kabul edilir ve benzerlik düzeyi en yüksek olan kümeler aşamalı olarak birleştirilir. Bölücü yaklaşımda ise başlangıçta tüm veri tek bir küme olarak ele alınır ve benzerlik düzeyi düşük olan gözlemler kademeli olarak ayrıştırılır. Bu süreç, önceden belirlenmiş bir kesme noktası ya da belirli bir benzerlik düzeyine ulaşılana kadar devam etmektedir.

Hiyerarşik kümelemenin en önemli avantajı, küme sayısının önceden belirlenmesini zorunlu kılmaması ve veri yapısının çok seviyeli olarak incelenebilmesine olanak sağlamasıdır. Ancak yöntemin temel sınırlılığı, birleştirme veya ayırma işlemi gerçekleştirildikten sonra bu kararın geri alınamamasıdır. Bu durum, özellikle erken aşamalarda yapılan hatalı bir birleştirmenin tüm küme yapısını etkilemesine neden olabilmektedir. Bu nedenle literatürde hiyerarşik kümelemenin diğer yöntemlerle entegre edilerek çok aşamalı analiz süreçlerinde kullanılması önerilmektedir (Rani & Rohil, 2013, s. 1227).

2.4.3. Hiyerarşik Olmayan Kümeleme

Hiyerarşik olmayan kümeleme algoritmaları, veri setini doğrudan önceden belirlenmiş sayıda kümeye ayıran yöntemlerdir. Bu yaklaşımlarda küme sayısı analiz öncesinde tanımlanmakta ve algoritma, veri noktalarını belirlenen küme merkezleri etrafında optimize ederek gruplandırmaktadır.

En yaygın kullanılan hiyerarşik olmayan yöntemlerden biri K-Means algoritmasıdır. K-Means, kümelerin merkez noktalarını esas alarak veri noktalarını en yakın merkeze

atamakta ve merkezleri yinelemeli olarak güncelleyerek küme içi varyansı minimize etmeyi amaçlamaktadır. K-Medoids algoritması ise küme merkezlerini doğrudan veri noktalarından seçmekte ve bu yönüyle aykırı değerlere karşı daha dayanıklı sonuçlar üretebilmektedir.

Hiyerarşik olmayan algoritmaların temel avantajı, özellikle büyük veri setlerinde daha hızlı ve hesaplama açısından daha verimli sonuçlar üretmeleridir. Bununla birlikte, küme sayısının önceden belirlenmesi gerekliliği önemli bir sınırlılık olarak değerlendirilmektedir. Uygun küme sayısının seçilememesi durumunda analiz sonuçları yanıltıcı olabilmektedir. Ayrıca veri karmaşıklığının artması, doğru parametre seçim sürecini daha güç hale getirebilmektedir (Rodriguez vd., 2019, s. 7–8).

2.4.4. Elbow Yöntemi

Kümeleme yöntemleri uygulanırken, oluşturulan kümelerin kalitesini ve geçerliliğini ölçmek büyük önem taşır. Bu amaçla birçok yöntem geliştirilmiş olsada, özellikle karmaşık yapıya sahip verilerde kullanılan performans ölçütleri zaman zaman birbirleriyle çelişkili sonuçlar verebilmektedir (Aslanyürek & Mesut, 2021, s. 54).

Kümeleme analizlerinden elde edilen sonuçların geçerliliğini ve güvenilirliğini belirlemek amacıyla kullanılan istatistiksel yöntemlerden biri de Elbow yöntemidir (Özarı & Can, 2023, s. 3). Elbow yöntemi, belirli bir veri kümesi için K-means algoritmasında optimal küme sayısını belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir tekniktir (Jeddin & Bentaleb, 2024, s. 124). Elbow yöntemi, farklı küme sayıları için hesaplanan küme içi hata kareler toplamı (WCSS) değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{wcss} = \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{n_j} \left\| x_i(j) - c_j \right\|^2 \tag{2.1}$$

Burada;

- k= küme sayısını,
- n_j= j'ninci kümedeki veri noktalarının sayısını,
- $x_i(j)$= j'ninci kümedeki i'ninci veri noktasını,
- c_j= j'ninci kümenin merkezini temsil etmektedir,

Elbow yönteminde farklı k değerleri için WCSS hesaplanmakta ve sonuçlar grafik üzerinde gösterilmektedir. Küme sayısı arttıkça WCSS değeri azalmaktadır; ancak belirli bir noktadan sonra azalış hızı yavaşlamaktadır. Grafikte kırılma noktası olarak gözlemlenen bu değer, optimal küme sayısı olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada da İstanbul ilçelerine ait değişkenler için farklı küme sayıları denenmiş, WCSS değerleri hesaplanarak grafik oluşturulmuş ve dirsek noktası optimal küme sayısı olarak belirlenmiştir (Tümen & Bahçeci, 2025, s. 272).

2.4.5. Davies–Bouldin İndeksi

Kümeleme performansının değerlendirilebilmesi için uygun ölçüm metriklerinin kullanılması gerekmektedir. Bu metriklerin büyük bölümü, kümeler arasındaki benzerliği en aza indirirken, kümeler içindeki benzerliği en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. DBI, kümeleri ayırarak kümeleme performansını ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir göstergedir. DBI, küme içi uyum ve kümeler arası farklılıkları dikkate alarak kümeleme kalitesini ortaya koyabilmektedir (Wijaya vd., 2021, s. 1099).

DBI, her kümenin ortalama benzerlik ölçütü olarak tanımlanmaktadır. Bu benzerlik, küme içi mesafelerin küme dışı mesafelere oranı şeklinde ifade edilir. Buna göre, birbirinden daha uzak, daha az dağınık ve grup içi varyansı düşük kümeler daha iyi bir skor elde eder. İndeksin minimum değeri sıfırdır ve daha düşük değerler, daha başarılı bir kümelenmeyi göstermektedir (Cingiz & Marangoz, 2021, s. 454).

Bu çalışmada İstanbul'daki ilçeler; nüfus oranı, tehlike sınıfı ve tehlikeli madde yoğunluğu değişkenleri dikkate alınarak kümeleme analizine tabi tutulmuştur. Analiz öncesinde değişkenler farklı ölçeklerde ölçüldüğünden karşılaştırılabilirliği sağlamak amacıyla standardizasyon işlemi uygulanmıştır. Ardından K-means algoritması kullanılarak ilçeler benzer özelliklerine göre gruplandırılmıştır. DBI, kümelerin kendi içindeki yayılımı ile kümeler arasındaki ayrışma düzeyini birlikte değerlendiren bir içsel küme geçerlilik ölçütüdür. DBI aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$\mathrm{DBI} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} \max_{j:j\neq i}\left(\frac{s_i+s_j}{M_{ij}}\right) \qquad (2.2)$$

- k= küme sayısını,
- S_i= i'inci kümenin kendi merkezine olan ortalama uzaklığını,

- $S_j =$ j'nci kümenin kendi merkezine olan ortalama uzaklığını,
- M_{ij}= i ve j kümelerinin merkezleri arasındaki uzaklığını ifade etmektedir.

İndeks değeri küçüldükçe kümelerin daha homojen ve birbirinden daha iyi ayrışmış olduğu kabul edilmektedir. Bu kapsamda farklı küme sayıları için DBI değerleri hesaplanarak en düşük indeks değerini veren küme sayısı optimal küme sayısı olarak belirlenmektedir. Böylece inceleme alanındaki gözlemler, risk ve tehlikeli madde yoğunluğu açısından istatistiksel olarak anlamlı gruplara ayrılmaktadır (Aslanyürek & Mesut, 2021, s. 56).

2.4.6. Öklid Uzaklığı

İki nokta arasındaki uzaklık, bu noktaları birleştiren doğru parçasının uzunluğu olarak tanımlanır. Öklid uzaklığı ise birçok problemin çözümünde, yöntemler içerisinde yaygın olarak kullanılan bir mesafe ölçüm tekniğidir (Kabak vd., 2017, s. 38). Kümeleme analizlerinde, özellikle K-means algoritmasında, veri noktalarının küme merkezlerine olan uzaklıklarının hesaplanmasında Öklid uzaklığı (Denklem 2.3) kullanılmaktadır. n boyutlu bir uzayda iki gözlem arasındaki Öklid uzaklığı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (X_k - Y_k)^2} \tag{2.3}$$

Burada;

- $X_k$ve Y_k sırasıyla X ve Y gözlemlerinin k'ncı değişken değerlerini,
- n, değişken sayısını,
- $d(x,y)$ X ve Y gözlemleri arasındaki Öklid mesafesini ifade etmektedir (Akhmatshin vd., 2024).

Önerilen çalışmada ilçelerin nüfus oranı, tehlike sınıfı ve tehlikeli madde yoğunluğu değişkenleri arasındaki benzerlikler, çok boyutlu veri yapısı dikkate alınarak Öklid uzaklığı kullanılarak hesaplanmıştır. Böylece ilçeler arası mesafe ölçümleri nesnel bir matematiksel temele dayandırılmıştır.

2.5. Coğrafi Veri ile Kümeleme Uygulamaları

İncekırık ve Altın (2021, s. 187) tarafından kaleme alınan ‘Türkiye'deki İllerin Ulaştırma Göstergelerine Göre Kümeleme Analizi Yöntemleriyle Sınıflandırılması’ başlıklı çalışmada, K-Means kümeleme algoritması uygulanmıştır. Bu algoritma, veri setini önceden belirlenen sayıda kümeye ayırmakta, her küme için bir merkez tanımlamakta ve verileri bu merkezlere olan yakınlıklarına göre sınıflandırmaktadır. Söz konusu çalışmada, illerin ulaştırma göstergeleri temel alınarak benzer özelliklere sahip iller gruplandırılmış ve bu doğrultuda anlamlı kümeler elde edilmiştir. Toshniwal vd. (2020, s. 1047) çalışmalarında, trafik verilerinin analizinde K-Means ve DBSCAN gibi yoğunluk tabanlı kümeleme yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın temel amacı, şehirdeki farklı bölgelerdeki trafik dinamiklerini anlamaktır. Elde edilen kümeler, trafik tıkanıklıklarının belirlenmesi ve yolların farklı zaman dilimlerindeki kapasite kullanımının incelenmesi için değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, kümeleme algoritmalarının şehir içi trafik düzenlemelerinin iyileştirilmesine ve daha verimli trafik yönetim sistemlerinin geliştirilmesine yönelik önemli katkılar sunduğu ortaya konulmuştur. Uzun ve Garipağaoğlu (2022, s. 27) çalışmalarında CBS ile kümeleme analizinin çevresel verilerin değerlendirilmesinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. CBS, havza yönetiminin tüm aşamalarında kritik bir araç olarak kullanılmış; çevresel verilerin toplanması, görselleştirilmesi ve mekânsal analizinin gerçekleştirilmesine imkân tanımıştır. Su kirliliği seviyeleri ve ekosistem yapıları gibi çevresel veriler CBS yardımıyla haritalanmış ve bu verilerin mekânsal dağılımları ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Kümeleme analizi ise çevresel ve ekolojik verilerin gruplandırılmasında kullanılmış; bu gruplandırma sayesinde her bölgeye özgü yönetim stratejileri geliştirilmiş ve çevresel risklerin azaltılmasına yönelik öneriler sunulmuştur. Ayrıca mekânsal otokorelasyon analizi, çevresel faktörler arasındaki mekânsal ilişkilerin belirlenmesine katkı sağlamış, bölgeler arası etkileşimlerin daha iyi anlaşılmasına olanak tanımıştır. Bu bağlamda, kümeleme analizi aracılığıyla havza içerisinde farklı risk seviyelerine sahip bölgeler belirlenmiş ve bu bölgeler için öncelikli yönetim stratejileri ortaya konmuştur. Yalçın (2020, s. 449-454), çalışmasında, CBS ile kümeleme analizini Türkiye genelindeki konut satış verilerinin incelenmesinde etkili bir yöntem olarak kullanmıştır. Türkiye’deki konut satış istatistikleri iller ve ilçeler düzeyinde derlenmiş, CBS ortamında haritalar üzerinde görselleştirilerek mekânsal dağılımlar ve coğrafi eğilimler ortaya konmuştur. CBS, bu verilerin mekânsal örüntülerinin ve bölgesel eğilimlerinin anlaşılması için temel

bir altyapı sağlamıştır. Kümeleme algoritmaları aracılığıyla iller ve ilçeler benzer özelliklere sahip gruplara ayrılmış; bu sayede konut satışlarının yoğun olduğu bölgeler ile düşük seviyede gerçekleştiği bölgeler belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, konut satışlarının mekânsal yoğunluklarını ortaya koymanın yanı sıra, konut talebine ilişkin anlamlı çıkarımlar yapılmasına da olanak tanımıştır.

2.8. Diğer Coğrafi ve Demografik Veriler

Nace kodları işletmelerin faaliyet alanlarını belirli standartlara göre tanımlayarak hem ulusal hem de uluslararası düzeyde karşılaştırılabilir istatistiklerin üretilmesine olanak tanımaktadır. Türkiye'de de Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından kullanılan NACE kodları, işletmelerin faaliyet alanlarını resmi olarak belirlemede, vergi, sigorta ve ticaret odası işlemleri gibi idari süreçlerde ve sektörel analizlerde önemli bir referans noktasıdır. Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı kapsamında risk değerlendirmelerinin yapılmasında ve özellikle tehlikeli maddelerle ilgili sektörlerin belirlenmesinde kritik rol üstlenmektedir. Hiyerarşik bir yapıya sahip olan NACE kodları, bölümlere, gruplara ve sınıflara ayrılarak dört ila altı haneli sayısal ifadelerle gösterilmektedir. Örneğin, kimyasal madde ve ürün imalatı faaliyetleri "20" bölümü altında sınıflandırılmakta, alt faaliyetler ise detaylı hanelerle ayrılmaktadır. Bu bağlamda, NACE kodları yalnızca ekonomik faaliyetlerin sınıflandırılması için değil, aynı zamanda risk yönetimi, güvenlik önlemleri ve sektör bazlı mevzuat uyumunun sağlanması açısından da bilimsel ve pratik öneme sahiptir (İstanbul Ticaret Odası, 2025). Tehlikeli madde ile ilişkili tesislere ait firma bilgileri ve NACE kodları Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Tablo 2.1. *Tehlikeli madde ile ilişkili tesislere ait firma bilgileri ve NACE kodları*

UNVAN	ŞİRKET TİPİ	NACE KODU	TESCİL ADRESİ
Firma 1	Anonim Şirket	20.2.0.14	Arnavutköy
Firma 2	Anonim Şirket	52.10.04	Arnavutköy
Firma 3	Anonim Şirket	20.1	Arnavutköy
Firma 4	Anonim Şirket	20.2.0.14	Arnavutköy
Firma 5	Anonim Şirket	20.2.0.14	Arnavutköy
Firma 6	Anonim Şirket	20.1	Arnavutköy
Firma 7	Anonim Şirket	52.10.04	Arnavutköy
Firma 8	Anonim Şirket	46.71.01	Arnavutköy
Firma 9	Anonim Şirket	52.10.04	Ataşehir
Firma 10	Arıtma Tesisi	38.22.01	Avcılar
Firma 11	Doğalgaz Santrali	43.22	Avcılar
Firma 12	Anonim Şirket	52.10.04	Bahçelievler
Firma 13	Anonim Şirket	52.10.04	Bakırköy
Firma 14	Anonim Şirket	52.10.04	Bakırköy

Tablo 2.1. *Tehlikeli madde ile ilişkili tesislere ait firma bilgileri ve NACE kodları (devamı)*

UNVAN	ŞİRKET TİPİ	NACE KODU	TESCİL ADRESİ
Firma 15	Gerçek Kişi Ticari İşletmesi	38.12.01	Bakırköy
Firma 16	Anonim Şirket	38.12.01	Başakşehir
Firma 17	Anonim Şirket	20.30.13	Başakşehir
Firma 18	Arıtma Tesisi	38.22.01	Başakşehir
Firma 19	Limited Şirket	38.22.01	Başakşehir
Firma 20	Limited Şirket	52.10.04	Başakşehir
Firma 21	Anonim Şirket	52.10.04	Beylikdüzü
Firma 22	Anonim Şirket	52.10.04	Beylikdüzü
Firma 23	Limited Şirket	52.10.04	Beylikdüzü
Firma 24	Anonim Şirket	22	Büyükçekmece
Firma 25	Doğalgaz Santrali	35.2.3.02	Büyükçekmece
Firma 26	Limited Şirket	52.10.04	Çatalca
Firma 27	Arıtma Tesisi	38.22.01	Çekmeköy
Firma 28	Anonim Şirket	38.22.01	Esenler
Firma 29	Anonim Şirket	46.71.03	Esenyurt
Firma 30	Anonim Şirket	20.30	Esenyurt
Firma 31	Anonim Şirket	20.30	Esenyurt
Firma 32	Anonim Şirket	22.19.09	Esenyurt
Firma 33	Anonim Şirket	22.19.09	Esenyurt
Firma 34	Anonim Şirket	20.16.05	Esenyurt
Firma 35	Limited Şirket	20.30	Esenyurt
Firma 36	Limited Şirket	38.22.01	Esenyurt
Firma 37	Anonim Şirket	20.30	Eyüp
Firma 38	Arıtma Tesisi	38.22.01	Eyüp
Firma 39	Arıtma Tesisi	38.22.01	Fatih
Firma 40	Limited Şirket	19.20	Fatih
Firma 41	Anonim Şirket	46.75.01	Gaziosmanpaşa
Firma 42	Limited Şirket	28.29.01	Gaziosmanpaşa
Firma 43	Limited Şirket	38.22.01	Kadıköy
Firma 44	Limited Şirket	38.12.01	Kadıköy
Firma 45	Anonim Şirket	46.75.01	Kağıthane
Firma 46	Anonim Şirket	46.75.01	Kağıthane
Firma 47	Limited Şirket	52.10.04	Kartal
Firma 48	Limited Şirket	52.10.04	Kartal
Firma 49	Anonim Şirket	52.10.04	Küçükçekmece
Firma 50	Anonim Şirket	46.75.01	Küçükçekmece
Firma 51	Anonim Şirket	08.99.01	Küçükçekmece
Firma 52	Gerçek Kişi Ticari İşletmesi	38.22.01	Küçükçekmece
Firma 53	Anonim Şirket	38.12.01	Maltepe
Firma 54	Anonim Şirket	19.20	Pendik
Firma 55	Anonim Şirket	52.10.04	Pendik
Firma 56	Anonim Şirket	46.45	Pendik

2.8.1. NACE Kodları

- 08.99.01- Aşındırıcı (törpüleyici) materyaller (zımpara), amyant, silisli fosil artıklar, arsenik cevherleri, sabuntaşı (talk) ve feldispat madenciliği (kuartz, mika, şist, talk, silis, sünger taşı, asbest, doğal korindon vb.)
- 19.20- Rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı kategorisi altındaki firmalar
- 20.16.05- Birincil formda diğer amino reçineler, fenolik reçineler, poliüretanlar, politerpenler, polisülfürler, selüloz ve kimyasal türevleri ile diğer petrol reçineleri imalatı
- 20.1-Temel kimyasal maddelerin, kimyasal gübre ve azot bileşikleri, birincil formda plastik ve sentetik kauçuk imalatı kategorisi altındaki firmalar.
- 20.2.0.14- Diğer zirai kimyasal ürünlerin imalatı (gübre ve azotlu bileşik imalatı hariç)
- 20.30- Boya, vernik ve benzeri kaplayıcı maddeler ile matbaa mürekkebi ve macun imalatı kategorisi altındaki firmalar.
- 20.30.13- Diğer boya, vernik ve ilgili ürünlerin imalatı (renk ayarlayıcılar, matbaa mürekkepleri, solventler, incelticiler (tiner)) kategorisi altındaki firmalar.
- 20.41- Sabun ve deterjan ile temizlik ve parlatıcı maddeler imalatı kategorisi altındaki firmalar.
- 21.20- Eczacılığa ilişkin ilaçların imalatı kategorisi altındaki firmalar.
- 22- Plastik ve kauçuk ürünlerin imalatı
- 22.1- Kauçuk ürünlerin imalatı kategorisi altındaki firmalar.
- 22.19.09- Kauçuktan konveyör bantları ve taşıma kayışlarının imalatı kategorisi altındaki firmalar.
- 27.20- Akümülatör ve pil imalatı kategorisi altındaki firmalar.
- 28.29.01- Petrol rafinerileri, kimya sanayi, içecek sanayi vb. İçin damıtma ve rektifiye donanımları imalatı kategorisi altındaki firmalar.
- 28.92.03- Taş, toprak, cevher, alçı, çimento ve diğer mineral maddeleri tasnif etme, eleme, ayırma, yıkama, ezme, öğütme, karıştırma, yoğurma vb. İşlemden geçirme için kullanılan makinelerin imalatı (beton ve harç karıştırıcılar (mikserler) hariç
- 35.2.3.02- Diğer işletmeler tarafından işletilen gaz dağıtım sistemleri aracılığıyla, gaz satışını düzenleyen gaz komisyoncuları veya acentelerinin faaliyetleri

- 35.22.01- Ana şebeke üzerinden gaz yakıtların dağıtımı (her çeşit gazlı yakıtın, ana boru sistemiyle dağıtımı ve tedariki)
- 38.12.01- Tehlikeli atıkların toplanması (patlayıcı, oksitleyici, yanıcı, zehirli, aşındırıcı, bulaşıcı ve insan sağlığı için zararlı atıkların ve maddelerin toplanması faaliyetleri) (nükleer atıklar, biyokimyasal atıklar, kullanılmış piller vb.)
- 38.22.01- Tehlikeli atıkların ıslahı ve bertaraf edilmesi (tehlikeli atıkların ıslahını yapan tesislerin işletilmesi, zararlı atıkların yok edilmesi için kullanılmış malların bertarafı vb. Faaliyetler) (radyoaktif atıklar hariç)
- 43.22- Sıhhi tesisat, ısıtma ve iklimlendirme tesisatı kategorisi altındaki firmalar.
- 46.45- Parfüm ve kozmetik ürünlerinin toptan ticareti kategorisi altındaki firmalar.
- 46.71.01- Sıvı yakıtlar ve bunlarla ilgili ürünlerin toptan ticareti (ham petrol, ham yağ, mazot, benzin, biodizel, fuel oil, gaz yağı, madeni yağlar, gres yağları vb.)
- 46.71.03- Gazlı yakıtlar ve bunlarla ilgili ürünlerin toptan ticareti (LPG (bütan ve propan), tüp gaz, doğalgaz (lng, cng) vb. Dahil, şebeke üzerinden yapılanlar hariç)
- 46.72- Metallerin ve metal cevherlerinin toptan ticareti kategorisi altındaki firmalar.
- 46.75- Kimyasal ürünlerin toptan ticareti kategorisi altındaki firmalar
- 46.75.01- Endüstriyel kimyasalların toptan ticareti (anilin, matbaa mürekkebi, kimyasal yapıştırıcı, havai fişek, boyama maddeleri, sentetik reçine, metil alkol, parafin, esans ve tatlandırıcı, soda, sanayi tuzu, parafin, nitrik asit, amonyak, sanayi gazları vb.)
- 46.75- Kimyasal ürünlerin toptan ticareti kategorisi altındaki firmalar.
- 47.78.10- Belirli bir mala tahsis edilmiş mağazalarda evlerde kullanılan tüp gaz perakende ticareti kategorisi altındaki firmalar.
- 52.10.04- Petrol, petrol ürünleri, kimyasallar, gaz, vb. Depolama ve antrepoculuk faaliyetleri (İstanbul Ticaret Odası, 2025).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA VE BULGULAR

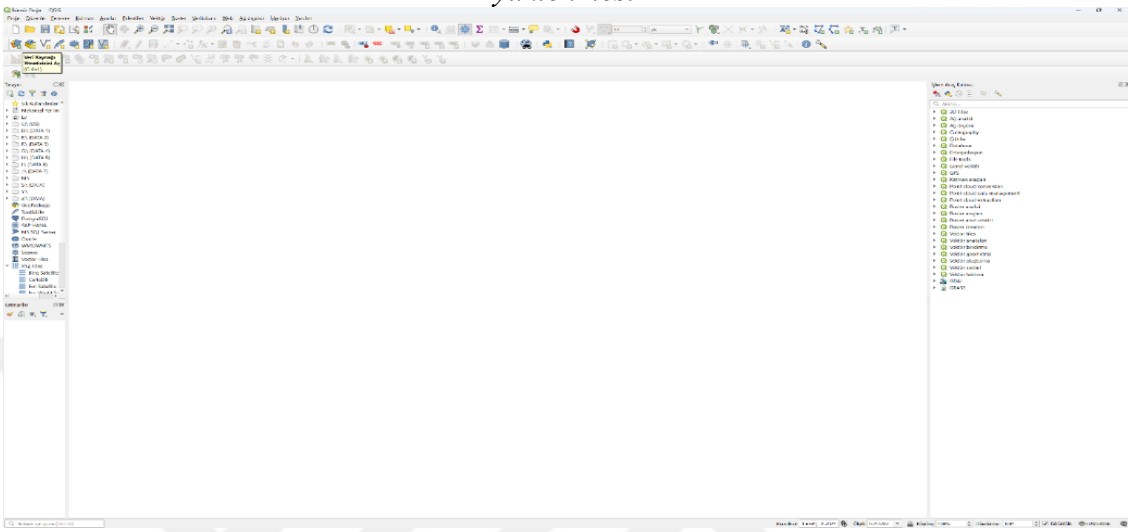
3.1. QGIS Tabanlı Veri Katmanlarının Oluşturulması ve Mekânsal Görselleştirme

Çalışma kapsamında QGIS yazılımından yararlanılmıştır. QGIS'te veri katmanlarının oluşturulması, coğrafi verilerin harita üzerinde görselleştirilebilmesi, analiz edilebilmesi ve mekânsal ilişkilerinin değerlendirilebilmesi amacıyla veri setlerinin katmanlar hâlinde düzenlenmesini ifade etmektedir. Her bir katman; ulaşım ağları, idari sınırlar, arazi kullanımı, su kaynakları veya tesis konumları gibi belirli bir veri içeriğini temsil etmekte ve harita üzerinde bağımsız olarak görüntülenebilmektedir. Bu yapı sayesinde farklı veri türleri üst üste getirilerek karşılaştırmalı analizler yapılabilmekte, katmanların görünürlük ve şeffaflık ayarları değiştirilerek mekânsal dağılım daha anlaşılır hâle getirilebilmektedir. Katmanlar yüklendikten sonra stil verme, semboloji düzenleme, mekânsal analiz, öznitelik sorgulama ve katman sıralaması gibi işlemler gerçekleştirilebilmekte; böylece verilerin hem görsel hem de analitik açıdan değerlendirilmesi mümkün olmaktadır.

İstanbul il sınırları içerisinde yer alan tehlikeli madde depo ve tesislerinin tespiti amacıyla öncelikle Google Earth uygulaması kullanılarak görsel inceleme yapılmış ve bu tesislere ait enlem–boylam koordinatları elde edilmiştir. Belirlenen tesislerin ilgili adreslerde faaliyet gösterdiği doğrulanmış ve elde edilen konumsal veriler bir veri dosyasına kaydedilmiştir. Koordinat bilgilerinin sistematik biçimde düzenlenmesi sonrasında veriler QGIS ortamına aktarılmış ve noktasal veri katmanı oluşturulmuştur. Bu sayede tehlikeli madde depo ve tesislerine ait konumlar harita üzerinde mekânsal bütünlük içerisinde görüntülenmiş ve diğer tematik katmanlarla birlikte analiz edilebilir hâle getirilmiştir. Söz konusu noktasal verilerin QGIS ortamına yüklenmesi ve katman yapısı Şekil 3.1'de gösterilmektedir. Oluşturulan katman, öznitelik tablosu aracılığıyla her bir tesise ait bilgilerin detaylı şekilde incelenmesine imkân sağlamış ve mekânsal analiz

sürecinin temel veri altyapısını oluşturmuştur. Böylece konumsal veriler hem görsel hem de istatistiksel değerlendirmeler için hazır hâle getirilmiştir.

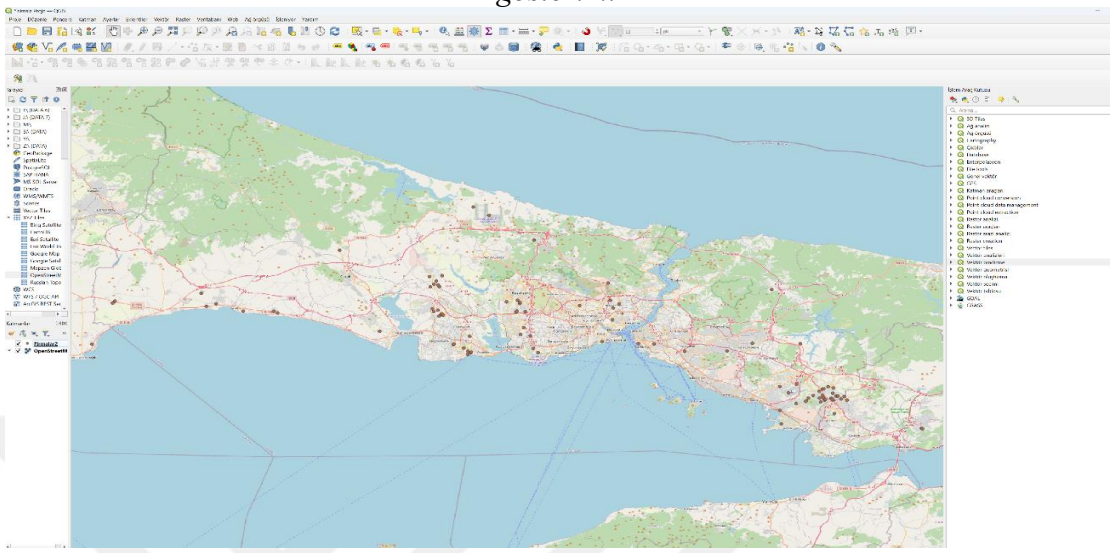
Şekil 3.1. *QGIS ortamında tehlikeli madde depo ve tesislerine ait noktasal verilerin yüklenmesi*



QGIS yazılımında yer alan Veri Kaynağı Yöneticisi aracı kullanılarak sınırlandırılmış metin formatındaki veri dosyası sisteme entegre edilmiştir. Bu aşamada, koordinat bilgilerini içeren sütunlar "X" ve "Y" alanlarına atanmış; verilerin Google Earth üzerinden elde edilmesi nedeniyle WGS84 (EPSG:4326) koordinat referans sistemi seçilmiştir. Bu sayede tesisler harita üzerinde doğru konumlarda noktasal veriler olarak gösterilmiştir.

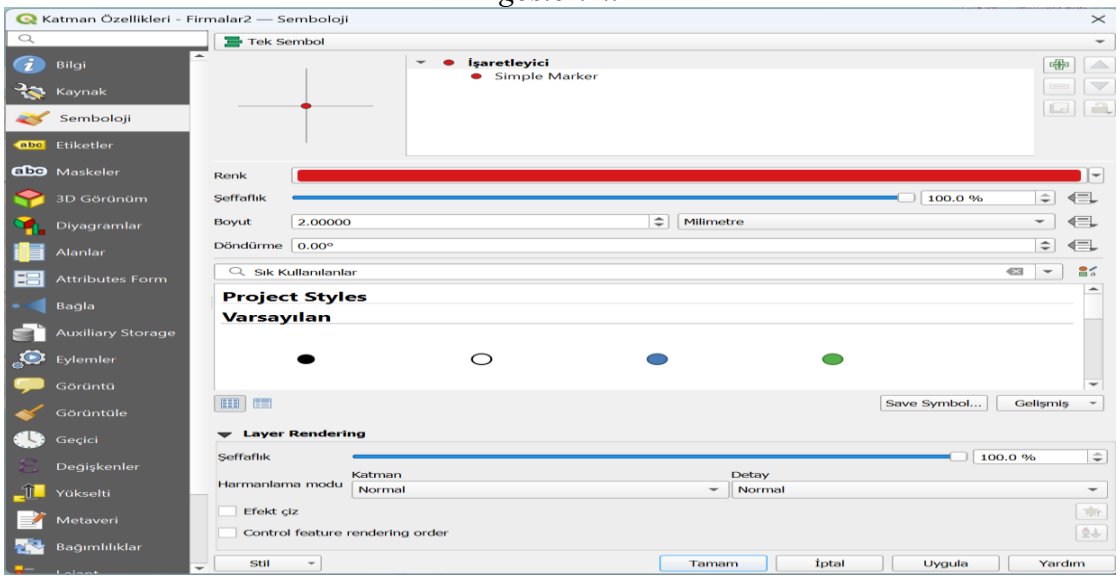
Noktasal verilerin mekânsal bağlam içerisinde daha anlaşılır şekilde yorumlanabilmesi amacıyla QGIS ortamına bir altlık harita eklenmiştir. Bu kapsamda, XYZ Tiles kullanılarak OpenStreetMap tabanlı bir altlık harita bağlantısı oluşturulmuş ve sisteme tanımlanmıştır. Tehlikeli madde depo ve tesislerinin OpenStreetMap altlık haritası üzerindeki gösterimi Şekil 3.2'de sunulmaktadır.

Şekil 3.2. *Tehlikeli madde depo ve tesislerinin OpenStreetMap altlık haritası üzerinde gösterimi*



Harita üzerinde yer alan nokta verilerinin daha belirgin ve ayırt edilebilir olması amacıyla semboloji ayarları yapılmıştır. Bu kapsamda, nokta katmanının özellikler menüsünden Semboloji sekmesine girilerek, tesisleri temsil eden semboller kırmızı renkte ve belirgin boyutta düzenlenmiştir. Bu görsel düzenleme, tehlikeli madde depo ve tesislerinin mekânsal yoğunluklarının daha net algılanmasını sağlamıştır. Nokta katmanına ilişkin semboloji ayarları ve yapılan düzenlemeler Şekil 3.3'te gösterilmektedir.

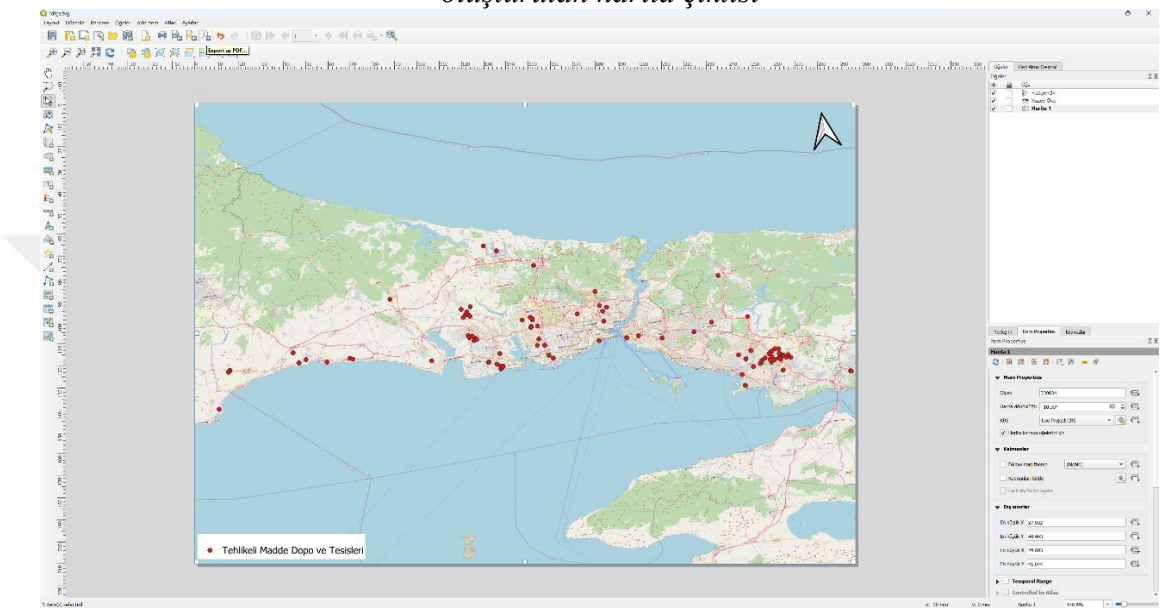
Şekil 3.3. *Tehlikeli madde depo ve tesislerine ait nokta katmanının semboloji ayarları gösterimi*



Harita oluşturma sürecinin son aşamasında, QGIS'in düzen (layout) aracı kullanılarak harita çıktısı hazırlanmıştır. Harita düzen ekranında ölçek çubuğu, kuzey oku ve lejant

gibi temel kartografik unsurlar eklenerek haritanın akademik ve görsel açıdan daha anlaşılır hâle gelmesi sağlanmıştır. Düzenleme işlemleri tamamlandıktan sonra harita, farklı formatlarda (PDF, PNG, JPEG) dışa aktarılabilecek şekilde kaydedilmiştir. QGIS düzen ortamında oluşturulan nihai harita çıktısı Şekil 3.4'te sunulmaktadır.

Şekil 3.4. *Tehlikeli madde depo ve tesislerinin QGIS düzen (layout) ortamında oluşturulan harita çıktısı*



Sonuç olarak, İstanbul il sınırları içerisinde bulunan tehlikeli madde depo ve tesislerinin mekânsal dağılımı QGIS ortamında bütüncül bir yaklaşımla görselleştirilmiş ve bu haritalar, ilerleyen bölümlerde gerçekleştirilecek risk analizi ve kümeleme çalışmalarına temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

3.2. Kümeleme Analizleri

Bu çalışmada, İstanbul'daki ilçeler tehlikeli madde tesisleri ile depolama alanlarının yoğunluğu dikkate alınarak kümeleme analizi yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Analiz sürecinde öncelikle veriler düzenlenmiş, eksik değerler kontrol edilmiş ve farklı ölçeklere sahip değişkenlerin karşılaştırılabilir hale gelmesi amacıyla normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sayısal değişkenler olarak kimya tesisleri, depolama, atık bertaraf, enerji, toptan ticaret ve nüfus yoğunluğu; kategorik değişken olarak ise deprem riski (düşük, orta, yüksek) kullanılmıştır. Kümeleme sürecinde hiyerarşik kümeleme yöntemi tercih edilmiş, ilçeler arasındaki benzerlikler Öklid uzaklığı ölçütüyle hesaplanmış ve sonuçlar dendrogram aracılığıyla görselleştirilmiştir. Ayrıca, optimum küme sayısının belirlenebilmesi için Elbow (Dirsek) yöntemi ile DBI uygulanmış ve en uygun küme sayısı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ilçelerin tehlikeli madde tesis

yoğunluğu, nüfus büyüklüğü ve deprem riski gibi kriterler açısından benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymuş; böylece depo yeri seçimi ve risk yönetimi kapsamında karar vericilere yol gösterici bir temel sağlamıştır.

3.2.1. Küme Sayısının Belirlenmesi

Küme sayısının belirlenmesi, çeşitli adımlardan oluşmaktadır. Bu adımlar sırayla ele alınmaktadır.

Adım 1. Veri matrisinin oluşturulması: Kümeleme analizinin ilk aşamasında, analizde kullanılacak veriler gözlem birimleri satırlarda, değişkenler ise sütunlarda olacak şekilde bir veri matrisi haline getirilir. Bu çalışmada gözlem birimlerini İstanbul ilçeleri, değişkenleri ise kimya tesisleri, depolama alanları, atık bertaraf tesisleri, enerji tesisleri, toptan ticaret faaliyetleri, nüfus yoğunluğu ve deprem riski oluşturmaktadır. Genel gösterim Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. *Veri seti matrisi*

	1. Değişken	**2. Değişken**	**3. Değişken**	**...**	**p. Değişken**
1. Birim	X11	X12	X13	...	X1p
2. Birim	X21	X22	X23	...	X2p
3. Birim	X31	X32	X33	...	X3p
...	...	...	...	...	...
n. Birim	Xn1	Xn2	Xn3	...	Xnp

Adım 2. Benzerlik ve farklılık matrisinin oluşturulması: Veri matrisi oluşturulduktan sonra ilçeler arasındaki benzerliklerin ölçülmesi için bir uzaklık ölçüsü kullanılır. Bu çalışmada tercih edilen ölçüt Öklid uzaklığıdır. Öklid uzaklığı ile her bir ilçenin diğer ilçelerle olan benzerlik veya farklılık derecesi belirlenmiş ve benzerlik/farklılık matrisi elde edilmiştir.

Öklid uzaklığı, her bir gözlem birimi arasındaki farklılıkları ölçmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. İki birim olan i ve j arasındaki Öklid uzaklığı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır:

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (X_k - Y_k)^2} \tag{3.1}$$

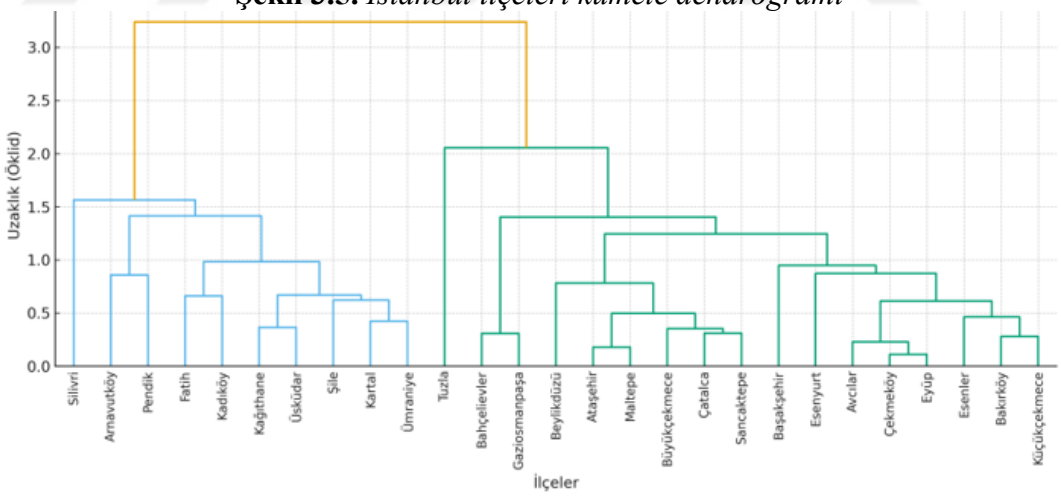
Formülde $d(x,y)$, x ve y gözlemleri ilçeler arasındaki Öklid uzaklığını ifade etmektedir. x_k ve y_k ise sırasıyla x ve y gözlemlerinin k. değişkene ait değerlerini göstermektedir. n analizde kullanılan toplam değişken sayısını ifade etmektedir. Buna göre iki gözlem

arasındaki uzaklık, her bir değişkene ait değerler arasındaki farkların karelerinin toplamının karekökü alınarak hesaplanmaktadır.

Analizde kullanılan değişkenlerin farklı ölçeklerde olması nedeniyle veriler öncelikle Min–Max normalizasyonu yöntemi kullanılarak 0–1 aralığına dönüştürülmüştür. Daha sonra normalize edilmiş veriler üzerinden ilçeler arasındaki Öklid uzaklıkları hesaplanarak benzerlik/farklılık matrisi elde edilmiştir. Bu matris, ilçeler arasındaki yakınlık derecesini ortaya koyarak kümeleme analizinin temel veri yapısını oluşturmuştur.

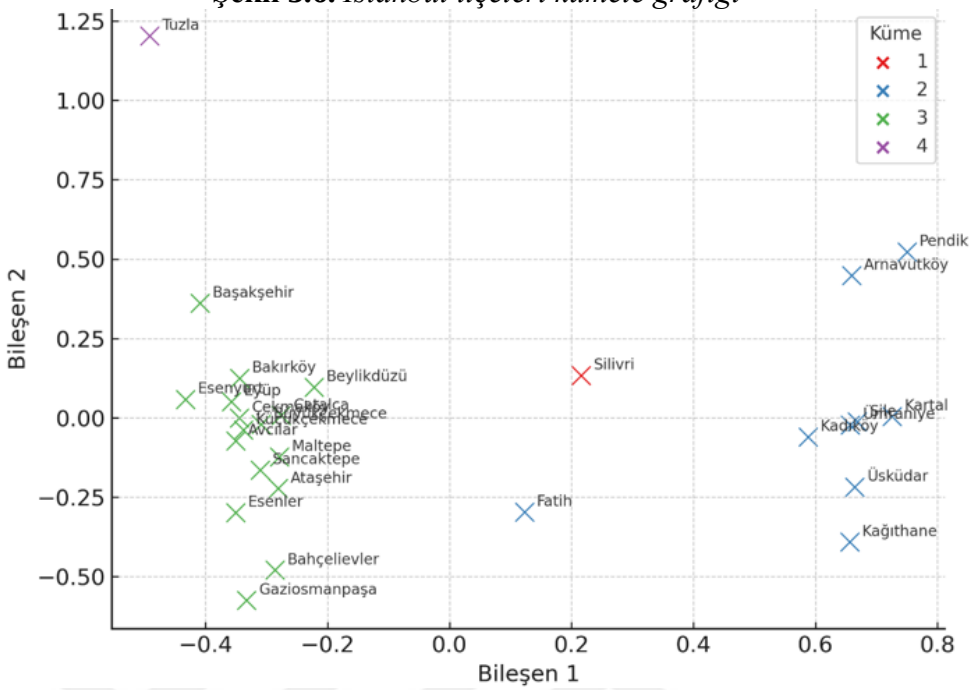
Adım 3. Kümeleme yönteminin seçilmesi: Benzerlik matrisi oluşturulduktan sonra verilerin kümelere ayrılabilmesi için uygun yöntem seçilir. Bu çalışmada, ilçeler arasındaki ilişkilerin hiyerarşik bir yapı içerisinde değerlendirilebilmesi amacıyla hiyerarşik kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem sonucunda elde edilen dendrogram, ilçelerin hangi sırayla kümelere dahil olduğunu ve kümeler arası mesafeleri görsel olarak ortaya koymaktadır. İstanbul ilçelerine ait hiyerarşik kümeleme sonucu elde edilen dendrogram Şekil 3.5'te gösterilmektedir.

Şekil 3.5. *İstanbul ilçeleri kümele dendrogramı*



Adım 4. Küme sayısının belirlenmesi: Kümeleme analizinde kritik aşamalardan biri uygun küme sayısının tespit edilmesidir. Bu amaçla, çalışmada Elbow (Dirsek) yöntemi ile DBI kullanılmıştır. Böylece kümeler arası ayrışma düzeyi ile kümelerin içsel homojenliği değerlendirilerek en uygun küme sayısı belirlenmiştir. Elbow grafiği ve kümeleme sonuçlarına ilişkin değerlendirme Şekil 3.6'da sunulmaktadır.

Şekil 3.6. *İstanbul ilçeleri kümele grafiği*



Adım 5. Sonuçların değerlendirilmesi: Analiz sonucunda elde edilen kümeler, ilçelerin tehlikeli madde tesis yoğunluğu, depolama alanları, nüfus yoğunluğu ve deprem riski bakımından benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, İstanbul'da depo yeri seçimi ve risk yönetimi kapsamında karar vericiler için yol gösterici nitelikte değerlendirilmiştir.

Temel bileşen analizi sonucunda elde edilen **bileşen 1**, kimya, depolama, atık bertaraf, enerji ve toptan ticaret faaliyetleri gibi değerleri alması nedeniyle ilçelerin endüstriyel ve lojistik faaliyet yoğunluğunu temsil etmektedir. **Bileşen 2** ise nüfus yoğunluğu ve deprem riski gibi değişkenlerinin ilçelerin kentsel yoğunluk ve afet riski bakımından farklılaşmasını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda bileşen 1 ekonomik ve lojistik faaliyetlerin yoğunluğunu, bileşen 2 ise kentsel yapı ve risk faktörlerini temsil eden bir boyut olarak yorumlanmıştır.

Tablo 3.2. *İstanbul ilçeleri hiyerarşik kümeleme tablosu*

Küme No	Küme Rengi	İlçeler
1	Kırmızı	Silivri
2	Mavi	Arnavutköy, Pendik, Kartal, Ümraniye, Üsküdar, Fatih Kadıköy, Kağıthane, Şile,
3	Yeşil	Başakşehir, Bakırköy, Beylikdüzü, Küçükçekmece, Çekmeköy, Ataşehir, Bahçelievler, Gaziosmanpaşa, Esenler, Esenyurt, Avcılar, Maltepe, Sancaktepe, Eyüp, Çatalca, Büyükçekmece
4	Mor	Tuzla

Tablo 3.2 İstanbul ilçelerinin hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda oluşan gruplarını göstermektedir. Küme 1 ve küme 4 farklı özellikler gösterdikleri için ayırt edici bölgeler olarak öne çıkmaktadır. Küme 2 ve küme 3 benzer özelliklere sahip çok sayıda ilçeyi göstermektedir.

3.2.2. Kümeleme Analizi Bulguları

Analiz sonuçlarına göre Tuzla ilçesi diğer tüm ilçelerden belirgin biçimde ayrışarak tek başına ayrı bir küme oluşturmuştur. Bu durum, Tuzla ilçesinde kimya, depolama, atık bertaraf ve toptan ticaret faaliyetlerinin diğer ilçelere kıyasla oldukça yoğun olduğunu göstermektedir. Özellikle tehlikeli madde üretimi, depolanması ve taşınması faaliyetlerinin yoğunluğu Tuzla'nın İstanbul genelinde endüstriyel faaliyetler açısından öne çıkan bir merkez olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle Tuzla ilçesi tehlikeli madde lojistiği faaliyetleri açısından yüksek yoğunluklu ve diğer ilçelerden farklılaşan bir yapıya sahip özel bir küme olarak değerlendirilmiştir.

İkinci kümede yer alan Arnavutköy, Pendik, Kartal, Ümraniye, Üsküdar, Kadıköy, Kağıthane ve Şile ilçeleri ise orta düzeyde sanayi ve ticari faaliyetlerin bulunduğu, aynı zamanda belirli bir nüfus yoğunluğuna sahip olan ilçelerden oluşmaktadır. Bu ilçeler tehlikeli madde faaliyetleri bakımından Tuzla kadar yoğun bir yapıya sahip olmamakla birlikte, lojistik faaliyetlerin belirli ölçüde gerçekleştiği ve kentsel nüfus ile ekonomik faaliyetlerin birlikte bulunduğu bölgeler olarak dikkat çekmektedir. Bu nedenle söz

konusu ilçeler, tehlikeli madde lojistiği ile kentsel yoğunluk faktörlerinin birlikte görüldüğü orta düzey risk profiline sahip bir küme olarak değerlendirilmektedir.

Üçüncü kümede ise Başakşehir, Bakırköy, Beylikdüzü, Küçükçekmece, Çekmeköy, Ataşehir, Bahçelievler, Gaziosmanpaşa, Esenler, Esenyurt, Avcılar, Maltepe, Sancaktepe, Eyüp, Fatih, Çatalca ve Büyükçekmece ilçeleri yer almaktadır. Bu ilçeler genel olarak yüksek nüfus yoğunluğuna sahip kentsel alanlar ile görece daha sınırlı sanayi faaliyetlerinin bulunduğu bölgeleri kapsamaktadır. Özellikle Esenyurt, Gaziosmanpaşa, Bahçelievler ve Fatih gibi ilçelerde nüfus yoğunluğunun oldukça yüksek olması, olası bir endüstriyel kazanın veya tehlikeli madde kaynaklı afetin geniş kitleleri etkileyebilme potansiyelini artırmaktadır. Bu nedenle söz konusu ilçeler, kentsel yoğunluk ve nüfus baskısı açısından dikkat çeken bölgeler olarak değerlendirilmektedir.

Silivri ilçesi ise analiz sonucunda diğer ilçelerden farklılaşarak tek başına ayrı bir küme oluşturmuştur. Silivri'nin bu şekilde ayrışmasının temel nedeni, ilçenin nüfus yoğunluğunun görece düşük olması ve tehlikeli madde tesislerinin diğer ilçelere kıyasla sınırlı sayıda bulunmasıdır. Bu durum Silivri'nin hem kentsel yoğunluk hem de endüstriyel faaliyetler açısından İstanbul'un merkezi ve sanayi yoğun bölgelerinden farklı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bu bulgular, tehlikeli madde tesislerinin planlanması ve yer seçimi süreçlerinde yalnızca ekonomik, lojistik ve sanayi altyapısı gibi kriterlerin dikkate alınmasının yeterli olmadığını; aynı zamanda afet risk göstergeleri, nüfus yoğunluğu ve kentsel kırılganlık gibi faktörlerin de karar verme süreçlerine entegre edilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle sanayi yoğunluğu ile nüfus baskısının aynı mekânsal alanlarda birleştiği bölgelerde risk seviyesinin çarpan etkisiyle artabileceği ve bu durumun hem çevresel hem de toplumsal açıdan daha büyük sonuçlar doğurabileceği değerlendirilmektedir. Bu bağlamda afet yönetimi, risk azaltma politikaları ve kentsel planlama süreçlerinin birbirinden bağımsız değil, bütünleşik ve çok disiplinli bir yaklaşımla ele alınması gerektiği anlaşılmaktadır.

Bu doğrultuda tehlikeli madde faaliyetlerinin yoğun olarak bulunduğu Tuzla gibi ilçelerde faaliyet gösteren tesisler için düzenli ve sistematik denetim mekanizmalarının oluşturulması, güvenlik standartlarının sürekli olarak gözden geçirilmesi ve acil müdahale planlarının güncel tutulması büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte yüksek nüfus yoğunluğuna sahip kentsel bölgelerde yeni tehlikeli madde tesis yatırımlarının

sınırlandırılması ve mümkün olduğunca daha düşük risk seviyesine sahip alternatif bölgelerin tercih edilmesi önerilmektedir. Orta düzey risk grubunda yer alan ilçelerde ise mevcut tesislerin güvenlik altyapısının güçlendirilmesi, çalışanların ve yerel yönetimlerin afet ve acil durumlara yönelik hazırlık seviyesinin artırılması ve olası afet senaryolarına göre düzenli risk azaltma tatbikatlarının gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

Ayrıca kamu kurumları, yerel yönetimler ve özel sektör arasında veri paylaşımının artırılması, risk iletişiminin güçlendirilmesi ve ortak bir bilgi altyapısının oluşturulması entegre bir tehlikeli madde yönetim sisteminin kurulmasına önemli katkılar sağlayacaktır. Böyle bir sistem, olası afet ve endüstriyel kazalara karşı hazırlık düzeyini artırarak risklerin daha etkin bir şekilde yönetilmesine yardımcı olacaktır. Sonuç olarak bu çalışma, İstanbul'da tehlikeli madde lojistiği ile afet riski arasındaki ilişkiyi çok boyutlu ve bütüncül bir yaklaşımla ele almış ve elde edilen bulgular doğrultusunda karar vericilere yönelik bilimsel temellere dayanan bir değerlendirme çerçevesi sunmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, sürdürülebilir kentsel planlama, afet risk yönetimi ve endüstriyel güvenlik politikalarının geliştirilmesi açısından önemli bir referans niteliği taşımakta ve gelecekte yapılacak benzer akademik çalışmalar için de yol gösterici bir kaynak oluşturmaktadır.

3.2.3. Kümeleme Analizi ile Mekansal Dağılım Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada elde edilen kümeleme analizi sonuçları, QGIS ortamında oluşturulan mekânsal dağılım haritası ile birlikte değerlendirildiğinde, İstanbul genelinde tehlikeli madde faaliyetlerinin belirli bölgelerde yoğunlaştığı ve bu yoğunluğun istatistiksel olarak elde edilen kümeler ile büyük ölçüde örtüştüğü görülmektedir. İlçelere ait kimya, depolama, atık bertaraf, enerji ve toptan ticaret faaliyetleri ile birlikte nüfus yoğunluğu ve afet riski gibi göstergeler dikkate alınarak gerçekleştirilen kümeleme analizi, mekânsal dağılımın sayısal bir yansımasını ortaya koymaktadır.

Özellikle Tuzla ilçesi, sahip olduğu yüksek kimya (9), depolama (2), atık bertaraf (2) ve toptan ticaret (14) faaliyetleri ile diğer ilçelerden belirgin biçimde ayrışmakta ve tek başına ayrı bir küme oluşturmaktadır. QGIS haritasında da bu durum açıkça görülmekte, tehlikeli madde faaliyetlerinin Tuzla ve çevresinde yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, Tuzla'nın afet riski açısından da belirli bir risk seviyesine sahip olması, bu bölgede olası bir endüstriyel kazanın afet etkisi ile birleşerek daha büyük sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir. Bu mekânsal yoğunlaşma, kümeleme analizinde elde

edilen sonuçları doğrudan desteklemekte ve Tuzla'nın İstanbul genelinde endüstriyel faaliyetler açısından öne çıkan bir merkez olduğunu ortaya koymaktadır.

Silivri ilçesi ise düşük nüfus yoğunluğu (255) ve kimya, depolama ve atık bertaraf faaliyetlerinin bulunmaması ile diğer ilçelerden ayrışarak ayrı bir küme altında yer almaktadır. Bununla birlikte Silivri'de enerji faaliyetlerinin (4) bulunması, ilçeyi tamamen pasif bir bölge olmaktan çıkararak kendine özgü bir yapı kazandırmaktadır. Ayrıca ilçenin görece daha düşük kentsel yoğunluğu ve afet etkilerinin yayılımını sınırlayıcı mekânsal yapısı, risk açısından daha kontrollü bir profil sergilemesine katkı sağlamaktadır. QGIS haritasında Silivri ve çevresinde gözlemlenen seyrek dağılım, bu ilçenin düşük yoğunluklu bir yapı sergilediğini ortaya koymakta ve kümeleme analizindeki konumunu mekânsal olarak doğrulamaktadır.

Üçüncü kümede yer alan ilçeler genel olarak yüksek nüfus yoğunluğuna sahip (örneğin Gaziosmanpaşa: 40966, Esenyurt: 22199, Bahçelievler: 35944) kentsel alanlardan oluşmakta olup, bu bölgelerde tehlikeli madde faaliyetleri sınırlı olmakla birlikte geniş kitleleri etkileyebilecek bir risk potansiyeli bulunmaktadır. Bu risk, yalnızca nüfus yoğunluğu ile sınırlı olmayıp aynı zamanda afet riski ile birleştiğinde çok daha kritik bir hale gelmektedir. QGIS haritasında bu bölgelerde orta düzeyde bir dağılım gözlemlenmekte, ancak Tuzla'daki gibi yoğun bir kümelenme görülmemektedir. Bu durum, kümeleme analizinde söz konusu ilçelerin ayrı bir grup altında toplanmasını desteklemektedir.

İkinci kümede yer alan ilçeler ise hem belirli düzeyde lojistik ve ticari faaliyetlere sahip olması hem de orta seviyede nüfus yoğunluğu ve görece değişken afet riski değerleri barındırması nedeniyle geçiş niteliğinde bir yapı sergilemektedir. Bu tür ilçelerin harita üzerinde de dağınık ve orta yoğunluklu bir dağılım sergilediği görülmekte olup, bu durum kümeleme analizinin mekânsal karşılığını ortaya koymaktadır.

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, kümeleme analizi sonucunda elde edilen dört farklı küme yapısının, QGIS tabanlı mekânsal dağılım ile yüksek düzeyde uyum gösterdiği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, afet riski gibi göstergelerin kümelenme yapısı üzerindeki etkisi, tehlikeli madde faaliyetlerinin yalnızca ekonomik ve lojistik boyutlarla değil, aynı zamanda afet riskleri ile birlikte ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, kullanılan çok kriterli yaklaşımın yalnızca sayısal veriler

üzerinden değil, aynı zamanda coğrafi ve afet temelli gerçeklik ile de tutarlı sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Bu bağlamda, tehlikeli madde üretim ve depolama tesislerinin yer seçimi süreçlerinde yalnızca tek bir analiz yöntemine bağlı kalınmaması; mekânsal analiz, istatistiksel yöntemler ve afet risk göstergelerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği ortaya konulmuştur. Bu bütünleşik yaklaşım hem afet risklerinin azaltılması hem de sürdürülebilir ve güvenli yer seçimi kararlarının alınması açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

3.3. Bulanık SWARA ile Depo Yeri Seçimi Kriter Belirleme

Bu çalışmada, bulanık kümeler teorisi çerçevesinde geliştirilen Bulanık SWARA yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, karar vericilerin değerlendirmelerindeki belirsizlikleri daha gerçekçi biçimde yansıtabilmesi nedeniyle tercih edilmiştir. Bu doğrultuda, Bulanık SWARA yönteminin aşamaları aşağıda sunulmuştur (Şengül & Çağıl, 2020, s. 969).

Aşama 1: Bu aşamada, çözümü hedeflenen problem açık bir biçimde tanımlanmakta, çalışmanın amacı ve bu amacı etkileyen kriterler ortaya konulmaktadır. Bununla birlikte, kriterlerin belirlenmesi ve göreli önemlerinin değerlendirilmesi için ilgili alanda uzman kişilerden oluşan bir karar verici grubun oluşturulması gerekmektedir.

Aşama 2: Uzmanlar tarafından belirlenen kriterler, göreli önem derecelerine bağlı olarak en önemliden en az önemliye doğru sıralanmaktadır. Bu kapsamda, değerlendiriciler en yüksek öneme sahip kriteri ilk sırada, en düşük öneme sahip kriteri ise son sırada konumlandırmaktadır.

Aşama 3: İkinci kriterden itibaren her bir kriter, bir önceki kriter ile ikili karşılaştırmaya tabi tutulmakta ve göreli önem dereceleri Tablo 3.3'de verilen ölçek doğrultusunda belirlenmektedir. Uzman değerlendiriciler, değerlendirmelerini bulanık dilsel ifadeler kullanarak gerçekleştirmekte; değerlendirici sayısının birden fazla olması durumunda, karşılaştırmalı önem değerleri geometrik ortalama alınarak tek bir değere indirgenmektedir. Bu süreçte, kriterlerin karşılaştırmalı önemleri bulanık sayılar aracılığıyla ifade edilmekte olup, elde edilen ortalama karşılaştırmalı önem değeri s_j ile gösterilmektedir.

Tablo 3.3. *Bulanık SWARA için üçgen bulanık rakamları*

Önem Değerleri	Bulanık Sayı (l,m,u)
Çok Yüksek Önemli (ÇYÖ)	(0,75, 1, 1)
Orta Derecede Daha Az Önemli (OÖ)	(0,5, 0,75, 1)
Daha Az Önemli (DÖ)	(0,25, 0,5, 0,75)
Çok Daha Az Önemli (ÇDÖ)	(0, 0,25, 0,50)
Oldukça Az Önemli (OAÖ)	(0, 0, 0,25)

Aşama 4: Bu adımda, k_j katsayısı Formül (3.2) yardımıyla hesaplanmakta olup, önem sıralamasında ilk sırada bulunan kriter için bu katsayı 1 değerini almaktadır.

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \tag{3.2}$$

Aşama 5: Bu adımda, kriterlerin önem vektörü q_j, Formül (3.3) aracılığıyla hesaplanmakta olup, formülde kullanılan x_j değişkeni q_{j-1} değerini ifade etmektedir.

$$\hat{q}_j = \begin{cases} \tilde{1} & j = 1 \\ \frac{\tilde{x}_{j-1}}{\tilde{k}_j} & j > 1 \end{cases} \tag{3.3}$$

Aşama 6: Bu aşamada, kriterlere ait bulanık ağırlık değerleri w_j belirlenmekte olup, söz konusu değerler Formül (3.4)'te verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır

$$\widetilde{W}_j = \frac{\tilde{q}_j}{\sum_{k=1}^{n} \tilde{q}_k} \tag{3.4}$$

Aşama 7: Bu adımda, bulanık ağırlıkların kesin değerlere dönüştürülmesiyle kriterlerin nihai ağırlıkları elde edilmekte olup, bu amaçla Formül (3.5)'te verilen durulaştırma yöntemi uygulanmaktadır.

$$W_J = \frac{(w_j^u - w_j^l) + (w_j^m - w_j^l)}{3} + w_j^l \tag{3.5}$$

3.4. Tehlikeli Madde Depo Yeri Seçimi Kriterlerinin Değerlendirilmesine Yönelik Model Önerisi

Çalışmanın arka planı, kavramsal çerçevesi ve uygulanacak yöntemler açıklandıktan sonra ilk aşamada, tehlikeli madde depo yeri seçimi kriterlerinin belirlenmesine yönelik kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu literatür incelemesi sonucunda elde edilen kriterlerin, çalışmada kullanılabilirliğini ve uygulamada tehlikeli madde depo yeri seçimi sürecinde geçerliliğini değerlendirmek amacıyla alanında uzman ve karar verici konumunda bulunan 12 uzman katılımcı ile odak grup görüşmesi yapılmıştır. Gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda, literatür temelli olarak belirlenen kriterlerin

yeterli, uygulanabilir ve geçerli olduğu değerlendirilmiş; bu doğrultuda kriterler üzerinde herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. Görüşmeye katılan uzmanların demografik ve mesleki özellikleri Tablo 3.4'te sunulmuştur.

Tablo 3.4. *Görüşmeye katılan uzmanların demografik ve mesleki özellikleri*

Uzman Kodu	Kurum Türü	Pozison	Uzmanlık Alanı	Deneyim Yıl	Eğitim Düzeyi
U1	Özel Sektör	Üretim Planlama Müdürü	Operasyon Planlama	10	Yüksek Lisans
U2	Özel Sektör	Lojistik Bölge Müdürü	Tedarik Zinciri ve Lojistik	16	Lisans
U3	Kamu	Tedarik Zinciri Yöneticisi	Tehlikeli Madde Lojistiği	30	Yüksek Lisans
U4	Özel Sektör	Tedarik Zinciri Direktörü	Tedarik Zinciri, Stok Kontrol	33	Lisans
U5	Özel Sektör	Tedarik Zinciri Müdürü	Tehlikeli Madde Lojistiği	19	Lisans
U6	Özel Sektör	Bölge Depolar Müdürü	Tehlikeli Madde Depolama	26	Yüksek Lisans
U7	Özel Sektör	Depo ve Lojistik Uzmanı	Depolama ve Lojistik Operasyon	6	Lisans
U8	Özel Sektör	Üretim ve Planlama Sorumlusu	Tehlikeli Madde Lojistiği	11	Lisans
U9	Özel Sektör	Lojistik Depo Sorumlusu	Tehlikeli Madde Depolama	4	Lisans
U10	Özel Sektör	Tedarik Zinciri Müdürü	Satın Alma ve Lojistik	21	Yüksek Lisans
U11	Özel Sektör	Tedarik Zinciri Yöneticisi	Kimya, Tedarik Zinciri Tehlikeli Madde	44	Yüksek Lisans
U12	Özel Sektör	Tehlikeli Madde Uzmanı	Danışmanlığı	21	Lisans

Çalışmada karar verici olarak yer alan 12 uzman, tehlikeli madde lojistiği, depolama, risk yönetimi ve ilgili alanlarda deneyime sahip, halen aktif görevde bulunan ve önemli bir kısmı yönetici pozisyonunda olan profesyoneller arasından seçilmiştir. Görüşmeler öncesinde Kayseri Üniversitesi Etik Kurulu'ndan gerekli izinler alınmış; katılımcılara değerlendirme sürecinde paylaşılan bilgilerin gizli tutulacağı ve katılımın gönüllülük esasına dayandığı açıkça ifade edilmiştir.

Ulaşım ve taşımacılık erişimi, sürdürülebilir ulaşım ve mekânsal planlama çalışmalarında temel bir kavram olup, ulaşım sistemlerinin etkinliğini belirleyen önemli bir kriterdir (Pourramazani & Miralles-Guasch, 2022). Bu nedenle tesis ve depoların yer seçiminde ana ulaşım ağlarına erişim önemli bir değerlendirme ölçütü olarak ele alınmaktadır. Depo yeri seçimi problemlerinde, müşteri taleplerine hızlı ve etkin şekilde cevap verebilmek amacıyla dağıtım ağı yapısı ve müşteri odaklılık önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda pazar ve lojistik ağa yakınlık, yer seçimi kararlarında dikkate alınan temel kriterlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Gül & Eren, 2017). Tesis ve depo yeri seçimi problemlerinde çevresel faktörler ve yerleşim alanlarına olan mesafe önemli bir

değerlendirme kriteri olarak ele alınmaktadır. Literatürde arazi kullanımı, yerleşim alanlarına uzaklık, su kaynaklarına yakınlık, nüfus yoğunluğu ve korunan alanlar gibi çevresel faktörlerin yer seçimi kararlarında belirleyici olduğu vurgulanmaktadır (Wang vd., 2009). Tehlikeli madde ile ilgili tesislerin yer seçiminde acil durum müdahale ve tahliye altyapısı önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir. Literatürde, olası kazalara hızlı müdahale edebilmek amacıyla acil durum ekiplerinin konumlandırılması, müdahale kapasitesi ve tahliye planlarının varlığı, yer seçimi kararlarında dikkate alınması gereken temel unsurlar arasında yer almaktadır (Yılmaz vd., 2016). Tehlikeli madde içeren tesislerde afet riski, çevresel ve endüstriyel afetlerin etkileriyle birlikte değerlendirilen önemli bir kriterdir. Literatürde, tehlikeli maddelerin bulunduğu bölgelerde meydana gelen afetlerin çevresel zararları ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin ciddi boyutlara ulaşabileceği vurgulanmaktadır (Lestari vd., 2023). Depo ve tesis yer seçimi problemlerinde teknik altyapı ve maliyet unsurları, karar verme sürecinde belirleyici faktörler arasında yer almaktadır. Özellikle operasyonel maliyetler, altyapı olanakları ve teknolojik erişim gibi unsurların, tesislerin performansı ve verimliliği üzerinde doğrudan etkili olduğu belirtilmektedir (Cardona & Rivera, 2022).

Bu çalışmada kullanılan alt kriterler ise ilgili ana kriterler kapsamında sistematik bir şekilde ele alınmış olup, kapsamlı bir literatür taraması ve alanında uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda değerlendirilerek detaylandırılıp oluşturulmuştur. Bu süreçte, her bir ana kriterin alt boyutları dikkate alınarak, karar verme sürecini daha hassas ve kapsamlı bir şekilde temsil edecek alt kriter yapısı geliştirilmiştir.

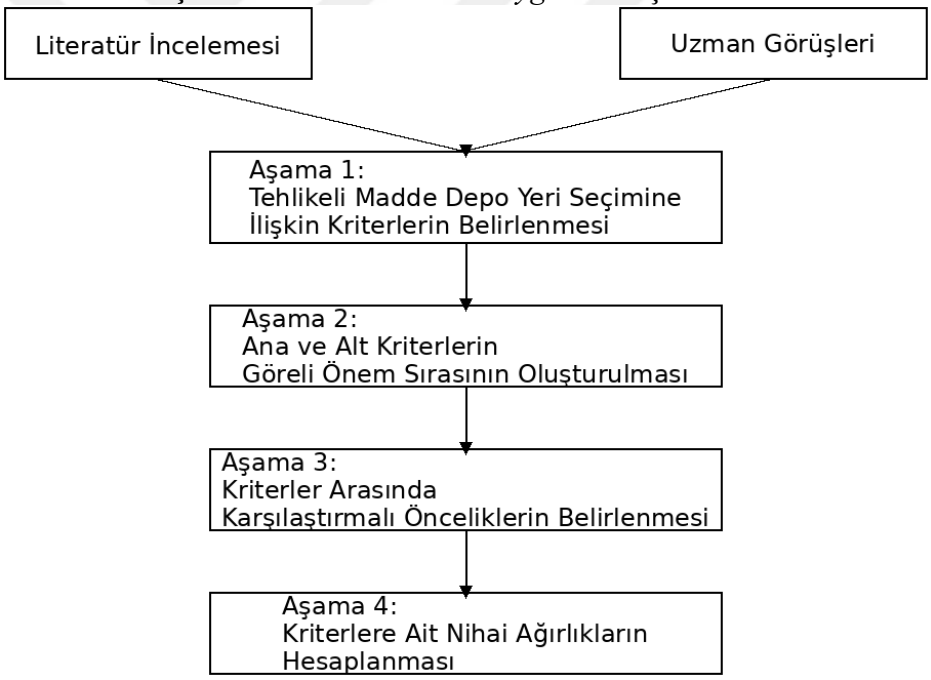
Çalışma kapsamında 6 ana kriter ve bu kriterlere bağlı 15 alt kriter belirlenmiş olup, söz konusu kriterlerin tanımları ve kısaltmaları Tablo 3.5'te sunulmuştur. Önerilen çalışmada, literatür taraması sonucunda oluşturulan bu kriterlerin önem ağırlıklarının Bulanık SWARA yöntemi kullanılarak hesaplanması amaçlanmıştır. Yöntemin uygulanması sürecinde kriterlerin göreli önem düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bu ifadelere karşılık gelen üçgensel bulanık sayılar Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.5. *Ana ve alt kriterlere ait kısaltmalar*

Karar Verici İsimleri	Ana Kriterler ve Kısaltmaları	Alt Kriterler ve Kısaltmaları
KV-1	Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi (K-1)	Ana Yollara Erişim (K-11)
KV-2		Liman ve Demiryollarına Erişim (K-12)
KV-3	Pazar ve Lojistik Ağa Yakınlık (K-2)	Son Ürün Merkezlerine Yakınlık (K-21)
KV-4		Lojistik Merkezlere Yakınlık (K-22)
KV-5	Yerleşim ve Çevresel Faktörler (K-3)	Yerleşim Yeri ve Nüfus Yoğunluğuna Uzaklık (K-31)
KV-6		Çevresel Kısıtlar ve Koruma Alanlarına Uzaklık (K-32)
KV-7		Hâkim Rüzgâr Yönü (K-33)
KV-8		Gelecekteki Kentsel Gelişim (K-34)
KV-9	Acil Durum ve Tahliye Alt Yapısı (K-4)	Acil Tahliye Rotalarının Güvenliği (K-41)
KV-10		Acil Müdahale Altyapısına Yakınlık (K-42)
KV-11	Afet ve Güvenlik Riskleri (K-5)	Doğal Afet Senaryolarına Uzaklık (K-51)
		Güvenlik Riskleri (K-52)
KV-12	Teknik Altyapı ve Maliyet (K-6)	Enerji Altyapısına Yakınlık (K-61)
		Atık Bertaraf Altyapısı (K-62)
		Arazi Maliyeti (K-63)

Geliştirilen çalışmada uygulanan yöntemlerin aşamaları Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

Şekil 3.7. *Bulanık Swara uygulama aşamaları*



Şekil 3.7'de bulanık SWARA yönteminin uygulama aşamaları gösterilmektedir. Süreç, literatür incelemesi ve uzman görüşleri doğrultusunda tehlikeli madde depo yeri seçimine ilişkin kriterlerin belirlenmesiyle başlamaktadır. Ardından ana ve alt kriterlerin göreli önem sırası oluşturulmakta, kriterler karşılaştırılarak öncelikler belirlenmekte ve son aşamada kriterlere ait nihai ağırlıklar hesaplanmaktadır. Bu aşamalar, karar verme sürecinde kriterlerin sistematik ve tutarlı bir biçimde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

3.5. Bulanık Swara ile Uygulama

Uygulamanın birinci aşamasında, tehlikeli madde depo yeri seçimine ilişkin kriterler, literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiş ve bu kriterlere ait kısaltmalarla birlikte Tablo 3.5'te sunulmuştur. İkinci aşamada ise karar vericilerden, ana ve alt kriterlerin önem derecelerini sıralamaları ve bu kriterleri bulanık dilsel ifadeler kullanarak değerlendirmeleri talep edilmiştir. Bu kapsamda, karar vericiler tarafından yapılan bulanık dilsel değerlendirmeler ve sıralama sonuçları Tablo 3.6'da gösterilmektedir.

Tablo 3.6. *Karar vericilerin bulanık dilsel ifade ile değerlendirmeleri ve sıralanması*

	Ana KRİTERLER	**Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi**	**Pazar ve Lojistik Ağa Yakınlık**
KV-1	K1>K2>K6>K5>K4>K3 ÇYÖ,OÖ,OÖ,ÇDÖ,DÖ	K11>K12 OÖ	K-21>K-22 OÖ
KV-2	K2>K1>K5>K6>K3>K4 ÇYÖ,DÖ,OÖ,ÇDÖ,OÖ	K11>K12 ÇYÖ	K22>K21 ÇYÖ
KV-3	K5>K3>K6>K1>K2>K4 ÇYÖ,OÖ,OÖ,DÖ,OÖ	K12>K11 ÇYÖ	K21>K22 ÇYÖ
KV-4	K1>K2>K6>K5>K3>K4 ÇYÖ,OÖ,OÖ,OÖ,DÖ	K11>K12 ÇYÖ	K22>K21 OÖ
KV-5	K2>K1>K4>K5>K3>K6 ÇYÖ,OÖ,OÖ,OÖ,ÇDÖ	K11>K12 ÇYÖ	K22>K21 OÖ
KV-6	K5>K4>K3>K2>K1>K6 ÇYÖ,ÇYÖ,OÖ,OÖ,OÖ	K11>K12 OÖ	K22>K21 ÇYÖ
KV-7	K1>K2>K6>K5>K4>K3 ÇYÖ,OÖ,OÖ,DÖ,OAÖ	K11>K12 ÇYÖ	K21>K22 ÇYÖ
KV-8	K2>K1>K6>K5>K4>K3 ÇYÖ,OÖ,OÖ,DÖ,OAÖ	K11>K12 OÖ	K22>K21 DÖ
KV-9	K1>K2>K5>K4>K3>K6 ÇYÖ,OÖ,OÖ,OAÖ,OAÖ	K11>K12 ÇYÖ	K21>K22 OÖ
KV-10	K5>K2>K1>K4>K6>K3 ÇYÖ,OÖ,ÇYÖ,OAÖ,OAÖ	K11>K12 ÇYÖ	K22>K21 OÖ
KV-11	K1>K2>K6>K5>K4>K3 ÇYÖ,ÇYÖ,OÖ,ÇDÖ,OAÖ	K11>K12 ÇYÖ	K22>K21 OÖ
KV-12	K2>K1>K5>K4>K6>K3 ÇYÖ,OÖ,DÖ,DÖ,OAÖ	K11>K12 ÇYÖ	K21>K22 ÇYÖ
	Yerleşim ve Çevresel Faktörler	**Acil Durum ve Tahliye Alt Yapısı**	**Afet ve Güvenlik Riskleri**
KV-1	K31>K32>K34>K33 OÖ,OÖ,OAÖ	K42>K41 OÖ	K52>K51 OÖ
KV-2	K31>K34>K32>K33 ÇYÖ,OÖ,OÖ	K42>K41 OÖ	K52>K51 OÖ
KV-3	K32>K31>K33>K34 ÇYÖ,OÖ,OAÖ	K41>K42 ÇYÖ	K51>K52 ÇYÖ
KV-4	K31>K34>K32>K33 ÇÖ,OÖ,OAÖ	K42>K41 OÖ	K51>K52 OÖ
KV-5	K34>K31>K32>K33> ÇYÖ,ÇDÖ,OAÖ	K42>K41 ÇDÖ	K51>K52 OÖ
KV-6	K31>K34>K32>K33	K42>K41	K52>K51

Tablo 3.6. *Karar vericilerin bulanık dilsel ifade ile değerlendirmeleri ve sıralanması (devamı)*

	ÇYÖ,OÖ,OAÖ	ÇYÖ	OÖ
KV-7	K34>K31>K32>K33>	K42>K41	K52>K51
	OÖ,DÖ,ÇDÖ	DÖ	DÖ
KV-8	K31>K32>K34>K33	K42>K41	K52>K51
	OÖ,DÖ,OAÖ	OÖ	OÖ
KV-9	K32>K31>K34>K33	K42>K41	K51>K52
	OÖ,ÇDÖ,OAÖ	OÖ	OÖ
KV-10	K31>K32>K34>K33	K42>K41	K52>K51
	OÖ.ÇDÖ,OAÖ	ÇDÖ	OÖ
KV-11	K31>K32>K34>K33	K42>K41	K52>K51
	OÖ,OÖ,OAÖ	OÖ	OÖ
KV-12	K32>K34>K31>K33	K42>K41	K51>K52
	ÇYÖ,ÇDÖ,OAÖ	OÖ	OÖ
	Teknik Altyapı ve Maliyet		
KV-1	K61>K62>K63		
	OÖ,DÖ		
KV-2	K61>K62>K63		
	OÖ,OAÖ		
KV-3	K62>K61>K63		
	ÇYÖ,OÖ		
KV-4	K62>K61>K63		
	ÇYÖ,OÖ		
KV-5	K63>K62>K61		
	OÖ,ÇDÖ		
KV-6	K62>K63>K61		
	OÖ,OÖ		
KV-7	K63>K62>K61		
	OÖ,ÇDÖ		
KV-8	K62>K63>K61		
	OÖ,OAÖ		
KV-9	K62>K63>K61		
	OÖ,ÇDÖ		
KV-10	K62>K63>K61		
	OÖ,OAÖ		
KV-11	K63>K62>K61		
	OÖ,OÖ		
KV-12	K62>K63>K61		
	OÖ,ÇDÖ		

Karar vericiler tarafından ana ve alt kriterlerin önem sıralamaları ile bulanık dilsel ifadeler kullanılarak yapılan değerlendirmeler tamamlandıktan sonra, Bulanık SWARA metodolojisinin üçüncü aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada, yöntemin uygulama adımlarında tanımlanan Formül 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5 sırasıyla uygulanmıştır. İlgili formüllerin uygulanmasına ilişkin hesaplama süreci ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.7'de sunulmuştur.

Tablo 3.7. *Ana kriterlere ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri*

KARAR VERİCİ-1														
Önem Sırası	*Kriterler*	*sj*			*kj*			*qj*			*wj*			*W*
		L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
1	Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi K1				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,38	0,46	0,50	0,445
2	Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı K2	0,75	1,00	1,00	1,75	2,00	2,00	0,50	0,50	0,57	0,19	0,23	0,28	0,234
3	Teknik Altyapı ve Maliyet K6	0,5	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,25	0,29	0,38	0,09	0,13	0,19	0,139
4	Afet ve Güvenlik Riskleri K5	0,5	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,13	0,16	0,25	0,05	0,08	0,13	0,083
5	Acil Durum ve Tahliye Altyapısı K4	0	0,25	0,50	1,00	1,25	1,50	0,08	0,13	0,25	0,03	0,06	0,13	0,073
6	Yerleşim ve Çevresel Faktörler K3	0,25	0,5	0,75	1,25	1,50	1,75	0,05	0,09	0,20	0,02	0,04	0,10	0,053

Tablo 3.8. *Ulaşım ve taşımacılık erişimi alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri*

KARAR VERİCİ-1														
Önem Sırası	*Kriterler*	*sj*			*kj*			*qj*			*wj*			*W*
		L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
1	Ana yollara erişim				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,64	0,67	0,634
2	Liman ve demiryollarına erişim	0,5	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,50	0,57	0,67	0,30	0,36	0,44	0,369

Tablo 3.9. *Pazar ve lojistik ağa yakınlık alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri*

KARAR VERİCİ-1														
Önem Sırası	*Kriterler*	*sj*			*kj*			*qj*			*wj*			*W*
		L	M	U	L	M	U	L	M	U	U	M	L	
1	Lojistik merkezlere yakınlık				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,64	0,67	0,634
2	Son ürün merkezlerine yakınlık	0,5	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,50	0,57	0,67	0,30	0,36	0,44	0,369

Tablo 3.10. *Yerleşim ve çevresel faktörler alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri*

		KARAR VERİCİ-1												
Önem Sırası	*Kriterler*	*sj*			*kj*			*qj*			*wj*			*W*
		L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
1	Yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğuna uzaklık				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,39	0,53	0,51	0,477
2	Çevresel kısıtlar ve koruma alanlarına uzaklık	0,50	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,50	0,57	0,67	0,20	0,30	0,34	0,280
3	Gelecekteki kentsel gelişim	0,50	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,25	0,33	0,44	0,10	0,17	0,23	0,166
4	Hâkim rüzgâr yönü	0,00	0,00	0,25	1,00	1,00	1,25	0,20	0,33	0,44	0,08	0,17	0,23	0,159

Tablo 3.11. *Acil durum ve tahliye alt yapısı alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri*

		KARAR VERİCİ-1												
Önem Sırası	*Kriterler*	*sj*			*kj*			*qj*			*wj*			*W*
		L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
1	Acil müdahale altyapısına yakınlık				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,64	0,67	0,634
2	Acil tahliye rotalarının güvenliği	0,50	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,50	0,57	0,67	0,30	0,36	0,44	0,369

Tablo 3.12. *Afet ve güvenlik riskleri alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri*

		KARAR VERİCİ-1												
Önem Sırası	*Kriterler*	*sj*			*kj*			*qj*			*wj*			*W*
		L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
1	Güvenlik riskleri				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	0,64	0,67	0,634
2	Doğal afet senaryolarına uzaklık	0,50	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,50	0,57	0,67	0,30	0,36	0,44	0,369

Tablo 3.13. *Teknik altyapı ve maliyet alt kriterlerine ait S_j, K_j, Q_j W_j ve W değerleri*

		KARAR VERİCİ-1												
Önem Sırası	*Kriterler*	*sj*			*kj*			*qj*			*wj*			*W*
		L	M	U	L	M	U	L	M	U	L	M	U	
1	Arazi Maliyeti				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,45	0,51	0,56	0,509
2	Atık Bertaraf Altyapısı	0,50	0,75	1,00	1,50	1,75	2,00	0,50	0,57	0,67	0,23	0,29	0,37	0,298
3	Enerji Altyapısına Yakınlık	0,25	0,50	0,75	1,25	1,50	1,75	0,29	0,38	0,53	0,13	0,20	0,30	0,208

Tablo 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 ve 3.13'de karar verici 1'e ait ana kriterler ile tüm alt kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla Bulanık SWARA metodolojisinin uygulama aşamaları adım adım gerçekleştirilmiştir. Yöntemin uygulama sürecini ayrıntılı biçimde gösterebilmek amacıyla yalnızca karar verici 1'e ait hesaplama tabloları sunulmuş, diğer karar vericilere ait hesaplama sonuçları ise tabloların sayıca fazla olması ve çalışmada gereksiz bir karmaşıklık oluşturmaması amacıyla metin içerisinde ayrıca verilmemiştir.

ÇKKV yöntemlerinde birden fazla uzman görüşünün tek bir grup görüşü hâline getirilmesi sürecinde geometrik ortalama yaygın olarak tercih edilmektedir. Bunun temel nedeni, ÇKKV yöntemlerinde elde edilen ağırlıkların ve öncelik değerlerinin çoğunlukla oransal ve çarpımsal bir yapıya sahip olmasıdır. Geometrik ortalama, uzman değerlendirmeleri arasındaki bu oransal ilişkiyi koruyarak bireysel yargıların dengeli ve tutarlı bir şekilde birleştirilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle Analitik Hiyerarşi Süreci ve benzeri ağırlıklandırma yöntemlerinde grup karar birleştirme aşamasında geometrik ortalamanın kullanılması, aritmetik ortalamaya kıyasla tutarlılığı daha az bozan ve karar matrisinin matematiksel özelliklerini koruyan bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir (Ossadnik vd., 2016; Saaty & Vargas, 2012). Bu yaklaşım, uzmanların eşit öneme sahip olduğu durumlarda grup kararının tek bir uzmanın görüşüne baskın hâle gelmesini engellemekte ve kolektif yargıyı daha gerçekçi biçimde yansıtmaktadır. Bu nedenle SWARA ve Bulanık SWARA gibi kriter ağırlıklandırma yöntemlerinde de uzman görüşlerinin bütünleştirilmesinde geometrik ortalamanın kullanılması literatürde yaygın ve uygun bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Mun vd., 2023; Zolfani vd., 2018). Bu kapsamda Tablo 3.14 ile Tablo 3.20 arasında her bir kriter için tüm karar vericilere ait değerlendirme değerleri ile bu değerlerin geometrik ortalama yoluyla elde edilen grup ortalama değerleri sunulmuştur.

Tablo 3.14. *Tüm karar vericilerin ana kriterlere ait önem ağırlıkları*

Sıra No	**Ana Kriterler**	KV-1	KV-2	KV-3	KV-4	KV-5	KV-6	KV-7	KV-8	KV-9	KV-10	KV-11	KV-12	Geo Ort.	Aritmetik Ort.
1	Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi	0,445	0,224	0,085	0,461	0,240	0,057	0,448	0,236	0,432	0,137	0,452	0,135	**0,229**	**0,279**
2	Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı	0,234	0,426	0,061	0,243	0,457	0,093	0,245	0,448	0,227	0,232	0,238	0,229	**0,228**	**0,261**
3	Yerleşim ve Çevresel Faktörler	0,053	0,083	0,240	0,052	0,051	0,154	0,076	0,058	0,077	0,067	0,063	0,434	**0,090**	**0,117**
4	Acil Durum ve Tahliye Altyapısı	0,073	0,051	0,037	0,036	0,142	0,258	0,076	0,060	0,080	0,073	0,065	0,069	**0,073**	**0,085**
5	Afet ve Güvenlik Riskleri	0,083	0,156	0,456	0,086	0,085	0,439	0,100	0,083	0,134	0,441	0,075	0,096	**0,142**	**0,186**
6	Teknik Altyapı ve Maliyet	0,139	0,094	0,142	0,143	0,046	0,035	0,156	0,139	0,075	0,070	0,126	0,067	**0,093**	**0,103**

Tablo 3.15. *Tüm karar vericilerin ulaşım ve taşımacılık erişimi kriterine ait önem ağırlıkları*

Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi Kriterleri	KV-1	KV-2	KV-3	KV-4	KV-5	KV-6	KV-7	KV-8	KV-9	KV-10	KV-11	KV-12	Geo Ort.	Aritmatik Ort.
Ana yollara erişim	0,634	0,657	0,657	0,657	0,657	0,634	0,657	0,634	0,657	0,657	0,657	0,657	0,651	0,651
Liman ve demiryollarına erişim	0,369	0,344	0,344	0,344	0,344	0,369	0,344	0,369	0,344	0,344	0,344	0,344	0,350	0,350

Tablo 3.16. *Tüm karar pazar ve lojistik ağa yakınlık kriterine ait önem ağırlıkları*

Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı Alt Kriterleri	KV-1	KV-2	KV-3	KV-4	KV-5	KV-6	KV-7	KV-8	KV-9	KV-10	KV-11	KV-12	Geometrik Ort.	Aritmetik Ort.
Son ürün merkezlerine yakınlık	0,369	0,344	0,657	0,369	0,369	0,344	0,657	0,409	0,634	0,369	0,369	0,657	0,444	0,462
Lojistik merkezlere yakınlık	0,634	0,657	0,344	0,634	0,634	0,657	0,344	0,597	0,369	0,634	0,634	0,344	0,521	0,540

Tablo 3.17. *Tüm karar vericilerin yerleşim ve çevresel faktörler kriterine ait önem ağırlıkları*

Yerleşim ve Çevresel Faktörler Alt Kriterleri	KV-1	KV-2	KV-3	KV-4	KV-5	KV-6	KV-7	KV-8	KV-9	KV-10	KV-11	KV-12	Geometrik Ort.	Aritmetik Ort.
Çevresel kısıtlar ve koruma alanlarına uzaklık	0,280	0,159	0,500	0,154	0,202	0,154	0,190	0,269	0,434	0,255	0,280	0,457	0,255	0,278
Gelecekteki kentsel gelişim	0,166	0,270	0,147	0,262	0,457	0,262	0,461	0,188	0,218	0,218	0,166	0,240	0,239	0,255
Yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğuna uzaklık	0,477	0,516	0,262	0,500	0,240	0,500	0,271	0,458	0,255	0,434	0,447	0,202	0,358	0,378
Hâkim rüzgâr yönü	0,159	0,095	0,154	0,147	0,194	0,147	0,165	0,181	0,211	0,211	0,159	0,194	0,165	0,168

Tablo 3.18. *Tüm karar vericilerin acil durum tahliye kriterine ait önem ağırlıkları*

Acil Durum ve Tahliye Altyapısı Alt Kriterler	KV-1	KV-2	KV-3	KV-4	KV-5	KV-6	KV-7	KV-8	KV-9	KV-10	KV-11	KV-12	Geometrik Ort.	Aritmetik Ort.
Acil tahliye rotalarının güvenliği	0,369	0,369	0,344	0,369	0,456	0,344	0,409	0,369	0,369	0,459	0,381	0,369	0,382	0,384
Acil müdahale altyapısına yakınlık	0,634	0,634	0,657	0,634	0,564	0,657	0,597	0,634	0,634	0,552	0,622	0,634	0,620	0,621

Tablo 3.19. *Tüm karar vericilerin aft ve güvenlik riskleri kriterine ait önem ağırlıkları*

Afet ve Güvenlik Riskleri Alt Kriterleri	KV-1	KV-2	KV-3	KV-4	KV-5	KV-6	KV-7	KV-8	KV-9	KV-10	KV-11	KV-12	Geometrik Ort.	Aritmetik Ort.
Doğal afet senaryolarına uzaklık	0,369	0,369	0,657	0,634	0,634	0,369	0,409	0,369	0,634	0,369	0,369	0,634	0,468	0,485
Güvenlik riskleri	0,634	0,634	0,344	0,369	0,369	0,634	0,597	0,634	0,369	0,634	0,634	0,369	0,501	0,518

Tablo 3.20. *Tüm karar vericilerin teknik alt yapı ve maliyet kriterine ait önem ağırlıkları*

Teknik Altyapı ve Maliyet Alt Kriterleri	KV-1	KV-2	KV-3	KV-4	KV-5	KV-6	KV-7	KV-8	KV-9	KV-10	KV-11	KV-12	Geometrik Ort.	Aritmetik Ort.
Enerji altyapısına yakınlık	0,208	0,263	0,288	0,277	0,244	0,181	0,244	0,263	0,244	0,263	0,181	0,240	0,239	0,241
Atık bertaraf altyapısı	0,298	0,277	0,548	0,474	0,287	0,524	0,489	0,474	0,489	0,474	0,306	0,494	0,415	0,428
Arazi maliyeti	0,509	0,474	0,169	0,263	0,489	0,306	0,287	0,277	0,287	0,277	0,524	0,290	0,328	0,346

Bu aşamanın ardından, tüm karar vericilerin önem sıralamaları ve bulanık dilsel ifadeler kullanılarak kriterler arasındaki göreli önem düzeyleri belirlenmiş; elde edilen nihai sonuçlar Tablo 3.21'de sunulmuştur.

Tablo 3.21. *Nihai sonuçlar*

Ana Kriterler	Önem Sırası	Önem Ağırlığı	**Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi**	Önem Sırası	Önem Ağırlığı	**Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı**	Önem Sırası	Önem Ağırlığı
Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi	1	0,229	Ana yollara erişim	1	0,651	Lojistik merkezlere yakınlık	1	0,521
Pazar ve Lojistik Ağa Yakınlık	2	0,228	Liman ve demiryollarına erişim	2	0,350	Son Ürün Merkezlerine Yakınlık	2	0,444
Afet ve Güvenlik Riskleri	3	0,142						
Teknik Altyapı ve Maliyet	4	0,093						
Yerleşim ve Çevresel Faktörler	5	0,090						
Acil Durum ve Tahliye Altyapısı	6	0,073						
Acil Durum ve Tahliye Altyapısı	Önem Sırası	Önem Ağırlığı	**Afet ve Güvenlik Riskleri**	Önem Sırası	Önem Ağırlığı	**Teknik Altyapı ve Maliyet**	Önem Sırası	Önem Ağırlığı
Acil müdahale altyapısına yakınlık	1	0,607	Güvenlik Riskleri	1	0,501	Atık Bertaraf Altyapısı	1	0,415
Acil tahliye rotalarının güvenliği	2	0,389	Doğal afet senaryolarına uzaklık	2	0,468	Arazi Maliyeti	2	0,328
						Enerji Altyapısına Yakınlık	3	0,239
Yerleşim ve Çevresel Faktörler	Önem Sırası	Önem Ağırlığı						
Yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğuna uzaklık	1	0,358						
Çevresel kısıtlar ve koruma alanlarına uzaklık	2	0,255						
Gelecekteki kentsel gelişim	3	0,239						
Hâkim rüzgâr yönü	4	0,165						

Tablo 3.21 incelendiğinde, Bulanık SWARA metodolojisi kullanılarak tehlikeli madde depo yeri seçimine yönelik geliştirilen model kapsamında, karar vericilerin değerlendirmeleri doğrultusunda ana ve alt kriterlere ait önem ağırlıkları belirlenmiştir.

Ana kriterler arasında en yüksek öneme sahip kriterin Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi (0,229) olduğu, bunu çok yakın bir değerle Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı (0,228) kriterinin izlediği görülmektedir. Diğer ana kriterler sırasıyla Afet ve Güvenlik Riskleri (0,142), Teknik Altyapı ve Maliyet (0,093), Yerleşim ve Çevresel Faktörler (0,090) ve Acil Durum ve Tahliye Altyapısı (0,073) şeklinde sıralanmaktadır.

Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi ana kriterine bağlı alt kriterler değerlendirildiğinde, ana yollara erişim alt kriterinin 0,651 önem ağırlığı ile en önemli alt kriter olduğu, liman ve demiryollarına erişim alt kriterinin ise 0,350 ağırlık değeri ile ikinci sırada yer aldığı görülmektedir.

Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı kriteri kapsamında ise lojistik merkezlere yakınlık alt kriterinin 0,521 önem ağırlığı ile ilk sırada yer aldığı, son ürün merkezlerine yakınlık alt kriterinin ise 0,444 ağırlık değeri ile ikinci sırada bulunduğu tespit edilmiştir.

Acil Durum ve Tahliye Altyapısı kriterine bağlı alt kriterler incelendiğinde, acil müdahale altyapısına yakınlık alt kriterinin 0,607 önem ağırlığı ile en önemli alt kriter olduğu, acil tahliye rotalarının güvenliği alt kriterinin ise 0,389 ağırlık değeri ile ikinci sırada yer aldığı belirlenmiştir.

Afet ve Güvenlik Riskleri ana kriteri kapsamında ise güvenlik riskleri alt kriterinin 0,501 önem ağırlığı ile ilk sırada yer aldığı, doğal afet senaryolarına uzaklık alt kriterinin ise 0,468 ağırlık değeri ile ikinci sırada bulunduğu anlaşılmıştır.

Teknik Altyapı ve Maliyet kriterine bağlı alt kriterler değerlendirildiğinde, atık bertaraf altyapısı alt kriterinin 0,415 önem ağırlığı ile en önemli alt kriter olduğu, bunu sırasıyla arazi maliyeti (0,328) ve enerji altyapısına yakınlık (0,239) kriterlerinin izlediği görülmektedir.

Yerleşim ve Çevresel Faktörler kriterine bağlı alt kriterler incelendiğinde ise yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğuna uzaklık alt kriterinin 0,358 önem ağırlığı ile ilk sırada yer aldığı, bunu sırasıyla çevresel kısıtlar ve koruma alanlarına uzaklık (0,255), gelecekteki kentsel gelişim (0,239) ve hâkim rüzgâr yönü (0,165) kriterlerinin izlediği belirlenmiştir.

3.6. Nihai Ağırlıklar ve Kriter Sıralaması

Ana kriterlere dağıtılan puanlar esas alınarak, her bir alt kriterin nihai puanı bağlı bulunduğu ana kriterin puanı üzerinden, alt kriterin göreli ağırlığı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Böylece alt kriterlerin nihai puanları, hem ana kriterin genel önem düzeyini hem de alt kriterin kendi grubu içerisindeki göreli önceliğini yansıtacak şekilde belirlenmiştir. Bu yöntem, kriterlerin karar sürecindeki etkisinin daha açık biçimde ortaya konulmasını sağlamaktadır (Vrtačić vd., 2021; Stanujkic vd., 2015). Çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesi için toplam 1000 puanın sabit bir bütçe olarak kabul edildiğini ve bu puanın kriterler arasında dağıtıldığını açıkça ifade etmektedir (Ezell vd., 2021, s. 6).

Tablo 3.22. *Ana kriterlerin ve alt kriterlerinin bulanık SWARA sonucu ağırlıkları ve puanları*

Kriterler	Ağırlıklar	Kriter Puanı	Puan
K1	**0,229**	**1000**	**229**
K11	0,651		149
K12	0,350		80
K2	**0,228**	**1000**	**228**
K21	0,444		101
K22	0,521		119
K3	**0,090**	**1000**	**90**
K31	0,358		32
K32	0,255		23
K33	0,165		15
K34	0,239		22
K4	**0,073**	**1000**	**73**
K41	0,389		28
K42	0,607		44
K5	**0,142**	**1000**	**142**
K51	0,468		66
K52	0,501		71
K6	**0,093**	**1000**	**93**
K61	0,239		22
K62	0,415		39
K63	0,328		31

Tablo 3.23. *Alt kriterlerin bulanık SWARA sonucu önem sıraları ve puanları*

Ana yollara erişim	149
Lojistik merkezlere yakınlık	119
Son ürün merkezlerine yakınlık	101
Liman ve demiryollarına erişim	80
Güvenlik riskleri	71
Doğal afet senaryolarına uzaklık	66
Acil müdahale altyapısına uygunluk	44
Atık bertaraf altyapısı	39
Yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğuna uzaklık	32
Arazi maliyeti	31
Acil tahliye rotalarının güvenliği	28
Çevresel kısıtlar ve koruma alanlarına uzaklık	23
Gelecekteki kentsel gelişim	22
Enerji altyapısına yakınlık	22
Hâkim rüzgâr yönü	15

Bulanık SWARA yöntemi ile elde edilen ana kriter ve alt kriter ağırlıkları, toplam 1000 puanlık ölçek üzerinden puanlandırılarak kriterlerin karar sürecindeki göreli önemleri nicel olarak ortaya konulmuştur. Ana kriter puanları, durulaştırılmış ağırlık değerlerinin 1000 ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Alt kriter puanları ise, bağlı bulundukları ana kriterlerin puanları esas alınarak alt kriterlerin göreli ağırlıkları doğrultusunda dağıtılmıştır. Bu yaklaşım sayesinde ana kriterlerin genel etkisi ile alt kriterlerin kendi grupları içerisindeki göreli önemleri birlikte değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, ana kriterler arasında K1'in 229 puan ile en yüksek değere sahip olduğu, bunu K2 (228 puan) ve K5 (142 puan) kriterlerinin izlediği görülmektedir. Diğer ana kriterler sırasıyla K3 (90 puan), K6 (93 puan) ve K4 (73 puan) şeklinde sıralanmaktadır.

Alt kriterler düzeyinde değerlendirildiğinde, Ana yollara erişim (149 puan), Lojistik merkezlere yakınlık (119 puan) ve Son ürün merkezlerine yakınlık (101 puan) kriterlerinin en yüksek puanlara sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, tehlikeli madde depo yeri seçiminde ulaşım altyapısı ve lojistik bağlantıların en kritik belirleyiciler olduğunu ortaya koymaktadır.

Orta düzey puanlara sahip kriterler arasında Liman ve demiryollarına erişim (80 puan), Güvenlik riskleri (71 puan) ve Doğal afet senaryolarına uzaklık (66 puan) yer almaktadır. Bu kriterlerin karar sürecinde önemli ancak birincil düzeyde olmayan etkiler yarattığı değerlendirilmektedir.

Daha düşük puanlara sahip kriterler incelendiğinde, Acil müdahale altyapısına yakınlık (44 puan), Atık bertaraf altyapısı (39 puan) ve Yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğuna uzaklık (32 puan) kriterlerinin yer aldığı görülmektedir.

En düşük puanlara sahip kriterler arasında ise Arazi maliyeti (31 puan), Acil tahliye rotalarının güvenliği (28 puan), Çevresel kısıtlar ve koruma alanlarına uzaklık (23 puan), Gelecekteki kentsel gelişim (22 puan), Enerji altyapısına yakınlık (22 puan) ve Hâkim rüzgâr yönü (15 puan) bulunmaktadır.

Tablo 3.22 ve Tablo 3.23 birlikte değerlendirildiğinde, tehlikeli madde depo yeri seçiminde karar vericilerin önceliklerinin büyük ölçüde ulaşım ve lojistik erişilebilirlik ekseninde şekillendiği; çevresel, güvenlik ve maliyet unsurlarının ise daha çok destekleyici kriterler olarak ele alındığı anlaşılmaktadır. Bu iki tablonun birlikte kullanılması, kriterlerin göreli etkilerinin daha açık, karşılaştırılabilir ve yorumlanabilir biçimde analiz edilmesine katkı sağlamaktadır.

3.7. Bulanık SWARA ve COCOSO Yöntemleri ile Alternatif Yer Seçiminin Analizi

Bu çalışmada kriter ağırlıkları, karar vericilerin değerlendirmelerini daha gerçekçi bir şekilde yansıtabilmek amacıyla Bulanık SWARA yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen ağırlıklar, COCOSO yönteminin hesaplama sürecine entegre edilerek alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bu kapsamda, normalize edilmiş karar matrisi değerleri, Bulanık SWARA yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı karşılaştırılabilirlik değerleri hesaplanmış; COCOSO yöntemi çerçevesinde S_i ve P_i değerleri elde edilmiştir. Böylece kriter ağırlıkları ile alternatif performansları bütünleşik bir şekilde değerlendirilerek en uygun alternatif belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında İstanbul genelinde yer alan ilçeler, benzer özelliklerine göre hiyerarşik kümeleme analizi ile dört farklı kümeye ayrılmıştır. Bu kümeler; sanayi yoğunluğu, nüfus dağılımı, ticaret hacmi, enerji altyapısı ve atık bertaraf olanakları gibi değişkenler dikkate alınarak oluşturulmuştur. Kümeleme analizi sonucunda elde edilen bu gruplar, alternatiflerin sistematik ve karşılaştırılabilir bir biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

Karar modelinde alternatif sayısını yönetilebilir düzeyde tutmak ve aynı zamanda tüm kümeleri temsil eden dengeli bir örneklem oluşturmak amacıyla her bir kümeden bir temsilci ilçe seçilmiştir. Bu doğrultuda, kümeleri temsil etme gücü, mevcut altyapı

özellikleri ve mekânsal konumları dikkate alınarak Silivri, Arnavutköy, Esenyurt ve Tuzla ilçeleri alternatif olarak belirlenmiştir.

Bulanık SWARA yöntemi ile elde edilen sonuçlar, ulaşım ve taşımacılık erişimi ile pazar ve lojistik ağlara yakınlık kriterlerinin en yüksek ağırlığa sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, tehlikeli madde depo ve tesis yer seçiminde lojistik erişilebilirlik ve dağıtım etkinliğinin belirleyici rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, afet ve güvenlik riskleri, yerleşim ve çevresel faktörler ile teknik altyapı ve maliyet kriterlerinin de önemli ağırlıklara sahip olduğu ve karar sürecini doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Özellikle tehlikeli maddelerin söz konusu olduğu tesislerde risk faktörlerinin göz ardı edilmemesi gerektiği, elde edilen ağırlıklar ile de desteklenmektedir.

Kümeleme analizi ile belirlenen alternatifler, Bulanık SWARA yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak COCOSO yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu bütünleşik yaklaşım sayesinde hem alternatif çeşitliliği korunmuş hem de kriterlerin göreli önem düzeyleri dikkate alınarak daha gerçekçi ve güvenilir sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır. Sonuç olarak, her kümeden seçilen alternatifler üzerinden gerçekleştirilen analiz, İstanbul genelinde tehlikeli madde depo ve tesis yer seçimi problemine dengeli ve temsil gücü yüksek bir çözüm sunacağı amaçlanmaktadır.

COCOSO yönteminin çözüm aşamaları, ele alınan probleme bağlı olarak farklılık gösterebilmekle birlikte, alternatifler, kriterler ve kriter ağırlıkları belirlendikten sonra belirli bir sistematik çerçevede yürütülmektedir. Bu doğrultuda COCOSO yönteminin uygulama süreci aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır (Yazdani vd., 2019).

Aşama 1: COCOSO yönteminin ilk aşamasında, alternatifler ve kriterlerden oluşan başlangıç karar matrisi oluşturulmaktadır. Bu matris $X = [x_{ij}]$ şeklinde ifade edilmekte olup, $i = 1,2,\ldots,m$ alternatifleri ve $j = 1,2,\ldots,n$ kriterleri göstermektedir.

$$x_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad ; \quad i = 1,2,\ldots,m \quad ; \quad j = 1,2,\ldots,n \qquad 3.6$$

Aşama 2: Bu aşamada, karar matrisinde yer alan kriter değerleri uzlaşma normalizasyonu yöntemi kullanılarak normalize edilmektedir. Bu işlem, farklı ölçeklerdeki kriterlerin karşılaştırılabilir hale getirilmesini sağlamaktadır. Fayda kriterleri için normalizasyon

işlemi aşağıdaki şekilde gerçekleştirilirken, maliyet kriterleri için farklı bir normalizasyon yaklaşımı uygulanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}; \quad 3.7$$

$$r_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \quad 3.8$$

Aşama 3: Bu aşamada, normalize edilmiş karar matrisi değerleri ile kriter ağırlıkları birlikte değerlendirilerek alternatiflere ait karşılaştırılabilirlik ölçütleri hesaplanmaktadır. Bu kapsamda, her bir alternatif için ağırlıklı toplam performans değeri S_i ve ağırlıklı çarpımsal performans değeri P_i belirlenmektedir. S_i değeri, normalize edilmiş kriter değerlerinin ağırlıklar ile çarpılması ve toplanmasıyla elde edilirken; P_i değeri, aynı değerlerin ağırlıklar doğrultusunda üstel olarak çarpılması ile hesaplanmaktadır. Bu aşama, alternatiflerin genel performanslarının bütüncül bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} (w_j r_{ij}) \quad 3.9$$

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} (r_{ij})^{w_j} \quad 3.10$$

Aşama 4: Bu aşamada, alternatiflerin göreli performanslarını belirlemek amacıyla üç farklı değerlendirme stratejisi kullanılarak k_{ia}, k_{ib} ve k_{ic} değerleri hesaplanmaktadır. İlk olarak k_{ia} değeri, S_i ve P_i değerlerinin toplamlarının tüm alternatifler için normalize edilmesiyle elde edilmektedir. İkinci olarak k_{ib} değeri, alternatiflerin S_i ve P_i değerlerinin minimum değerlere oranlanması ile hesaplanmaktadır. Son olarak k_{ic} değeri ise, S_i ve P_i değerlerinin belirli bir λ parametresi doğrultusunda birlikte değerlendirilmesi ile elde edilmektedir. Bu aşama, alternatiflerin farklı bakış açılarıyla değerlendirilmesini sağlayarak daha dengeli bir karşılaştırma yapılmasına olanak tanımaktadır.

$$k_{ia} = \frac{P_i + S_i}{\sum_{i=1}^{m} (P_i + S_i)} \quad 3.11$$

$$k_{ib} = \frac{S_i}{\min S_i} + \frac{P_i}{\min P_i} \qquad 3.12$$

$$k_{ic} = \frac{\lambda(S_i) + (1-\lambda)(P_i)}{\lambda \max_i S_i + (1-\lambda)\max_i P_i}, \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \qquad 3.13$$

Aşama 5: Bu aşamada, alternatiflerin nihai performans değerleri $k_i$hesaplanarak sıralama işlemi gerçekleştirilmektedir. k_i değeri, k_{ia}, k_{ib} ve k_{ic} değerlerinin geometrik ve aritmetik ortalamalarının birlikte kullanılmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen $k_i$değerleri doğrultusunda alternatifler büyükten küçüğe doğru sıralanmakta ve en yüksek değere sahip alternatif en uygun seçenek olarak belirlenmektedir.

$$k_i = (k_{ia}k_{ib}k_{ic})^{\frac{1}{3}} + \frac{1}{3}(k_{ia} + k_{ib} + k_{ic}) \qquad 3.14$$

Tablo 3.24. *Alternatifler ve kriterlere ait karar matrisi*

Kriterler	K11	K12	K21	K22	K31	K32	K33	K34	K41	K42	K51	K52	K61	K62	K63
Ağırlıklar	149	80	101	119	32	23	15	22	28	44	66	71	22	39	31
Kriter Türü	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN
Arnavutköy	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	3	3	4	4	3
Silivri	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	2	2	4	4	2
Esenyurt	4	3	5	3	2	3	4	3	3	3	4	4	4	3	4
Tuzla	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3

Tablo 3.24 incelendiğinde, alternatifler ve kriterlere ait karar matrisi sunulmaktadır. Bu matriste yer alan kriterler, Bulanık SWARA yöntemi ile belirlenen ağırlıklar doğrultusunda değerlendirilmiş olup, her bir alternatif için kriterlere ait değerler Likert ölçeği kullanılarak puanlanmıştır. Ayrıca kriterlerin fayda (MAX) ve maliyet (MIN) türleri de tabloda belirtilmiştir. Elde edilen bu karar matrisi, COCOSO yönteminin uygulanmasında temel veri setini oluşturmakta olup, alternatiflerin karşılaştırılabilir bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamaktadır.

Tablo 3.25. *Normalize edilmiş karar matrisi ve kriter ağırlıkları*

Kriterler Alternatifler	K11	K12	K21	K22	K31	K32	K33	K34	K41	K42	K51	K52	K61	K62	K63
Ağırlıklar	0,18	0,10	0,12	0,14	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,05	0,08	0,08	0,03	0,05	0,04
Kriter Türü	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	MIN	MAX	MAX	MIN
Arnavutköy	0,00	0,50	0,50	1,00	0,33	0,00	1,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	0,50
Silivri	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Esenyurt	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Tuzla	0,00	0,50	0,00	0,00	0,33	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0,00	0,50

Tablo 3.25'te, alternatiflere ait karar matrisi değerleri, kriter türleri dikkate alınarak normalize edilmiştir. Bu işlem ile farklı ölçekteki kriterler ortak bir ölçeğe dönüştürülerek karşılaştırılabilir hale getirilmiştir. Ayrıca, Bulanık SWARA yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları normalize edilmiş karar matrisi ile entegre edilmiştir. Bu doğrultuda, her bir alternatifin kriter bazındaki performansı ile kriterlerin önem düzeyleri birlikte değerlendirilerek COCOSO yöntemi kapsamında kullanılacak temel veri seti oluşturulmuştur.

Tablo 3.26. *S_i ve P_i değerleri*

Si	Pi	Kia	Kib	Kic	Ki
0,49	11,62	0,31	6,89	0,76	3,83
0,94	14,92	0,41	10,71	1,00	5,67
0,16	3,00	0,08	2,00	0,20	1,08
0,23	7,70	0,20	3,97	0,50	2,30

Tablo 3.26'de, alternatiflere ait S_i ve P_i değerleri sunulmaktadır. S_i değerleri ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisine dayalı toplam performansı ifade ederken, P_i değerleri kriterlerin çarpımsal etkisini yansıtmaktadır. Bu iki ölçüt birlikte değerlendirildiğinde, alternatiflerin farklı bakış açılarıyla performansları analiz edilebilmekte ve COCOSO yöntemi kapsamında sonraki hesaplamalar için temel oluşturmaktadır.

Tablo 3.27. *COCOSO yöntemi ile alternatiflerin nihai sıralaması*

Alternatifler	Ki	Sıralama
Silivri	5,67	1
Arnavutköy	3,83	2
Tuzla	2,30	3
Esenyurt	1,08	4

Tablo 3.27'de COCOSO yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre alternatifler arasında en yüksek performans değerine sahip olan ilçe Silivri olarak belirlenmiştir. Silivri'nin $K_i = 5{,}67$ değeri ile ilk sırada yer alması, ilgili kriterler açısından diğer alternatiflere kıyasla daha dengeli ve üstün bir performans sergilediğini göstermektedir. Bu durum, özellikle ulaşım ve lojistik erişilebilirlik, uygun arazi yapısı ve yerleşim yoğunluğunun görece düşük olması gibi faktörlerin Silivri lehine sonuç verdiğini ortaya koymaktadır.

İkinci sırada yer alan Arnavutköy $K_i = 3{,}83$, gelişmekte olan altyapısı ve stratejik konumu sayesinde önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Ancak Silivri'ye kıyasla bazı kriterlerde daha düşük performans göstermesi, toplam performans değerinin geride kalmasına neden olmuştur. Üçüncü sırada bulunan Tuzla $K_i = 2{,}30$, sanayi ve liman faaliyetleri açısından avantajlı bir konumda olmasına rağmen, çevresel ve yerleşim baskısı gibi faktörler nedeniyle daha düşük bir sıralama elde etmiştir. Son sırada yer alan Esenyurt $K_i = 1{,}08$) ise yüksek nüfus yoğunluğu ve yerleşim baskısı gibi dezavantajlar nedeniyle tehlikeli madde depo ve tesis yer seçimi açısından en düşük uygunluk seviyesine sahip alternatif olarak belirlenmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar, Bulanık SWARA yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları ile uyumlu olup, özellikle lojistik erişilebilirlik ve risk faktörlerinin karar sürecinde

belirleyici rol oynadığını doğrulamaktadır. Ayrıca, kümeleme analizi ile belirlenen temsilci alternatiflerin COCOSO yöntemi ile değerlendirilmesi sonucunda, İstanbul genelinde dengeli, karşılaştırılabilir ve uygulanabilir bir yer seçimi önerisi sunulmuştur. Bu kapsamda Silivri'nin en uygun alternatif olarak öne çıkması hem teknik hem de çevresel açıdan sürdürülebilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, İstanbul il sınırları içerisinde yer alan tehlikeli madde depo ve tesislerinin mekânsal dağılımı CBS tabanlı analizler yardımıyla ortaya konulmuş; ilçeler arasındaki benzerlik ve farklılıklar çok değişkenli kümeleme analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın karar destek boyutunda ise tehlikeli madde depo yeri seçimine yönelik kriterlerin göreli önem düzeyleri, uzman görüşlerine dayalı Bulanık SWARA yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu yönüyle araştırma, mevcut durumun mekânsal analizi, ilçe ölçeğinde risk profillerinin sınıflandırılması ve depo yeri seçimi için kriter temelli karar destek yapısının oluşturulması olmak üzere üç tamamlayıcı bileşeni birlikte ele alarak İstanbul özelinde bütünleşik bir değerlendirme ortaya koymuştur. Çalışmanın ilk aşamasında, tehlikeli madde ile ilişkili üretim, depolama ve bertaraf tesislerine ait firma bilgileri ve NACE kodları İstanbul Sanayi Odası ve İstanbul Ticaret Odası kayıtlarından temin edilmiştir. Bu tesislerin konumsal doğrulaması Google Earth aracılığıyla yapılmış ve elde edilen enlem–boylam bilgileri QGIS ortamına aktarılmıştır. OpenStreetMap altlık haritası üzerinde gerçekleştirilen görselleştirme çalışmaları, tesislerin ilçeler bazındaki dağılımının açık biçimde izlenebilmesine olanak sağlamıştır. QGIS tabanlı katmanlaştırma ve semboloji kullanımı, yalnızca harita üretimi açısından değil, aynı zamanda verilerin mekânsal bağlamla ilişkilendirilmesi ve sonraki analizlerin tutarlı bir zeminde yürütülebilmesi bakımından çalışmanın temelini oluşturmuştur. Bu süreç, ilçeler arası karşılaştırmaların mekânsal olarak doğrulanmasına katkı sağlamış ve elde edilen bulguların anlaşılabilirliğini artırmıştır.

Kümeleme analizi aşamasında İstanbul ilçeleri; kimya, depolama, atık bertaraf, enerji ve toptan ticaret gibi tehlikeli maddeyle doğrudan ilişkili tesis türleri ile nüfus yoğunluğu ve deprem riski gibi afetle bağlantılı değişkenler üzerinden değerlendirilmiştir. Farklı ölçeklerdeki değişkenlerin karşılaştırılabilir hâle getirilebilmesi amacıyla veriler üzerinde normalizasyon işlemi uygulanmış, ilçeler arasındaki benzerlikler Öklid uzaklığı

kullanılarak ölçülmüş ve analiz sürecinde hiyerarşik kümeleme yaklaşımı tercih edilmiştir. Optimum küme sayısının belirlenmesi amacıyla Elbow yöntemi ile Davies–Bouldin indeksi birlikte değerlendirilmiş ve analiz sonucunda en uygun küme sayısının dört olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, İstanbul ilçelerinin tehlikeli madde tesis yoğunluğu ve afet parametreleri bakımından homojen bir yapı sergilemediğini; farklı risk bileşenlerinin etkisiyle belirgin alt profiller oluşturduğunu göstermektedir. Kümeleme sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, İstanbul ilçelerinin endüstriyel faaliyet yoğunluğu, nüfus baskısı ve afet riski gibi farklı risk bileşenlerinin etkisiyle dört grup altında toplandığı görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre Tuzla ilçesi kimya, depolama, atık bertaraf ve toptan ticaret faaliyetlerinin diğer ilçelere kıyasla oldukça yoğun olması nedeniyle tek başına ayrı bir küme oluşturmuştur. Bu durum Tuzla'nın tehlikeli madde üretimi, depolanması ve taşınması faaliyetleri açısından İstanbul genelinde belirgin biçimde ayrışan bir endüstriyel merkez olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu ilçede riskin temel belirleyicisi, tehlikeli madde varlığı ve endüstriyel faaliyet yoğunluğu ile ilişkili potansiyel endüstriyel kaza riskidir.

Buna karşılık Silivri ilçesi ise düşük nüfus yoğunluğu ve sınırlı endüstriyel faaliyetler nedeniyle diğer ilçelerden farklılaşarak ayrı bir küme altında yer almıştır. Bu durum Silivri'nin İstanbul'un merkezi ve sanayi yoğun bölgelerine kıyasla daha düşük tehlikeli madde faaliyet yoğunluğuna sahip olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Şile ve kısmen Çatalca gibi ilçeler de görece düşük nüfus yoğunluğu ve sınırlı sanayi faaliyetleri nedeniyle İstanbul'un merkez ilçelerine kıyasla daha düşük risk profiline sahip bölgeler olarak değerlendirilmektedir. Bu özellikleri nedeniyle söz konusu ilçelerin gelecekteki depo ve lojistik yatırımları açısından mekânsal planlama bağlamında alternatif alanlar sunabileceği değerlendirilmektedir.

Üçüncü kümede yer alan Başakşehir, Bakırköy, Beylikdüzü, Küçükçekmece, Ataşehir, Çekmeköy, Bahçelievler, Gaziosmanpaşa, Esenler, Esenyurt, Avcılar, Maltepe, Sancaktepe, Eyüp, Fatih, Çatalca ve Büyükçekmece gibi ilçeler ise daha çok yoğun kentsel yerleşim alanlarını temsil etmektedir. Bu ilçelerde nüfus yoğunluğunun yüksek olması, tehlikeli madde kaynaklı olası bir endüstriyel kazanın veya afet durumunun geniş kitleleri etkileyebilme potansiyelini artırmaktadır. Bu nedenle söz konusu ilçelerde risk yalnızca tehlikeli madde tesis sayısı üzerinden değil, aynı zamanda nüfus yoğunluğu ve kentsel kırılganlık göstergeleri üzerinden de değerlendirilmelidir.

Arnavutköy, Pendik, Kartal, Ümraniye, Üsküdar, Kadıköy, Kağıthane ve Şile gibi ilçelerin yer aldığı diğer küme ise sanayi faaliyetleri ile kentsel yerleşim baskısının birlikte görüldüğü karma bir yapıyı temsil etmektedir. Bu ilçelerde hem lojistik ve ticari faaliyetler hem de yoğun yerleşim alanları bir arada bulunmakta olup risk profili endüstriyel faaliyet yoğunluğu ile nüfus maruziyetinin birleşimi sonucunda şekillenmektedir. Bu nedenle söz konusu ilçeler orta düzeyde karma risk profiline sahip bölgeler olarak değerlendirilmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde kümeleme analizi sonuçları, tehlikeli madde kaynaklı risklerin yalnızca tesis sayısı ve türü üzerinden değil, aynı zamanda nüfus yoğunluğu ve deprem riski gibi etkilenebilirlik göstergeleri üzerinden de şekillendiğini açık biçimde ortaya koymaktadır. Özellikle nüfus yoğunluğu yüksek ve deprem riski bulunan kentsel bölgelerde tehlikeli madde faaliyetlerinin yaratabileceği potansiyel etkilerin daha geniş alanlara yayılabileceği anlaşılmaktadır. Bu nedenle bu tür bölgelerde önceliğin yeni depo yatırımlarından ziyade mevcut risklerin azaltılmasına, acil durum planlarının güçlendirilmesine, tahliye kapasitesinin artırılmasına ve müdahale sürelerinin iyileştirilmesine yönelik uygulamalara verilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

Çalışmanın karar destek bileşeni olan Bulanık SWARA uygulamasında, tehlikeli madde depo yeri seçimine ilişkin kriterler uzman görüşleri doğrultusunda değerlendirilmiş; karar vericilerin bulanık dilsel ifadeleri geometrik ortalama yöntemiyle birleştirilerek nihai kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Bu ağırlıkların daha anlaşılır ve karşılaştırılabilir hâle getirilmesi amacıyla toplam kriter puanı 1000 olarak kabul edilmiş; ana kriter puanları durulaştırılmış ağırlık değerlerinin 1000 ile çarpılması yoluyla hesaplanmıştır. Alt kriter puanları ise bağlı bulundukları ana kriterlerin puanları esas alınarak, alt kriterlerin göreli ağırlıkları dikkate alınmak suretiyle dağıtılmıştır. Bu yaklaşım, ana kriterlerin genel etkisi ile alt kriterlerin kendi grupları içerisindeki göreli önceliklerini birlikte yansıtan bütüncül bir değerlendirme sunmuştur.

Elde edilen puanlama sonuçları, depo yeri seçiminde ulaşım ve lojistik odaklı kriterlerin belirleyici olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Ana kriterler incelendiğinde, Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi (229 puan) ile Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı (228 puan) kriterlerinin birbirine oldukça yakın değerlerle en yüksek öneme sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, tehlikeli madde lojistiğinde yalnızca fiziksel erişilebilirliğin değil, aynı zamanda lojistik ağlara entegrasyonun da karar vericiler açısından kritik öneme sahip olduğunu

göstermektedir. Bu iki kriteri Afet ve Güvenlik Riskleri (142 puan) izlerken, diğer ana kriterlerin sırasıyla Teknik Altyapı ve Maliyet (93 puan), Yerleşim ve Çevresel Faktörler (90 puan) ve Acil Durum ve Tahliye Altyapısı (73 puan) olduğu belirlenmiştir.

Alt kriterler düzeyinde yapılan değerlendirme de bu bulguları destekler niteliktedir. Ana yollara erişim (149 puan), lojistik merkezlere yakınlık (119 puan) ve son ürün merkezlerine yakınlık (101 puan) kriterlerinin en yüksek puanlara sahip olması, ulaşım altyapısına doğrudan erişim ile lojistik bağlantıların depo yeri seçiminde temel belirleyici unsurlar olduğunu ortaya koymaktadır.

Orta düzeyde önem taşıyan kriterler arasında liman ve demiryollarına erişim (80 puan), güvenlik riskleri (71 puan) ve doğal afet senaryolarına uzaklık (66 puan) yer almakta; bu kriterlerin operasyonel gereklilikler ile güvenlik boyutu arasında dengeleyici bir rol üstlendiği değerlendirilmektedir.

Daha düşük puanlara sahip kriterler incelendiğinde, acil müdahale altyapısına yakınlık (44 puan), atık bertaraf altyapısı (39 puan) ve yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğuna uzaklık (32 puan) gibi kriterlerin karar sürecinde ikincil düzeyde etkili olduğu görülmektedir.

En düşük puanlara sahip kriterler arasında ise arazi maliyeti (31 puan), acil tahliye rotalarının güvenliği (28 puan), çevresel kısıtlar ve koruma alanlarına uzaklık (23 puan), gelecekteki kentsel gelişim (22 puan), enerji altyapısına yakınlık (22 puan) ve hâkim rüzgâr yönü (15 puan) yer almaktadır. Bu durum, maliyet ve bazı teknik ile çevresel unsurların karar sürecinde tamamen dışlanmadığını, ancak ulaşım ve lojistik odaklı kriterlere kıyasla daha düşük öncelikte değerlendirildiğini göstermektedir.

Çalışmanın son aşamasında, kümeleme analizi ile belirlenen alternatifler ve Bulanık SWARA yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak COCOSO yöntemi uygulanmıştır. COCOSO yöntemi ile gerçekleştirilen analiz sonucunda alternatifler arasında en yüksek performans değerine sahip olan ilçe Silivri olarak belirlenmiştir. Silivri'nin en yüksek $K_i$değerine ulaşması, düşük nüfus yoğunluğu, uygun arazi yapısı ve güçlü ulaşım-lojistik erişilebilirlik özellikleri ile birlikte değerlendirildiğinde, tehlikeli madde depo yeri seçimi açısından en uygun alternatif olduğunu göstermektedir.

İkinci sırada yer alan Arnavutköy, gelişmekte olan altyapısı ve stratejik konumu ile önemli bir alternatif olarak öne çıkmakta; ancak bazı kriterler açısından Silivri'ye kıyasla daha düşük performans göstermektedir. Üçüncü sırada bulunan Tuzla, sanayi ve tehlikeli

madde faaliyetlerinin yoğunluğu nedeniyle yüksek risk barındırmakta olup bu durum sıralamadaki yerini olumsuz yönde etkilemiştir. Esenyurt ise yüksek nüfus yoğunluğu ve kentsel baskı nedeniyle tehlikeli madde depo yeri seçimi açısından en düşük uygunluk düzeyine sahip alternatif olarak belirlenmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar, Bulanık SWARA yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları ile uyumlu olup özellikle ulaşım ve lojistik erişilebilirlik kriterlerinin karar sürecinde belirleyici rol oynadığını doğrulamaktadır. Aynı zamanda risk ve güvenlik kriterlerinin de sıralamayı doğrudan etkilediği görülmektedir. Bu durum, tehlikeli madde depo yeri seçiminde yalnızca ekonomik ve operasyonel faktörlerin değil, aynı zamanda çevresel ve toplumsal risk unsurlarının da birlikte değerlendirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu tez, İstanbul'da tehlikeli madde depo ve tesislerinin ilçeler bazında farklı risk profilleri oluşturduğunu; bu profillerin yalnızca tesis yoğunluğu ile değil, nüfus baskısı ve deprem riski gibi afet bileşenleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Geliştirilen Bulanık SWARA tabanlı kriter ağırlıkları ve COCOSO yöntemi ile elde edilen sıralama sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, depo yeri seçimi süreçlerinde karar vericilere hem kriter önceliklendirmesi hem de alternatif seçimi açısından bütünleşik, sayısal ve uygulanabilir bir karar destek çerçevesi sunulmaktadır. Bu yönüyle çalışma, yerel yönetimler, ilgili kamu kurumları ve sektör paydaşları için risk azaltım, mekânsal planlama ve tehlikeli madde depo yeri seçimi süreçlerinde kullanılabilecek bütünleşik bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun. (1959, 25 Mayıs). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 10213).

ADRBOOK. (t.y.). *2.2.2 Sınıf 2 Gazlar*. ADRBOOK – Tehlikeli Mallar Taşımacılığı Rehberi. https://adrbook.com/tr/2017/ADR/2.2.2

Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun. (2012, 31 Mayıs). T.*C. Resmî Gazete* (Mükerrer 28309).

Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği. (2022, 24 Şubat). T.*C. Resmî Gazete* (Mükerrer 31760).

Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik. (1988, 8 Mayıs). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 19808).

Akbolat, M., Durmuş, A., & Cebeci, A. (2025). Doğa kaynaklı afetlere karşı hazırlıklı olma, kadercilik ve inkâr niyeti arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Afet ve Risk Dergisi, 8*(2), 438-454.

Akhmatshin, F., Egarmin, P., Gerasimova, M., Petrova, I. and Nikitchak, S., 2024. Clustering of k-means based on Euclidean distance metric and Mahalanobis metric. *E3S Web of Conferences*, 531, 03002. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453103002

Arslan, H. M. (Ed.). (2024). *Bütünleşik çok kriterli karar verme yöntemleri ve güncel uygulamaları.* Özgür Yayınları.

Aslanyürek, M., & Mesut, A. (2021). Kümleme performansını ölçmek için yeni bir yöntem ve metin kümeleme için değerlendirmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 53–65.

Avrupa TMGD. (2019). *Sınıf 4.1: Alevlenir katılar*. Avrupa TMGD – Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanlığı. https://www.avrupatmgd.com/sinif-4-1-alevlenir-katilar/

Azimli Çilingir, G., & Örçen Güler, İ. (2020). Afet politikalarında risk unsuru ve afet mevzuatında risk yönetimi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 3(1), 152–165. https://doi.org/10.33712/mana.687889

Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu. (2020). *ADR: Tehlikeli malların karayolu ile uluslararası taşımacılığına ilişkin anlaşma* (Cilt I). Birleşmiş Milletler.

Boyacı, A. Ç., & Gençer, C. (2021). A bi-objective multi-commodity model for multimodal transportation of hazardous materials: A case study of Turkey. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(1), 13–26. https://doi.org/10.17341/gazimmfd.514832

Bursa Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi. (2019, 16 Aralık). Kimyasal madde depolama talimatı (Dok. Kod No: BYG-TL.05) [İç yönerge dokümanı].

Büyük Endüstriyel Kazaların Kontrolü Hakkında Yönetmelik. (2010, 18 Ağustos). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 27676).

Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik. (2013, 30 Aralık). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 28867).

Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik. (2019, 2 Mart). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 30702).

Cardona, L. F., & Rivera, L. (2022). Including operational costs in warehouse location problems: A case study in USA. *Revista Facultad de Ingeniería*, (105), 1–17. https://doi.org/10.17533/udea.redin.20231132

Cingiz, M. Ö., & Marangoz, K. (2021). Kullanıcı tabanlı ve öğe tabanlı işbirlikçi filtreleme ile kümeleme algoritmalarının değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı 28), 453–458. https://doi.org/10.31590/ejosat.1005391

Dangerous Goods International. (2019). *The 9 classes of dangerous goods*. https://dgiglobal.com/classes/

Demir, H. (2003). Doğal afetlerde ve afetlere ilişkin acil yardım teşkilatı ve planlama esaslarına dair yönetmelikte afet acil yönetim planlaması. *Yönetim Bilimleri Dergisi, 1*(1-2), 141-159.

Demirci, G., Ateş, F. M., & Fandaklı, S. (2023). Çalışma ortamında kimyasallardan kaynaklı tehlikeler ve insan sağlığına etkileri. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 242–253. https://doi.org/10.55117/bufbd.1326123

Duke University Libraries. (2025). *Import data*. QGIS Introduction: Common Procedures. https://guides.library.duke.edu/QGIS/ImportData

D-Ulaştırma. (2020). *ADR nedir, tehlikeli madde sınıfları nelerdir?* https://www.dulastirma.com/adr-nedir-tehlikeli-madde-siniflari-nelerdir/

Emhan, A. (2010). Risk yönetim süreci ve risk yönetmekte kullanılan teknikler. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23*(3), 209-220.

Erbaş, M., Bal, Ö., & Durgut, T. (2014, 14-17 Ekim). Tehlikeli madde depo yeri seçiminin coğrafi bilgi sistemleri açısından incelenmesi. *5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, İstanbul, Türkiye.

Ercan, B., & Ünsal, M. (2023). QGIS ile hidrolojik model oluşturma ve meteorolojik verilerin zaman periyotlarına göre değişimi: Kahramanmaraş örneği. *International Journal of Advanced Engineering and Pure Sciences*, 35(2), 183–192. https://doi.org/10.7240/jeps.1176295

Erdal, H. (2018). Tehlikeli madde taşımacılığı güzergâh seçimi problemi için stokastik bir risk analizi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(6), 935–943.

Erdoğan, F., & Eraslan, E. (2021). Yüksek seviyeli radyoaktif maddelerin taşınmasında hata ağacı analizi yönteminin kullanımının incelenmesi. *Journal of Turkish Operations Management, 5*(1), 688–702.

Erkut, E., Tjandra, S. A., & Verter, V. (2007). Hazardous materials transportation. C. Barnhart ve G. Laporte (Ed.) içinde, *Handbooks in operations research and management science: Transportation* (Cilt. 14, ss. 539–621).

Ersöz, A. K. (2023). 7269 sayılı umumi hayata müessir afetler dolayısıyla alınacak tedbirlerle yapılacak yardımlara dair Kanun'un ve bu Kanun kapsamındaki hak sahipliği kurumunun Türk idare hukuku bakımından değerlendirilmesi. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 14*(2), 486-499.

Espinoza, R. (2024). *Hazardous waste class 1 explosives*. D-Environmental Blog. https://blog.idrenvironmental.com/hazardous-waste-class-1-explosives

Evinsel, C. (2010). *Depo tasarımı ve yerleşimi* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi].

Ezell, B., Lynch, C. J., & Hester, P. T. (2021). Methods for weighting decisions to assist modelers and decision analysts: A review of ratio assignment and approximate techniques. *Applied Sciences*, 11(21), 10397. https://doi.org/10.3390/app112110397

Fandaklı, S., & Ateş, F. M. (Ed.). (2023). *İş sağlığı ve güvenliği perspektifinde tehlikeli madde sınıfları*. Astana Yayınları.

Fuskova, M., Hanáčková, D., & Gubáňová, M. (2018). Location factors and their importance in location decision making of enterprises (in conditions of Slovak Republic). *Economic and Managerial Issues Journal*, *10*(1), 5–15.

Gandhi, U. (2022). *Introduction to QGIS (Full course).* Spatial Thoughts. https://courses.spatialthoughts.com/introduction-to-qgis.html

Greco, S., Słowiński, R., Wallenius, J. (2025). Fifty years of multiple criteria decision analysis: From classical methods to robust ordinal regression. *European Journal of Operational Research*, 323, 351–377. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.07.038

Gül, E., & Eren, T. (2017). Lojistik dağıtım ağ problemlerinde analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ve hedef programlama ile depo seçimi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1, 1–13.

Güneş, Y., & Çetinyokuş, S. (2020). Türkiye'de endüstriyel kazalara yönelik arazi kullanım planlaması (AKUP) problemi. *Journal of Humanities and Tourism Research*, 10(2), 226–248.

Wang, G., Qin, L., Li, G., & Chen, L. (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2414–2421. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008

Işık, Ö., Aydınoğlu, H. M., Koç, S., Gündoğdu, O., Korkmaz, G., & Ay, A. (2012). Afet yönetimi ve afet odaklı sağlık hizmetleri. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 28(Ek sayı 2), 82–123. https://doi.org/10.5222/otd.supp2.2012.082

İBB Afet Koordinasyon Merkezi (AKOM). (2024). *Afet ve acil durumların koordinasyonu.* https://akom.ibb.istanbul/koordinasyon-calismalari/

İncekırık, A., & Altın, E. (2021). Türkiye'deki illerin ulaştırma göstergelerine göre kümeleme analizi yöntemleriyle sınıflandırılması. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(3), 186–206. https://doi.org/10.18026/cbayarsos.891649

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Zemin ve Afet Riskleri Müdürlüğü. (2002). *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul ili sismik mikro-bölgeleme dahil afet önleme/azaltma temel planı çalışması.* https://depremzemin.ibb.istanbul/uploads/prefix-jica-turkce-raporu-66a39c6e9b70d.pdf

İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD). (2019). *İstanbul Risk Azaltma Eylem Planı (İRAP).* https://istanbul.afad.gov.tr/kurumlar/istanbul.afad/PDF-Dosyalar/irap_istanbul.pdf

İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü. (2019). *İl afet müdahale planı*. https://istanbul.afad.gov.tr/tamp-istanbul

İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü, Halk Sağlığı Hizmetleri Başkanlığı, Çevre Sağlığı Birimi. (2024). *Afet eylem planı [PDF dosyası]*. https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/cevre-sagligi-db/Haberler/14-16_Subat_2024/Afet_Eylem_Plani.pdf

İstanbul Planlama Ajansı (İPA). (2023). *İstanbul deprem çalışma grubu toplantısı raporu.* https://ipa.istanbul/yayinlarimiz/254/istanbul-deprem-calisma-grubu-toplantisi-raporu

İstanbul Ticaret Odası. (2025). *Meslek grupları ve NACE kodları*. https://www.ito.org.tr/documents/Uye_Sicil/Dokumanlar/meslek-gruplari.pdf

Jeddin, S., & Bentaleb, Y. (2024). A new method for getting the optimal number of clusters by K-means using the weighted barycenter. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 102*(1), 1–15.

Kabak, M., Sağlam, F., & Aktaş, A. (2017). Farklı uzaklık hesaplama yaklaşımlarının TOPSIS üzerinde kullanılabilirliğinin incelenmesi. *Journal of the Faculty of*

Engineering and Architecture of Gazi University, 32(1), 35–43. https://doi.org/10.17341/gazimmfd.300592

Kaya, S., Bildirici, İ. Ö., & Çobankaya, O. N. (2025). Açık kaynaklı QGIS Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı ile 1:25.000 ölçekli topografik harita tasarımı [1:25,000 scale topographic map design with open source QGIS geographic information system software]. *Harita Dergisi*, *173*(Ocak), 8–21.

Keshavarz-Ghorabaee, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2018). An extended step-wise weight assessment ratio analysis with symmetric interval type-2 fuzzy sets for determining the subjective weights of criteria in multi-criteria decision-making problems. *Symmetry*, 10(4), 91. https://doi.org/10.3390/sym10040091

Koşar, L., & İlhan, M. N. (2002). Büyük endüstriyel kazalar. *Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 2*(8), 16–21.

Köksal, A. G. (2013). 6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu kapsamında risklerin tespiti ve yönetilmesine ilişkin bağımsız denetçinin sorumluluğu. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(2), 307–325.

Kuyucu, C. (2016). *Lojistik faaliyetlerinde depolama süreçlerinin iş sağlığı ve güvenliği risklerinin değerlendirilmesi*. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.

Lestari, F., Setyowati, D. L., Muzanni, A., Kadir, A., Zainal, I., Liku, J. E. A., Zulfikar, A., Sari, I. P., Mulya, W., Yuliana, L., Zulfikar, I., Rusba, K., Nurmayanti, I., Susanti, I. T., Sakina, C., Yusvalina, H. A., Adiwibowo, A., Ramadhan, N. A., Andani, S., Wardani, W. K., Kholis, N., Pradipta, E., & Cruz, A. M. (2023). Industrial and environmental disaster risk assessment for hazardous materials in Balikpapan City, East Kalimantan, Indonesia. *Sustainability*, 15, 9430. https://doi.org/10.3390/su15129430

Liu, H., Yang, J., & Xiang, Z. (2022). A fuzzy linguistic multi-criteria decision-making approach to assess emergency suppliers. *Sustainability*, *14*(20), 13114. https://doi.org/10.3390/su142013114

Mehran, B., Khan, M. A., Mehran, M., Roh, H., & Sharma, S. (2019). Case study scenarios in site selection of hazardous material facilities based on transportation

preferences. *Journal of Modern Transportation*, 27(4), 317–333. https://doi.org/10.1007/s40534-019-0190-5

Mun, J.-H., Hwang, C.-J., Kang, C.-H., Mun, K.-H., Kim, J.-I., & Kim, M.-J. (2023). A fuzzy multi-criteria group decision making method by combining of SWARA method and single-valued neutrosophic TOPSIS method. *Research Square*. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3796837/v1

Nalçakan, M., & Er, F. (Ed.). (2018). *Lojistik ilkeleri*. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 2343. E-ISBN: 978-975-06-2419-3

Nükleer Düzenleme Kurumu. (2024). *Radyoaktif kaynakların sınıflandırmasına ilişkin kılavuz (KLV-002)*. Nükleer Düzenleme Kurumu.

Omran, M. G. H., Engelbrecht, A. P., & Salman, A. (2007). An overview of clustering methods. *Intelligent Data Analysis, 11*(6), 583–605.

Oral, N., Yumuşak, R., & Eren, T. (2021). AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak tehlikeli madde depo yeri seçimi: Kırıkkale ilinde bir uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 115–124. https://doi.org/10.28948/ngumuh.744734

Ossadnik, W., Schinke, S., & Kaspar, R. H. (2016). Group aggregation techniques for analytic hierarchy process and analytic network process: A comparative analysis. *Group Decision and Negotiation*, 25, 421–457. https://doi.org/10.1007/s10726-015-9448-4

Özarı, Ç., & Can, E. N. (2023). Finansal göstergeler açısından Borsa İstanbul'da faaliyet gösteren üretim şirketlerinin değerlendirilmesi: Silhouette indeksine ve elbow yöntemine göre K-ortalamalar ile kümelenmesi. *Muhasebe Enstitüsü Dergisi*, (69). https://doi.org/10.26650/MED.1278850

Palino, G., & Sparks, E. (2024). QGIS: An introduction to an open-source geographic information system (Publication No. P3269). Mississippi State University Extension Service.

Parlak, Y. (2023). The packaging and safety transport of radioactive materials. *Nuclear Medicine Seminars*, *9*(1), 90–95.

Pourramazani, H., & Miralles-Guasch, J. L. (2022). Concept of accessibility in sustainable transport: Criteria and perspectives. *WIT Transactions on the Built Environment*, 212, 143–150. https://doi.org/10.2495/UMT220051

Ou, P. (2024). Design of supply chain logistics intelligent management information system based on GIS optimization model. *Procedia Computer Science*, 243, 396–405. https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.049

Rani, Y., & Rohil, H. (2013). A study of hierarchical clustering algorithm. *International Journal of Information and Computation Technology*, *3*(11), 1225–1232.

Rasoanaivo, R. G., Yazdani, M., Zaraté, P., & Fateh, A. (2024). Combined compromise for ideal solution (CoCoFISo): A multi-criteria decision-making based on the CoCoSo method algorithm. *Expert Systems with Applications*. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124079

Rençber, Ö. F. (2019). Veri madenciliğinde kullanılan kümeleme algoritmalarının karşılaştırılması üzerine bir inceleme: Ülkelerin beşeri sermaye durumlarına göre kümelenmesi örneği. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 1671–1685. https://doi.org/10.29130/dubited.551531

Rocha, D. M., Amorim, D. K. de A., Silva, D. A. da, Silva, E. C. da, & Bolis, I. (2023). Seveso accident: An analysis of human and organizational factors. *Ação Ergonômica*, 17(2). https://doi.org/10.4322/rae.v17n2.e202303.en

Rodriguez, M. Z., Comin, C. H., Casanova, D., Bruno, O. M., Amancio, D. R., Costa, L. da F., & Rodrigues, F. A. (2019). Clustering algorithms: A comparative approach. *PLOS ONE*, 14(1), e0210236. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210236

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Springer.

Sahoo, S. K., & Goswami, S. S. (2023). A comprehensive review of multiple criteria decision-making (MCDM) methods: Advancements, applications, and future directions. *Decision Making Advances*, 1(1), 25–48. https://doi.org/10.31181/dma1120237

Stanujkic, D., Karabasevic, D., & Zavadskas, E. K. (2015). A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 26(2), 181–187. http://dx.doi.org/10.5755/j01.ee.26.2.8820

Stonehouse Process Safety. (2025). *What are flammable and combustible liquids?* https://stonehousesafety.com/what-are-flammable-and-combustible-liquids/

Sun, Y., Chen, Q., Guo, J., Adumene, S., Goleiji, E., & Yazdi, M. (2025). A risk-based review of dangerous goods storage and handling at a manufacturing facility. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 138, 4313–4336. https://doi.org/10.1007/s00170-025-15778-3

Şener, T. S. (2021). Tehlikeli madde olayları risk yönetiminde acil çağrı merkezlerinin rolü. *Hastane Öncesi Dergisi, 6*(2), 293–305.

Şengül, D., & Çağıl, G. (2020). Bulanık SWARA ve bulanık analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ile iş değerlendirmesi. *Dicle University Journal of Engineering (DUJE)*, 11(3), 965–976. https://doi.org/10.24012/dumf.715363

Şengül, D., Çağıl, G., & Ardalı, Z. (2021). Bulanık SWARA ve aralık değerli sezgisel bulanık AHP yöntemi ile iş değerlendirmesi. *Yönetim ve Ekonomi*, 28(2).

T. C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Antalya Bölge Müdürlüğü. (2025). *Tehlikeli madde faaliyet belgesi başvuru formu*. https://antalya.uab.gov.tr/tehlikeli-madde-faaliyet-belge-basvurusu-ve-yenileme

T. C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Denizcilik Genel Müdürlüğü. (2020). *IMDG Kodu: Amerikan uluslararası tehlikeli malların taşınması için denizcilik kodu — Değişiklik 40-20, Cilt 2 (Türkçe çeviri)*. https://uhdgm.uab.gov.tr/uploads/pages/uluslararasi-sozlesmeler/imdg-kod-40-20-cilt-2-tr.pdf

T. C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2019). Tehlikeli Madde Faaliyet Belgesi Düzenlenmesine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönerge (Bakanlık Makam Oluru No. 44011). 11 Haziran 2019.

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. (2024). Güvenli istifleme rehberi (Revizyon: 2024). T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı. (2009). Kimya sektörü işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği rehberi (İş Teftiş Sisteminin Geliştirilmesi Projesi). Ankara: T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı.

T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2025). *Kimyasal tehditler*. https://www.afad.gov.tr/kbrn/kimyasal-tehditler41

T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Mikrobiyoloji Referans Laboratuvarları ve Biyolojik Ürünler Dairesi Başkanlığı. (2023). *Enfeksiyöz / Biyolojik madde gönderme ve tehlikeli madde taşımacılığı.* https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/enfeksiyoz-tehlikeli-madde-tasimaciligi.html

T.C. Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü. (2025). *Tehlikeli yük taşımacılığı.* https://uhdgm.uab.gov.tr/tehlikeli-yuk-tasimaciligi

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü. (2022). *Tehlikeli madde faaliyet tespit rapor eki hakkında duyuru*. https://uhdgm.uab.gov.tr/uploads/announcements/tehlikeli-madde-faaliyet-tespit-rapor-eki-hakkinda/tehlikeli-madde-faaliyet-tespit-rapor-eki.pdf

Taksim TMGDK A.Ş. (2019). *Kimyasal kazalar ile ilgili yönetmelikler*. https://www.taksimtmgdk.com/KIMYASAL-KAZALAR-ILE-ILGILI-YONETMELIKLER/s/73

Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L., & Küçük, B. (2013). *İstanbul ili afet lojistik planı kılavuzu*. İstanbul Kalkınma Ajansı & LODER Lojistik Derneği.

Taşkın, Ç., & Emel, G. G. (2010). Veri madenciliğinde kümeleme yaklaşımları ve Kohonen ağları ile perakendecilik sektöründe bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15*(3), 395–409.

Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik. (2013, 24 Ekim). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 28801).

Tehlikeli Malların Karayolu ile Uluslararası Taşımacılığına İlişkin Avrupa Anlaşması'na Katılmamızın Uygun Bulunduğuna Dair Karar. (2009, 30 Ekim). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 27391).

Tepe Küçükoğlu, M. (2020). Tedarik zincirinde risk değerlendirme: Risklerin tanımlanması, gruplandırılması ve önceliklendirilmesi üzerine bir çalışma. *İşletme Araştırmaları Dergisi (Journal of Business Research-Turk)*, 12(2), 2126–2141. https://doi.org/10.20491/isarder.2020.966

Tercan, B. (2018). Türkiye'de afet politikaları ve kentsel dönüşüm. *Abant Kültürel Araştırmalar Dergisi, 3*(5), 102-120.

Toshniwal, D., Chaturvedi, N., Parida, M., Garg, A., Choudhary, C., & Choudhary, Y. (2020). Application of clustering algorithms for spatio-temporal analysis of urban traffic data. *Transportation Research Procedia*, 48, 1046–1059. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.132

Turanlı, R., Özden, Ü. H., & Gerçeker, D. (2023). Cocoso yöntemi ile en iyi yaşanabilir Avrupa ülkeleri başkentlerinin sıralanması. *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences*, 9(1).

Tümen, T., & Bahçeci, F. (2025). Üniversite öğrencilerinin eleştirel düşünme profillerinin k-Means kümeleme algoritması ile analizi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, *11*(1), 269–280. https://doi.org/10.29132/ijpas.1675646

Türkiye Afet Müdahale Planı. (2014, 3 Ocak). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 28871).

Türkiye Afet Müdahale Planı. (2022, 15 Eylül). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 31954).

Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (2022–2030). (2022, 8 Temmuz). *T.C. Resmî Gazete* (Mükerrer 31890).

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2025). *Radioactive Agents & Material (TL0602).* Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction. https://www.undrr.org/understanding-disaster-risk/terminology/hips/tl0602

University of Alberta, Faculty of Agricultural, Life & Environmental Sciences, AFNS Safety. (2025). *Oxidizing agents*. https://afns-safety.ualberta.ca/chemical-safety/oxidizing-agents/

Uzun, M., & Garipağaoğlu, N. (2022). Mekânsal otokorelasyon ve kümeleme analizi yaklaşımı ile Göksu Çayı Havzası'nın (Sakarya Nehri Havzası) bütünleşik ve sürdürülebilir havza yönetim modeli. *Türk Coğrafya Dergisi*, (81), 23–38. https://doi.org/10.17211/tcd.1173420

Vrtačić, S., Softić, E., Subotić, M., Stević, Ž., Dordevic, M., & Ponjavic, M. (2021). Ranking road sections based on MCDM model: New improved fuzzy SWARA (IMF SWARA). *Axioms*, 10(2), 92. https://doi.org/10.3390/axioms10020092

Wijaya, Y. A., Kurniady, D. A., Setyanto, E., Tarihoran, W. S., Rusmana, D., & Rahim, R. (2021). Davies Bouldin index algorithm for optimizing clustering case studies mapping school facilities. *TEM Journal*, 10(3), 1099–1103. https://doi.org/10.18421/TEM103-13

Yalçın, M. (2020). Türkiye konut satış istatistiklerinin CBS tabanlı analizleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20, 448–455. https://doi.org/10.35414/akufemubid.673133

Yalçınkaya, N. M., Demirel, E., & Say, N. (2020). Tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınması sürecinde ortaya çıkan çevresel risklerin hata ağacı analizi (HAA) ile değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi (Journal of Engineering Sciences and Design)*, 8(4), 973–984. https://doi.org/10.21923/jesd.720084

Yan, B.-R., Dong, Q.-L., Li, Q., & Li, M. (2022). A study on risk measurement of logistics in international trade: A case study of the RCEP countries. *Sustainability*, 14, 2640. https://doi.org/10.3390/su14052640

Yazdani, M., Zarate, P., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2019). A combined compromise solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, 57(9), 2501–2519. https://doi.org/10.1108/MD-05-2017-0458

Yılmaz, Z., Erol, S., & Aplak, H. S. (2016). Tehlikeli maddelerin taşınması: Bir literatür incelemesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(1), 39–53.

Yin, H., Aryani, A., Petrie, S., Nambissan, A., Astudillo, A., & Cao, S. (2024). *A rapid review of clustering algorithms*. arXiv. https://arxiv.org/abs/2401.07389

Yu, S., Li, Y., Xuan, Z., Li, Y., & Li, G. (2022). Real-time risk assessment for road transportation of hazardous materials based on GRU-DNN with multimodal feature embedding. *Applied Sciences*, 12(21), 1130.

Zararlı Kimyasal Madde ve Ürünlerinin Kontrolü Yönetmeliği. (1993, 11 Temmuz). T.*C. Resmî Gazete* (Mükerrer 21634).

Zolfani, S. H., Yazdani, M., & Zavadskas, E. K. (2018). An extended stepwise weight assessment ratio analysis (SWARA) method for improving criteria prioritization process. *Soft Computing*, 22, 7399–7405. https://doi.org/10.1007/s00500-018-3092-2

EKLER

Ek 1. Anket Formları

TEHLİKELİ MADDE DEPO YERİ SEÇİMİNE AİT KRİTERLERİN ÖNEM DERECELERİNİN ORTAYA KOYULMASINA İLİŞKİN ANKET FORMU

Bu anket formu Kayseri Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Dalı Yüksek Lisans tezi kapsamında bir uygulamadır. Tehlikeli madde depo yeri seçimine ait önem kriterlerinin değerlendirilmesine yönelik model önerisi çerçevesinde oluşturulan kriterleri ve bu kriterlerin önem düzeylerini Bulanık SWARA metodu ile belirlemek amaçlanmıştır.
Yapılan değerlendirmeler tamamen gizli tutulacak olup, sadece akademik çalışma kapsamında kullanılacaktır.

Soru 1:

Tehlikeli madde depo yeri seçiminin değerlendirilmesine kriterlerde Tablo 1'de belirtilen 6 ana kriteri en önemliden en az önemliye olacak şeklinde sıralayınız (En önemli = 1, en az önemli = 6 olacak şekilde). Diğer Tablo 3.,5.,7.,9., ve 11. de belirtilen alt kriteri de belirtilen şekilde en önemliden en az önemliye şeklinde sıralayınız.
Tablo 2'de ise ''Kriter Adı'' sütunu, Tablo 1'de yapılan sıralamaya göre doldurulduktan sonra bu Kriterleri, 2.sıradaki ile 1.sıradaki, 3.sıradaki ile 2.sıradaki, 4.sıradaki ile 3. sıradaki, 5. sıradaki ile 4. sıradaki, 6. sıradaki ile 5.sıradaki, olmak üzere birbirleri ile kıyaslayarak, Önem Çok Yüksek Önemli (ÇYÖ), Orta Derecede Daha Az Önemli (OÖ), Daha Az Önemli (DÖ), Çok Daha Az Önemli (ÇDÖ), Oldukça Az Önemli (OAÖ)) ifade ediniz. Diğer Tablo 4.,6.,8.,10.,12., ve 14. de belirtilen alt kriteri de yukarıda belirtilen şekilde önem düzeylerini sıralayınız.

Resul HARMAN Doç. Dr. Yılmaz DELİCE

Tablo 1. Ana Kriterler Önem Sıralaması

Ana Kriter	**Sıralama**
Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi	
Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı	
Yerleşim ve Çevresel Faktörler	
Acil Durum ve Tahliye Altyapısı	
Afet ve Güvenlik Riskleri	
Teknik Altyapı ve Maliyet	

Tablo 2. Ana Kriterler Önem Düzeyi Değerlendirmesi

Sıralama	**Kriter Adı**	**Önem Düzeyi Değerlendirmesi**
1	Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi	
2	Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı	
3	Teknik Altyapı ve Maliyet	
4	Afet ve Güvenlik Riskleri	
5	Acil Durum ve Tahliye Altyapısı	
6	Yerleşim ve Çevresel Faktörler	

Tablo 3. Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi

Ana Kriter	**Sıralama**
Ana yollara erişim	
Liman ve demiryollarına erişim	

Tablo 4. Ulaşım ve Taşımacılık Erişimi Alt Kriterleri Önem Düzeyi Değerlendirmesi

Sıralama	**Kriter Adı**	**Önem Düzeyi Değerlendirmesi**
1	Ana yollara erişim	
2	Liman ve demiryollarına erişim	

Tablo 5. Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı

Ana Kriter	**Sıralama**
Son ürün merkezlerine yakınlık	
Lojistik merkezlere yakınlık	

Tablo 6. Pazar ve Lojistik Ağ Yakınlığı Alt Kriterleri Önem Düzeyi Değerlendirmesi

Sıralama	**Kriter Adı**	**Önem Düzeyi Değerlendirmesi**
1	Lojistik merkezlere yakınlık	
2	Son ürün merkezlerine yakınlık	

Tablo 7. Yerleşim ve Çevresel Faktörler

Ana Kriter	**Sıralama**
Yerleşim Yeri Ve Nüfus Yoğunluğuna Uzaklık	
Çevresel Kısıtlar Ve Koruma Alanlarına Uzaklık	
Hâkim Rüzgâr Yönü	
Gelecekteki Kentsel Gelişim	

Tablo 8. Yerleşim ve Çevresel Faktörler Alt Kriterleri Önem Düzeyi Değerlendirmesi

Sıralama	Kriter Adı	Önem Düzeyi Değerlendirmesi
1	Yerleşim yeri ve nüfus yoğunluğuna uzaklık	
2	Çevresel kısıtlar ve koruma alanlarına uzaklık	
3	Gelecekteki kentsel gelişim	
4	Hakim rüzgâr yönü	

Tablo 9. Acil Durum ve Tahliye Altyapısı

Ana Kriter	Sıralama
Acil Tahliye Rotalarının Güvenliği	
Acil Müdahale Altyapısına Yakınlık	

Tablo 10. Acil Durum ve Tahliye Altyapısı Alt Kriterleri Önem Düzeyi Değerlendirmesi

Sıralama	Kriter Adı	Önem Düzeyi Değerlendirmesi
1	Acil müdahale altyapısına yakınlık	
2	Acil tahliye rotalarının güvenliği	

Tablo 11. Afet ve Güvenlik Riskleri Alt Kriterleri Önem Sıralaması

Ana Kriter	Sıralama
Doğal Afet Senaryolarına Uzaklık	
Güvenlik Riskleri	

Tablo 12. Afet ve Güvenlik Riskleri Alt Kriterleri Önem Düzeyi Değerlendirmesi

Sıralama	Kriter Adı	Önem Düzeyi Değerlendirmesi
1	Güvenlik riskleri	
2	Doğal afet senaryolarına uzaklık	

Tablo 13. Teknik Altyapı ve Maliyet Alt Kriterleri Önem Sıralaması

Ana Kriter	Sıralama
Enerji altyapısına yakınlık	
Atık bertaraf altyapısı	
Arazi maliyeti	

Tablo 14. Teknik Altyapı ve Maliyet Alt Kriterleri Önem Düzeyi Değerlendirmesi

Sıralama	Kriter Adı	Önem Düzeyi Değerlendirmesi
1	Arazi Maliyeti	
2	Atık Bertaraf Altyapısı	
3	Enerji Altyapısına Yakınlık	

Karar Verici Bilgiler

Yaşınız	
Pozisyon	
Deneyim	
Sektör	

Ek 2. Tehlikeli Madde Faaliyet Belgesi Başvuru Formu

TEHLİKELİ MADDE FAALİYET BELGESİ BAŞVURU FORMU

MERKEZ ☐ [1]ŞUBE/TEMSİLCİLİK ☐	**[2] Vergi Dairesi ve No:**
İLK BAŞVURU ☐ YENİLEME ☐	**TMFB Belge No:** (Sadece yenileme taleplerinde yazılacaktır)
[3] TAŞIMACI ☐ TAŞIMACI-BOŞALTAN ☐	**SGK işyeri Sicil No:**
İŞLETME UNVANI:	**[4] Ticaret/Esnaf Sicil No:**
	KEP Adresi: (Var ise)
	Elektronik Tebligat Adresi:
İŞLETME ADRESİ:	**Telefon (GSM):**
	Telefon (İş):
	E-Posta :

TEMSİLE YETKİLİ KİŞİ/KİŞİLER

SIRA	ADI SOYADI	GÖREVİ	T.C. KİMLİK NO	İLETİŞİM BİLGİLERİ
1				
2				
3				

İşletme Yetkilisi
Adı Soyadı
İmza/Kaşe
Tarih

[1] Her bir şube için ayrı form düzenlenecektir.
[2] Birden fazla vergi numarasına sahip kamu kuruluşlarında varsa Genel Bütçe Vergi Numarası belirtilecektir.
[3] Sadece "Taşımacı" veya "Taşımacı-Boşaltan" olarak başvuran işletmeler dolduracaktır.
[4] Kuruluş mevzuatlarında Türkiye Ticaret Sicili Gazetesi'ne ilişkin hüküm bulunmayan kamu kurum ve kuruluşlarının doldurmasına gerek yoktur.

Ek 3. Tehlikeli Madde Faaliyet Belgesi Başvuru Dilekçesi

.../.../20...

ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
….. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜNE

İşletmemiz, tehlikeli madde faaliyetlerinde bulunmaktadır. Bakanlığınız tarafından yayımlanan Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik gereği alınması zorunlu olan **Tehlikeli Madde Faaliyet Belgesinin,** düzenlenerek/yenilenerek tarafıma verilmesi ve dilekçe ekinde sunulan imza beyannamesi sahibi kişi/kişilerin, işletmemizin temsile yetkilisi olarak e-Devlet üzerinde işlem yapma konusunda yetkilendirilmesi hususunda, bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

İşletme Yetkilisinin
Adı soyadı
İmza/Kaşe

EK : (Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmeliğin 9 uncu maddesi uyarınca istenilen belgeler.)

Yetkili Kişi Cep Numarası:
TMFB Talep Edilen Adres:

Ek 4. Tehlikeli Madde Faaliyet Tespit Raporu

TEHLİKELİ MADDE FAALİYET TESPİT RAPORU

TMFB'NİN DÜZENLENECEĞİ ADRES: MERKEZ ADRESİ ☐ ŞUBE/TEMSİLCİLİK ADRESİ ☐(.....)	
TMFB İŞLEM TÜRÜ: İLK BAŞVURU ☐ YENİLEME ☐ FAALİYET KONU DEĞ. ☐	
İŞLETME İŞTİGAL TÜRÜ: ☐ Akar./LPG İstasyonu ☐ Fabrika/İmalathane ☐ Şantiye/Maden Ocağı ☐ Geri Dön.Tesisi/Atık ☐ Sağlık Kuruluşu ☐ Kamu Kur./Kuruluşu ☐ Sevkiyat (İrtibat)/Lojistik/Ambar ☐ Turizm/Konaklama ☐ Tüp Bayi ☐ Teh.Mad.Satış (Bayii)Yeri ☐ Hazır Beton Tesisi ☐ Bakım Servis ☐ Depolama/Dolum ☐ Taşımacı Diğer ☐ (.....)	
İŞLETME BİLGİLERİ	
İşletmenin Unvanı	
Vergi Daire ve Numarası	
İşletme Adresi	
TMFB Numarası ve Faaliyet Konuları ile varsa Taşıma Yetki Belgesi Numarası	*[TMFB numarası ve faaliyet konuları yenileme ve faaliyet konusu değişikliğinde belirtilir.]*
İşletme Yetkilisi Adı/ İletişim Bilgileri/ Tel	
RAPORU HAZIRLAYAN TMGDK BİLGİLERİ	
TMGDK Unvanı	
TMGDK Belge ve U-Net No	
TMGDK Merkez / Şube Adresi/Tel	
TMGDK Vergi Numarası ve Yetkilisi	

İşletmenin faaliyetleri Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkındaki Yönetmelik gereği;

a) TMFB faaliyet konularının bu Yönetmeliğin 7 nci maddesi kapsamında UN numarasına, taşıma kategorilerine ve sınıflarına göre miktar bazında değerlendirilmesi,

b) İşletmenin, tehlikeli madde güvenlik danışmanlığı hizmeti alma zorunluluğunun bu Yönetmeliğin 8 inci maddesi uyarınca değerlendirilmesi,

c) Tehlikeli maddelerin işletmeye hangi şekilde alındığı, boşaltıldığı, paketlendiği, yüklendiği, gönderildiği ve/veya taşındığının değerlendirilmesi,

ç) ADR Bölüm 3.3, 3.4 ve 3.5 kapsamında yapılan faaliyetlerin değerlendirilmesi,

yapılmış ve bu Yönetmeliğin 10 uncu maddesinin beşinci fıkrasında belirtilen formatta hazırlanan bilgiler ek olarak ilave edilmiştir. (Ek zorunludur.)

İşletmede Tespit Edilen Faaliyet Konuları	☐ ALICI ☐ BOŞALTAN ☐ GÖNDEREN ☐ TAŞIMACI ☐ DOLDURAN ☐ PAKETLEYEN ☐ YÜKLEYEN ☐TANK KONTEYNER / PORTATİF TANK İŞLETMECİSİ

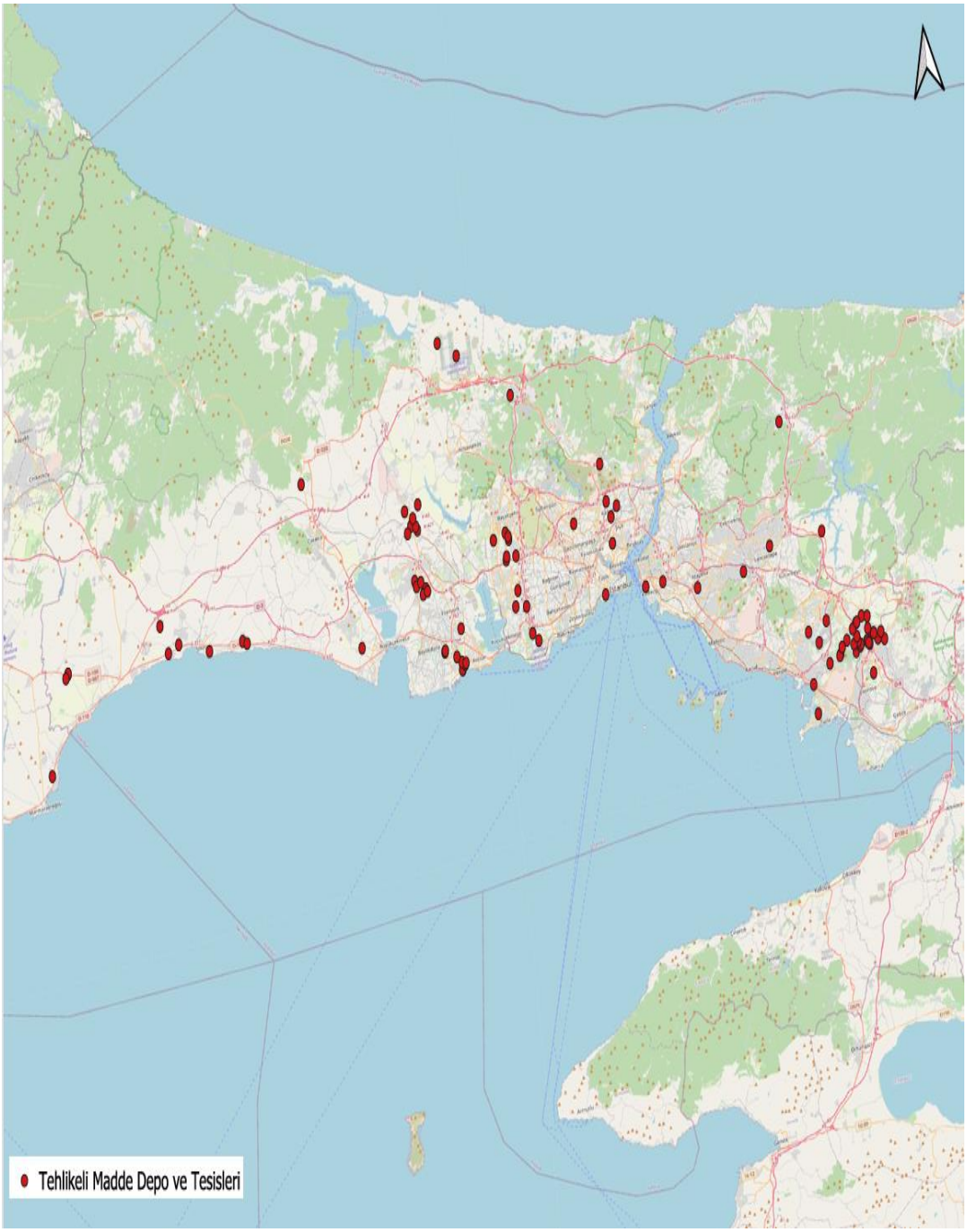
Raporu Hazırlayan TMGD	TMGDK Yetkilisi	İşletme Yetkilisi
T.C.:	T.C.:	Adı Soyadı:
Adı Soyadı:	Adı Soyadı:	İmza ve Kaşe:
İmza ve Tel:	İmza ve TMGDK Kaşe:	

* *Hazırlayan TMGD, TMGDK yetkilisi ise ikinci imza sütununun doldurulması yeterlidir.*

* *Bu raporda belirtilen bütün alanların eksiksiz doldurulması zorunludur.*

* *İşbu değerlendirme raporu .../.../... tarihinde ..... sayfa ve 3 (üç) nüsha olarak düzenlenmiştir.*

Ek 5. İstanbul İl Sınırları İçerisinde Bulunan Tehlikeli Madde Depo ve Tesislerinin Mekânsal Dağılımı



TEZ İNTİHAL RAPORU

TEHLİKELİ MADDE ÜRETİM VE DEPOLAMA TESİSLERİNİN KÜMELEME YÖNTEMİ İLE ANALİZİ VE DEPO YERİ SEÇİMİ

Yazar Resul harman

Gönderim Tarihi: 14-Nis-2026 10:17ÖÖ (UTC+0300)
Gönderim Numarası: 2931541459
Dosya adı: SLER_N_N_K_MELEME_Y_NTEM_LE_ANAL_Z_VE_DEPO_YER_SE_M_-140426.docx (2.48M)
Kelime sayısı: 26547
Karakter sayısı: 185688

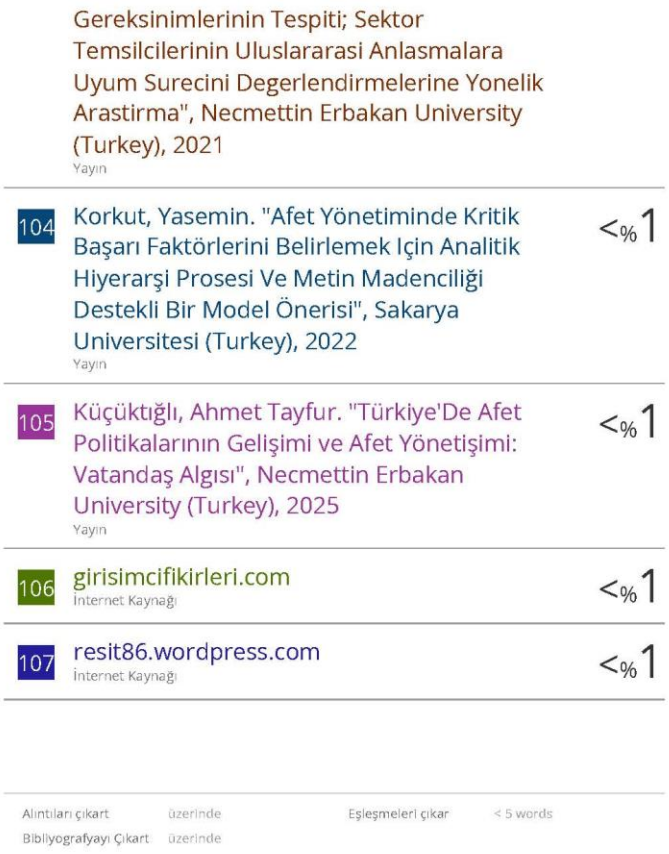
TEHLİKELİ MADDE ÜRETİM VE DEPOLAMA TESİSLERİNİN KÜMELEME YÖNTEMİ İLE ANALİZİ VE DEPO YERİ SEÇİMİ

ORİJİNALLİK RAPORU

%10	%9	%4	%5
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%1
2	oguzborat.files.wordpress.com İnternet Kaynağı	%1
3	www.isarder.org İnternet Kaynağı	<%1
4	pdffox.com İnternet Kaynağı	<%1
5	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
6	bilselkongreleri.com İnternet Kaynağı	<%1
7	aralca.com.tr İnternet Kaynağı	<%1
8	www.avrupatmgd.com İnternet Kaynağı	<%1
9	www.yesilsivasligazetesi.com İnternet Kaynağı	<%1
10	temdanismanlik.com İnternet Kaynağı	<%1
11	hsgm.saglik.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
12	nedenisguvenligi.com İnternet Kaynağı	<%1
13	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<%1
14	silo.tips İnternet Kaynağı	<%1



Gereksinimlerinin Tespiti; Sektor Temsilcilerinin Uluslararasi Anlasmalara Uyum Surecini Degerlendirmelerine Yonelik Arastirma", Necmettin Erbakan University (Turkey), 2021
Yayın

104 Korkut, Yasemin. "Afet Yönetiminde Kritik Başarı Faktörlerini Belirlemek Için Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Metin Madenciliği Destekli Bir Model Önerisi", Sakarya Universitesi (Turkey), 2022 <%1
Yayın

105 Küçüktığlı, Ahmet Tayfur. "Türkiye'De Afet Politikalarının Gelişimi ve Afet Yönetişimi: Vatandaş Algısı", Necmettin Erbakan University (Turkey), 2025 <%1
Yayın

106 girisimcifikirleri.com <%1
İnternet Kaynağı

107 resit86.wordpress.com <%1
İnternet Kaynağı

Alıntıları çıkart üzerinde
Bibliyografyayı Çıkart üzerinde
Eşleşmeleri çıkar < 5 words

ETİK KURUL ONAYI

	BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU BAŞVURU ONAY FORMU	Doküman No	DŞ-376
		İlk Yayın Tarihi	28/04/2025
		Revizyon Tarihi	-
		Revizyon No	0
		Sayfa No	1/1

Form Tarihi	13.11.2025
Projenin Adı	Tehlikeli Madde Depo Yeri Seçimine Ait Kriterler : İstanbul örneği.
Projenin Niteliği	Yüksek Lisans/Uzmanlık/Doktora Tezi
Proje Araştırmacıları	Resul HARMAN
Sorumlu Araştırmacının Haberleşme Bilgileri	

KARAR:

Etik Kurulumuza başvuran Resul HARMAN'**ın** "Tehlikeli Madde Depo Yeri Seçimine Ait Kriterler: İstanbul örneği." adlı çalışması değerlendirilerek etik kurallara uygun olduğuna oy birliğiyle karar verilmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**Resul HARMAN**

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	**Kurum**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	**Uşak Üniversitesi**	**2018**

EĞİTİM BİLGİLERİ

Dil	**Derece**
İngilizce	**B1**

İŞ DENEYİMLERİ

Derece	**Kurum**	**Görev Süresi**
Uzman	**Centerra Gold.**	**6 Yıl**
Bölge Amiri	**Nipsea Grup.**	**8 Ay**
Danışman	**Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanı**	**Halen**

YAYINLAR

Harman, R., & Delice, Y. (2025, Kasım 27–29). İstanbul ilçelerinde tehlikeli madde depo ve tesislerinin kümeleme analizi ve afet riski değerlendirmesi. International Conference on Engineering & Natural Sciences.

RESUL HARMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2026

Uygulama ve Proje Odaklı, İş Dünyası ile Bütünleşen Üniversite