

AFET YÖNETİMİ ve LOJİSTİK

Kuramdan Sayısal Modellemeye
Dijital Entegrasyon

EDİTÖR
DOÇ. DR. KÜRŞAT YILDIZ



Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Nisan 2025

ISBN • 978-625-5897-08-4

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 42488

AFET YÖNETİMİ ve LOJİSTİK

Kuramdan Sayısal Modellemeye
Dijital Entegrasyon

EDİTÖR
DOÇ. DR. KÜRŞAT YILDIZ

*“Kahramanmaraş'ı unutmuyoruz;
her lojistik hamle, kaybettiklerimize saygımızdır.”*

ÖNSÖZ

İnsanlık tarih boyunca sayısız afetle karşı karşıya kalmış, yaşadığı kayıpların derin izleri toplumsal hafızalarda yer edinmiştir. Yaşanan her afet, toplumların sosyal, ekonomik ve çevresel dokusunda derin izler bırakmakta ve afetlerle etkin mücadele edebilmenin önemini bir kez daha gözler önüne sermektedir. Yaşadığımız çağda afetlerin sıklığının artmasıyla birlikte, bu afetlerin sebep olduğu insani, sosyal, ekonomik ve çevresel zararların etkili bir şekilde azaltılması ve yönetilmesi giderek daha büyük önem taşımaktadır. Afetlerle mücadelenin temelinde hızlı, koordineli ve verimli bir müdahale sistemi oluşturmak yatmaktadır. Bu noktada “afet lojistiği” kavramı kritik bir rol üstlenmektedir.

Elinizdeki bu eser, afet lojistiği alanında disiplinlerarası bir perspektifle hazırlanmış bölümlerden oluşmaktadır. Bölüm yazarlarımız; mühendislikten sosyal bilimlere, teknoloji yönetiminden çevre bilimlerine uzanan geniş bir yelpazede bilgi üretimini hedeflemiş ve bu doğrultuda özgün katkılar sunmuştur. Afetlerin öncesi, anı ve sonrasını kapsayan süreçlerde bilgi, koordinasyon ve lojistik kabiliyetin önemi; güncel literatür, saha tecrübeleri ve bilimsel yaklaşım ışığında bütüncül biçimde değerlendirilmiştir.

Kitabın birinci bölümünde, Afet ve lojistik yönetimini hem teorik hem de pratik boyutlarıyla bütünleştirerek, afet lojistiğinin temel prensiplerini ve uygulama alanlarını detaylıca irdelemektedir. Afet yönetimi ve lojistik yönetiminin entegrasyonunu kavramsal ve işlevsel yönleriyle ele alarak okuyucuya sağlam bir temel sunmaktadır. Afet yönetim süreçlerinin ve lojistik faaliyetlerin, afet öncesi hazırlık, afet anında müdahale ve afet sonrası iyileştirme aşamalarında nasıl bir araya geldiği ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Afet yönetiminin kavramsal çerçevesini ve afet yönetimi döngüsünü ayrıntılı biçimde sunarak, farklı disiplinlerin bakış açılarını ve katkılarını öne çıkarmaktadır. Ayrıca lojistik yönetimi süreçlerinin, afet durumlarında etkinliğinin artırılması için gerekli stratejileri de içermektedir.

Editoryal açıdan bu bölüm, tanımların tutarlılığı, kavram geçişlerinin dengesi ve şematik anlatımların içerikle uyumu başarıyla sağlanmıştır. Afetlere yönelik müdahale kapasitesini lojistik bakış açısıyla analiz eden bu çalışma, sadece kuramsal değil, uygulamaya dönük katkılar da sunmuştur.

Kitabın ikinci bölümü, kriz anlarında yürütülen lojistik faaliyetlerin doğru ve zamanında planlanması çerçevesinde hazırlanmıştır. Deprem

gibi öngörülemeyen doğal afetlerde lojistiğin stratejik rolünü detaylı biçimde ele almakta ve afet yönetimi süreçlerinin temel taşlarından biri olan deprem lojistiğini disiplinler arası bir yaklaşımla değerlendirmektedir. Deprem lojistiğine dair kavramsal çerçevenin çizildiği bu çalışma, teknolojik gelişmelerin, çevresel sürdürülebilirliğin ve toplumsal katılımın operasyonel süreçlerdeki etkisini inceleyerek alana katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda teorik bilgilerle desteklenen örnek uygulamalar hem ulusal hem küresel ölçekte yürütülen iyi uygulamaları analiz ederek, geleceğe dönük çözüm önerileri ortaya koymaktadır.

Editorial açıdan bu bölüm, deprem lojistiği kavramını yalnızca operasyonel bir perspektifle değil; aynı zamanda teknolojik trendler, sürdürülebilirlik yaklaşımları ve toplumsal katılım ekseninde kapsamlı bir şekilde ele alarak dikkat çekici bir bütünlük sunmaktadır. Bölümün güçlü yönlerinden biri, afet anı kadar öncesi ve sonrası süreçlere de entegre bakış açısı kazandırmasıdır.

Yazarın literatür bilgisi, vaka analizleriyle desteklenen içerik ve disiplinler arası yaklaşımı hem akademik araştırmalar hem de saha uygulamaları için önemli bir referans niteliğindedir. Özellikle son yıllarda artan afetlerin yönetimi açısından, bu tür derinlikli ve bütünsel yaklaşımlar, afet lojistiği alanında yol gösterici olacaktır.

Kitabın üçüncü bölümü, Türkiye'nin tarihsel ve güncel afet yönetimi deneyimlerini, kurumsal dönüşümleri ve özellikle deprem lojistiği alanındaki yapısal sorunları derinlemesine ele almaktadır. Türkiye, jeopolitik ve jeolojik konumu itibarıyla afetlere yüksek düzeyde maruz kalan bir ülkedir. Bu gerçeklik, yalnızca müdahale süreçlerinin değil, afet öncesi planlamanın, yönetişimsel yapılanmanın ve lojistik hazırlığın da hayati önem taşıdığını göstermektedir. Bu bölüm, Türkiye'de afet yönetiminin tarihsel evrimini analiz ederken; mevzuat reformları, kurumsal dönüşümler ve stratejik planlar ekseninde afet politikalarının geçirdiği değişimi çok boyutlu biçimde ortaya koymaktadır. Bu bölümde yazar yalnızca geçmişini değerlendirmekle kalmayıp, afet lojistiği özelinde Türkiye'nin karşı karşıya kaldığı yapısal zorluklara da ışık tutmaktadır. Lojistik altyapısının yeterliliği, planlama mekanizmalarının etkinliği, yerel yönetimlerin kapasitesi ve koordinasyon süreçleri gibi kritik alanlar, teorik arka planla desteklenen güncel örnekler üzerinden incelenmektedir. Böylece bu bölüm hem akademik çevrelere hem de uygulayıcılara, afet yönetiminde süreklilik, hesap verebilirlik ve bütüncül planlama ilkeleri doğrultusunda yeniden düşünme imkânı sunmaktadır. Kahramanmaraş merkezli 2023 depremleri gibi büyük krizlerden çıkarılan derslerle, afet yönetiminde bütüncül bir yaklaşıma duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Editorial açıdan bu bölüm, Türkiye'de afet yönetimi politikalarının tarihsel evrimini kapsamlı biçimde analiz ederken, özellikle 1999 ve 2023

depremleri sonrası ortaya çıkan sistemsal kırılmaları çarpıcı verilerle ortaya koyuyor. Afet lojistiği, bölümün güçlü odak noktalarından biri olarak hem kuramsal çerçevede hem de uygulama örnekleriyle detaylandırılmış. Bölüm, mevzuat değişimleri, stratejik planlar ve kurumsal yapılanmalara referans vererek bilgi derinliğini artırıyor. Akademik kaynaklara dayanan güçlü bibliyografya ve sistematik yapı, bu çalışmayı hem politika yapımcılar hem de akademisyenler için değerli bir kaynak haline getiriyor.

Kitabın dördüncü bölümü, Afetlerin beklenmedik ve belirsiz doğası karşısında, bilimsel temelli ve sistematik yaklaşımların önemi giderek artmaktadır. Bu durum afet lojistiğinin karmaşık doğasını anlamak ve bu sürece yönelik sayısal çözümler geliştirmek isteyen tüm araştırmacılar, uygulayıcılar ve karar vericiler için kapsamlı bir başvuru kaynağı olmayı amaçlamaktadır. Bu çerçevede kitaba verilen katkı matematiksel modelleme, çok kriterli karar verme, kapasite analizi ve risk yönetimi gibi temel başlıklar altında afet lojistiğine yönelik sayısal teknikleri ayrıntılı ve uygulamalı şekilde sunmaktadır. Her alt başlık, teori ile pratiği buluşturarak okuyucuya hem analitik düşünme becerisi kazandırmakta hem de sahada karşılaşılan sorunlara çözüm perspektifi sunmaktadır.

Editoryal açıdan bu bölüm, içerik derinliği ve yapısal bütünlüğü açısından akademik ve uygulamalı literatüre güçlü bir katkı sunmaktadır. Afet lojistiğinin temel sorunları; modelleme, analiz ve karar destek sistemleri çerçevesinde ele alınmış, her alt başlık sayısal örneklerle zenginleştirilmiştir. Özellikle karma tam sayılı programlama, stokastik modeller ve TOPSIS gibi yöntemlerin somut uygulamalarla sunulması, bölümün teorik bilgiyi pratiğe dökme gücünü artırmıştır. Yazarın afet lojistiğinin karmaşık doğasına analitik yaklaşımı, afetin her aşamasını (hazırlık, müdahale, iyileştirme) sayısal tekniklerle bütünlükten sistematik bir çözüm önerisi sunmaktadır.

Kitabın son bölümünde ise, afet lojistiği disiplini dijital çağın sunduğu teknolojik imkânlarla buluşturarak, kriz anlarında doğru bilgiye dayalı, hızlı ve etkili müdahaleyi merkeze alan yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Bilgisayar bilimlerinin sunduğu büyük veri analitiği, yapay zekâ, IoT, blockchain ve bulut bilişim gibi yenilikçi araçlar sayesinde afet süreçlerinin yönetimi artık daha öngörülebilir, optimize edilebilir ve insani etkileri azaltılabilir hale gelmektedir. Böylelikle teknolojinin yalnızca bir destek unsuru değil, afet lojistiğinde dönüşümün temel itici gücü olduğunu bilimsel temellerle ortaya koyarken; karar vericiler, araştırmacılar ve uygulayıcılar için kapsamlı bir başvuru kaynağı olma fırsatı sunmaktadır.

Editoryal açıdan bu bölüm, akademik derinlik ile uygulama odaklılığı etkili şekilde birleştiren güçlü bir yapıya sahiptir. Konu kapsamı oldukça geniş tutulmuş; veri analitiği, optimizasyon algoritmaları, yapay zekâ destekli karar sistemleri, coğrafi bilgi sistemleri, IoT, bulut teknolojileri, blo-

ekchain ve otonom sistemler ayrı ayrı detaylandırılarak etkili bir kurgu içinde sunulmuştur. Literatür referansları güncel, disiplinler arası entegrasyon başarılıdır. Yazar kendi bölümünde, afet lojistiği alanında teknolojik dönüşümü tartışmakla kalmıyor, aynı zamanda bu dönüşümün gerekliliğini güçlü argümanlarla savunarak, alana yön verecek nitelikte bir içerik sunuyor.

Bu kitap, afet lojistiği alanını yalnızca operasyonel süreçlerin yönetimiyle sınırlı görmeyip; afet öncesi hazırlık, anlık müdahale ve sonrası iyileştirme aşamalarında bilgi teknolojilerinden yapay zekâya, karar destek sistemlerinden insan kaynakları yönetimine kadar uzanan kapsamlı bir çerçevede ele almaktadır. Teorik modellemeler ile saha temelli uygulamaları buluşturan bu disiplinlerarası çalışma, afet lojistiğinin dinamik, çok aktörlü ve karar odaklı doğasına vurgu yaparken; lojistik kapasitenin sürdürülebilirlik, çevresel etki, toplumsal dayanıklılık ve dijital dönüşüm ekseninde yeniden tanımlanmasına katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, kitap yalnızca mevcut bilgi birikimini derinleştirmekle kalmamakta, aynı zamanda gelecek araştırmalar için yön gösterici bir akademik referans çerçevesi sunmaktadır.

“Bilimle atacağımız her adım, bir afeti krize değil, yönetilebilir bir sürece dönüştürmenin anahtarı olacaktır.”Saygılarımızla...

***Doç. Dr. Kürşat YILDIZ'
Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
İnşaat Mühendisliği ABD.***

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

AFET VE LOJİSTİK YÖNETİMİNİN ENTEGRASYONU OLAN AFET LOJİSTİĞİ

Aleyna ÇINAR, Büşra Nur KESKİN —1

Bölüm 2

DEPREM LOJİSTİĞİ

Büşra Nur KESKİN —39

Bölüm 3

TÜRKİYE’DE AFET YÖNETİMİ: AFET POLİTİKALARI VE DEPREM LOJİSTİĞİ

Aleyna ÇINAR —71

Bölüm 4

AFET VE DEPREM LOJİSTİĞİ İÇİN SAYISAL TEKNİKLER

Mehmet Akif YERLİKAYA —101

Bölüm 5

AFET LOJİSTİĞİNDE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

Merve ÖZKAN —137

Bölüm 1

AFET VE LOJİSTİK YÖNETİMİNİN ENTEGRASYONU OLAN AFET LOJİSTİĞİ

Aleyna ÇINAR¹, Büşra Nur KESKİN²

1 Şehir plancısı, Gazi Üniversitesi, Trafik Planlama ve Uygulaması ABD, <https://orcid.org/0009-0008-9996-1819>

2 Uzm. Lojistik Yöneticisi, Gazi Üniversitesi, Çevre Bilimleri ABD, <https://orcid.org/0000-0001-9089-5132>

Giriş

Yapılan bilimsel araştırmalar neticesinde yıllara göre afet sayısı giderek artmaktadır. Yaşanan afetlerin geride bıraktığı izler sosyal, ekonomik ve çevresel etkilere neden olmaktadır. Yeni bir afetin oluşmasını engellemek için afet yönetiminde başarılı olmak önemli bir faktördür. Afet yönetiminin başarı kriterleri arasında zamanında ve etkin müdahale önde gelen iki unsurdur. Bu iki unsurun işleyişinde ise “afet lojistik yönetimi” karşımıza çıkmaktadır. Bu çerçevede, afet lojistiğinin etkin bir afet yönetimi için nasıl bir temel yapı taşı haline geldiği, lojistik yaklaşımlarla nasıl şekillendiği üzerinde durulmuştur.

Afet ve lojistik yönetimi literatürde geniş bir alana sahiptir. Her iki kavramında multidisipliner olması kökenlerini ve işlevlerini geçmişten günümüze kadar genişleterek karşımıza çıkarmaktadır. Kavramların faaliyet alanlarının giderek kapsamlı hale gelmesi, gelişim ve önemlerini de arttırmaktadır. Bahsi geçen bu iki kavramın farklı tanım ve faaliyet alanları olsa da zamana dayalı, entegre bir işleyiş olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu entegre işleyiş Afet Lojistiği olarak bilinmektedir. Afet lojistiğinin işleyişinin ve öneminin iyi bir şekilde anlaşılması için oluşmasına neden olan afet yönetimi ve lojistik yönetimi hakkında bilgi edinmek gerekmektedir. Bir bütünün bileşenlerini bilmek demek, bütünü doğru anlamak demektir. Kitabımızın birinci bölümünde afet lojistik yönetiminden ve bu yönetimin temel bileşenlerinden bahsedilecektir.

1.1. Afet Yönetimi

Afet Yönetimi Kavramsal Çerçeve

Afet yönetimi kavramı geniş tanım aralığına sahiptir. Her disiplin kendi bünyesinde ele aldığı afet yönetim kavramını alanına özgü anahtar kelimelerin ön plana çıktığı farklı anlamlar yüklemiştir. Yönetim bilimleri açısından afet yönetimi kavramında yönetim bilgi sistemleri, kaynak kullanım teknikleri proje yönetimi gibi ifadeler ön plana çıkarken, yer bilimleri çerçevesinde bölge planlamanın, coğrafi sistemlerin, topografya gibi kavramlarla afet yönetiminin açıklandığı görülür.

Şekil 1’de birkaç farklı disiplinin afet yönetimi için yaygın olarak kullandığı anahtar kelimeler gösterilmektedir. Her disiplin kendi perspektifinden afet yönetimine özgün katkılar sunmaktadır.

Yer Bilimleri; Afet Yönetimi, Afet Lojistiği, Deprem, Jeolojik riskler, Tehlike Analizi, Yapısal Duyarlılık, Matematiksel Modeller (AHP, TOPSIS vb.) Epidemiyoloji vb.

Yönetim ve İşletme; Afet Yönetimi, Stratejik Planlama, Karar Alma Süreçleri, Kaynak Yönetimi, Kurumsal Dayanıklılık, Afet Lojistiği, Afet Bilinci, Afet Hazırlık Aşamaları, Afet Politikaları vb.

Lojistik; Afet Yönetimi, Afet Lojistiği, İnsani Yardım Lojistiği, Lojistik Planlama, Lojistik (Operasyonlar, Süreçler, Modeller, Ağlar, Sistemler, Optimizasyon, Ölçütler, Stratejiler, Yönetimi vb.)

Sosyal Bilimler; Afet Yönetimi, Kriz Yönetimi, Toplumsal Dayanıklılık, Afet Bilinci, Afet Eğitimi, Psikososyal Destek, Afet Yönetim Süreçleri vb.

Sağlık Bilimleri; Afet Tıbbı, Acil Sağlık Hizmetleri, Travma Yönetimi, Salgın Hastalık Yönetimi, Halk Sağlığı, Sağlık Altyapısı, Afet Müdahalesi vb.

Hukuk; Afet Hukuku, Acil Durum Mevzuatı, Afet Yönetimi, İnsani Yardım Hukuku, Uluslararası Afet Hukuku, Afet Sigortası, Afetlerde İnsan Hakları vb.

Mühendislik; Afet Yönetimi, Risk Değerlendirme, Matematiksel Modeller, Rotalama, Yeniden Yapılandırma, Yapısal Dinamik Modeller, Alt Yapı ve Şehir Planlama Modelleri, Risk ve Tehlike Modelleri vb.

Şekil 1 Farklı Disiplinlerde Afet Yönetimi Kapsamında Kullanılan Anahtar Kelimeler

Farklı disiplinlerde afet yönetimini tanımlamak için farklı kavramlar/ anahtar kelimeler ön plana çıksa da tüm disiplinler belirli ortak bir noktada buluşur. Bu ortak noktalar afet yönetiminin temel hedeflerini ve yaklaşımlarını şekillendirir.

Afet yönetimi en genel anlamda; afet olgusu karşısında araştırma, planlama, gözlem ve örgütlenme ile afet öncesi, afet anı ve sonrası karşılaşılan durumun etkilerinin önlenmesine ve azaltılmasına yönelik yapılan çalışmalar topluluğu olarak ifade edilebilir.

Afet yönetimi alanında çalışmalar yapan yaptığı uygulama ve çalışmalarla ön plana çıkan bazı kurumların afet yönetimi tanımları incelendiğinde ise kurumların tanımlarında kullanılan terimlerin farklı olması amacın ortak olduğunu değiştirmemektedir. Aşağıda verilen kurumların yapmış olduğu tanımlar bu konudaki savımızı destekler niteliktedir.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD): Açıklamalı afet yönetimi terimler sözlüğünde afet yönetimini “*Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afet sonucunu doğuran olaylara zamanında, hızlı ve etkili olarak müdahale edilmesi ve afetten etkilenen topluluklar için daha güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturulabilmesi*

için toplumca yapılması gereken topyekûn bir mücadele süreci. Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması amacıyla, afet öncesi, sırası ve sonrasında alınması gereken önlemler ve yapılması gereken çalışmaların planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, desteklenmesi ve etkin olarak uygulanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, imkân ve kaynaklarının belirlenen stratejik hedefler ve öncelikler doğrultusunda kullanılmasını gerektiren, çok yönlü, çok disiplinli ve çok aktörlü, dinamik ve karmaşık bir yönetim sürecidir” şeklinde ifade eder. [2]

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR): Afet yönetimini “*Afetlere hazırlık, müdahale ve kurtarma önlemlerinin alınması, planlanması ve uygulanması*” şeklinde ifade eder [71].

Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu (IFRC): Afet yönetimini, “*Afetlerin olumsuz etkilerini azaltmak ve etkilenen toplulukların iyileşmesini desteklemek amacıyla planlama, organizasyon, koordinasyon ve uygulama süreçlerini içeren kapsamlı bir yaklaşım*” olarak tanımlar.

TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Afet Yönetimi Bilgi Kitapçığı: “*Afet yönetim içeriğinin sadece insanları enkaz altından kurtarmak, hastaneye yetiştirmek, yangın söndürmek ve benzeri müdahale çalışmalarını sevk ve idare etmek olmadığını müdahale çalışmalarına duyulabilecek ihtiyacı minimize edebilmek için insanları tehlikelerden korumak ve mevcut riskleri afetler olmadan önce azaltmaya yönelik çalışmalar*” olduğunu belirtir [70].

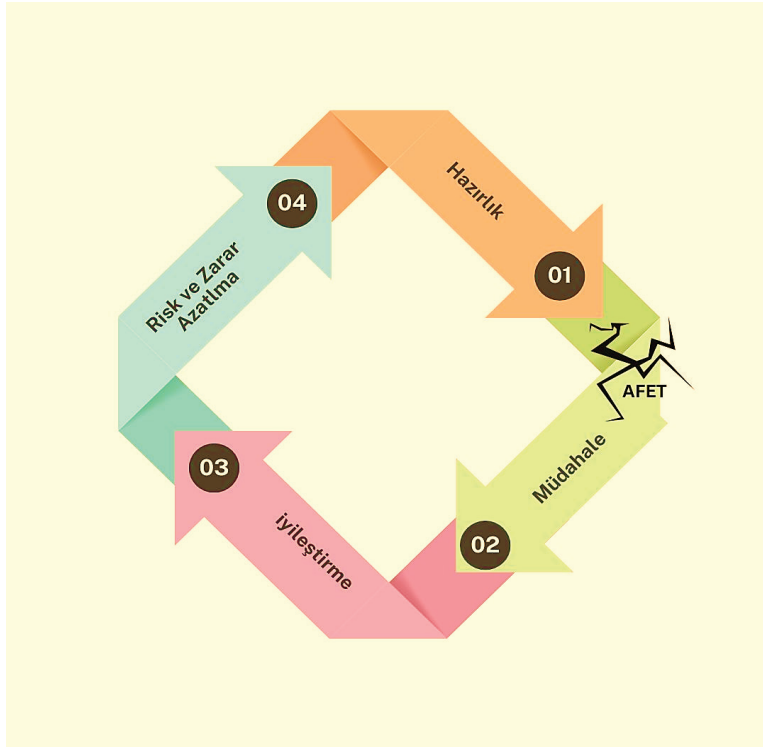
Afete Hazırlık ve Deprem Eğitim Derneği (AHDER), afet yönetimini afetlerin “*önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afet sonucunu doğuran olaylara zamanında, hızlı ve etkili olarak müdahale edilmesi ve afetten etkilenen topluluklar için daha güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çerçevesi oluşturabilmesi için, toplumca yapılması gereken topyekûn mücadele*” olarak ifade edilmiştir [4].

Geçmişten günümüze kadar, yaşantımız (hayati fonksiyonlarımız) ihtiyaçlarımız doğrultusunda şekillenmiştir. Afet yönetimi de zaman içerisinde toplumların ihtiyaçlarına, teknolojik ve bilimsel gelişmeler kapsamında önemli gelişmeler ve bu durumlar neticesinde şekillenmiştir. Yapılan tanımlar, disiplinler arası yapılan çalışmalarda öne çıkan kavramlar göz önünde bulundurulduğunda her bir tanım ve kavram bizlere afet yönetimin kapsamı hakkında bilgi sunarken, afet yönetimi aşamalarının oluşturulmasında bir gerekçe sunmaktadır. Afet yönetimi aşamaları, yönetimdeki düzensizliğin önüne geçerek her bir çalışma grubunun alanlarını ve çalışma sınırlarını belirlemesinde kılavuz görevi görmektedir.

Afetlerin etkilerini en aza indirmek ve toplumların dayanıklılığını arttırmak afet yönetiminin temel amaçlarından olmasıyla birlikte, afet yönetim aşamalarının iyi tanınmış olması da afet yönetiminde kritik bir önem taşımaktadır. Bir sonraki başlıkta afet yönetim aşamaları hakkında detaylı bilgi verilecektir.

Afet Yönetimi Döngüsü

Afet yönetim döngüsü süreçleri, afet bölgesinde yaşanan olumsuz etkileri minimum seviyede tutmak, insan hayatını korumak ve toplumun hızlı bir şekilde normale dönmesini sağlamak için kritik bir öneme sahiptir. Her bir aşama birbiriyle bağlantılıdır. Afet yönetim aşamaları *Şekil 2'de* gösterilmektedir.



Şekil 2 Afet Yönetimi Aşamaları

Hazırlık Aşaması: En genel ifadeyle hazırlık süreci, olası bir afetin etkilerine hazırlıklı olmak ve bu etkilerin seviyesini minimum seviyede tutmak için yapılan çalışmaları temsil eder. Hazırlık aşamasının başarılı olması afet sonrası müdahale aşamasının hızı için oldukça önemli bir pa-

rametredir. Afet hazırlık aşaması içerisine giren bazı faaliyetler maddeler halinde ifade edilmiştir.

- ✚ Acil durum planlarının hazırlanması
- ✚ Merkezi düzeyde afet yönetimiyle ilgili planlamaların yapılması
- ✚ Afet eylem planı çalışmalarının hazırlanması
- ✚ Risk analizleri
- ✚ Tehlike haritalarının oluşturulması
- ✚ Alt-yapı eksikliklerinin giderilmesi
- ✚ Afet bilinci ve halk eğitimleri
- ✚ Erken Uyarı Sistemlerinin Geliştirilmesi
- ✚ İletişim ve Koordinasyon Sistemlerinin Kurulması
- ✚ Tatbikatlar ve Senaryo Çalışmaları

Müdahale Aşaması: Afet yönetim aşamasının en kritik süreçlerinden biri olarak kabul edilir. Müdahale sürecinde hız ve etkinlik bu aşamadaki kilit noktalardır. Burada amaç afet durumunu ve afet sonrası ortaya çıkan gereksinimleri hızlı tespit etmek ve müdahale için yapılması gereken her şeyi en hızlı şekilde etkili hale getirmektir. Afet yönetiminde müdahale aşamasında gerçekleştirilen bazı faaliyetler aşağıda maddeler halinde gösterilmektedir.

- ✚ Can Kaybını Önleme
- ✚ Temel İhtiyaçların Karşılanması
- ✚ Afet Bölgesindeki Düzeni Sağlama
- ✚ Ulaşım ve Haberleşme İmkanını sağlamak
- ✚ Kaynakların iyi yönetimi, yardımların ihtiyaç noktalarına ulaşmasını ve israfın önlenmesini sağlar.
- ✚ Geçici barınma yerlerini oluşturmak
- ✚ Tahliye koridorları oluşturmak
- ✚ Arama ve kurtarma

Kısacası depremten etkilenen insanların yeniden yaşamlarına tutunması için gerekli olan acil ve hızlı müdahalelerde bulunulan süreçtir.

İyileştirme Aşaması: Müdahale aşamasından sonra gerçekleştirilen iyileştirme aşamasında amaç, afet bölgesindeki ihtiyaçları en kısa zamanda karşılamakla birlikte hayatın olağan akışına insanları adapte etmek için gerekli olan tüm çalışmaların gerçekleştirilmesidir. İyileştirme aşamasında gerçekleştirilen faaliyetlerde farklı alanların ortak amaçları olduğu görülmektedir. Bu nedenle afet sonrası gerçekleştirilen iyileştirme evresindeki çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, çalışmaları üç temel alanda inceleyebiliriz;

- Fiziksel İyileştirme
- Ekonomik İyileştirme
- Sosyal İyileştirme

Gruplandırılmış olan bu üç temel alan insan faaliyetlerinin devamı için temel ihtiyaçlar arasında yer alırken sürdürülebilirliğinde üç temel boyutu olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla afet sonrası iyileştirme evresi sürdürülebilir afet yönetiminin temel yapıtaşları arasında yer almaktadır. Bu evrenin mükemmele yakın gerçekleştirilmesi, gelecek afetlerin etkisini minimum seviyede tutmak için büyük bir avantaj sağlayacaktır.

Fiziksel (Çevresel) İyileştirme: Afet nedeniyle ortaya çıkan enkazların kaldırılması ve temizlenmesi, altyapının onarılması ve yenilenmesi, çevre düzenlenmesi, bina inşaatı ve yenilenmesi gibi çalışmalar fiziksel iyileştirme kapsamında yer alır. Fiziksel iyileştirme süreci genellikle müdahale aşamasından hemen sonra başlamaktadır. Bu faaliyetlerin çevreye duyarlı bir şekilde gerçekleşmesi ise fiziksel iyileşmedeki çevresel sürdürülebilirliği karşımıza çıkarmaktadır. Fiziksel iyileştirmeler beraberinde ekonomik problemleri getirir. Depremi verdiği hasarın büyüklüğü fiziksel iyileştirmeyi, fiziksel iyileştirmenin boyutu da ekonomik kalkınmayı doğrudan etkilemektedir.

Ekonomik İyileştirme: Afet bölgesinde yaşanan ekonomik kayıpların telafisini ve ekonominin yeniden canlandırılmasının sağlandığı süreci kapsar. Bu süreçte afet bölgesinde bulunan işletmelerin yeniden faaliyete geçirilmesi, istihdamın arttırılması ve ekonomik kalkınma planlarının uygulanması önemlidir. Afet sonrası ekonomik iyileşme, afet bölgesinin normalleşme süreci içerisindeki en önemli kriterlerden biridir. Bunun nedeni ise toplumun ekonomik refah seviyesini arttırmak sosyal istikrarın sağlanmasında önemli bir paya sahip olması olmasıdır.

Sosyal İyileştirme: Sosyal iyileştirme en genel ifade ile deprem bölgesinde bulunan bireylerin psikososyal destek alması, sosyal hizmetle-

rin yeniden yapılandırılmasıdır. Burada amaç, sosyal açıdan bireylerin depremden önceki yaşam biçimlerine geri dönmesini sağlamaktır. Uzun vadede toplumsal istikrarın sağlanması ve gelecekteki afetlere karşı dirençli bir toplumun inşası için sosyal iyileştirme önemli bir paya sahiptir.

Bahsi geçen iyileştirme yöntemlerinin gerçekleştirilmesi afet yönetimi aşamalarından biri olan risk ve zarar azaltma aşamasını karşımıza çıkartmaktadır. Afet iyileştirme sürecindeki başarı, gelecek yıllarda karşılaşılabilecek beklenen afetlerle mücadelede minimum zararlar yeniden yapılanmamızı sağlayacaktır.

Risk ve Zarar Azaltma Aşaması

Risk ve zarar azaltma aşaması genellikle afet öncesi dönemi kapsamaktadır. Bu süreçte amaç olası afet etkilerini minimum seviyede tutmaktır. Afet döngüsünde, risk ve zarar azaltma aşamasının iyileştirme ve hazırlık aşamasının arasında olması bize bu süreç hakkında ip uçları vermektedir. Bu aşamada gerçekleştirilen faaliyetler iyileştirme sürecindeki faaliyetlerin başarısına bağlıyken, hazırlık aşamasının da temelini oluşturmaktadır. Afet yönetiminde risk ve zarar azaltma aşamasında gerçekleştirilen bazı faaliyetler aşağıda maddeler halinde gösterilmektedir.

- ✚ Afete dayanıklı yapıların inşası
- ✚ Alt yapıların kontrolü ve kritik altyapıların güçlendirilmesi
- ✚ Riskli alanların rehabilitasyonu
- ✚ Risk analizi
- ✚ Vergi teşvikleri ve caydırıcı unsurlar, deprem sigortası
- ✚ Afet yönetimi planlarının geliştirilmesi
- ✚ Toplumsal bilgilendirme ve farkındalık
- ✚ Erken uyarı sistemleri
- ✚ Yasal ve politik düzenlemeler
- ✚ Eğitimler, toplum bilinçlendirme vb.

Yukarıda verilen faaliyetler göz önünde bulundurulduğunda risk ve zarar azaltma aşaması kapsamında gerçekleştirilen faaliyetler; yapısal faaliyetler, yapısal olmayan faaliyetler, toplum temelli faaliyetler ve eğitim faaliyetleri olarak gruplandırılabilir.

Afet yönetimi döngüsü; afet öncesi, afet anı ve afet sonrası süreçlerinde yürütülen faaliyetlerin bütünüdür. Bu süreçlerin başarılı bir şekilde yürütülmesi için afet yönetiminin işlevleri karşımıza çıkmaktadır. Afet yönetimi işlevlerinin etkin bir şekilde devreye girmesi, afet döngüsündeki aşamaların başarılı bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır.

Afet Yönetimi İşlevleri

Afet yönetimi işlevi, afet döngüsünün uygulanabilirliğini destekler. Bunun nedeni ise döngü içerisinde yer alan daha spesifik görev ve sorumlulukların afet yönetimi işlevleri olarak ifade edilmesidir. Afet yönetimi işlevleri, afet döngüsü göz önünde bulundurulduğunda dört ana başlık altında toplanabilir.

1. Planlama ve Koordinasyon
2. Bilgi Yönetimi
3. Operasyonel Faaliyetler
4. Halkla İlişkiler ve İletişim

Planlama ve Koordinasyon işlevi genellikle afet öncesi yapılan hazırlık kısmı içerisinde veya risk ve zarar azaltma aşamasında karşımıza çıkmaktadır. Bu aşamaya örnek olarak; afet öncesi risk haritalarının yapılması ve bu haritalara göre afet eylem planlarının hazırlanması örnek verilebilir.

Bilgi yönetimi işlevi, afet yönetimi döngüsünün her aşamasında karşımıza çıkmaktadır. Doğru ve hızlı bilgi akışını sağlamak yönetim operasyonları için kilit rol oynamaktadır. Afetle ilgili verilerin toplanması analiz edilmesi ve gerekli çalışma ve önlemlerin alınması bilgi yönetimi işlevine bağlıdır. Afet öncesi bilgi yönetiminde ise erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi birçok felaketin önüne geçmektedir.

Operasyonel faaliyetler işlevi, afet öncesi risk ve zarar azaltma, hazırlık çalışmaları ve toplumsal bilinçlendirme (eğitim vb.) kısmında yer alırken, afet anında kurtarma operasyonlarının, acil müdahalelerin ve aynı desteklerin dağıtılmasında ön plana çıkmaktadır. Afet sonrasında ise iyileştirme aşamasında yürütülen çalışmaları içermektedir. Operasyonel faaliyetlerde lojistik yönetimi ön plana çıkmaktadır. Kitabımızın ilerleyen bölümlerinde bu kısım detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

Halkla ilişkiler ve iletişim işlevi, afet yönetiminde etkin ve verimli bir müdahale için kritik bir önem arz etmektedir. Halkla ilişkilerin afet

yönetimindeki rollerine odaklanıldığında karşımıza birçok ölçüt çıkmaktadır. Bunlardan biri olan “güven oluşturma” afet anında halkın doğru ve güvenilir bilgilere erişimini sağlamak ortamdaki panik havasını azaltır ve güven duygusunu arttırmaktadır. Bilgi akışının yönetimini sağlamak yine halkla iletişim açısından oldukça önemli bir paya sahiptir. Afet sırasında doğru ve güncel bilgilerin hızlı bir şekilde yayılması yanlış bilgilerin önüne geçmekle birlikte yürütülecek olan operasyonlarında başarılı olmasına sağlayacaktır. Bu işlevde diğer bir önemli nokta ise şeffaflıktır. Afet yönetimi süreçlerinin şeffaf bir şekilde yürütülmesi halkın güvenini artırır ve halkın iş birliğini sağlar. Bu işlevinde afet döngüsünün her bir aşamasında aktif rol aldığını söylemek yanlış olmayacaktır.

Afet yönetimi işlevlerinin temel fonksiyonları incelendiğinde, afet yönetim döngüsünün hayata geçirilmesinde kilit bir rol oynadığı görülmektedir. Dolayısıyla afet yönetimi işlevlerinin geliştirilmesi, afetin yaşandığı bölgenin kalkınması açısından büyük bir öneme sahiptir. Afet yönetimi işlevlerinin geliştirilmesi için önerilerde bulunmak gerekirse; afet yönetiminde teknoloji kullanımı, yerel kapasite geliştirme ve uluslararası iş birliklerine önem vermek gerekir.

Afet yönetimi içerisinde yer alan her bir işlev, canlı hayatını koruma, sosyal düzeni sağlama, ekonomik ve çevresel kayıpları azaltma gibi temel hedeflere hizmet eder. Bu kapsamda, afet yönetiminin hedeflerini anlamak, işlevlerin neden bu kadar önemli olduğunu kavramamıza yardımcı olacaktır. Bir sonraki başlıkta afet yönetimi hedefleri üzerinde durulacaktır.

Afet Yönetimi Hedefleri

Afet yönetiminin hedeflerini en genel anlamda ifade etmek gerekirse, afet yönetimi döngüsünü oluşturan aşamaların ve afet işlevlerinin sorunsuz bir şekilde yürütülmesi olarak belirtilebilir. Burada amaç afet süreçlerini (öncesi- anı- sonrası) kusursuz bir şekilde yürütmektir. Küresel açıdan bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde afet yönetimindeki temel hedefler;

- Canlı Hayatını Koruma ve Yaralanmaların Azaltılması
- Maddi ve Ekonomik Kayıpların Azaltılması
- Toplumsal Düzeni ve Güvenliği Sağlama
- Çevresel Sürdürülebilirliği Koruma
- Toplumsal Dirençliliği Arttırma

olarak ifade edilebilir. Afet süreci boyunca can kayıplarını en aza indirmek afet yönetiminin temel hedefidir. Bu amaç doğrultusunda yapılan afet işlevlerine dikkat çekmek gerekir. Afetlerin neden olduğu veya olabileceği ekonomik zararları minimize etmekte yine afet yönetiminin temel amaçları arasındadır. Afet öncesi hazırlık süreci ve afet sonrası iyileştirme süreci bu temel ilke ile doğrudan ilişki içerisindedir. Afet anında oluşan kaosu önüne geçebilmek adına ise toplumsal düzeni hızlı bir şekilde sağlanması ile mümkündür. Bu hedef doğrultusunda bilgi işlevi karşımıza çıkmaktadır. Halkla olan iletişim bu hedef için önemli bir kriterdir. Koordinasyon ve iletişim stratejisi bu hedefin olmazsa olmazları arasındadır. Çevresel sürdürülebilirliği koruma hedefi her yönetim sisteminde olduğu gibi afet yönetiminde de karşımıza çıkmaktadır. Burada amaç, afetlerin çevresel etkilerini en aza indirmek ve doğal kaynakların korunmasını sağlamaktır. Bunun nedeni ise günümüzün en önemli problemlerinden biri olan küresel iklim değişiminin birçok afete neden olmasıdır. Dolayısıyla bir afet yönetim sürecinin, başka bir afetin oluşmasına sebebiyet vermemesi için çevresel sürdürülebilirliğe dikkat etmek gerekir. Toplumun afetlere hazır hale getirilmesi afete karşı dirençli olmamızda en önemli etkenler arasında yer almaktadır.

1.2. Lojistik Yönetimi

Kavramsal Çerçeve

Lojistik yönetimi kavramı ve işlevi hakkında bilgi edinmeden önce kavramın daha anlaşılır olabilmesi için anahtar görevini üslenen lojistik kelimesi üzerinde durmak gerekir. Lojistik kavramının tanım aralığı incelendiğinde taşıma/ nakliye gibi kelimelerin ön planda çıktığı görülür. Lojistik taşımacılık kavramı ile entegre edilebilir ancak lojistik sadece taşımacılık değildir. Lojistik bir süreçtir. Bu süreç, bir ürününün ham madde halinden nihai tüketiciye ulaşmasına kadar geçen süreç olarak ifade edilmektedir.

Günümüz lojistik operasyonları incelendiğinde lojistik kavramının tanım aralığında bir genişleme söz konusu olduğu açıktır. Bu süreç üreticiden tüketiciye olduğu kadar tüketiciden üreticiye doğrudan gerçekleşmektedir. Bu durum literatürde tersine lojistik olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla lojistik sonu olmayan bir operasyonel süreç olarak ifade edilebilir.

Lojistik yönetimi kavramının anlaşılması için, bu kavramın içinde bulundurduğu süreçler hakkında bilgi edinilmesi gerekir. Lojistik faaliyetlerin yönetilmesi kavrama karşılık geldiğinden lojistik faaliyetler hakkında kısa bir bilgi verilecektir.

Lojistik faaliyetler, lojistik yönetiminin temel ilkelerini oluşturmaktadır. Lojistik kavramının bir süreci ifade etmesi sektörün etki alanının genişliğini direkt olarak etki etmektedir. Lojistik faaliyetler denilince genellikle ilk akla gelen kavram taşımacılık (ulaşım) sonrasında ise depolama faaliyetidir. Bunun nedeni ise bu iki departmanın sektörde var olan faaliyetlerin yapı taşlarını içermesi olarak ifade edilebilir. Amaç üretilmiş olan ürünün son tüketiciye ulaştırılması ise; üretilen ürünün son tüketiciye ulaşması için taşınması ve depolanması temel süreçleri oluşturur. Bu iki olay lojistik faaliyet resminin görünen kısmıdır. Lojistik faaliyetlerini içeren tüm resim ise Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3 Lojistik Faaliyetler

Ulaştırma

Ulaştırma lojistik faaliyetlerinin temel yapı taşlarından birisidir. Üretici ile son tüketici arasında bir köprü görevi görmektedir. Lojistik sektörünün görünebilirlik işlevini üstlenen bir faaliyettir. Ulusal ve uluslararası akışın/ hareketliliğin sağlanabilmesi için ulaşım sistemlerinin gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla lojistik sektörünün gelişmişliğini gösteren ulaştırma, iyi bir lojistik yönetim işleyişinde büyük bir paya sahiptir.

Depolama

Depolama üretici, işletmeci ve son tüketicinin kesişim noktası olarak tanımlanabilir. Üretim ve tüketim arasındaki ilişki depo yönetimini etkileyen bir süreçtir, bunun nedeni ise her ürün taşınmak ya da satılmak için bir alanda bekletilmektedir. Bu alanları (depoları) transfer noktaları

üzerinde bulunması gereken istasyonlar olarak ifade edebiliriz. Dolayısıyla lojistik sektörü ve lojistik yönetimi için depolama oldukça büyük bir öneme sahiptir. Deponun lokasyonu, boyutu, biçimi lojistik süreçler için kritik önem taşımaktadır.

Ambalajlama

Talep edilen ürünlerin teslimi sırasında hasar görmesini engellemek için işlev gören bir lojistik süreçtir. Ürünlerin hasar görmeden son tüketiciye teslim edilmesi, ulaştırma faaliyeti kadar ambalajlama faaliyetinin temel amacı olarak görülmelidir.

Paketleme

Genel olarak ambalajlama ile aynı anlamı içerdği ifade edilse de bu iki kavramı lojistik sektöründe ayıran ince bir çizgi vardır. Paketleme faaliyeti, ambalajlanan ve gümrüklemeye hazır alan ürünlerin bir arada toplanması olarak ifade edilir. Burada amaç ürünleri korumaktan ziyade paketleme faaliyetiyle korumaya alınan ürünlerin bir araya getirilmesidir.

Elleçleme

Lojistik sektöründe elleçleme kavramı sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu kavram en genel ifade ile ürünlerin yüklenmesi boşaltılması ve taşınma süreçlerini içermektedir. Bu ürün hareketliliğinde insan veya makine gücünden faydalanılmaktadır. Elleçleme faaliyeti ile depolama faaliyetinin doğrudan ilişkili olduğu ifade edilmektedir.

Envanter Yönetimi

Ürünlerin teslim ve satış sürecinde talep edilen düzeyde gerçekleştirilmesi için doğru stok seviyelerinin belirlenmesi ve ürün hareketliliğinin takibi envanter yönetimi olarak ifade edilmektedir. Kusursuz bir lojistik yönetimi işleyişinde envanter yönetiminin de payı oldukça büyüktür.

Sipariş Yönetimi

Sipariş yönetimi lojistik faaliyetler içerisinde sadece müşteri hizmetleriyle bağlantılı bir faaliyet alanı olarak görülmesi doğru bir genelleme olmaz. Müşterinin sipariş verdiği andan ulaşıncaya kadar olan süreci içerdği için bu süreç içerisinde ulaştırma ve depolama faaliyetleri de önemli bir kritere sahiptir.

Üretim Planlaması

Genel anlamda ifade etmek gerekirse üretim planlaması en basit hali ile talepler ile kaynak arasındaki denge olarak ifade edilebilir. Üretilen

ürünün miktarı ve zamanı da üretim planlaması için önemli kriterler arasındandır.

Geri Dönen / İade Edilen Ürünler

Müşteri memnuniyetsizliğinin ön plana çıktığı bir lojistik süreç olarak ifade edilebilir. Ürünlerin son tüketiciye ulaştıktan sonra, ürünün amaca hizmet etmemesi ve taleplerin karşılanmaması durumunda ortaya çıkan bir lojistik süreçtir.

Talep Tahmini

Talep tahmini lojistik süreçlerin başlangıcı için önemli bir süreçtir. Talep tahmini gelecekte bir ürün ya da hizmetin talep edilmesi durumunu incelediğinden kusursuz bir işleyiş için lojistik süreçleri de doğrudan etkilemektedir. Lojistik planlamaların gerçekleşmesi için talep tahminin yapılmasına da önemli bir kriterdir.

Parça ve Servis Desteği

Parça ve servis desteği bölümü üretici tedarikçi ve müşteri arasında geçen bir lojistik süreç olarak ifade edilebilir.

Kurtarma ve Hurda Yönetimi

Lojistik faaliyetler arasında sürdürülebilirliğin en ön plana çıktığı faaliyet alanı olarak ifade etmek yanlış olmayacaktır. Kullanılan ürünlerin yeniden işlevsel hale gelmesi ya da yeni bir ürün için hammadde oluşturması lojistik faaliyetinin çevre sorunlarına karışı olan duyarlılığını gösteren bir faaliyettir. Lojistik literatüründe bir ürünün yeniden kullanılması “Reverse Logistics” olarak ifade edilmektedir.

Müşteri Hizmeti:

Her sektörde olduğu gibi lojistik sektöründe de müşteri memnuniyeti en ön sırada gelen faaliyetler arasındadır. Müşterilerin sürekliliğini sağlamak bu departmandaki temel amaç olarak ifade edilebilir. Tedarikçi ile müşteri arasındaki ilişki, sektördeki rekabet gücünü gösteren bir ölçüt olarak kabul edilir.

Tesis Yer Seçimi

Tesis yer seçimi lojistik faaliyetleri arasında, lojistik yönetimi ile doğrudan ilişkisi olan bir bölümdür. Tesis yer seçiminin doğru yapılması lojistik sektörünün gelişimini aktifliğini doğrudan ortaya çıkartmaktadır. İyi bir lojistik yönetimi için doğru bir yer seçimi yapmak kusursuz işleyen bir süreci ifade etmektedir. Lojistik resminde bulunan tüm faaliyetle-

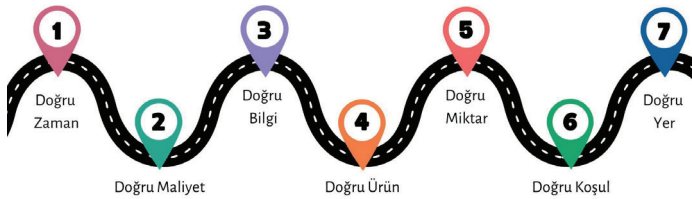
rin bir tesis altında toplanması ve sürecin yönetilmesi, lojistik yönetimini ve tüm resmi görmemizi sağlamaktadır.

Lojistik Yönetimi

Lojistik yönetimi; lojistik faaliyetlerin verimli bir şekilde planlanması, denetlenmesi ve uygulamasıdır. Yönetimdeki amaç üretilen ürünün sorunsuz bir şekilde son tüketiciye ulaştırılmasını sağlamaktır. Lojistik faaliyetler göz önünde bulundurulduğunda her bir departmanın kusursuz işleyişini sağlamak kolay bir iş değildir. Lojistik faaliyetleri birbirine bağlı bir zincir olarak düşünürsek bir zincirde ki problem bir sonraki aşamaya geçişi engeller bu durumda bütünlüğün bozulmasına neden olur. Lojistik faaliyetlerin etkili bir şekilde yönetilmesi ve müşteri memnuniyetinin sağlanması için Lojistiğin Yedi Doğrusu (7R) literatürde evrensel bir ilke olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir sonraki başlığımızda 7R detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

Lojistiğin Yedi Doğrusu (7R of Logistics)

Her alanda olduğu gibi lojistik alanında da süreç belirli bir prensip üzerine kuruludur. 7R lojistik faaliyetlerin verimli ve etkili bir şekilde yürütülmesini sağlayan prensiplerden biridir. Bu doğrular lojistik süreçlerin hatasız bir şekilde yönetilmesinde önemli bir paya sahiptir. Bu bağlamda lojistiğin 7R prensibi *Şekil 4*'de gösterilmiştir.



Şekil 4 Lojistiğin Yedi Doğrusu

Doğru Ürün: Süreç içerisinde istenilen ürünün, nihai tüketicinin ihtiyaçlarını tam olarak karşılamasıdır. Müşteri memnuniyeti ve iade ürünlerin atılmaması için doğru ürün önemli bir faktördür.

Doğru Miktar: İhtiyaç duyulan ürün miktarının doğru miktarda teslim edilmesidir. Ürün miktarındaki hata lojistik süreçlerin her aşamasında problemlere neden olmaktadır. Müşteri memnuniyetsizliği ile birlikte bir ürünün fazla ya da eksik çıkarılması sürecin en başa dönmesine neden olan bir kriterdir.

Doğru Koşul: Ürünün, müşteriye herhangi bir hasar görmeden teslim edilmesi için gerekli koşulların sağlandığı durumdur. Doğru koşulların oluşturulmaması yaşanan zaman kaybı ile birlikte itibar ve ekonomik kayıplara da beraberinde getirir.

Doğru Yer: Ürünün, doğru adrese teslim edilmesi olarak ifade edilir. Yanlış teslimat lojistik süreçlerin uzamasına ve yeniden başlamasına sebep olur.

Doğru Zaman: Planlanan zamanda ürün tesliminin gerçekleştirilmesidir.

Doğru Maliyet: Maliyetlendirme de önemli olan nokta hem işletme hem de müşteri için doğru maliyetin belirlenmesidir. Dolayısıyla maliyetlendirme esnek bir yapıya sahiptir. Değişkenleri diğer doğrulara göre fazladır.

Doğru Bilgi: En önemli süreçlerden biridir, lojistik süreçlerde tüm bilgilerin doğru ve eksiksiz bir şekilde aktarılması olarak ifade edilir. Doğru bilgi operasyonel süreçlerin başlangıcı açısından önemli olmasıyla birlikte, sürecin bütünlüğü içinde önemli bir faktördür.

Lojistik faaliyetler belirtilmiş olan 7R prensibi ile yönetildiğinde lojistik operasyonlarındaki başarı payı oldukça yüksek olacaktır.

Lojistik Yönetimi Hedefleri

Müşteri memnuniyetini sağlamak: Müşterilerin talep edilen gereksinimlerini tam zamanında ve doğru bir şekilde karşılamaktır. Lojistiğin 7R prensiplerinden olan doğru ürün, doğru yer, doğru zaman müşteri memnuniyetini sağlama hedefinde ön plana çıkmaktadır.

Operasyonel verimliliği arttırmak: Lojistik faaliyetlerde etkinliği artırmak için gereksiz maliyetlerden kaçınmak ve zamanı azaltmak olarak ifade edilebilir

Maliyetleri düşürmek: Lojistik süreçler boyunca toplam maliyetini optimize etmektir.

Doğru ürün akışını sağlamak: Kesintisiz işlem ve müşteri memnuniyetini sağlamak adına önemli hedeflerden birdir. Lojistiğin 7R prensibinden doğru ürün ve doğru zaman ön plana çıkmaktadır.

Talep ve arzı dengelemek: Müşterilerin gereksinimine göre üretim yapmak ve lojistik süreçleri planlamaktır. Doğru ürün prensibi bu hedefte karşımıza çıkmaktadır.

Tedarik zincirinde şeffaflığı sağlamak: Lojistik süreçlerin her bir aşamasında bilgi akışını etkin bir şekilde yürütmek tedarik zincirindeki şeffaflığın sağlanmasına neden olacaktır.

Çevresel sürdürülebilirliği desteklemek: Lojistik faaliyetlerin çevreyi gözeterek yönetilmesidir. Burada amaç lojistik süreçlerden kaynaklanan çevresel zararları minimize etmektir.

Bilgi ve teknolojiyi etkin kullanmak: Her sektörde olduğu gibi, lojistik sektörü de süreçlerinde dijitalleşme ve otomasyonuyla verimliliği arttırmayı hedeflemektedir.

Lojistik yönetimi hedeflerinin belirlenmesinin önemi kadar, bu hedeflere hangi ölçüde yaklaşıldığının da takibi gerekmektedir. Lojistik performans ölçütleri hedeflerin gerçekleşmesi için bir takip aracı olarak görülebilir. Bir sonraki başlıkta lojistik performans ölçütleri hakkında bilgi verilmiştir.

Lojistik Yönetiminde Performans Ölçütleri

Lojistik yönetimi performans ölçütleri lojistik faaliyet ve süreçlerin performans verilerini değerlendirmede kullanılan parametrelerdir.

Maliyet Ölçütleri

Sağlanan hizmetin korunarak, toplam lojistik faaliyet maliyetlerini azalmaktır.

Ölçütler;

-  Envanter taşıma maliyetleri
-  Ulaşım maliyetleri
-  Depolama maliyetleri
-  İş gücü maliyeti

Hizmet Seviyesi

Müşteri memnuniyetinin sağlanması, sipariş ve müşteri kapasitesinin artışını gösterir.

Ölçütler;

-  Zamanında teslimat oranı
-  Sipariş tamamlama oranı
-  Maksimum teslimat süresi

Verimlilik

Kaynakların etkin kullanımına odaklanılmaktadır.

Ölçütler;

-  Teslim süresi
-  Sipariş işleme süresi
-  Araç doluluk oranları
-  Depo kullanım oranları

Esneklik

Beklenmedik veya ani talepler karşında hızlı yanıt verilmesi olarak ifade edilebilir.

Ölçütler;

-  Talep değişimlerine yanıt süresi
-  Krizin ardından toparlanma hızı
-  Alternatif tedarikçi kullanım oranı

Sürdürülebilirlik

Lojistik operasyonları çevresel etkileri en aza indirerek sürdürülebilir kılmak.

Ölçütler;

-  Karbon ayak izi

Atık yönetimi, geri dönüşen ürünler

Çevreci paketleme

Düşük emisyonlu araç kullanımı

Güvenirlilik

Lojistik süreçlerde hata oranının düşürerek doğru ürünü doğru zamanda nihai tüketiciye ulaştırmaktır.

Ölçüt;

Teslimat gecikme oranı

Stok hızı

Envanter seviyeleri

Teknoloji ve İnovasyon

Dijital süreçleri takip ederek, lojistik süreçleri modernize etmek ve performans arttırımını sağlamaktır.

Ölçütler;

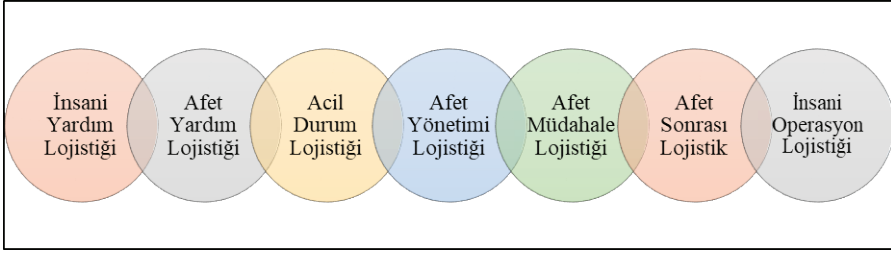
Teknoloji kullanımı sayesinde lojistik faaliyetlerde ki hız ve doğruluk artışı

Teknoloji kullanımı öncesi ve sonrası analiz

1.3. Afet Yönetimi ve Lojistik Yönetimi Entegrasyonu

Lojistiğin Afet Yönetimindeki Kavramsal Çerçevesi

Afet yönetimi ve lojistik yönetimi kesişimi başlığına gelene kadar afet yönetimi ve lojistik yönetimi kavramları üzerinde durulmuş iki yönetim şekliyle ilgili temel bilgiler verilmiştir. Bu başlık altında iki temel yönetimin entegrasyonu ele alınacaktır. Afet yönetiminde lojistik faaliyetleri kilit bir role sahiptir. Afet yönetimi sürecinde devam eden tüm operasyonlar “afet lojistiği” olarak ifade edilir. Afet lojistiği en genel ifadeyle; doğal ve insan kaynaklı afetlerin ardında bıraktıkları etkileri azaltmak ve afetten etkilenen toplulukların ihtiyaçlarına en hızlı şekilde yanıt verilmesi olarak ifade edilebilir. Literatürde afet lojistiği yerine aynı anlamda kullanılan veya benzer bağlamlarda kullanılan farklı kavramlar bulunmaktadır. Bu kavramların bazıları *Şekil 5’de* gösterilmektedir.



Şekil 5 Afet Lojistiği Kavramı Yerine Kullanılan Kavramlar

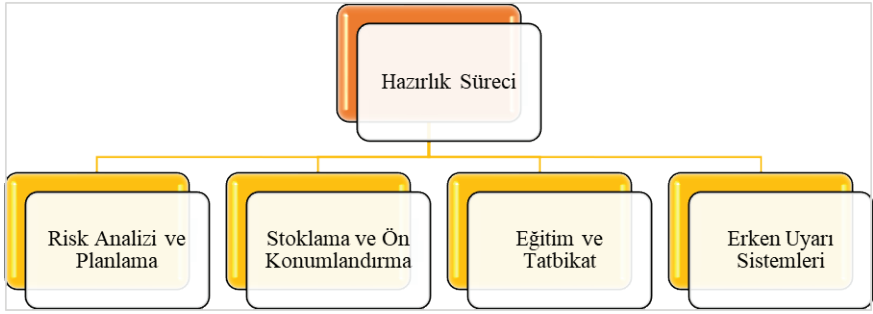
Şekil 5’de gösterilen kavramların, afet lojistiği teriminin yerine bu kavramlardan birinin tercih edilmesi, literatürdeki çalışmaların bağlamına ve odaklandığı aşamaya göre değişiklik gösterebilir. Afet lojistiği, afet süreci boyunca yürütülen tüm lojistik süreçlere odaklanırken, afet sonrası lojistik veya insani yardım lojistiği ise spesifik süreçlere odaklanır. Bu kavramların birbiri yerine tercih edilmesinin nedeni ise odaklanılan süreçler farklı olsa bile amacın aynı olmasıdır. Her bir kavramın içerisinde yürütülen faaliyetlerde planlama, zaman, bilgi aktarımı, koordinasyon ve hız ön plandadır. Kitabımızın içeriği gereği lojistiğin afet yönetimi ile kesişimi üzerindeki çalışmamızda en kapsayıcı “afet lojistiği” kavramı kullanılmıştır. Bu bölümde yer alan başlıklar altında anahtar kilit ilişkisi gören afet ve lojistik kavramlarının ilişkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Afet Lojistiği Yönetim Süreçleri

Kitap bölümümüzün ilk bölümlerin afet yönetim döngüsü ele alınmıştır. Bu kısımda ise afet yönetim döngüsündeki lojistik süreçler ve yönetimleri üzerinde durulacaktır. Afet lojistik döngüsü bilindiği üzere dört bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerin her birinde yer alan lojistik faaliyetler öncelikli olarak hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarında baskın rol oynamaktadır. Risk ve zarar azaltma aşamasında ise lojistik faaliyetlerden ziyade baskın olan kısım yönetsel strateji ve uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla bu bölümde afet döngüsündeki üç bölüm üzerinde durulacaktır.

Hazırlık Süreci

Afet meydana gelemeden önce yapılan hazırlık ve planlama çalışmalarıdır. Afet olası afet anında hızlı ve etkili müdahale için gerekli olan lojistik altyapıyı oluşturmaktır. Şekil 6’da afet lojistik yönetimi hazırlık süreci faaliyetleri gösterilmiştir.



Şekil 6 Afet Lojistik Yönetimi Hazırlık Süreci Faaliyetleri

Risk Analizi ve Planlama

Hazırlık aşamasında yer alan risk analizi ve planlama afet lojistiği için kritik bir öneme sahiptir. Bu aşamada yapılan çalışmalar olası afet etkisini en aza indirmek ve müdahale sürecini etkin bir şekilde yönetmek için yapılan stratejik planlar bütünüdür. Risk analizi potansiyel afetlerin etkilerini belirlemeye temel sağlarken, planlama risk analizinin sonuçlarından faydalanarak lojistik süreçlerin uygulanabilirliğini etkin hale getirmektedir. Bu süreçte gerçekleştirilen bazı çalışmalar maddeler halinde gösterilmiştir.

- Potansiyel afet bölgelerinin belirlenmesi
- Risk Haritalarının oluşturulması
- Etkilerin tahmin edilmesi (anı bir afetin can kaybı, mal kaybı ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi)
- Afet bölgelerinin olası ihtiyaçların (gıda, su, ilaç, barınma, yakacak vb.) giderilmesi için lojistik planlamaların yapılması
- Hassas grupların tespit edilmesi (çocuklar, yaşlılar, engelliler vb.)
- Tahliye / Alternatif yolların planlanması
- Öncelikli malzemelerin belirlenmesi ve tedarik zincirinin oluşturulması gibi afet lojistik stratejilerinin oluşturulmasıdır.

Özetle hazırlık sürecindeki risk analizi ve planlama aşaması, afet lojistiğinin başarısını belirleyen temel süreçlerdir. Süreç içerisinde yer alan faaliyetler, afet anında hızlı müdahale ve etkin iyileştirme için gerekli olan altyapıyı oluşturmaktadır. Bir operasyon planı ne kadar başarılı olursa hedef çıktıları da o kadar tutarlı olmaktadır.

Stoklama ve Ön Konumlandırma

Stoklama ve ön konumlandırma stratejisinin başarılı olabilmesi için öncelikli olarak risk analizi sonuçlarına dayandırılması gerekmektedir. Afet lojistiğinde hazırlık aşamasında yer alan stoklama temel yardım malzemelerinin belir miktarda ve belirli bir süre bir arada depolanmasını sağlamaktır, ön konumlandırma ise stoklanan malzemelerin afet bölgelerine yakın olan stratejik noktalara önceden konumlandırılmasıdır. Bu iki durumun sağlanması durumunda afete müdahalede hız ve etkinlik ölçütleri başarılı bir şekilde ön plana çıkmaktadır. Bu süreçte gerçekleştirilen bazı faaliyetler maddeler halinde gösterilmiştir.

✚ Stratejik konumların seçilmesi (afet risklerine göre belirlenen malzemelerin kritik noktalara yerleştirilmesi)

✚ Ulaşım alt yapısının değerlendirilmesi (malzemelerin afet bölgelerine en kısa zamanda ulaşmasını sağlamak olası problemlerde farklı ulaşım modları veya farklı rotaları oluşturmak)

✚ Sürekli Değerlendirilmesi (stoklanan ürünlerin ve stok konumlarının düzenli olarak izlenmesi)

Bu faaliyetler hayati yardım malzemelerinin deprem bölgesine hızlı ve etkin bir şekilde dağıtılmasını sağlar.

Eğitim ve Tatbikat

Lojistik ekiplerinin eğitilmesi ve acil durum tatbikatlarının düzenlenmesi, afet lojistiği süreci içerisinde yer alan temel konulardan birisidir. Süreçte yapılan planlamaların işleyişinde ki en önemli kriter süreç içerisinde yer alan ekiplerin görev tanımlarını ve çalışma alanlarını bilmesi gerekir. Bunun nedeni ise afet durumunda lojistik operasyonların etkin ve koordineli bir şekilde yürütülmesini sağlamaktır. Geçen her bir saniye bir canının yaşama tutunması için kritik bir öneme sahiptir. Hazırlık aşamasındaki eğitim ve tatbikat süreci, ekiplerin afetlere hızlı ve doğru müdahale edebilmesi için gerekli bilgi, deneyim ve beceri kazanımlarını elde etmesi için gereklidir.

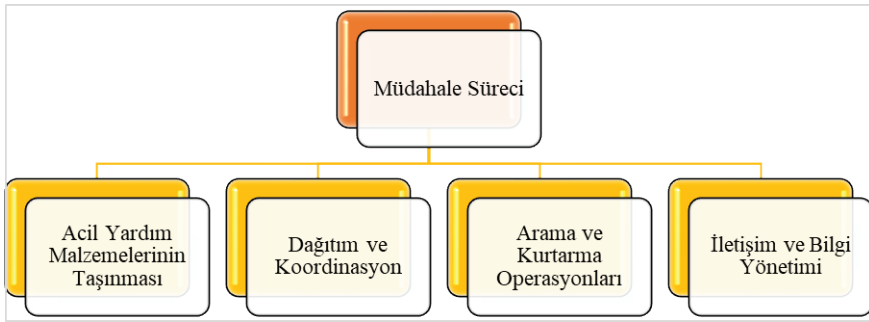
Erken Uyarı Sistemleri

Olası afetlerin teknolojik cihazlar ile tahmin edilmesiyle birlikte lojistik ekiplerin harekete geçirilmesi olarak ifade edilebilir. Bu tür sistemlerin varlığı afet yönetimi için büyük bir avantaj sağlamaktadır. Afet yönetimi kapsamında ele alınan erken uyarı sistemler türleri incelendiğinde; deprem erken uyarı sistemleri, meteorolojik erken uyarı sistemleri, yangın erken uyarı sistemleri, tsunami erken uyarı sistemleri ve teknolojik

ve endüstriyel erken uyarı sistemleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Erken uyarı sistemlerinin en büyük avantajı lojistik planlamaları destekler nitelikte olmasıdır. Zamanında müdahalenin sağlanması can ve mal kaybında azalmalara neden olur. Bu nedenle erken uyarı sistemlerinin afet yönetimlerine entegre edilmesi hazırlık aşamasında kritik bir öneme sahiptir.

Müdahale Süreci

Afetin meydana geldiği zaman başlayan bir süreçtir. Bu süreçte hayat kurtarma ve acil ihtiyaçların karşılanmasına odaklanılmaktadır. *Şekil 7'de* afet lojistik yönetimi müdahale süreci faaliyetleri gösterilmiştir.



Şekil 7 Afet Lojistik Yönetimi Müdahale Süreci Faaliyetleri

Acil Yardım Malzemelerinin Taşınması

Acil yardım malzemelerinin taşınması müdahale sürecinde lojistik operasyonun en yoğun ve kritik aşamasıdır. Hayat kurtarmada öne çıkan yardım malzemelerinin hızlı bir şekilde ihtiyaç alanında olmasını sağlamak afetin yıkıcı can kaybı etkisinin önüne geçmek için en önemli lojistik faaliyettir. Burada amaç afet bölgesinde ki insanların temel ihtiyaçlarını minimum sürede karşılamaktır. Müdahale aşamasında taşınan acil yardım malzemeleri maddeler halinde belirtilmiştir;

- ✚ Temel ihtiyaç malzemeleri (gıda, su, barınma malzemeleri vb.)
- ✚ Tıbbi malzemeler (ilk yardım kitleri, temel ilaçlar, hijyen ürünleri vb., mobil sağlık üniteleri ve sahra hastaneleri)
- ✚ Kurtarma ekipmanları (halatlar, kazma, kürek, jeneratörler, ağır ekipmanlar ve arama kurtarma cihazları)
- ✚ Teknolojik araçlar (uydu telefonları, telsiz cihazlar, GPS cihazları, dronlar vb.)

✚ Yakıt ve enerji malzemeleri (jeneratörler için yakıt, afet bölgelerindeki ekipmanlar için yakıt vb.)

Acil yardım malzemelerinin taşınma aşaması kritik bir lojistik operasyon olmasıyla birlikte taşıma sürecinde yer alan lojistik faaliyetlerde kendi içerisinde hassasiyet göstermektedir. Yardım malzemelerinin hazırlanma aşamasında malzemelerin ambalajlanması ve etiketlenmesi, ürünlerin transferi noktasında taşıma modlarının belirlenmesi, belirlenen taşıma modları için olası problemlere karşı alternatif rotalar oluşturulması, ürünlerin dağıtım noktalarının belirlenmesi ve gerekli koordinasyonun sağlanması da bir lojistik operasyon yönetimini karşımıza çıkartmaktadır. Dolayısıyla müdahale sürecindeki acil malzemelerin taşınması, afet lojistik operasyonlarının başarısını doğrudan etkilemektedir.

Dağıtım ve Koordinasyon

Dağıtım ve koordinasyon, afet lojistik yönetiminin en karmaşık kısmıdır. Burada amaç, afet bölgelerindeki ihtiyaç noktalarına gerekli malzeme ve ekiplerin en etkin ve hızlı bir şekilde ulaşılmasını sağlamaktır. Dağıtım ve koordinasyon süreçlerinde; zamanında müdahale, eşit ve adil dağıtım, kaynakların etkin kullanılması ve paydaşlar arası koordinasyon kritik önem arz eder.

Dağıtım sürecinde arka planda gerçekleşen lojistik süreçlerinden ilki malzemelerin sınıflandırılması ve yüklenmesidir. Burada afet bölgesine dağıtılmak üzere gönderilecek olan ürünler türüne, önceliğine ve varış noktalarına göre sınıflandırılmaktadır. Sınıflanan ürünler taşıma ve sevkiyat faaliyeti ile depolardan veya lojistik merkezlerden afet bölgesine taşınmaktadır. Afet bölgesindeki dağıtım aşaması ise ihtiyaç noktalarına malzemelerin ulaştırılmasıdır. Afet bölgesindeki ihtiyaçlar süreç içerisinde değişiklik gösterebilir. Kimi durumlarda tıbbi malzemelerin önceliği varken kimi durumlarda gıda vb. ürünlere ihtiyaç duyulabilir. Bu nedenle afet bölgelerinde ki ihtiyaçlar sürekli izlenmeli/ takip edilmeli ve dağıtım planlamasının güncellenmesi gerekmektedir. Doğru ürünün doğru miktarda doğru zamanda ve doğru yerde olması dağıtım planlamasının güncelliğine bağlıdır.

Koordinasyon süreci ise dağıtım sürecinin kilit noktalarından biridir. Dağıtımın düzenli, hızlı ve etkili olması koordinasyon süreci ile bağlantılıdır. Koordinasyon süreçleri kendi arasında çeşitlilik gösterir. Merkezi koordinasyon; afet yönetiminin tek bir yerden yürütülmesidir. Kurumlar arası iş birliği ise genelde kamu kurumları, STK'lar, uluslararası kuruluşlar ve özel sektörler arasında koordinasyonların sağlanmasıdır. Koordinasyon sürecinde bir önemli nokta ise bilgi ve iletişim sürecidir. Bilgi

ve iletişim sürecinin bu denli önemli olmasının sebebi süreç içerisinde afet bölgesindeki operasyonların gerçek zamanlı olarak takip edilmesi ve gerekli bilgilerin paylaşımı koordinasyon ve dağıtım için kritik bir önem taşımaktadır. Kısacası dağıtım ve koordinasyon süreci, afet lojistiğinin operasyonel başarısını belirlemede temel unsurlar arasında yer almaktadır. Bu süreçte teknolojik entegrasyonlar ve afet bölgesinin sürekli izlenmesi operasyonların başarısı için kritik bir rol oynamaktadır.

Arama ve Kurtarma Operasyonları

Arama kurtarma operasyonları, afetin yaşandığı bölgede mahsur kalanların bulunması, kurtarılması ve güvenli bir alana taşınması için gerçekleştirilen lojistik destekli faaliyetlerden oluşmaktadır. Lojistik destek ile kurtarma ekiplerinin sahaya yönlendirilmesiyle başlayan süreç mahsur kalanların güvenli bölgelere yerleştirilmesi ile son bulur. Bu süreç içerisinde lojistik desteğin etkin bir şekilde sağlanması afet sahası içerisinde yürütülen operasyonların hızlı ve işlevsel olmasında doğrudan bağlantılıdır. Başarılı bir arama kurtarma operasyonlarında lojistik destek önemli bir paya sahip olsa da tek başına yeterli değildir. Bu alanda bütünsel bir başarı elde etmek için birçok parametre vardır bunların birkaçı aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

✚ Hazırlık: Operasyonda yer alacak ekiplerin eğitimi ve gereksinim duyulacak ekipmanların depolanması

✚ Merkez ve saha ekipleri arasındaki koordinasyon

✚ Operasyonlarda hız kazanmak adına teknoloji kullanımının (robotlar, dronlar ve termal kameralar vb.) yaygınlaştırılması

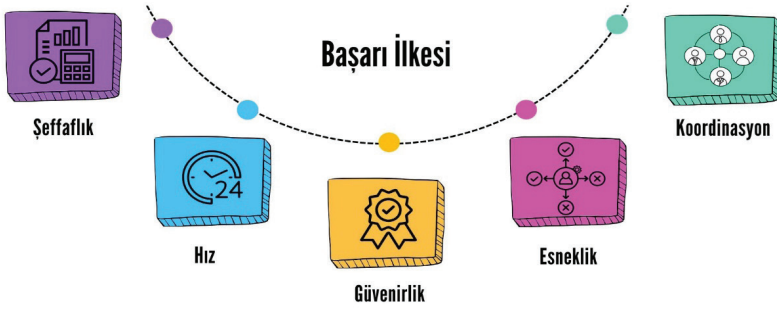
✚ Ani gelişen durumlara karşı alternatif planların oluşturulması gibi çalışmalar arama ve kurtarma operasyonlarının başarılı olmasını sağlamaktadır.

Afet lojistik yönetiminde müdahale sürecinde yer alan arama ve kurtarma operasyonun temel rolü; hayat kurtarma, ilk yardım ve sağlık hizmetlerini sağlama ve afet bölgesindeki durumu kontrol altına olma olarak ifade edilebilir. Belirtilen rollerin sistematik ve düzenli bir şekilde yürütülmesi için lojistik süreçler kilit görevi görmektedir.

İletişim ve Bilgi Yönetimi

İletişim ve bilgi yönetimi, sadece afet lojistiği operasyonları için değil büyük resim olan afet yönetimi içinde kritik bir önem taşımaktadır. Birimler arası koordinasyon afet yönetiminin temellerini oluşturmaktadır. Afet yönetimi için yapılan plan, proje ve stratejilerin gerçekleştirilebil-

mesi için iletişim ve bilgi yönetimi kritik bir öneme sahiptir. Afet lojistiği müdahale sürecinde ki kısımda ise, sahadan sıcak verilerin merkeze veya yetkili birimlere sunulması sistemin işleyişi için önemli bir parametredir. Yapılacak veya yapılması planlanan lojistik süreçlerin her biri iletişim ve bilgi yönetimi ile doğrudan orantılıdır. Bu koordinasyonun sağlanamaması afet bölgesindeki lojistik operasyonların gerçek zamanlı takibini engellemektedir. Doğru bilgi akışı ve iletişim afet lojistik operasyonlarının hızını ve etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Afet müdahale aşamasında iletişim, afet sırasında lojistik ekipler, kamu kurumlarına, STK'lar ve paydaşlar arasındaki bilgi ve koordinasyonu sağlarken, bilgi yönetimi afetin yaşandığı bölge ile ilgili tüm verilerin toplanmasını, analiz edilmesini ve bu bilgilerin karar süreçlerinde kullanılmasını sağlar. Dolayısıyla iletişim ve bilgi süreçlerinin temel amacı, hızlı ve doğru karar vermek için altyapının oluşturulmasını sağlamaktır. Başarılı bir iletişim ve bilgi sistemi için gerekli olan başlıca ilkeler Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8 Başarılı İletişim ve Bilgi Sistemi İlkeleri

✚ **Şeffaflık:** Bilgilerin anlaşılır, açık ve doğru şekilde paylaşılmasıdır. İş birliğini güçlendirir.

✚ **Hız:** Gerekli olan bilgi akışının gecikmeye uğramadan ilgililere sağlanmasıdır. Afet yönetiminde ilk 72 saatin hayati önem taşıması, hız ilkesinin önemini göstermektedir.

✚ **Güvenirlilik:** Paylaşılan bilginin doğru ve tutarlı olmasıdır. Bilgilerin güvenli ve tutarlı olması afet lojistik operasyonları ile doğru orantılıdır. Yanlış bilgi aktarımına dayalı operasyonların yürütülmesini engellemektedir.

✚ **Esneklik:** İletişim altyapısındaki beklenmedik ve ani problemlere karşı hızlı bir şekilde alternatif yolların tercih edilmesidir. Esneklik ilkesi her bir afet lojistik operasyon süreçleri için kritik bir önem taşımaktadır.

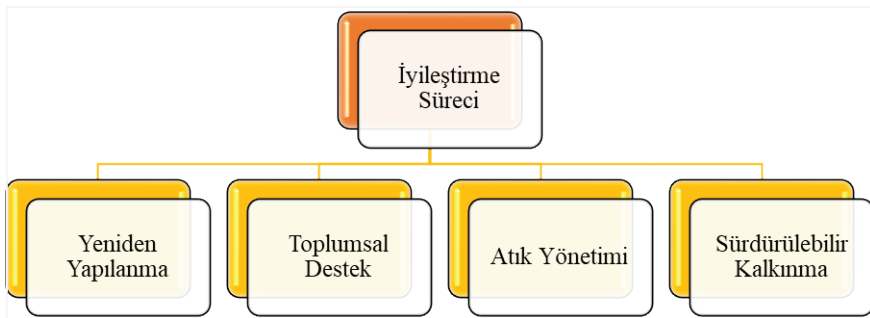
Yaşanılan afetin etkisi bilinemediğinden, bu alanda yapılan çalışmaların esnek olması tüm süreci olumlu yönde etkisi altına almaktadır. Kriz anında değişikliklere uyum sağlamak afet yönetiminde ve lojistiğinde büyük önem taşımaktadır.

 **Koordinasyon:** Afet yönetiminde tüm paydaşlar arasında etkili ve başarılı bir iş birliğini sağlamaktır. Koordinasyonun sağlanması ile afet lojistik operasyonlarında erişim hızı ve verimliliği artacaktır.

İletişim ve bilgi yönetiminde bahsi geçen başlıca ilkelerin uygulanması, afet yönetiminin ve afet lojistik operasyonlarının başarısını arttıracaktır.

İyileştirme Süreci

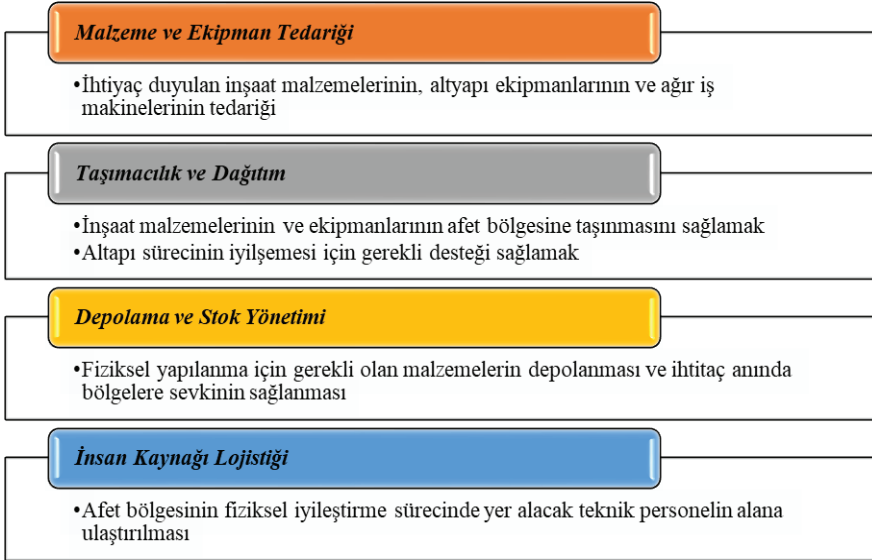
Afet bölgesinin ve o bölgede bulunanların yeniden normal hayata dönmesi için yapılan çalışmalar iyileşme sürecinin içeriğini oluşturmaktadır. İyileştirme süreci afet yönetiminin en önemli aşamalarından biridir. Bu süreçte yapılan çalışma ve faaliyetler tıpkı hazırlık sürecinde olduğu gibi olası bir afete karşı dayanıklılığımızı ifade eder. Afet sonrası gerçekleştirilen iyileştirme faaliyetleri ve çalışmaları olası bir afete hazırlık sürecinin de altlığını oluşturmaktadır. Afet lojistiği, afet sonrası iyileştirme çalışmalarında uzun vadede karşımıza çıkmaktadır. Bu süreç fiziksel, ekonomik ve sosyal iyileştirme süreçlerini kapsamaktadır. Dolayısıyla afetin neden olduğu etkilerin sürdürülebilirlik çerçevesinde çözümler getirilmesi hedeflenmektedir. *Şekil 9'da* afet lojistik operasyonlarında gerçekleşen iyileştirme süreci gösterilmiştir.



Şekil 9 Afet Lojistik Yönetimi Müdahale Süreci

Yeniden Yapılanma

Afet lojistiği iyileştirme sürecinde yer alan yeniden yapılanma süreci kritik bir altyapı süreci olarak ifade edilebilir. Bu aşamada gerçekleştirilen çalışmalar sadece fiziksel onarım değildir. Afetin geride bıraktığı etkiler uzun vadede fiziksel, ekonomik ve sosyal açıdan ele alınır ve ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Bu süreçte afet lojistiği, kaynakların tedarik edilmesi, taşınması, depolanması ve dağıtılması gibi temel hayati operasyonlarda varlığını göstermektedir. Fiziksel yapılanma sürecinin lojistik faaliyetlerle entegre olmaması birçok probleme yol açar. Süreçte zaman kaybı, kaynak israfı ve koordinasyon eksikliği fiziksel yapılanma ile lojistik faaliyetlerin entegre olmaması neticesinde ortaya çıkan başlıca problemler arasındadır. *Şekil 10'da* afet lojistiği ve fiziksel yapılanma arasındaki ilişki gösterilmektedir.

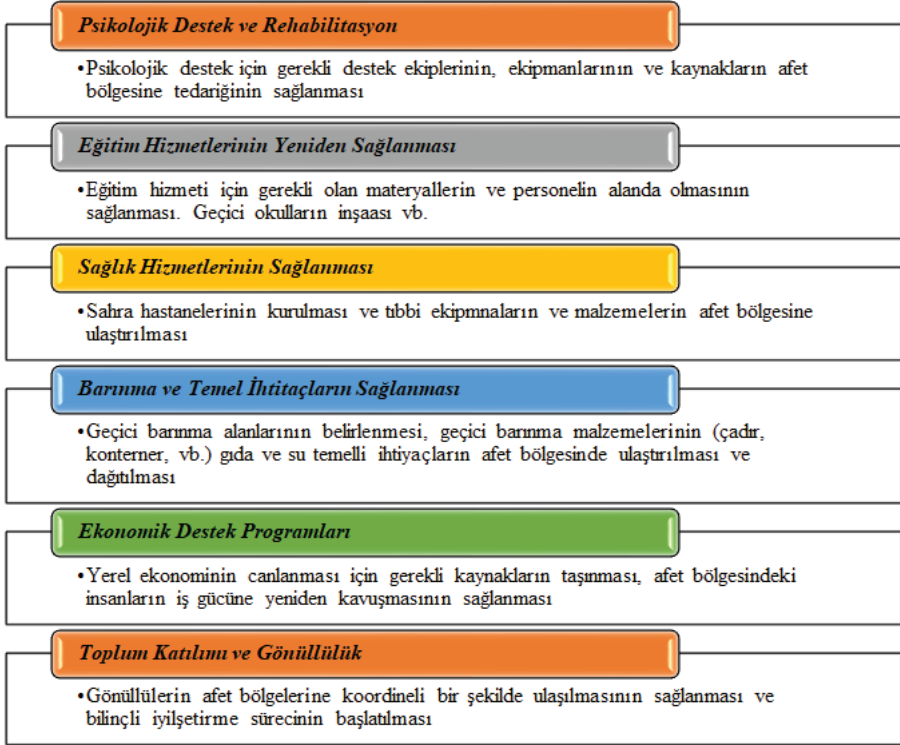


Şekil 10 Afet Lojistiği Fiziksel Yapılanma Faaliyetleri

Toplumsal Destek

Afet lojistiği kapsamında değerlendirilen toplumsal destek, afetin ekonomik ve fiziksel etkilerinin ötesinde afet bölgesinde bulunan bireylerin sosyal ve psikolojik ihtiyaçlarının karşılanmasını temel alır. Bu süreç içerisinde gerçekleşen faaliyetler afet bölgesinde bulunan bireylerin normal yaşamlarına en hızlı şekilde dönmesini amaçlarken, toplumsal dayanışma bilincini de ortaya çıkarmaktadır. Sosyal bağların güçlendirilmesi

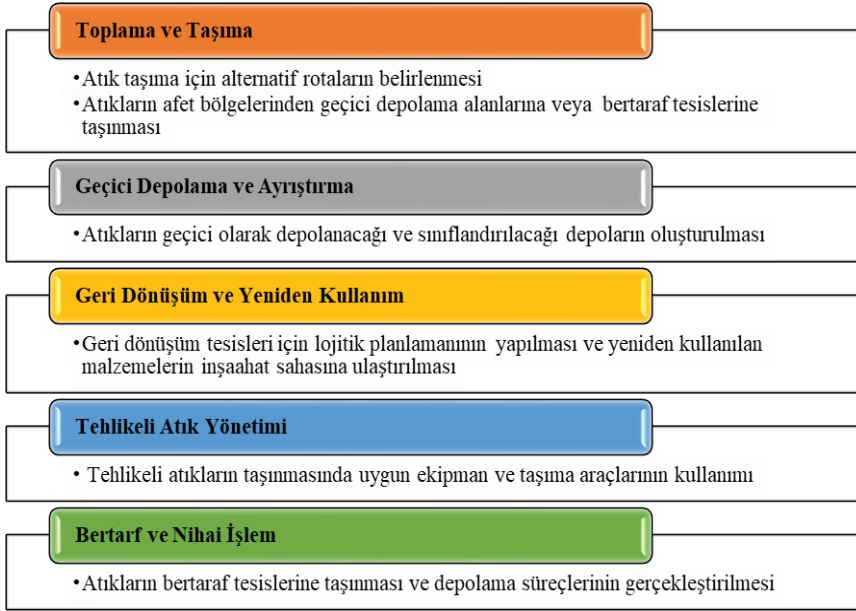
iyileşme sürecine pozitif etki yaratmaktadır. *Şekil 11*'de afet lojistiği ve toplumsal desteğin arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 11 Afet Lojistiği Toplumsal Destek Faaliyetleri

Atık Yönetimi

Afet lojistiğinde iyileştirme süresinin önemli bileşenlerinden biride atık yönetimidir. Afet sonrasında oluşan enkaz atıklarının ve diğer atıkların etkilerini minimize etmek bu süreçte hedeflenmektedir. Atık yönetimi, yeniden yapılanma ve çevresel iyileşme sürecinin temel yapı taşlarını oluşturmakla birlikte, afet sonrası iyileştirme süresinde hem kısa hem de uzun vadede sürdürülebilir kalkınma açısından kritik bir önem taşımaktadır. Afet sonrası atık yönetiminde; çevresel etkilerin azaltılması, yeniden kullanım ve geri dönüşüm, halk sağlığının korunması ve yeniden yapılanmaya destek amaçlanmaktadır. *Şekil 12*'de atık yönetimi ve afet lojistiği arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 12 Afet Lojistiği Atık Yönetimi Faaliyetleri

Şekil 12’den anlaşıldığı üzere afet lojistik faaliyetleri içerisinde gerçekleştirilen atık yönetiminin lojistik boyutları incelendiğinde birçok unsurun bir arada olduğu görülmektedir. Afet lojistiği yönetim sürecinde yer alan her bir süreç ve bu süreçlerin altında yürütülen faaliyetler anahtar kilit ilişkisi görmektedir. Bir sonraki başlıkta afet lojistik süreçlerinin etkin ve başarılı bir şekilde gerçekleşmesi için afet lojistik yönetimi hedefleri üzerinde durulmuştur.

Afet Lojistik Yönetiminin Hedefleri

Hızlı ve etkin müdahale sağlamak: Afet sırasında ihtiyaç duyulan malzeme ve ihtiyaçları en kısa zamanda afet bölgesine ulaştırmak.

Afet hazırlık düzeyini arttırmak: Afet öncesi lojistik sistemlerin işleyişini aktifleştirmek için gerekli hazıkların gerçekleştirilmesini sağlamak. Stratejik depoların konumlandırılması, malzeme stoklarının planlanması vb.

Kaynakları etkin ve verimli kullanmak: Afet müdahale sırasında sınırlı olan kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasıyla birlikte etkin bir dağıtım sağlamak. Lojistik maliyetlerin optimize edilmesi, en yüksek ihtiyaç önceliğine göre kaynakların tahsisi vb.

Koordinasyon ve İletişimi güçlendirmek: Afet lojistik operasyonlarında yer alan tüm paydaşlar arasında etkili iletişim ve koordinasyonu sağlamak operasyonun verimliliği için kritik bir önem taşımaktadır. Lojistik bilgi sistemleri ile gerçek zamanlı veri paylaşımı, merkez ile saha arasında bilgi aktarımı vb.

Toplumsal dayanıklılığı arttırmak: Afetten etkilenen bireylerin/ toplumların yeniden yapılanma süreçlerinde gerekli olan lojistik alt yapının sağlanmasıdır.

İyileştirme Süresini desteklemek: Afet sonrası iyileştirme süreci kapsamında gerçekleştirilen faaliyetlerin etkin ve verimli gerçekleşmesini sağlamaktır.

Sürdürülebilir ve çevresel etkilerin azaltılması: Afet lojistik operasyonlarından kaynaklanan çevresel etkilerini en aza indirmek ve sürdürülebilir yöntemlerin uygulamasını sağlamaktır. Afet lojistik yönetiminin genel hatlarıyla ilişkili olduğu unsurlar maddeler halinde gösterilmiştir.

Operasyonel Hedefler

- Hızlı malzeme tedariği
- Rota ve taşıma optimizasyonu
- Enkaz kaldırma süreçlerinde lojistik destek
- Teknik personelin desteği ve erişimi

Stratejik Hedefler

- Lojistik merkez ve depoların kurulumu
- Ulusal ve uluslararası iş birliği ağlarının oluşturulması
- Afet sonrası sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek

Toplumsal Hedefler

- Temel ihtiyaçların karşılanması
- Toplumsal destek lojistik operasyonlarının başarısı

Afet Lojistiği Başarı Kriterleri

Birinci bölümün son başlığı olan afet lojistiği başarı kriteri, bölümün bu aşamasına kadar verilen bilgiler ve incelenen akademik çalışmalar neticesinde ortaya çıkarılmıştır. Afet lojistiğinin başarı kriteri, afet lojistiği kapsamında yapılan çalışma ve faaliyetlerin belirtilen hedeflerini gerçek-

leştirmeleri ile doğru orantılıdır. Edinilen bilgiler ve incelenen akademik çalışmalar neticesinde en genel hatlarıyla afet lojistiğinin başarı kriterleri maddelere alında belirtilmiştir.

- ✚ Zamanında müdahale
- ✚ Kaynakların etkin ve verimli kullanılması
- ✚ Koordinasyon ve iş birliği
- ✚ Esneklik ve uyarlanabilirlik
- ✚ Halk sağlığı ve güvenliği
- ✚ Sürdürülebilirlik ve çevresel etkiler

Afet lojistiğinin başarı kriteri lojistik süreçlerin etkinliğini ölçmek ve iyileştirmek için önemli bir unsurdur. Lojistik operasyonlarda gerçekleştirilen çalışma ve faaliyetlerin belirlenen hedefler doğrultusunda gerçekleştirilmesi, afet lojistik operasyonlarındaki istenilen başarıyı beraberinde getirecektir.

Sonuç

Afet lojistik yönetimi, afet yönetimi ve lojistik yönetiminin entegrasyonu sonucu ortaya çıkmıştır. Afet yönetiminin bir alt dalı olan afet lojistiği afet yönetiminin büyük ve en önemli kısmını oluşturmaktadır. Lojistik faaliyetlerin hızlı ve etkin bir biçimde gerçekleşmesi afet yönetiminin başarısını gösteren en önemli kriterler arasında yerini almaktadır. Afet döngüsünün her aşamasında yer alan lojistik faaliyetlerin işleyişlerinin anlaşılması ve planlanması gerekmektedir.

Afet lojistik yönetimiyle ilgili yapılan birçok bilimsel çalışma mevcuttur. Teoride sağlanan başarı genel anlamda pratikte sağlanamamaktadır. Afet sonrası oluşan altyapı eksiklikleri, koordinasyondaki eksiklikler ve lojistik faaliyetlerdeki kopukluklar pratikte ki başarı oranını düşüren en önemli parametreler arasındadır.

Sonuç olarak afet lojistik operasyonlarında ki etkin ve doğru müdahaleler, afet yönetiminin başarı oranını büyük oranda arttıracaktır. Afet yönetimindeki başarı ise bizlere afetin etkisini minimum seviyede yaşamamızı sağlayacaktır. Bir afetin etkisi ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan ele alınmaktadır. Başarılı bir afet lojistik yönetimi sürdürülebilirlik çerçevesinde de ülkelere katma değer yaratacaktır.

Kaynakça

1. Adigüzel, S. (2019). *Logistics management in disaster*. 6(4), 212–224. <https://doi.org/10.17261/PRESSACADEMIA.2019.1173>
2. AFAD. (t.y.). Açıklamalı afet yönetimi terimleri sözlüğü. Erişim tarihi 14 Aralık 2024, <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>.
3. Aghsami, A., Sharififar, S., Markazi-Moghaddam, N., Hazrati, E., Jolai, F., & Yazdani, R. (2024). Strategies for Humanitarian Logistics and Supply Chain in Organizational Contexts: Pre- and Post-Disaster Management Perspectives. *Systems*, 12(6), 215. <https://doi.org/10.3390/systems12060215>
4. Ahder. (t.y.). Afet yönetimi nedir? Erişim tarihi 14 Aralık 2024, <https://www.ahder.org/definiciones/afet-yonetimi-nedir>.
5. Ailawadi, S. C., & SINGH, P. R. (2011). *Logistics management*. PHI Learning Pvt. Ltd..
6. Akbal, H. (2023). Afetlerde lojistik ve tedarik zinciri yönetimi. *Olağan Dışı Durumlarda Sağlık Yönetimi*, 155.
7. Akduman, Ö. (2024). Türk afet mevzuatının bütünlüklük afet yönetimi açısından incelenmesi. *İdealkent*, 16(45), 1753-1784. <https://doi.org/10.31198/idealkent.1492081>
8. Almejalli, K., Dahal, K., & Hossain, M. A. (2008). Real time identification of road traffic control measures. *Advances in Computational Intelligence in Transport, Logistics, and Supply Chain Management*, 63-80.
9. Altun, F. (2018). Afetlerin ekonomik ve sosyal etkileri: Türkiye örneği üzerinden bir değerlendirme. *Sosyal Çalışma Dergisi*, 2(1), 1-15.
10. Amatya, B., & Khan, F. (2023). Disaster Response and Management: The Integral Role of Rehabilitation. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 47(4), 237–260. <https://doi.org/10.5535/arm.23071>
11. Araki, C. (2013). Earthquake and disaster response in the Japanese community: A strengths and community perspective. *Journal of Social Work in Disability & Rehabilitation*, 12(1-2), 39-47.
12. Asadi, S. (2011). 12-Logistics System: Information and Communication Technology. *Logistics Operations and Management*, RZ Farahani, S. Rezapour, and L. Kardar, Eds. London: Elsevier, 221-245. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385202-1.00012-8>
13. Bali , Renu. 2024. “Disaster Management Cycle”. *Asian Journal of Geographical Research* 7 (1):85-93. <https://doi.org/10.9734/ajgr/2024/v7i1217>.
14. Bania, A., Iatrellis, O., Samaras, N., & Panagiotakopoulos, T. (2024). FiReS: A semantic model for advanced querying and prediction analysis for first responders in post-disaster response plans. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 109, 104592. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104592>

15. Batarlienė, N., & Jarašūnienė, A. (2024). Improving the Quality of Warehousing Processes in the Context of the Logistics Sector. *Sustainability*, 16(6), 2595.
16. Bealt, J., Fernández Barrera, J. C., & Mansouri, S. A. (2016). Collaborative relationships between logistics service providers and humanitarian organizations during disaster relief operations. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 6(2), 118–144. <https://doi.org/10.1108/jhlscm-02-2015-0008>
17. Ceyhan, E. K. (2023). Afetlere müdahalede sosyal hizmetin çok boyutlu rolü. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 8(2), 779-786.
18. Chang, K.-H., Chiang, Y.-C., & Chang, T.-Y. (2023). *Simultaneous location and vehicle fleet sizing of relief goods distribution centers and vehicle routing for post-disaster logistics*. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106404>
19. Chen, Y. (2024). Future Scope of Logistics and Supply Chain - An Detailed Analysis. *Journal of Enterprise and Business Intelligence*, 1–11. <https://doi.org/10.53759/5181/jebi202404001>
20. Coppola, D. (2006). *Introduction to international disaster management*. Elsevier.
21. Çoban, H. (2019). Afet sonrası iyileştirme planı hazırlanması. *Resilience*, 3(2), 239-246.
22. Daganzo, C. (2005). *Logistics systems analysis*. Springer Science & Business Media.
23. Das, R. (2018). Daha iyi müdahale için afet hazırlığı: Lojistik perspektifleri. *Uluslararası afet riskini azaltma dergisi*, 31, 153-159. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.05.005>
24. Dennison, M. O., & Coldwell, D. A. L. (2025). EXPLORING THE CONCEPT OF STRATEGY AS PRACTICE IN NATIONAL DISASTER RISK REDUCTION: THE CASE OF BOTSWANA. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 105339. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2025.105339>
25. Dere, İ., Çinikaya, C., & Gökçınar, B. (2024). Afet Yönetimi Evrelerinin Afet Bilinci (I-II) Öğretim Programına Yansımaları. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 13(4), 1029-1038. <https://doi.org/10.30703/cije.1506299>
26. Dindarık, N., & Atabey, A. (2024). Future of Earthquake-Based Disaster Logistics and Futuristic Approaches. *Sosyal Bilimler ve Eğitim Dergisi*. <https://doi.org/10.53047/josse.1536068>
27. Doğdu, G., & Alkan, S. N. (2023). Deprem sonrası oluşan inşaat ve yıkıntı atıklarının değerlendirilmesi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-50.

28. Fauzi, M. A., Pradhan, B., Sapuan, N. M., & Kusumastuti, R. D. (2024). The application of knowledge management in disaster management: past, present and future trends. *Journal of Knowledge Management*, 28(4), 1141-1163.
29. Ferreira, J. C. de S., & Dos Santos, P. H. P. (2024). A Systematic Review of The Literature on Humanitarian Logistics Using Multimethod Analysis. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(4), e04727. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n4-063>
30. Gandra d'Almeida, A., & Coopersmith, C. M. (2024). Disaster management – preparation and planning for acute care facilities. *Current Opinion in Critical Care*, 30(3), 195–201. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000001151>
31. Gattorna, J., Day, A. and Hargreaves, J. (1991), “Effective Logistics Management”, *Logistics Information Management*, Vol. 4 No. 2, pp. 2-86. <https://doi.org/10.1108/09576059110143603>
32. Güzel, D., & Noksan, E. (2023). İnsani yardım faaliyetlerinin lojistik, koordinasyon ve insan kaynağının görev başarı performansı üzerine etkisi: Kızılay ve AFAD üzerine bir araştırma. *Paradigma: İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 12(2), 8-22.
33. Harrison, A., Van Hoek, R., Skipworth, H., & Aitken, J. (2019). *Logistics management and strategy*. Pearson UK.
34. Herdianti, W., Adjı, B. M., & Ophiyandri, T. (2024). Risk Analysis of Post-Disaster Logistics Distribution Failure. *CIVED*. <https://doi.org/10.24036/cived.v11i3.603>
35. Hettige, S. (2022). Exploring the social effects of disasters: Causes, consequences, and mitigation. In *International Handbook of Disaster Research* (pp. 1-9). Singapore: Springer Nature Singapore.
36. Hettige, S. (2023). Introduction: Sociology of disasters. In *International Handbook of Disaster Research* (pp. 1529-1534). Singapore: Springer Nature Singapore.
37. Kale, R., & Oka, D. A. V. (2022). Disaster management: A review. *International Journal of Advance Research in Community Health Nursing*, 4(2), 67–69. <https://doi.org/10.33545/26641658.2022.v4.i2b.119>
38. Kanke, A., & Ковалева, И. А. (2024). Logistics. <https://doi.org/10.12737/1946209>
39. Karimiziarani, M., & Moradkhani, H. (2023). Social response and disaster management: Insights from twitter data assimilation on Hurricane Ian. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 95, 103865.
40. Klein TA, Williams J, Irizarry L. EMS Disaster Response. 2023 Jul 17. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan–. PMID: 32809545.
41. Koçak, R. D. (2020). Lojistiğin tarihsel gelişimi: Askeri gereksinimden işletme lojistiğine ve tedarik zinciri yönetimine evrilme süreci. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 15(58), 246-258.

42. Kovács, G., & Spens, K. M. (2007). Humanitarian logistics in disaster relief operations. *International journal of physical distribution & logistics management*, 37(2), 99-114.
43. Kundu, T., Sheu, J. B., & Kuo, H. T. (2022). Emergency logistics management—Review and propositions for future research. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 164, 102789. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102789>
44. Leppold, C., Morrice, H., Brady, K., Reifels, L., Abeysinghe, S., Quinn, P., & Gibbs, L. (2025). Recovery work in cascading and compounding disasters: A qualitative study of community recovery workers in Australia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 116, 105152. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.105152>
45. Lettieri, E., Masella, C., & Radaelli, G. (2009). Disaster management: Findings from a systematic review. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 18(2), 117-136.
46. Liu, W., & Ni, L. (2022). Natural Disaster Preparedness, Response, and Recovery Crisis Communication. In *Social Media and Crisis Communication* (pp. 348–359). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003043409-42>
47. Lloyd, C., Pötsch, T., Yi, S., Zuniga, R., Safaei, M., Issa, S., & Rügge, I. (2013). Resources in logistics-a multidisciplinary challenge. *IFAC Proceedings Volumes*, 46(24), 449-455.
48. López-Carresi, A., Fordham, M., Wisner, B., Kelman, I., & Gaillard, J. C. (2014). *Disaster management: International lessons in risk reduction, response and recovery*. London: Earthscan.
49. Mitra, V., R., S. T., & G, S. (2023). *Logistics Management in Construction Industry*. <https://doi.org/10.59544/qcnf2922/ngcesi23p103>
50. Nakagawa, Y., & Shaw, R. (2004). Social capital: A missing link to disaster recovery. *International Journal of Mass Emergencies & Disasters*, 22(1), 5-34.
51. Nojavan, M., Salehi, E. and Omidvar, B. (2018), “Conceptual change of disaster management models: a thematic analysis”, *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*, Vol. 10 No. 1, pp. 1-11.
52. Oktari, RS, Munadi, K., Idroes, R. ve Sofyan, H. (2020). Afet yönetiminde bilgi yönetimi uygulamaları: Sistematiik inceleme. *Uluslararası Afet Riskini Azaltma Dergisi* , 51 , 101881.
53. Osumo, C. K., & Omwenga, J. Q. (2024). Humanitarian Logistics and Emergency Response in Humanitarian Organizations in Kenya. *International Journal of Social Science and Humanities Research-MIYR*. <https://doi.org/10.61108/ijsshr.v2i1.85>
54. Özçelik, E. (2023). Afet lojistiğı üzerine kavramsal bir inceleme. *İstanbul Esenyurt Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 11-27.

55. Öztürk, G., & Aka, A. (2023). Afet yönetimi politikalarında sivil toplum kuruluşlarının rolleri ve işlevleri: Marmara Bölgesi örneğinde. *Emergency Aid and Disaster Science*, 3(2), 31-37.
56. Pfohl, H. C. (2023). *Logistics Management: Conception and Functions*. Springer Nature.
57. Rajput, R. (2022). Principles of Disaster Management. In *Management of Animals in Disasters* (pp. 15–24). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9392-2_2
58. Sarder, M. D. (2020). *Logistics transportation systems*. Elsevier.
59. Sawalha, I.H. (2020), “A contemporary perspective on the disaster management cycle”, *Foresight*, Vol. 22 No. 4, pp. 469-482. <https://doi.org/10.1108/FS-11-2019-0097>
60. Sawalha, I.H. (2020), “A contemporary perspective on the disaster management cycle”, *Foresight*, Vol. 22 No. 4, pp. 469-482. <https://doi.org/10.1108/FS-11-2019-0097>
61. Şen, İ. K. (2014). Lojistik faaliyetlerin yönetimi ve maliyetleme yaklaşımları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 83-106.
62. Singh, S. R., Kundu, S. C., & Singh, S. (2008). *Disaster management*. Adhyayan Publishers & Distributors.
63. Swanson, D., Goel, L., Francisco, K., & Stock, J. (2017). Applying theories from other disciplines to logistics and supply chain management: A systematic literature review. *Transportation Journal*, 56(3), 299-356.
64. Tarei, P. K., Gumte, K., Patnaik, J., & Oktari, R. S. (2024). Analysing barriers to humanitarian logistics for distributing relief aid in pre- and post-disaster situations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 104, 104388. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104388>
65. Tekin, M., & Merdivenci, F. (2024). Afet yönetiminde insani yardım lojistiğinin kritik başarı faktörlerinin belirlenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 10(1), 29-48. <https://doi.org/10.21324/dacd.1282439>
66. Temiz, S., Kazanç, H. C., Soysal, M., & imen, M. (2024). A probabilistic bi-objective model for a humanitarian location-routing problem under uncertain demand and road closure. *International Transactions in Operational Research*. <https://doi.org/10.1111/itor.13475>
67. Tilokavichai, V., Sophatsathit, P., & Chandrachai, A. (2012). Establishing customer service and logistics management relationship under uncertainty. *World Review of Business Research*, 2(5), 12-23.
68. Topçu, T., & Ataoğlu, A. (2023). Türkiye’de afet yönetimi ile ilgili yapılmış olan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(4), 1388-1400.
69. Twede, D. (1992). The process of logistical packaging innovation. *Journal of Business Logistics*, 13(1).
70. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi. (t.y.). Rapor-1: Afet yönetimi bilgi kitapçığı. Erişim tarihi 14 Aralık 2024.

71. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (t.y). Disaster management. Erişim tarihi 14 Aralık 2024, <https://www.undrr.org/terminology/disaster-management>.
72. Wang, J., Li, L., & Wang, J. (2024). Logistics Supply Chain Management and Control Based on Mobile Communication Technology. *Ieej Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. <https://doi.org/10.1002/tee.24138>
73. Wang, S. L., & Sun, B. Q. (2023). Model of multi-period emergency material allocation for large-scale sudden natural disasters in humanitarian logistics: Efficiency, effectiveness and equity. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 85, 103530.

“

Bölüm 2

DEPREM LOJİSTİĞİ

”

Büşra Nur KESKİN¹

¹ Uzm. Lojistik Yöneticisi, Gazi Üniversitesi, Çevre Bilimleri ABD, <https://orcid.org/0000-0001-9089-5132>

Giriş

Her geçen yıl yaşanan afet sayısı giderek artış göstermektedir. Küresel iklim değişimi etkileri de artan afet sayısında son yıllarda kritik rol oynamaktadır. Bu bağlamda afet yönetiminde gerçekleştirilen her bir operasyon için bir sonraki atılacak adımın düşünülmesi gerekmektedir. Yapılan müdahalelerin doğruluğu ve hızı, anlık etki için hayati önem taşıdığı kadar geleceğimizi şekillendirmemizde de kritik rol oynamaktadır. Kitabın birinci bölümünde afet yönetiminin temel yapı taşı olan afet lojistik operasyonları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler neticesinde, afet lojistiğinde gerçekleştirilen operasyonların hazırlık aşamasından iyileştirme sürecine kadar olan faaliyetlerinin önemi üzerinde durulmuştur. Afet sayılarındaki artışın ve afetin arkasında bıraktığı etkinin azalması için afet yönetim ve operasyonlarının en doğru ve en hızlı şekilde gerçekleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kitabın ikinci bölümündeyse deprem lojistiği kavramı üzerinde durulmuştur. Deprem lojistiği, afet lojistik operasyonun bir alt disiplini olarak ele alınmaktadır. Depremler doğrudan yer kabuğu hareketleriyle ilgili olduğundan ön görülmesi en zor olan doğal afetlerden biri olarak ifade edilir. Ani gelişen ve etkisi tahmin edilemeyen bu afet için doğru hazırlık ve müdahale kritik bir önem taşımaktadır. Deprem afetine karşı müdahalede en kritik faaliyetler, insan tahliyesi ve malzeme lojistiği olarak ifade edilir [59].

Dünya'nın farklı bölgelerinde neredeyse her yıl yaşanan ve etkisini ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan gösteren deprem afeti, lojistik disiplini açısından değerlendirildiğinde literatürde spesifik haliyle “deprem lojistiği” olarak karşımıza çıkmaktadır. Her bir afet türüyle müdahalede ortak amaç aynı olsa da her bir afet türü için yürütülen lojistik faaliyetlerin birbirinden ayrıldığı ince noktalar bulunmaktadır. Bahsi geçen bu ince noktalar afetten etkilenen canlılar için büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla afet müdahalesinde gerçekleştirilen lojistik faaliyetleri karakteristik olarak tek bir başlık ve operasyon altında toplamak mümkün değildir. Bu bölümde ani gelişen ve etkisinin tam olarak tahmin edilemeyen deprem afeti lojistik disiplini çerçevesinden ele alınmıştır. Bu kapsamda öncelikle deprem lojistiği kavramı, kapsamı, önemi üzerinde durulurken deprem lojistiği ile afet lojistiği arasındaki farklar üzerinde durulmuştur. Burada amaç birbiri yerine kullanılan kavramların ince ayrımlarını ortaya çıkarmak olmuştur. Deprem lojistiği bölümü çerçevesinde ele alınan bir diğer temel konu ise küresel ölçekte deprem lojistiğinde ele alınan trendler olmuştur. Bu alanda yapılan yenilikçi çözümler incelenmiştir. Son olarak kavramsal olarak ele alın ve deprem lojistiğinde ön plana

çıkan trend faaliyetlerin hayata geçirildiği vakalar üzerinde konun pekiştirilmesi hedeflenmiştir.

2.1. Deprem Lojistiği

Deprem lojistiği, en genel ifadeyle deprem afetine özel olarak odaklanan afet lojistiğinin bir alt disiplini olarak ifade edilir. Afet yönetimi döngüsünde ve afet lojistik yönetiminde olduğu gibi deprem lojistiğinde de deprem öncesi, anı ve sonrası için operasyonlar yürütülmektedir. Deprem lojistiğinde öncelik deprem bölgesine en hızlı şekilde ulaşarak, ilk müdahale için eldeki kıt kaynaklarla verimli bir şekilde kullanmaktır, burada amaç afet bölgesindeki topluma depremin etkisini minimum düzeyde hissettirmektir. Bu müdahale aşamasında lojistik faaliyetlerin etkili bir şekilde planlaması gerekmektedir. Etkin planlanan lojistik faaliyetlerin, hayati öneme sahip olduğu belirtilir [59]. Depremden sonra müdahale için gerekli olan malzeme ve ekiplerin taşınması, afetten etkilenenlerin tahliye edilmesi deprem lojistiği faaliyetleri kapsamında ele alınır [60]. Deprem öncesinde ise bahsi geçen faaliyetlerin sağlıklı ve hızlı bir şekilde gerçekleşmesi için yapılan planlamalarda deprem lojistiği kapsamında yer alır. Dolayısıyla deprem lojistik faaliyetleri deprem afetinin her aşamasında (öncesi- anı ve iyileştirme) hayati öneme sahiptir.

Afet Lojistiği ve Deprem Lojistiği Arasındaki Farklar

Afet lojistiği ve deprem lojistiği her ne kadar birbiri yerine kullanılan kavramlar olsa da benzer temellere dayanan fakat kapsam, odak ve uygulama detayları açısından farklılıklar gösteren kavramlardır. Bu iki kavram genellikle; kapsam, zamanlama, ihtiyaç türleri, lojistik stratejiler, çevresel etki, sürdürülebilirlik ve operasyonel zorluklar olmak üzere kendi aralarında farklılık göstermektedir. *Tablo 1'de* Afet lojistiği ve deprem lojistiği arasındaki farklar gösterilmiştir.

Tablo 1 Afet Lojistiği ve Deprem Lojistiği Arasındaki Farklar

Afet Lojistiği	Deprem Lojistiği
Tüm afet türlerini kapsar. Çok kapsamlı bir planlama yapılır.	Deprem özelinde operasyonel planlamalara odaklanır.
Operasyonlar uzun vadeli planlama stratejileri içerir.	Operasyonlar ani ve hızlı müdahale gerektirir.
Afet türlerine göre değişen ihtiyaç malzemesi içerir. Her afet türünün kendine özgü ekipman ve malzemeleri vardır.	Öncelikle deprem bölgesinde enkaz altında kalan canlıları kurtarmak hedeflenir. Öncelikli malzemeler genel anlamda belirlidir.
Daha uzun vadeli ve sürdürülebilir strateji ve uygulamalara odaklanır.	Genellikle, çok daha kısa vadeli hayatta kalma ve acil müdahale strateji ve uygulamalara odaklanır.
Önceden risk analizi ve kaynak tahsisi yapılabilir.	Deprem öncesi sınırlı öngörü hazırlıkları mevcuttur.
Tedarik zinciri kopuklukları beklenmedik bir durumlar karşılaşılmadığı sürece sağlamdır.	Deprem sonrası ulaşım alt yapısındaki problemler tedarik zincirinde kopukluklara neden olur.
Geliştirilen stratejiler tüm afet türlerini kapsayacak biçimdedir. Çok daha geniş bir planlama ve müdahale ağı gerektirmektedir.	Deprem bölgelerine uygun stratejiler geliştirilir.

Tablo 1’den de anlaşıldığı üzere afet lojistik operasyonları daha kapsayıcı ve geniş müdahale ağına sahipken, deprem lojistik operasyonlarında depremin yaşandığı bölgeye odaklanmaktadır. Deprem afetinin etkisi ve şiddetini daha önceden net bir şekilde belirlenmediğinden, deprem lojistik operasyonlarında tedarik zincirinin esnek yapıda olması hayati önem taşımaktadır. Afet sonrası aynı yardım ve ekiplerin deprem bölgelerine en hızlı ve etkin bir şekilde ulaşabilmesi için alternatif senaryoların oluşturulması gerekmektedir. Deprem lojistik operasyonlarında öncelik ilk 72 saatte arama kurtarma operasyonlarının en etkin şekilde gerçekleşmesi sağlamaktır [24,104]. Bu bağlamda deprem lojistik operasyonların etkin ve hızlı gerçekleştirilebilmesi için teknoloji tabanlı yenilikçi yaklaşımlar ön plana çıktığı görülmektedir, ayrıca incelenen çalışmalar neticesinde deprem lojistiğinde hız ve etki kriterlerinin yanında ek olarak son yıllarda yapılan çalışmalarda çevresel yaklaşımlarda odak noktası haline geldiği görülmektedir. Son yıllarda yaşanan afet sayısındaki artışların temel nedenleri arasında küresel iklim değişimi etkileri ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle küresel iklim değişimi ile mücadele adına deprem lojistiği kapsamında yapılan faaliyetlerde çevreye duyarlı çözümler gereklilik haline gelmeye başlamıştır. Bir sonraki başlık olan deprem lojistiğinde trendler başlığı altında bu konuya detaylı bir şekilde yer verilmiştir.

2.2. Deprem Lojistiğinde Trendler

Dünya genelinde yıkıcı etkiye sahip olan birçok afet vardır. Bu afetler arasında önde gelen deprem, ani ve öngörülemeyen bir şekilde meydana gelmektedir. Depremın etkisinin minimum seviyede tutulması için çağımızın gereklilikleri de göz önünde tutularak bu alanda yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bu yenilikçi yaklaşımlar; değişen ihtiyaçlar, teknolojik gelişmeler ve afet yönetimindeki güncel olaylar doğrultusunda şekillenmektedir.

Güncelliğini koruyan deprem lojistiği trendleri, küresel ölçekte incelenen çalışma ve uygulamalar neticesinde konunun daha iyi anlaşılması için kitap bölümü kapsamında üç temel gruba ayrılmıştır. Bu gruplandırma neticesinde deprem lojistiğinde ön plana çıkan trendler; teknolojik, sosyal (toplumsal katılım) ve çevresel sürdürülebilirlik olmak üzere üç temel başlık altında incelenmiştir.

İncelenen çalışmalar neticesinde deprem lojistik trendlerinin ortak amaçlarının, lojistik faaliyetlerin daha hızlı organize edilmesi, kaynakların etkin kullanılması, zaman kaybının önlenmesi ve operasyonlardan kaynaklı çevresel kirliliğin önüne geçilmesi olduğu kanısına varılmıştır.

Deprem Lojistiğinde Teknoloji Tabanlı Uygulamalar

Çağımızın dinamikleri göz önünde bulundurulduğunda, teknoloji tabanlı çözümlerin deprem lojistik operasyonlarına entegrasyonu kaçınılmaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Deprem lojistik faaliyetlerinin teknolojiyle buluşması operasyonlarda verimliliği ve etkinliği arttırmaktadır. Afet lojistiğinin bir alt disiplini olan deprem lojistiğinde de zaman kavramı hayati önem taşımaktadır. Zamanın verimli kullanılması, lojistik operasyonların planlanması ve yönetilmesiyle doğru orantılıdır. Bu denklemin doğruluğunu destekleyen parametreler arasında ise teknoloji kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Deprem lojistiğinde kullanılan teknoloji tabanlı birçok uygulama ve sistem mevcuttur. Bu uygulama ve sistemler incelendiğinde deprem lojistiğinin her aşamasında gerçekleşen faaliyetlerle teknolojinin entegrasyonu açıkça görülmektedir. Deprem öncesi planlama, deprem anı müdahale ve deprem sonrası iyileştirme süreçlerinde var olan teknoloji tabanlı uygulamalar; afet durum tespiti, haritalama, koordinasyon, anlık veri toplama, lojistik faaliyet optimizasyonu, ihtiyaç analizi, malzeme taşınımı, malzeme hareketi şeffaflığı, izlenebilirlik, rotalama, depo yer seçimi, hızlı müdahale gibi birçok alanlarda kullanılmaktadır. Bu kullanılan teknolojiler geçmişten günümüze gelişerek varlığını operasyonlarda daha çok göstermeye başlamıştır.

Deprem lojistik faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılan teknoloji tabanlı uygulamalar ve uygulamaların kullanım alanlarıyla ilgili bazı örnekler:

- *Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS)*: Deprem lojistik operasyonlarının neredeyse her aşamasında yaygın olarak kullanılan bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Deprem öncesi hazırlık aşamasında; deprem risk haritalarının hazırlanmasında, lojistik merkezleri yer seçiminde ve senaryo geliştirme gibi çalışmalarda varlığını göstermektedir. Afet anı müdahale aşamasında ise durum tespiti ve zarar haritalama, kaynak ve malzeme yönetimi, kurtarma operasyonlarının koordinasyonu gibi kritik anlarda kurtarıcı bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Gerçek zamanlı veri entegrasyonu sayesinde lojistik süreçlerin sürekli izlenmesine olanak sağlayan CBS programı, doğru planlama için kritik bir altlık oluşturmaktadır. Deprem sonrası gerçekleştirilen iyileştirme süresindeyse afet sonrası meydana gelen hasarların detaylı olarak analiz edilmesini sağlayarak, iyileştirme ve yeniden yapılanma süreçlerine hız kazandırmaktadır. CBS tabanlı analizlerin deprem lojistiğindeki kullanım alanları ve olumlu etkileri birçok bilimsel makalede konu olmuştur.

- *Yapay Zekâ (AI) ve Makine Öğrenimi*: Afet lojistik operasyonlarında yapay zekanın işlevi gün geçtikçe artmaktadır. Müdahale, kaynak yönetimi ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinde yapay zekâ algoritmalarının etkin rol oynadığı görülmektedir. Deprem öncesi, yapay zekâ algoritmalarıyla oluşturulan risk analizleri ve doğal afetlerin meydana gelme olasılığının tahmin edilebilir olması erken uyarı sistemlerinin doğruluğunu arttırmaktadır. Bu durumun sonucunda ise afet sonrası yaşanacak can ve mal kaybını minimum seviyede tutularak müdahale aşamasında maksimum verim için planlamalar yapılmasına olanak sağlanmaktadır. Yapay zekâ tabanlı sistemler gerçek zamanlı bilgi akışını sağlayarak, deprem lojistik süreçleri yönetiminde durum tespiti, kaynak yönetimi, optimizasyon gibi faaliyetlerin gerçekleşmesinde etkin rol oynamaktadır. Ek olarak, afet anı müdahale aşamasında enkaz altında kalan canlıların yer tespiti için güçlü algoritma ve sensör verilerinden faydalanmada yapay zekâ teknolojileri varlığını göstermektedir. Deprem lojistik yönetimi ve yapay zekâ iş birliğini ele alan birçok bilimsel çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar yapay zekâ teknolojilerinin, deprem lojistik yönetimindeki önemini gözler önüne sermektedir. İlerleyen yıllarda bu alanda çok daha fazla uygulama ve çalışmaların olacağı ifade edilmektedir.

- *Blokzincir (Blockchain)*: Deprem lojistik operasyonlarında blokzincir teknolojisi, aynı desteklerin dağıtımında güvenlik, şeffaflık ve veri yönetimi gibi alanlarda devrim niteliğinde etki göstermiştir. Yardım dağıtımı ve izlenebilirlik, akıllı sözleşmeler, tedarik zinciri yönetimi, veri

güvenliği ve depolama, kimlik doğrulama ve afet sonrası lojistik operasyonların simülasyonu blokzincir altında yer alan ve çağımızın gerekliliği olan faaliyetlerdir. Afet bölgelerine gönderilen aynı desteklerin dağıtımı ve takibi lojistik faaliyetler arasında en karmaşık yapıların arasında gelmektedir. Blokzincir teknolojisi sayesinde yardım dağıtımında şeffaflık ve izlenebilirlik sağlanmaktadır. Paydaşlar arasında tedarik zincirindeki tüm verilerin paylaşımı sağlandığından kaynakların verimli kullanımı da ön plana çıkmaktadır. Blokzincir teknolojisinin deprem lojistiğine olan katkıları genel hatlarıyla; şeffaflık, hızlı müdahale, güvenlik, koordinasyon ve düşük maliyet olarak ifade edilebilir. Deprem lojistik operasyonlarında kullanılan blokzincir teknolojiyle ilgili literatürde birçok çalışmayla karşılaşmak mümkündür. Bu teknolojinin, gelecekte afet yönetiminin ayrılmaz bir parçası olma potansiyeline sahip olduğu yapılan çalışmalarda ifade edilmektedir.

○ *Drone ve Robot Teknolojileri:* Deprem lojistik operasyonlarının gerçekleştirilmesi için uygun koşulların sağlanması gerekmektedir. Geleneksel afet lojistik operasyonlarında arama kurtarma ekiplerinin ve aynı desteklerin afet bölgesine ulaşmasında birçok problem yaşanmaktadır. Yaşanan bu problemlerin nedeni ise deprem sonrası beklenmedik durumlarla (yolların kapanması, erişimin sınırlı olması, enkaz miktarı vb.) karşılaşılmasıdır. Bu tür beklenemedik ve anında müdahale edilemeyecek durumlar lojistik faaliyetlerde gecikmelere neden olduğundan büyük kayıplara neden olmaktadır. Bu büyük kayıpların yaşanmaması veya minimum seviyede tutulması için karşımıza deprem lojistiğinde kullanılan dron ve robot teknolojileri çıkmaktadır.

Drone teknolojisi deprem lojistiğinde genel hatlarıyla; hasar tespiti ve haritalama, malzeme taşımacılığı, arama kurtarma ve deprem bölgesi keşfi için kullanılmaktadır. Erişimi zor olan alanlarda hızlı ve esnek olması deprem lojistik operasyonları için önde gelen teknolojiler arasında yer almasını sağlamaktadır.

Deprem lojistik operasyonlarında kullanılan robot teknolojisi genel çerçevede incelendiğinde; enkaz kaldırma, enkaz altı arama ve tehlikeli alanlarda veri toplamak için kullanıldığı görülmektedir. İnsan gücüne nazaran uzun süre görev yapabilmesi, teknik işlerde yüksek doğruluk sağlaması bu alandaki önemli teknolojik tabanlı uygulamalarda ön plana çıkmasını sağlamaktadır.

Her iki teknolojik altyapının deprem bölgelerinde zor erişilebilir alanlarda veya yüksek riskli bölgelerde etkin bir şekilde görev alması deprem lojistik yönetiminde oluşabilecek aksilikleri minimum seviyede tutmaya yardımcı olmaktadır.

○ *Bulut Bilişim ve Büyük Veri Analitiği*: Afet yönetiminin başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için gerçek zamanlı veri paylaşımı kritik bir önem taşımaktadır. Deprem lojistiğinde büyük veri analitiği ve bulut bilişim; veri işleme, veri depolama ve veri paylaşma süreçlerinde karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla deprem lojistik operasyonlarının başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için bulut bilişim ve büyük veri analitiği büyük bir paya sahiptir.

Bulut bilişim teknolojisinin deprem lojistiğinde yaygın kullanım alanları; gerçek zamanlı veri paylaşımı, kaynak koordinasyonu, afet yönetimi ve planlama olarak karşımıza çıkmaktadır. Deprem lojistiğinde bulut veri sistemlerinin kullanılması yürütülen operasyonlarda maliyet verimliliği, erişilebilirlik ve esneklik gibi avantajlar sağlamaktadır.

Büyük veri analitiği sahadan (afet bölgesinden) gelen geniş veri setlerini analiz ederek kritik kararların alınmasını sağlamaktadır. Kullanım alanları incelendiğinde; risk tahmin etme (uydu görüntüleriyle, hasar ve ihtiyaç analizleri, kaynak yönetimi, halkın katılımı ile afet bölgesinden veri sağlama gibi alanlarda karşımıza çıkmaktadır. Bulut bilişimi ve büyük veri analitiğinin deprem lojistiğinde kullanım alanlarıyla ilgili literatürde birçok çalışma ile karşılaşmak mümkündür.

Deprem Lojistik Yönetiminde Toplumsal Katılımı Artmasına Dayalı Trendler

Deprem lojistik yönetimi karmaşık bir süreçtir. Sürecin hızlı ve etkin bir biçimde gerçekleşmesi hayati bir önem arz etmektedir. Deprem afetinin yıkıcı etkisi kesin olarak tahmin edilemediğinden, afet sonrası yaşanan altyapı problemleri (bilgi akışının tam olarak sağlanamaması, iletişim kopuklukları, sınırlı kaynaklara erişim vb.) lojistik faaliyetlerinin aksamasına neden olmaktadır. Son yıllarda bu alanda yapılan çalışma ve uygulamalar incelendiğinde, dijitalleşmenin hayatımızdaki etkisinin giderek yükselmesiyle birlikte “toplum odaklı veri toplama yöntemleri” deprem lojistik trendleri arasında yer alan ve giderek öne çıkan çalışma sistemleri haline gelmiştir.

Deprem lojistik operasyonlarının hızlı ve etkin bir biçimde gerçekleşebilmesi için veri akışı kritik bir önem taşımaktadır. Lojistik faaliyetlere yön veren kilit nokta ise anlık ve doğru veri aktarımıdır. Bu kilit noktalar deprem lojistik yönetiminde toplumsal katılıma dayalı veri toplama sistemlerini, yürütülecek olan operasyonların planlanmasında önemli bir parametre haline getirmektedir. Yerel halkın ve toplulukların süreçlere katılımı, lojistik süreçlerin planlanmasına yardımcı olurken aynı zamanda ihtiyaçların bölgeye daha hızlı ve etkin bir şekilde ulaşmasını sağlamaktadır.

Deprem lojistiğinde toplumsal katılımı arttırmaya yönelik bazı çalışma ve uygulama örnekleri:

- *Dijital Platformlar ve Toplum Odaklı Veri Toplama:* Günümüzde deprem sonrası hızlı ve doğru bilgi paylaşımı problemine çözüm olarak dijital platformlar ön plana çıkmaktadır. Dijital platformlar hızlı ve etkin bilgi paylaşımı için güçlü araçlar sunmaktadır. Bilgi paylaşımı ve koordinasyon, veri odaklı karar alma ve halkın katılımı dijital platformların deprem lojistiğindeki rolünü gösteren araçlardır. Dijital platformlar sadece deprem lojistiği için bilgi akışını hızlandırmakla kalmaz aynı zamanda sürece toplumun katılımını da sağlamaktadır. Deprem bölgesinde bulunan toplumun sürece dahil olması saha verilerinin anlık olarak iletilmesini sağlarken, gönüllü olarak devreye giren toplum ise lojistik faaliyetlerin etkin ve hızlı bir şekilde gerçekleşmesine katkı sağlamaktadır.

AFAD Deprem Mobil Uygulaması: Türkiye Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından gerçekleştirilen mobil uygulama, acil durumlarda afet bölgesinde bulunan bireylerin ihtiyaçlarını belirlemede ve güvenli bölgeye geçiş sağlamasında yardımcı olmaktadır. Uygulama kullanıcılar üzerinden ihtiyaç raporlarını oluşturarak, lojistik koordinasyonun kolayca gerçekleşmesini sağlamaktadır [4].

Google Crisis Response: Crisis Map, toplum odaklı veri toplama ve yardım platformları arasında yer almaktadır. Bu platform deprem sonrası hasar haritalarının oluşturulmasını sağlamakla birlikte afet bölgesinde bulunan toplumdan elde edilen verilerle kriz alanlarının önceliklendirilmesini sağlamaktadır [31].

- *Sosyal Medya Kullanımı:* Günümüzde sosyal medya kullanımı, afet sonrası bilgilendirme için deprem lojistiğinde ön plana çıkan bir araç dönüşmüştür. Kriz durumlarında hızlı erişim ve müdahale için lojistik faaliyetlerin yönetiminde kritik bir öneme sahiptir. Sosyal medya platformları hem deprem bölgesindeki yerel halktan hem de resmi kurum ve kuruluşlardan gelen anlık bilgilerin paylaşılmasına olanak sağlamaktadır. Sosyal medya aracılığı ile sağlanan bu bilgi transferi çoğunlukla deprem sonrası lojistik süreçlerin etkin ve hızlı bir şekilde koordine edilmesine yardımcı olmaktadır. Sosyal medyanın deprem lojistiğindeki kapsamı; bilgiye hızlı erişim ve yaygınlaştırma, toplum temelli veri üretimi ve yanlış bilgilendirme ile müdahale olarak ele alınabilir.

Sosyal medya platformları üzerinden (x, Instagram, facebook vb.) bilgiye hızlı erişim sağlayarak olayların etkisi, ihtiyaç duyulan öncelikli malzemelerin bildirilmesi ve deprem bölgesindeki güvenli alanların konumlarının paylaşımları yapılmaktadır. Bu tür paylaşımlar, arama-kurtarma ekiplerinin doğru yere yönlendirilmesi ve doğru yardımların doğru

yerlere ulaşmasına yardımcı olmaktadır. 6 Şubat 2023 yılında Türkiye’de yaşanan depremlerde sosyal medya kullanımının yaygınlığı ve önemi birçok akademik çalışmalarda ifade edilmiştir [94]. Anlık bilgi paylaşımı ile deprem bölgesinde bulunan insanların durumları hakkında bilgiler elde edilmiştir. Elde edilen bu bilgiler sosyal medya platformları tarafından toplandığı için en genel ifade ile toplum temelli veri üretimi olarak belirtilir. Deprem bölgesinde bulunan sosyal medya kullanıcıları, bulunduğu bölgede oluşan hasar durumu, ihtiyaçları ve riskleri paylaşarak veri paylaşımında bulunmaktadırlar. Paylaşılan bu verilerin değerlendirilmesinde lojistik süreçlerin koordineli bir şekilde yürütülmesine katkıda bulunmaktadır. Kriz anında resmi verilerin sınırlı olduğu durumlarda kullanıcı kaynaklı bilgiler sürece yön verebilmektedir. Bu tür kriz anlarında sosyal medyada yanlış bilgi paylaşımının yapılmaması gerekmektedir. Her bir yanlış bilgilendirme lojistik faaliyetlerin gecikmesine neden olmakta dolayısıyla yaşanan kayıplardaki artışa neden olmaktadır.

Deprem sonrası sosyal medya kullanımının avantajları olduğu kadar dezavantajları da mevcuttur. Yanıltıcı bilgi ve bilgi kirliliği, bilgi güvenliği ve mahremiyet sorunları, aşırı veri akışı, bağlantı ve altyapı sorunları gibi gerekçeler sosyal medyanın deprem lojistiğinde yarattığı negatif etkiler arasındadır. Sosyal medya platformunun deprem sonrası kullanımında avantajları, dezavantajlarından daha ağır bastığından bu platformların etkin bir biçimde kullanılması için stratejik bir planlama ve uygulama gerekmektedir. Bu tür uygulamalar geliştirildiğinde sosyal medyadan elde edilen veri akışlarının gerçekliği kontrol altına alınacaktır.

Deprem Lojistik Yönetiminde Çevresel Sürdürülebilirliğe Dayalı Trendler

Günümüzde iklim değişimi küresel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. İklim değişiminin etkileri gün geçtikçe etkisini canlılar üzerinde daha çok göstermektedir. Bu nedenle dünya ülkelerinin neredeyse tamamı, iklim değişimi ile mücadelede stratejik çözümler aramakta ve uygulamaktadır.

İklim değişimi ile mücadelede “yeşil dönüşüm / çevresel sürdürülebilirlik” olarak ifade edilen kavramlar, en genel ifadeyle canlı yaşamında ki tüm faaliyetlerin doğa temelli yani doğaya zarar vermeden gerçekleştirilmesi olarak ifade edilebilir. Yeşil dönüşüm stratejisinde amaç insan kökenli emisyon oranlarını minimum seviyede tutmaktır.

İklim değişimi etkilerinin neden olduğu problemlerin arasında afetler de bulunmaktadır. Birçok bilimsel çalışmada iklim değişiminin doğal afetleri tetikler nitelikte olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle günümüzde, afet yönetiminde çevreye duyarlı sürdürülebilir çözümler ön plana çık-

maya başlamıştır. Çevresel sürdürülebilirliğin afet lojistik operasyonlarında sağlanamaması bir sonraki afetin oluşmasına neden olacaktır.

Kitabımızın önceki bölümlerinde ifade edildiği gibi deprem, afetler arasında en yıkıcı etkiye sahiptir. Deprem lojistiği faaliyetlerinin kapsamı göz önünde bulundurulduğunda, deprem lojistik faaliyetlerinin çevresel sürdürülebilirlik prensiplerini benimsemesi gerekmektedir. Son yıllarda yapılan çalışma ve uygulamalar incelendiğinde deprem lojistiğinin başka bir trendi olan sürdürülebilir deprem lojistiği, çevresel etkileri gözeterek yürütülen faaliyetler olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevresel etkilerin gözetilerek yürütüldüğü deprem lojistik yönetiminde ön plana çıkan sürdürülebilirliğe dayalı yaklaşımlar;

○ *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı:* Sera gazlarındaki artış, küresel iklim değişimini tetikleyen en önemli kriterler arasında yer almaktadır. İklim değişikliğiyle mücadele kapsamında yapılan çalışmalar incelendiğinde emisyon oranının düşük tutulması başta yer alan kriterler arasındadır. Deprem lojistik faaliyetlerinden kaynaklanan emisyon oranları sayısal olarak net bir şekilde ifade edilemese de bu oranın yüksek olduğunu ifade etmek yanlış olmayacaktır. Şiddeti büyük olan bir deprem için gerçekleşen lojistik faaliyetlerde, planlanan operasyonların yetersiz kaldığı durumlarda hızlı müdahale için takviyeler ve anlık çözümler üretildiğinde bu durumu sayısallaştırmak zor olabilir. Bu nedenle temel faaliyet alanlarında yenilenebilir enerji kaynak kullanımının ön plana çıkması deprem lojistik faaliyetlerinin emisyon oranlarını düşürücü nitelik taşımaktadır. Ayrıca operasyonlarda emisyon oranının düşük tutulmasıyla birlikte yenilenebilir enerjinin kullanılması deprem anı ve sonrası müdahale için yaşanan altyapı sorunlarını da minimum seviyede tutmaktadır. Lojistik depo tasarımında kullanılan güneş panelleri, yaşanan altyapı problemlerine nazaran faaliyetlerine devam etmektedir. Bu durum lojistik operasyonlarındaki yaşanan aksaklıklara çözüm yolu sunarken aynı zamanda çevresel etkiyi de minimize etmektedir. Deprem sonrası yaşanan alt yapı problemlerinde iletişimde yaşanan kopukluklar, lojistik operasyonların yürütülmesinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu kopuklukların yaşanmaması adına deprem bölgelerine kurulan güneş panelli şarj istasyonları, saha içerisinde yer alan görevliler ve afetzedeler arasındaki iletişim için hayat kurtarıcı faaliyetler arasında yer almaktadır. Deprem sonrası uygulamalarda güneş enerjisiyle çalışan mikro şebekelerin enerji altyapısındaki hasarları telafi etmektedir. Deprem lojistiğinde kullanılan güneş enerjisi geleneksel jeneratörlerin çevresel etkilerine nazaran elektrik ihtiyacını karşılamada uzun vadeli bir çözüm avantajı olarak ifade edilmektedir. Deprem sonrası barınaklarda enerji tasarrufunu sağlamak ve enerji altyapı hasarlarına uzun vadeli çözümler sunmak adına fotovoltaik sistemlerin barınaklara entegrasyonunu gösteren model tasarımları

literatürde yerini almıştır [53]. Güneş enerjisinin afetten sonra bir başka kullanımı ise su artıma sistemleridir. Temiz su teminini sağlayan güneş enerjili sistemlerin başarısı afet bölgesinde bulunan bölge halkı için büyük avantaj sağlamaktadır. Afet bölgelerinde temiz su temini için güneş enerjisiyle çalışan arıtma sistemlerinin etkin bir çözüm olduğunu ele alan bilimsel çalışmalarda literatürde yerini almıştır [13]. Deprem sonrası gerçekleştiren lojistik faaliyetler için yapılan vaka çalışmaları arasında güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu sayesinde kamp alanlarında karbon ayak izinin %42 oranında azaldığını ifade eden çalışmalar yer almaktadır [92]. Vaka çalışmalarıyla desteklenen ve bu alanda yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde güneş enerji sistemlerinin deprem lojistik faaliyet alanlarında kullanımının geniş olduğu ve sürdürülebilir bir afet lojistiği için daha yaygın kullanım alanı olması gerektiği çıkarımında bulunulabilir. Deprem lojistik trendlerinde çevresel sürdürülebilirlik kapsamında yapılan çalışmalarda güneş enerjili sistemlerinin geleneksel fosil yakıt kullanımından daha verimli ve çevreci olduğu bilimsel çalışmalarla desteklenmiştir.

Bir diğer yenilebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr enerjisi, son yıllarda kayda değer bir büyüme göstermektedir. Temiz ve ölçeklenebilir bir enerji kaynağı sağlayan rüzgâr, geleneksel fosil yakıtlara alternatif bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. İncelenen bilimsel çalışmalarda rüzgâr enerjisi kapasitesinin artırılmasıyla elektrik üretiminden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının önemli ölçüde azaltılabileceği ifade edilmektedir. Afet lojistik yönetiminde gerçekleştirilen faaliyetlerde rüzgâr enerjisi kullanımı da son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalarda ön plana çıkmaya başlamıştır [92]. Rüzgâr türbinleri, afet sonrası enerjiye erişimi kolaylaştırırken aynı zamanda merkezi şebekeye olan bağımlılığı azaltmaktadır. Afet yardımlarının en etkili şekilde gerçekleştirilmesi için temiz enerji kaynağı olarak rüzgâr enerjisi de karşımıza çıkmaktadır. Güneş enerjisi sisteminde olduğu gibi rüzgâr enerjisinin de barınaklar için güç kaynağı olarak kullanıldığı bilimsel çalışmalarda ifade edilmiştir. Enerji altyapı hasarlarına karşı mücadeleci çalışmalarda rüzgâr enerjisi de varlığını göstermektedir [67,76]. Afet müdahale görevleri için tasarlanan rüzgâr tribünleri de günümüzde karşımıza çıkmaktadır [62].

Lojistik sistemlerinde ön plana çıkan bir diğer enerji türü ise hibrit enerjidir. Hibrit enerji, güneş ve rüzgâr enerjisinin entegre olduğu sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Amaç lojistik faaliyetlerindeki enerjiden kaynaklı altyapı sorunlarını minimize etmekle birlikte çevresel sürdürülebilirliği sağlamaktır. Her geçen gün gelişen teknoloji bu alanda yapılması planlanan çalışmaların giderek artacağı tahmin edilmektedir. Deprem lojistiğinde çevresel sürdürülebilirliğin gerçekleşmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması en önemli faktörler ara-

sında yer almaktadır. Kitabımızın ilerleyen kısmında bu alanda kurumların ve ülkelerin gerçekleştirdikleri uygulamalarından örnekler verilecektir.

○ *Döngüsel Lojistik:* Döngüsel lojistik faaliyetleri çevresel sürdürülebilirlik kapsamında, lojistik sektöründe önde gelen alt disiplinler arasında yer almaktadır. Burada amaç gerçekleşen lojistik süreçlerdeki atık miktarını minimum seviyede tutmak, kaynakların yeniden kullanımını sağlamak, geri dönüşümü ön plana çıkarmak kısacası çevresel sürdürülebilirliğin en üst düzeyde tutulduğu bir operasyon süreci gerçekleştirmektir. Bu alt disiplin, “kullan at, yenisini kullan” anlayışından uzaklaşarak “kullan, yenile, tekrar kullan” anlayışıyla operasyonları gerçekleştirmektedir. Küresel iklim değişimi ile mücadelede bu anlayış kritik bir öneme sahiptir. İnsan kökenli emisyon oranlarının azaltılması gelecek yıllar da yaşanması ihtimal felaketlerin etkilerini azaltmada kilit rol olacaktır.

Deprem lojistik yönetiminde kaynak yönetimi, operasyonların başarı oranları ile doğru orantılıdır. Sınırlı kaynakların etkili bir şekilde kullanılmasının yanında bu kaynakların tekrar kullanılabilir hale gelmesi çevresel sürdürülebilirlikle birlikte ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik içinde büyük önem taşımaktadır. Ani gelişen doğal afetler arasında yer alan deprem, çevreyi fiziksel miktarda etkileyen atıkların ortaya çıkmasına neden olur. Literatürde deprem ve atık yönetimini ele alan birçok bilimsel çalışmayla karşılaşmak mümkündür. Deprem lojistiği faaliyet süreçleri (öncesi- anı ve sonrası) göz önünde bulundurulduğunda, son yıllarda yapılan çalışmalarda döngüsel lojistik faaliyetlerin giderek ön plana çıkarıldığı görülmektedir. Yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde atık yönetimi ile ilgili öne çıkan kritik noktalar; deprem sonrası ortaya çıkan atıkların depolanması için yeterli alanların olmaması, ürünlerin geri dönüşümüne engel olmakla birlikte deprem bölgesinde ciddi atık yönetimi sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmasıdır [22]. Yaşanan atık yönetimi sorunu ise beraberinde birçok problemleri getirmektedir. Bu durumların bir daha yaşanmaması için deprem lojistiği yenilikçi çözümlerde deprem öncesi hazırlıklarda atık yönetimi ile ilgili strateji ve çalışmaların yapılması gerektiği vurgulanmaktadır [22, 27, 88, 89].

Deprem felaketi sonucunda ortaya çıkan atık sadece enkaz atıkları olarak düşünülmemelidir. Aynı yardımların dağıtımı ve kullanımı sırasında ortaya çıkan atıklarla birlikte alanda tıbbi atıkların oluşması da mümkündür. Bu nedenle döngüsel lojistik faaliyetlerle birlikte çevresel sürdürülebilirliğin ön planda tutulduğu lojistik süreçlerin entegrasyonu karşımıza çıkmaktadır. Lojistik süreçlerin doğru bir şekilde planlanması ve yürütülmesi atık probleminin düşük seviyede tutulmasına olanak sağlamaktadır. Son yıllarda aynı destekleri için yeniden kullanılabilen veya

biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler kullanılması lojistik trendler arasında ön plana çıkarılan çalışmalar arasında popülerliğini arttırmaktadır. Uygulanan bu çalışma sahada oluşan atık problemlerine karşı alternatif bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yaklaşımın lojistik süreçlerde gerçekleşen döngüsel faaliyetleri sağlamakla birlikte deprem sonrası kurtarma çalışmalarında çevresel sürdürülebilirliği gözler önüne sermektedir. Gelecek yıllar için, döngüsel lojistik faaliyetleri arasında yer alan yeniden kullanım veya biyolojik olarak parçalanabilir malzeme kullanımının lojistik süreçlerde ön plana çıkması gerektiğini ifade eden bilimsel çalışmalar giderek sayısını arttırmaktadır [30, 63, 93].

Döngüsel lojistik faaliyetleri arasında ön plana çıkan bir diğer uygulama ise çevresel etkiyi azaltabilmek için yenilenebilir kaynaklar tarafından biyolojik olarak parçalanabilen ambalaj malzemelerinin kullanımıdır. Bu malzemelerin doğaya zarar vermeden kompostlama gibi uygun yöntemlerle dönüştürülmesi çöp sahasını azaltarak çevresel sürdürülebilirliğin destekleneceği bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmiştir [6,28, 37]. En genel ifadeyle yeşil paketleme olarak ifade edeceğimiz bu sistem, deprem lojistiğindeki aynı desteklerin dağıtım kısmında ortaya çıkan atık miktarını büyük oranda azaltacağı düşünülmektedir.

Deprem lojistiği kapsamında döngüsel lojistik faaliyetleri incelendiğinde malzeme ve atık yönetimi, yardım malzemelerinin yeniden kullanımı ve geri dönüşüm operasyonlarına odaklanıldığı görülmüştür. Döngüsel lojistik faaliyetleri, deprem sonrası oluşan atıkların kontrol altında tutulmasını sağlarken aynı zamanda çevresel tahribatın azalmasını da sağlamaktadır. Yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerin lojistik operasyonlarda tercih edilmesi deprem lojistik faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izinin azaltılmasına olanak sağlamaktadır. Kitabımızın ilerleyen bölümlerinde bu alanda uygulamaya geçmiş olan örnekler üzerinde durulmuştur.

○ *Yeşil Ulaşım:* Çevresel sürdürülebilirlik trendleri arasında yer alan bir diğer deprem lojistik trendi ise yeşil ulaşımdır. Yeşil ulaşım en genel ifadeyle, deprem lojistik operasyonlarında ulaşımdan kaynaklanan emisyon oranını minimum seviyede tutmak olarak ifade edilebilir. Bu alanla ilgili yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde, ulaşımdan kaynaklı emisyon oranlarının azalması için yardımın gideceği yer ile dağıtım noktası arasında optimizasyon modellerinin kurulduğu görülmektedir. Mesafenin kısa olması aynı desteklerin en hızlı şekilde ihtiyaç bölgesine ulaşmasını sağlamakla birlikte fosil yakıt kaynak kullanımını da azalttığı ifade edilmektedir. Bir diğer yaklaşım ise düşük emisyonlu araçların saha içerisinde kullanılmasıdır. Afet bölgesinde elektrikli veya hibrit araçların kullanılması ulaşımdan kaynaklı karbon ayak izini azal-

tan kriterler arasında yer almaktadır. Yeşil ulaşım çerçevesinde ele alınan bir başka konu ise multi modal taşıma sistemidir. Farklı ulaştırma modlarının birbirleriyle entegre olması aynı desteklerin etkin ve hızlı bir şekilde deprem bölgesine erişimini sağlarken aynı zamanda ulaşımdan kaynaklı emisyonların azalmasında etkili olacaktır.

2.3. Küresel Ölçekte Uygulamaya Geçen Deprem Lojistik Trendleri: Dünyadan Örnekler

Çağımızın gerekliliği ve teknolojinin her geçen gün gelişmesiyle birlikte afet lojistiğinde uygulanan yenilikçi çözümler de giderek artış göstermektedir. Hızlı ve etkin çözümler insani yardım lojistik operasyonlarında kilit rol oynarken günümüzde bu kilit kriterlerin yanına sürdürülebilir çözümlerde eklenmiştir. Küresel iklim değişiminin etkisiyle birlikte artan doğal afetler bu alanda sürdürülebilir çalışmaların artmasına neden olan önemli bir parametre olmuştur. Yapılan araştırmalar neticesinde teorikte ve bilimsel araştırmalarda bu konu hakkında birden fazla çalışmanın olduğu görülmektedir. Kitabımızın önceki bölümlerin deprem lojistiğinde kullanılan trend çözümlerden teorik olarak bahsedilmiştir.

Kitabımızın bu bölümünde dünyada uygulamaya geçen afet (deprem ve insani yardım) lojistiği trendleri üzerinde durulmuştur. Deprem lojistiği kapsamında yapılan yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler incelendiğinde, küresel ölçekte teoride bahsedilen çalışmalarının büyük bir kısmının uygulamaya da geçirildiği görülmektedir. Küresel ölçekte en çok karşılaşılan deprem lojistik trendleri *Şekil 1’de* gösterilmiştir. Bu trendlerin işleyişleri incelenen vaka örnekleri üzerinden aktarılacak konunun gerçekçiliği ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 1 Küresel Afet Lojistiği Vaka Örnekleri

Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri (IFRC) Bölgesel Depo Kurulumu

Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Dernekleri Federasyonu (IFRC), afetlere hızlı müdahale edebilmek için Asya, Afrika, Avrupa ve Orta Doğu gibi bölgelere stratejik depolar yerleştirilmiştir. Bu depolar insani yardım malzemelerinin hızlı ve etkin bir şekilde afet bölgelerine ulaştırılması için konumlandırılmıştır. Bu tür stratejik konumlandırılan depolar lojistik operasyonlarda hız ve etkinlikle birlikte, karbon ayak izini azaltmada da etkili bir çözüm olarak görülmektedir.

Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi Asya-Pasifik Bölgesi

IFRC, insani yardım operasyonlarında çevresel sürdürülebilirliği ön planda tutmak için Asya-Pasifik bölgesindeki Filipinler, Nepal ve Bangladeş'te bir proje gerçekleştirmiştir. Bu proje sonucunda sera gazı emisyonlarını haritalamak, tedarik zincirindeki emisyon yoğunluğunun yaşandığı departmanları tespit etmek ve sürdürülebilir çözümlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Proje süresince Filipinler, Nepal ve Bangladeş'teki afet operasyonları incelenmiş olup afet yardım ürünlerinin üretimi, taşınması ve bertaraf süreçleri gözlemlenmiştir. Tedarik zincirindeki ürünlerin yaşam döngüsü boyunca sera gazı salımları ölçülmüştür. Bu bağlamda sera gazı salımlarının azaltılması için kurum tarafından stratejiler geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen lojistik faaliyetlerde, yenilebilir enerji kaynak kullanımı, geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı ve araç optimizasyonları gibi yenilikçi çözümler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda IFRC personeline karbon emisyonu değerlendirme eğitimleri vermiştir. Bu proje, afet ve deprem lojistiğinde çevresel sürdürülebilirlik açısından küresel bir örnek teşkil etmektedir [40].

İran Bam Depremi 2003

26 Aralık 2003 tarihinde İran Bam'da 6.6 Mw şiddetinde gerçekleşen depremin ardından yaşanan can ve mal kaybı oldukça büyük olduğu ifade edilmiştir. Deprem sonrası gerçekleştirilen müdahalelerde döngüsel lojistik faaliyetleri ve çevresel sürdürülebilirlik ön plana çıkarılmıştır. Deprem sonrası yürütülen faaliyetlerde öne çıkan uygulama ve çalışmalar incelendiğinde atık yönetimi, ürünlerin geri dönüşümü ve yerel kaynak kullanımının ön planda tutulduğu görülmektedir.

Bam depreminde kullanılan teknolojik sistemler ise uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak afetin geride bıraktığı etkiyi analiz etmek için kullanılmıştır. Depremden sonra iyileştirme sürecinde yer alan yeniden yapılanma çalışmalarında erken uyarı sistemleri geliştirilerek şehirde daha dirençli bir yapının oluşması sağlanmıştır. Deprem

sonrası iyileştirme süreçlerinden sonra hızlı müdahale kapasitesinin geliştirildiği, geri dönüşüm ve yeşil lojistik uygulamaları sayesinde inşaat atıklarının minimize edildiği görülmüştür [68].

Muzafferabad Depremi 2005: Hurda Metal Kurtarma

2005 yılında Pakistan, Muzafferabad uygulanan proje de afet sonrası oluşan enkazdan geri dönüştürülebilir metal malzemelerin kurtarılması ve malzemelerin yeniden kullanılması hedeflenmiştir. Proje yerel otoriterler ve insani kuruluşların birlikte çalışması ile gerçekleştirilmiştir. Ayırıştırma süreci manuel olarak yapılmıştır. Projenin sonucunda malzemelerin geri kazanılması, enkazın çevresel etkisini minimize etmek gibi çıktılar ifade edilmiştir [97].

Çin Sichuan Depremi 2008: Çoklu Taşıma Yöntemleri ile Malzeme Dağıtımı

12 Mayıs 2008 tarihinde Çin'in Sichuan eyaletinde yaşanan 7.9 büyüklüğündeki deprem bölgede ciddi hasarlara neden olmuştur. Afet sonrası bölgede yaşanan altyapı sorunları acil yardım malzemelerinin taşınmasında problemlere neden olmuştur. Aynı yardımların en kısa sürede afet bölgesine ulaşması için helikopter, kamyon ve drone kombinasyonuna dayalı afet lojistiği modeli uygulanmıştır. Model sayesinde yaşanan altyapı hasarlarından dolayı aksayan deprem lojistik faaliyetleri başarılı bir şekilde sonuçlanmıştır [61,82].

Myanmar, Kungyangone Bölgesi'nde Afet Sonrası Sürdürülebilir Barınma Çözümleri ve Toplum Katılımı 2008-2010

Myanmar, Kungyangone bölgesinde UN-Habitat, Yeni Zelanda Hükümeti ve Norveç Dışişleri Bakanlığı tarafından 2008 başlatılmış ve 2010 uygulamaya geçmiş projede amaç deprem ve fırtına sonrası yerinden olmuş insanlara dayanıklı barınakların sağlanmasıdır. Proje kapsamında barınakların tasarımında yerel malzemelerin kullanılması ve sürece bölgede bulunan insanların dahil edilmesi sürdürülebilir kalkınmanın üç temel boyutunu (sosyal, ekonomik ve çevresel) da kapsamıştır [97,98].

Haiti Depremi 2010

2010 tarihinde gerçekleşen Haiti depremi, bölgede büyük bir etki yaratmıştır. Deprem sonrası yaşanan problemlere çözüm getirmek ve iyileşme sürecinin hızlı gerçekleşmesi için afet bölgesinde çeşitli projeler/uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Çevresel sürdürülebilirlik kapsamında gerçekleştirilen deprem sonrası moloz yönetimi projesi, ABD hükümeti tarafından desteklenerek başla-

tılmıştır. Proje süreci Haiti işçilerinin katılımıyla deprem bölgesindeki molozların temizlemesi ve geri dönüşümünü kapsamaktadır. Depremden sonra ortaya çıkan 10 milyon metreküp molozun kaldırılması ve yeniden kullanılması projenin amacı olarak belirtilmiştir. Gerçekleştirilen proje sonucunda, 1 milyon metreküpten fazla molozun “Cash for Work” programıyla çoğunluğu Haiti işçileri olan ekipler tarafından temizlendiği ifade edilmektedir. Proje çıktısı sürdürülebilirlik kapsamında incelendiğinde; toplumsal katılım ve istihdamla sosyal sürdürülebilirlik sağlanırken, molozların yeniden kullanılması çevresel sürdürülebilirlik kapsamında ele alınmıştır [43].

Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay Federasyonu (IFRC), “Green Response” projesi kapsamında Haiti depremi sonrası müdahale sürecinde sürdürülebilirlik merkezli deprem lojistik operasyonları gerçekleştirmiştir. Afet bölgesine gönderilen malzemelerin karbon ayak izini azaltmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Geri dönüştürülebilir barınma malzemelerinin kullanılması ve güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin kurulması yürütülen lojistik operasyonlarda çevresel sürdürülebilirliği ortaya çıkarmıştır [39].

İletişim sistemleri altyapı hasarlarıyla ilgili bölgede yapılan çalışma ve uygulamalar incelendiğinde karşımıza SERVAL ve TERA projeleri çıkmaktadır. Deprem sonrası iletişim sistemlerinin çökmesi SERVAL projesinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. SERVAL projesi afet lojistiğinde kullanılan teknolojik sistemlerden proaktif teknoloji grubunda yer almaktadır. SERVAL projesi afet sonrası baz istasyonuna ihtiyaç duyulmadan mobil telefonların doğrudan iletişim içerisinde olmasını sağlayan teknoloji projesidir. TERA (Trilogy Emergency Relief Application) teknolojisi ise 2010 yılı Haiti depreminde görev alan ekipler arasında iki yönlü SMS iletişimi olan bir sistem olarak ifade edilmiştir. Bahsi geçen iki sistemde afet sonrası iletişim altyapısı için önemli bir kaynak olmuştur [90].

Japonya Tōhoku Depremi: 2011

11 Mart 2011 tarihinde Japonya Tōhoku’da gerçekleşen 9.0 Mw şiddetinde depremde büyük oranda can ve mal kaybı yaşanmıştır. Afet sonrası lojistik yönetimi incelendiğinde merkezi ve yerel yönetimlerle birlikte özel sektör ve STK’larda sahada aktif olarak yer aldığı belirtilmiştir. Lojistik trendler açısından incelemeler yapıldığında önceden konumlandırılmış bölgesel afet lojistik merkezlerinin, deprem sonrası gerçekleştirilen müdahalede hızlı ve etkin bir rol oynadığı ifade edilmiştir. Otomatik stok yönetimi sistemleri ile aynı destekler için planlanmış lojistik operasyonlar gerçek zamanlı izlenmiştir. Deprem sonrası kullanılan drone ve robot

teknolojileri tehlikeli ve ulaşılması zor olan yerlerde kullanılarak arama kurtarma çalışmalarına hız kazandırmıştır. Yürütülen lojistik operasyonlar çevresel sürdürülebilirlik ve döngüsel lojistik faaliyetleri kapsamında incelendiğinde deprem sonrası enkaz yönetimi için geri dönüşüm stratejisi uygulanmış, uygulama neticesinde deprem sonrası 25 milyon ton enkazın %95'inin geri dönüştürüldüğü ifade edilmiştir. Bu durum afet sonrası lojistik operasyon uygulamalarında ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği ön plana çıkarmaktadır. [15]

Nepal Depremi 2015: NASA FINDER ve İHA

25 Nisan 2015 tarihinde 7,8 büyüklüğünde gerçekleşen Nepal Gorkha Depremi etkisinin 20 atom bombası gücünde olduğu ifade edilmiştir [12]. Deprem sonrası enkaz altındaki canlılara ulaşmak için gündeme gelen NASA FINDER, teknolojisi bir çanta büyüklüğünde olup, 6-7 m kalınlığında beton altında veya 10 m'ye kadar enkaz altında kalan canlıların kalp atışlarının tespit edilerek kurtarılmasına olanak sağlamıştır [90]. ABD Uzay ve Havacılık Dairesi'nin geliştirmiş olduğu bu cihaz Türkiye'de 6 Şubat 2023 yılında yaşanan Kahramanmaraş merkezli deprem bölgelerinde de kullanılarak birçok afetzedenin kurtarılmasında etkili olmuştur [16].

Depremin etkisiyle ülke genelinde birçok uçak pisti ve yakıt ikmal tesislerinde ciddi hasarlar oluşmuştur. Yaşanan altyapı problemlerine karşı alternatif çözümler üretebilmek adına, hasar tespitlerinin somut bir şekilde ortaya çıkartılması için afet bölgesinin 3 boyutlu haritalandırılmasında İHA'lar kullanılmıştır. Enkaz altında kalan afetzedelerin tespiti için İHA'ların termal kamera ile donatılarak arama kurtarma çalışmalarını kolaylaştırıldığı belirtilmiştir [26].

Sürdürülebilir Filo Yönetimi 2017: Costa Rica Kızılhaç Örneği

Yapılan araştırmalar neticesinde büyük ve özel filolara sahip alan (özellikle ambulans vb.) kurumların lojistik faaliyetlerde sera gazı emisyonlarındaki artışa önemli ölçüde katkı sağlandığı belirtilmiştir. Bu durumun önüne geçebilmek için filo yönetimlerinde yenilikçi çözümler üzerinde çalışması gerektiği ortaya çıkarılmıştır. 2017 yılında Costa Rica Kızılhaç Federasyonu ulaşımdan kaynaklı sera gazı salımlarının azaltılması ve operasyonlarını daha verimli hale getirmek için bir filo projesi başlatmıştır. Proje süresi boyunca filo varlıkları yaşam döngüleri boyunca izleyip kontrol edilmiştir ayrıca yakıt tasarrufu sağlamak için analizlerde bulunulmuştur. Proje kapsamında araç takip sistemlerinin de kullanılması ve mevcut yazılımlara entegrasyonu sayesinde filo yönetiminde etkili bir kontrol sağlandığı ifade edilmiştir. Bu kontrol sistemi

operasyon süreçleri boyunca gerçek veri akışı sağladığından operasyonlardaki verimliliğin gözle görülür şekilde artış gösterdiği belirtilmiştir.

Projenin sonucunda ortaya çıkan çıktılar incelendiğinde ise 4 yıllık alınan tedbirler kapsamında yakıt tüketimi ve sera gazı emisyon oranlarında %19 azalma, kazalarda ise %50 azalma olduğu ifade edilmiştir. Bu proje çıktıları sayesinde yılda yaklaşık 113.000 dolarlık tasarruf sağlandığı ortaya çıkarılmıştır. Costa Rica'da gerçekleştirilen bu proje diğer ulusal dernekler için sürdürülebilir filo yönetimlerinde bir model niteliğinde görüldüğü belirtilmiştir [75].

Mozambik'te Sürdürülebilir Geçici Barınak Modelleri 2019

2019 yılı Mart ayında Mozambik'te gerçekleşen bir doğal afet sonucunda bir çok insanın evinde ciddi hasar görmüş veya tamamen yok olduğu belirtilmiştir. Bu olayın neticesinde Mozambik Kızılhaç federasyonu ve IFRC, afetin etkilerini azaltmak için ve afet bölgesini yeniden inşa etmek amacıyla sürdürülebilir geçici barınak modellerini geliştirdiği ifade edilmektedir. Sürdürülebilir barınak tasarımı sürecinde öncelikle malzemelerin yerel ve biyolojik olarak parçalanabilen ürünler olduğu belirtilmiştir. Malzeme kullanımında yerli malzemelerin kullanılması ayrıca, barınakların tasarlaması için gerekli olan malzemelerin taşımadaki emisyon oranını azaltmıştır. Afetzedelerin sürece dahil edilmesi ise çevresel sürdürülebilirliği ve toplumsal faydayı birleştiren örnek bir yaklaşım olarak ifade edilmektedir. Gerçekleştirilen bu proje sonucunda sürdürülebilir geçici barınak modellerinin afet sonrası iyileşme sürecinde doğayla uyumlu, maliyet etkin ve uzun vadeli çözümler sunacağı kanıtlanmıştır [75].

Yemen'de Döngüsel Ekonomiyle Sürdürülebilir Afet Lojistiği

Dünya Gıda Programı (WFP), 2018 yılında Yemende gerçekleştirdiği projede insani yardım operasyonlarında döngüsel ekonomi prensiplerini ön plana çıkarmıştır. WFP Yemen, depolarda sayıca fazla olan ve hasarlı malzemelerin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı için proje başlatmıştır. Bölgedeki (yerel) atık yönetimi sağlayıcılarıyla iş birliği sağlayarak depolarda bulunan plastik, ahşap ve kâğıt gibi malzemeler geri dönüştürülmüştür. Proje neticesinde 2018-2023 yılları arasında 12 depodan 3.614 ton malzeme toplandığı, toplanan malzemelerden yaklaşık 315.018 USD gelir elde edildiği belirtilmiştir. Gerçekleştirilen proje hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik bakımından ele alınmıştır. Toplanan malzemelerin yeni ürünlere dönüştürülerek piyasaya kazandırılması ekonomik sürdürülebilirlik olarak görülürken, atıklardan kaynaklanan sera gazı ve çevresel bozulmaların azalması çevresel sürdürülebilirlik çerçevesinde ele alınmıştır. Bu proje sonucunda döngüsel ekonomi faaliyetinin

insani yardım operasyonları üzerindeki sürdürülebilir etkisi ortaya çıkarılmıştır [102].

Mozambik Güneş Enerjisi ile Temiz Suya Erişim

IFRC, tarafından 2019-2020 yılları arasında Mozambik'te gerçekleştirilen proje doğa temelli çözümlerle afet risklerini azaltma yönünde öne çıkan önemli projeler arasında yer almaktadır. Enerji altyapısında problem yaşayan veya hiç elektrik olmayan afet bölgelerinde suya erişimi sağlamak için ortaya çıkarılmış bu projede su pompalarına güneş enerjisi sistemlerinin entegre edilmesiyle suya erişim için sürdürülebilir çözüm sağlanmıştır. Entegre edilen sistemlerin depolama birimleri sayesinde hava koşullarının uygun olmadığı (bulutlu vb.) zaman dilimlerinde bile sistemin aktif bir şekilde çalışması sağlanmıştır. Özellikle Mozambik, Bangladeş ve Güney Asya'da uygulanan pilot çalışmaların başarıyla gerçekleştiği belirtilmiştir. Başarıyla sonuçlanan projesinin uygulama alanları da zamanla yaygınlaşmıştır [38].

Vanuatu Depremi ve Tsunamisi 2020: Blockchain

7 Eylül 2020 tarihinde Pasifik Ada ülkesi olan Vanuatu'da 6.6 büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir. Deprem sonrasında gerçekleşen afet yardımı ve lojistik yönetimi geleneksel nakit yardımların aksine, dijital para transferi ile blockchain tabanlı finansal sistemlerin afet lojistiğinde nasıl entegre edildiğini gösteren bir vaka çalışması olarak karşımıza çıkmaktadır. Öncelikle afet bölgesindeki insanlara blockchain tabanlı dijital hesaplar açılmıştır. Yardım ödemeleri doğrudan açılmış olan dijital cüzdanlara aktarılmıştır. Marketlerde, barınma tesislerinde ve sağlık merkezlerinde dijital cüzdanlarla öneme yapılmıştır. Akıllı sözleşmeler yapılarak yardımların doğru kişilere ulaşılması sağlanmıştır. Vanuatu depreminde uygulanan blockchain lojistik açıdan değerlendirildiğinde; yardımların hangi kişilere ulaştığı sistem üzerinden kontrol edildiği için aynı desteklerde şeffaflık sağlanmıştır. Geleneksel yardım dağıtımlarına göre daha hızlı ve etkin bir süreç gerçekleştirilmiştir. Banka sistemlerine bağımlılık ortadan kaldırılmıştır. Çevresel sürdürülebilirlik kapsamında ise bu yeni sistemle kâğıt bazlı işlemler ve aynı desteklerin taşınmasından dolayı ortaya çıkan karbon ayak izi azaltılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde blockchain teknolojisiyle yardım operasyonlarında verimliliğin arttığı, finansal şeffaflığın artmasıyla aynı yardımların kötüye kullanım ihtimallerinin azaldığı ortaya çıkarılmıştır. Afet sonrası finansal yardımlar için Blockchain tabanlı sistemlerin yaygınlaştırılması gerektiği ifade edilmiştir [96, 98].

Luding Depremi 2022: İnovatif Çözümler

5 Eylül 2022 yılında Sichuan, Luding’de meydana gelen 6.8 büyüklüğünde deprem sonrasında, hava araçları (İHA) ile deprem bölgesine yardım desteklerinde bulunulmuştur. Afet operasyonlarının yürütülmesinde İHA’lar büyük avantaj sağlamıştır. İHA’ların kullanım alanları haritalama, iletişim ve hasar tespiti olarak ifade edilmiştir. Gerçek zamanlı görüntü işleme sayesinde afet lojistik operasyonlarının işleyiş ve planlanmasında da sahada büyük avantaj sağlamıştır [83].

Türkiye Kahramanmaraş Depremi 2023: Afet Lojistiğinde İleri Teknoloji Uygulamaları

6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye’de gerçekleşen, literatürde “asrın felaketi” olarak ifade edilen Kahramanmaraş merkezli deprem, 11 ili etkisi altına almıştır. Kahramanmaraş depremleri şiddeti ve etkisi ile yerel ve küresel ölçekte büyük yankı uyandırmıştır. Birden fazla şehri etkisi altına alan depremin afet yönetimi kolay olmamıştır. Zamanla yarışılan bu süreçte, afet lojistik operasyonlarının daha hızlı ve etkili olabilmesi açısından birçok ileri teknolojik sistemler kullanılmıştır.

Keşif, gözetleme ve görüntüleme sistemleriyle (Duvar Arkası Radar STM, Kargu İHAİ, Bayraktar TB2 ve Akıncı İHA) deprem bölgesinde enkaz altında kalmış birçok depremzedeye ulaşılmıştır.

Muhabere ve haberleşme sistemleriyle (JAMUS ve Aksungur İHA) iletişimin sağlanması gerçekleştirilmiştir.

Deprem sonrası enerji altyapı hasarlarının oluşması nedeniyle Enerji depolama sistemleri (Apılsan Sabit ve Taşınabilir Depo sistemleri) kullanılarak deprem bölgesindeki enerji ihtiyacı karşılanmaya çalışılmıştır.

Deprem sonrasında ulaşım altyapı problemlerinden dolayı malzeme ve yük taşınmasında bazı bölgelerde insansız hava aracı (İHA) ve insansız kara araçları (İKA) kullanılmıştır.

Deprem bölgelerinde kullanılan çeşitli ileri teknoloji sistemleri afet lojistik operasyonlarının hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleşmesinde büyük katkı sağlamıştır [90].

Sonuç

Yıkıcı afetler arasında listenin başında yer alan deprem, şiddetine göre etkisi paralellik göstermektedir. Deprem beklenmeyen ve ani gelişen bir afet olduğundan müdahalesinde hız ve etkin yönetim çok önemlidir. Son yıllarda yaşanan afetler incelendiğinde yaşanan deprem sayısındaki ar-

tısla birlikte büyüyen şiddet de dikkat çekmektedir. Depremler şiddetine göre incelendiğinde sadece deprem bölgesini değil, depremin yaşandığı ülkeyi hatta ülkenin bağlantılı olduğu diğer ülkeleri de etkisi altına almaktadır. Bu durumda deprem lojistiğinin önemini bir kez daha karşımıza çıkartmaktadır. Başarısız bir deprem lojistik yönetimi beraberinde birçok problemi getirmektedir. Dolayısıyla deprem lojistiğinde deprem öncesi- deprem anı ve deprem sonrası planlamaların doğru biçimde oluşturulması gerekmektedir. Her bir sürecin kendi içerisinde büyük bir önemi vardır.

Küresel ölçekte yapılan çalışma ve uygulamalar incelendiğinde deprem lojistiğinde uygulanan yenilikçi çözümler yıllara göre gelişim göstermektedir. Deprem lojistiği kapsamında gerçekleştirilen trendler göz önünde bulundurulduğunda çağımız gereği teknolojik trendlerin daha çok ön planda tutulduğu görülmektedir. Yıllar geçtikçe de teknolojik alanda yapılan çalışmaların gelişimi ve yenilikçi yüzü daha fazla ön plana çıkacaktır.

Son yıllarda yaşanan depremlerin nedenleri araştırıldığında küresel iklim değişiminin de depremleri tetikleyen bir kriter olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla çevresel sürdürülebilirliğin ön planda tutulduğu deprem lojistik operasyonlarının gelecek yıllarda ve çalışmalarda daha fazla ön plana çıkarılmalıdır. Deprem lojistik faaliyetlerinde hız ve etkin müdahale önemliyen günümüzde bu kriterlere çatı görevi görecektir çevresel sürdürülebilirlik eklenmelidir. Çevresel sürdürülebilirlik kapsamında gerçekleştirilmeyen tüm lojistik operasyonlar yeni bir afetin oluşmasına neden olacaktır.

Kaynakça

1. Abdullah, M. F., Ibrahim, M., & Zulkifli, H. (2017, April). Big data analytics framework for natural disaster management in Malaysia. In International Conference on Internet of Things, Big Data and Security (Vol. 2, pp. 406-411). SCITEPRESS.
2. Adeel, A., Gogate, M., Farooq, S., Ieracitano, C., Dashtipour, K., Larijani, H., & Hussain, A. (2019). A survey on the role of wireless sensor networks and IoT in disaster management. *Geological disaster monitoring based on sensor networks*, 57-66.
3. Adıgüzel, S. (2022). Afet durumlarında yapay zekâ teknolojisi ile lojistik yönetimi örnekleri. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 7(1), 47-70.
4. AFAD. (n.d.). AFAD Acil mobil uygulaması. AFAD İstanbul İl Müdürlüğü. Retrieved December 25, 2024, from <https://istanbul.afad.gov.tr/afad-acil-mobil-uygulamasi>
5. Akter, S., & Wamba, S. F. (2019). Big data and disaster management: a systematic review and agenda for future research. *Annals of Operations Research*, 283, 939-959.
6. Alberto, Regattieri., Mauro, Gamberi., Marco, Bortolini., Francesco, Piana. (2018). Innovative Solutions for Reusing Packaging Waste Materials in Humanitarian Logistics. *Sustainability*, 10(5):1587-. doi: 10.3390/SU10051587
7. Albrecht, T., Baier, M. S., Gimpel, H., Meierhöfer, S., Röglinger, M., Schlüchtermann, J., & Will, L. (2024). Leveraging digital technologies in Logistics 4.0: Insights on affordances from intralogistics processes. *Information Systems Frontiers*, 26(2), 755-774.
8. AlShaer, M., Taher, Y., Haque, R., Hacid, M. S., & Dbouk, M. (2019). IBRIDIA: A hybrid solution for processing big logistics data. *Future Generation Computer Systems*, 97, 792-804.
9. Agata, Mesjasz-Lech., Pál, Michelberger. (2019). Sustainable Waste Logistics and the Development of Trade in Recyclable Raw Materials in Poland and Hungary. *Sustainability*, 11(15):4159-. doi: 10.3390/SU11154159
10. Asencio-Cortés, G., Morales-Esteban, A., Shang, X., & Martínez-Álvarez, F. (2018). Earthquake prediction in California using regression algorithms and cloud-based big data infrastructure. *Computers & Geosciences*, 115, 198-210.
11. Barnabas, G. P. L., Citrawati, H., Santoso, T. A., & Surantha, N. (2023, April). Internet of Things in disaster management systems: A systematic review. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2594, No. 1). AIP Publishing.
12. BBC News Türkçe. (2015, Nisan 27). Nepal'deki deprem 20 atom bombası gücünde https://www.bbc.com/turkce/haberler/2015/04/150427_nepal_deprem Erişim Tarihi: 29.01.25

13. Bhatia, V., & Tyagi, V. (2019). Solar Energy and Disaster Resilience: Case Studies and Best Practices. *International Journal of Modern Multidisciplinary Studies and Applications (IJMMSA)*, 11(1).
14. Bhuiya, M. M. R., Shao, W., & Jones, S. (2023). Measuring accessibility of movement challenged persons during earthquake evacuation of Dhaka City, Bangladesh: A participatory GIS-Based approach. *Applied geography*, 156, 102974.
15. Cabinet Office, Government of Japan. (2021). *Disaster management in Japan*. Cabinet Office, Government of Japan.
16. Capital. (2023). NASA'nın deprem bölgesine gönderdiği FINDER nedir, nasıl çalışır?. Capital. <https://www.capital.com.tr/haberler/tum-haberler/nasanin-deprem-bolgesine-gonderdigi-finder-nedir-nasil-calisir> erişim tarihi: 29.01.25
17. Chowdhury, S., Emelogu, A., Marufuzzaman, M., Nurre, S. G., & Bian, L. (2017). Drones for disaster response and relief operations: A continuous approximation model. *International Journal of Production Economics*, 188, 167-184.
18. Cumbane, S. P., & Gidófalvi, G. (2019). Review of big data and processing frameworks for disaster response applications. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(9), 387.
19. Dindarık, N., & Atabey, A. (2024). Future of Earthquake-Based Disaster Logistics and Futuristic Approaches. *Journal of Social Sciences And Education*, 7(2), 257-278.
20. Dingil, A. E., & Pribyl, O. (2024). Understanding state-of-the-art situation of transport planning strategies in earthquake-prone areas by using AI-supported literature review methodology. *Heliyon*.
21. Ehsani, B., Karimi, H., Bakhshi, A., Aghsami, A., & Rabbani, M. (2023). Designing humanitarian logistics network for managing epidemic outbreaks in disasters using Internet-of-Things. A case study: An earthquake in Salas-e-Babajani city. *Computers & industrial engineering*, 175, 108821.
22. Elvira, Rodríguez-Ríos., Benjamín, García-Páez., Ariel, Mera-Moreira. (2022). Appropriate management of earthquake generated waste: Lessons from the 2016 earthquake in Ecuador. *Disaster Advances*, 15(7):1-9. doi: 10.25303/1507da01009
23. Erokhin, D., & Komendantova, N. (2024). Social media data for disaster risk management and research. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 114, 104980.
24. Feng, C. M., & Wang, T. C. (2003). Highway emergency rehabilitation scheduling in post-earthquake 72 hours. *Journal of the 5th Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5(3281), 3276-3285
25. Feng, Z., Li, G., Wang, W., Zhang, L., Xiang, W., He, X., ... & Wei, N. (2023). Emergency logistics centers site selection by multi-criteria decision-making and GIS. *International journal of disaster risk reduction*, 96, 103921.

26. Fırat, S. & Dabak, R. (2023). Afetlerde Yardım Malzemeleri Ulaştırmasında İnsansız Hava Aracı Kullanımı. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 7(Özel Sayı), 35-58.
27. Flor, Hernández-Padilla., Marisol, Anglés. (2021). Earthquake Waste Management, Is It Possible in Developing Countries? Case Study: 2017 Mexico City Seism. *Sustainability*, 13(5):2431-. doi: 10.3390/SU13052431
28. Georgina, Davis., J., H., Song. (2006). Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. *Industrial Crops and Products*, 23(2):147-161. doi: 10.1016/J.INDCROP.2005.05.004
29. Ghelichi, Z., Gentili, M., & Mirchandani, P. B. (2022). Drone logistics for uncertain demand of disaster-impacted populations. *Transportation research part C: emerging technologies*, 141, 103735.
30. Giuseppe, Bonifazi., Giuseppe, Capobianco., Silvia, Serranti., Oriana, Trotta. (2023). An innovative approach based on hyperspectral imaging for an automatic characterization of post-earthquake building waste. 12428:1242811-1242811. doi: 10.1117/12.2648405
31. Google Crisis Response. (n.d.). Google Crisis Response. Retrieved December 25, 2024, from <https://crisisresponse.google/>
32. Gulesan, O. B., Anil, E., & Boluk, P. S. (2021). Social media-based emergency management to detect earthquakes and organize civilian volunteers. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 65, 102543.
33. Gulzari, A., & Tarakci, H. (2021). A healthcare location-allocation model with an application of telemedicine for an earthquake response phase. *International journal of disaster risk reduction*, 55, 102100.
34. Hunt, K., & Zhuang, J. (2022). Blockchain for disaster management. In *Big Data and Blockchain for Service Operations Management* (pp. 253-269). Cham: Springer International Publishing.
35. Habib, A., Alnaemi, A., & Habib, M. (2024). Developing a framework for integrating blockchain technology into earthquake risk mitigation and disaster management strategies of smart cities. *Smart and Sustainable Built Environment*.
36. Hunt, K., Narayanan, A., & Zhuang, J. (2022). Blockchain in humanitarian operations management: A review of research and practice. *Socio-Economic Planning Sciences*, 80, 101175.
37. Hsien, H., Khoo., Reginald, B., H., Tan. (2010). Environmental impacts of conventional plastic and bio-based carrier bags: Part 2: end-of-life options (PACKAGING SYSTEMS). *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(4):338-345. doi: 10.1007/S11367-010-0163-8
38. Hartelius, J., & Green Response Working Group. (2020). Red Goes Green: Barriers and enablers for effectively greening practices and strengthening environmental sustainability across the International Red Cross Red Crescent Movement. International Red Cross Red Crescent Movement
39. Hromas, L. (2017). Mainstreaming the environment within humanitarian operations: Identifying key factors for effective implementation of a green

- approach to procurement within the International Federation of the Red Cross (Master's thesis). Lund University, Sweden.
40. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. (2017). Greening IFRC supply chains: Mapping our GHG emissions.
 41. Izadi, E., Nikbakht, M., Feylizadeh, M. R., & Shahin, A. (2023). A system dynamics model in the humanitarian supply chain based on blockchain technology. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 96, 103977.
 42. Jaber, M. M., Ali, M. H., Abd, S. K., Jassim, M. M., Alkhayyat, A., Aziz, H. W., & Alkhuwaylidee, A. R. (2022). Predicting climate factors based on big data analytics based agricultural disaster management. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 128, 103243
 43. Joint UNEP/OCHA Environment Unit. (2016). Environment and humanitarian action: Haiti country study. Geneva, Switzerland: United Nations Environment Programme (UNEP)
 44. Kawatsuma, S., Fukushima, M., & Okada, T. (2012). Emergency response by robots to Fukushima-Daiichi accident: summary and lessons learned. *Industrial Robot: An International Journal*, 39(5), 428-435.
 45. Küçük, K., Bayılmış, C., Sönmez, A. F., & Kaçar, S. (2019). IoT teknolojilerini kullanan afet sonrası yönetim sistemi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 7(2), 298-305
 46. Lam, C. Y., Tai, K., & Cruz, A. M. (2021). Topological network and GIS approach to modeling earthquake risk of infrastructure systems: a case study in Japan. *Applied geography*, 127, 102392.
 47. Liu, K. (2022). GIS-based MCDM framework combined with coupled multi-hazard assessment for site selection of post-earthquake emergency medical service facilities in Wenchuan, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 73, 102873.
 48. Li, L., Bensi, M., & Baecher, G. (2023). Exploring the potential of social media crowdsourcing for post-earthquake damage assessment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 98, 104062.
 49. Li, T. (2024). Emergency logistics resource scheduling algorithm in cloud computing environment. *Physical Communication*, 64, 102340.
 50. Liu, K., Zhai, C., Dong, Y., & Meng, X. (2022). Post-Earthquake Functionality Assessment of Urban Road Network Considering Emergency Response. *Journal of Earthquake Engineering*, 27(9), 2406–2431. <https://doi.org/10.1080/13632469.2022.2113001>
 51. Liu, K., Zhai, C., Dong, Y., & Meng, X. (2023). Post-earthquake functionality assessment of urban road network considering emergency response. *Journal of Earthquake Engineering*, 27(9), 2406-2431.
 52. Maghami, M. R., Maghoul, A., Dehkohne, S. S., Gomes, C., Hizam, H., & Othman, M. L. B. (2016, October). Hybrid renewable energy as power supply for shelter during natural disasters. In 2016 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS) (pp. 34-39). IEEE.

53. Manqerios, W. (2017). Solar Power Utilization as an Alternative Energy Resource for Disaster Relief.
54. Mızrak, S. (2024). Public's social media use during the Kahramanmaraş earthquakes on 6 February 2023. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 108, 104541.
55. Micangeli, A., Michelangeli, E., & Naso, V. (2013). Sustainability after the thermal energy supply in emergency situations: The case study of Abruzzi Earthquake (Italy). *Sustainability*, 5(8), 3513-3525.
56. Mishra, B., Garg, D., Narang, P., & Mishra, V. (2020). Drone-surveillance for search and rescue in natural disaster. *Computer Communications*, 156, 1-10.
57. Murphy, R. R. (2017). *Disaster robotics*. MIT press.
58. Nagendra, N. P., Narayanamurthy, G., & Moser, R. (2022). Management of humanitarian relief operations using satellite big data analytics: The case of Kerala floods. *Annals of operations research*, 319(1), 885-910.
59. Najafi, M., Eshghi, K., & Dullaert, W. (2013). A multi-objective robust optimization model for logistics planning in the earthquake response phase. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 49(1), 217-249. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2012.09.001>
60. Najafi, M., Eshghi, K., & de Leeuw, S. (2014). A dynamic dispatching and routing model to plan/re-plan logistics activities in response to an earthquake. *OR spectrum*, 36, 323-356. doi.org/10.1007/s00291-012-0317-0
61. NASA Earth Observatory. (2008). Earthquake near Chengdu, China. NASA. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/19947/earthquake-near-chengdu-china> Erişim Tarihi: 30.01.25
62. Naughton, B., Houchens, B., Summerville, B., Jimenez, T., Preus, R., Reen, D., ... & Lang, E. (2022, Mayıs). Savunma ve Afet Müdahale Görevleri için Yerleştirilebilir Rüzgâr Türbinleri için Tasarım Kılavuzları. *Journal of Physics: Conference Series* (Cilt 2265, No. 4, s. 042074). IOP Yayıncılık.
63. Nazlıcan, DİNDARİK., Ayşe, ATABEY. (2024). Future of Earthquake-Based Disaster Logistics and Futuristic Approaches. *Sosyal bilimler ve eğitim dergisi*, doi: 10.53047/josse.1536068
64. Nikkhah, S., Jalilpoor, K., Kianmehr, E., & Gharehpetian, G. B. (2018). Optimal wind turbine allocation and network reconfiguration for enhancing resiliency of system after major faults caused by natural disaster considering uncertainty. *IET Renewable Power Generation*, 12(12), 1413-1423.
65. Niyazi, M., & Behnamian, J. (2023). Application of cloud computing and big data in three-stage dynamic modeling of disaster relief logistics and wounded transportation: a case study. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), 38121-38140.
66. Ogie, R. I., James, S., Moore, A., Dilworth, T., Amirghasemi, M., & Whittaker, J. (2022). Social media use in disaster recovery: A systematic

- literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 70, 102783.
67. Olauson, J., Goude, A., & Bergkvist, M. (2015). Wind energy converters and photovoltaics for generation of electricity after natural disasters. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 97(1), 9-23.
68. Oliveira, C. S., Roca, A., & Goula, X. (Eds.). (2006). Assessing and managing earthquake risk: Geo-scientific and engineering knowledge for earthquake risk mitigation. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3608-8>
69. Papadopoulos, T., Gunasekaran, A., Dubey, R., Altay, N., Childe, S. J., & Fosso-Wamba, S. (2017). The role of Big Data in explaining disaster resilience in supply chains for sustainability. *Journal of cleaner production*, 142, 1108-1118.
70. Park, S., Oh, Y., & Hong, D. (2017). Disaster response and recovery from the perspective of robotics. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 18, 1475-1482.
71. Pwavodi, J., Ibrahim, A. U., Pwavodi, P. C., Al-Turjman, F., & Mohand-Said, A. (2024). The role of artificial intelligence and IoT in prediction of earthquakes. *Artificial Intelligence in Geosciences*, 100075.
72. Rajendran, S., Jadhav, S. A., Praba, J. A., Muthukumaran, D., Kiran, K., & Sharma, S. (2023, November). Leveraging the Internet of Things (IoT) for Disaster Management: Enhancing Resilience, Early Warning System in a Globally Connected World. In *2023 9th International Conference on Smart Structures and Systems (ICSSS)* (pp. 1-6). IEEE.
73. Ray, P. P., Mukherjee, M., & Shu, L. (2017). Internet of things for disaster management: State-of-the-art and prospects. *IEEE access*, 5, 18818-18835.
74. Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., & Treiblmaier, H. (2021). Humanitarian drones: A review and research agenda. *Internet of Things*, 16, 100434.
75. Reynolds, G., Casagrande, R., Ritthammer, S., & Sandberg, J. (2022). Green Response: Environmental Quick Guide. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Retrieved from <https://www.ifrc.org>
76. Rostamirad, S., Wang, K., & Marti, J. R. (2011, May). Power management in disasters: Application of loadshedding and wind turbine controller. In *2011 24th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)* (pp. 001511-001514). IEEE.
77. Sadegh, Kazemi., Mehdi, Mokhtari., Ali, Akbar, Vaezi., Ibrahim, Salmani., Mohammad, Hassan, Ehrampoush., Abbas, Ali, Dehghani, Tafti., Hossein, Fallahzadeh., Mojtaba, Fattahi, Ardakani. (2022). The challenges of strategic management of the wastage produced due to earthquake in Kermanshah and Varzaghan-Ahar: A qualitative study. *Journal of education and health promotion*, 11(1):393-393. doi: 10.4103/jehp.jehp_356_22

78. Sadidi, J., Fakourirad, E., & Zeaieanfirouzabadi, P. (2018). Designing a spatial cloud computing system for disaster (earthquake) management, a case study for Tehran. *Applied Geomatics*, 10, 99-111.
79. Sarker, M. N. I., Peng, Y., Yiran, C., & Shouse, R. C. (2020). Disaster resilience through big data: Way to environmental sustainability. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101769.
80. Shah, S. A., Seker, D. Z., Hameed, S., & Draheim, D. (2019). The rising role of big data analytics and IoT in disaster management: recent advances, taxonomy and prospects. *IEEE Access*, 7, 54595-54614.
81. Shan, H., Liu, Y., Shi, J., & Zhang, Y. (2022, July). Blockchain Application in Emergency Materials Distribution Under Disaster: An Architectural Design and Investigation. In *The International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery* (pp. 1034-1044). Cham: Springer International Publishing.
82. Shi, Y., Yang, J., Han, Q., Song, H., & Guo, H. (2024). Optimal decision-making of post-disaster emergency material scheduling based on helicopter–truck–drone collaboration. *Omega*, 127, 103104. (40)
83. Sichuan Release Client. (2022, November 10). Chengdu High-Tech Industrial Development Zone's UAV fleet flies to earthquake zone for relief operations. Chengdu High-Tech Industrial Development Zone Official Website
84. Siciliano, B., & Khatib, O. (2016). Robotics and the Handbook. In *Springer Handbook of Robotics* (pp. 1-6). Cham: Springer International Publishing.
85. Sinha, A., Kumar, P., Rana, N. P., Islam, R., & Dwivedi, Y. K. (2019). Impact of internet of things (IoT) in disaster management: a task-technology fit perspective. *Annals of Operations Research*, 283, 759-794.
86. Sinha, S., Jasial, S. S., & Sinha, G. P. (2020). Integration of Disaster Management with Solar Technology for Disaster Relief. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(2), 4037-4045.
87. Soni, S., Chandra, P., Sharma, P. C., Gangrade, J., & Singh, D. K. (2024). Medical kit delivery using Drone: Critical medical infrastructure solution for emergency medical situation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 108, 104502.
88. Spyridon, Mavroulis., Maria, Mavrouli., Efthymios, Lekkas., Athanassios, Tsakris. (2023). Managing Earthquake Debris: Environmental Issues, Health Impacts, and Risk Reduction Measures. *Environments*, 10(11):192-192. doi: 10.3390/environments10110192
89. Spyridon, Mavroulis., Maria, Mavrouli., Emmanuel, Vassilakis., Ioannis, Argyropoulos., P., Carydis., E., Lekkas. (2023). Debris Management in Turkey Provinces Affected by the 6 February 2023 Earthquakes: Challenges during Recovery and Potential Health and Environmental Risks. *Applied Sciences*, doi: 10.3390/app13158823

90. STM ThinkTech. (2023). Kahramanmaraş Merkezli Depremler Odağında Doğal Afetlerde Teknoloji Kullanımı Özel Çalışma Dosyası. (Erişim Tarihi: 29.01.25) (36)
91. Surmann, H., Daun, K., Schnaubelt, M., von Stryk, O., Patchou, M., Böcker, S., ... & Kruijff-Korbayová, I. (2024). Lessons from robot-assisted disaster response deployments by the German Rescue Robotics Center task force. *Journal of Field Robotics*, 41(3), 782-797.
92. Şahin Cüce, D., & Cüce, H. (2024). Energy Management in Disasters: The Effective Role of Renewable Energy Sources. *Uluslararası Çevresel Eğilimler Dergisi*, 8(2), 34-51.
93. Tomohiro, Tabata., Akio, Onishi., Takashi, Saeki., Peii, Tsai. (2019). Earthquake disaster waste management reviews: Prediction, treatment, recycling, and prevention. *International journal of disaster risk reduction*, 36(36):101119-. doi: 10.1016/J.IJDRR.2019.101119
94. Toraman, C., Kucukkaya, I. E., Ozcelik, O., & Sahin, U. (2023). Tweets under the rubble: Detection of messages calling for help in earthquake disaster. arXiv preprint arXiv:2302.13403.
95. Treiblmaier, H., & Rejeb, A. (2023). Exploring blockchain for disaster prevention and relief: A comprehensive framework based on industry case studies. *Journal of Business Logistics*, 44(4), 550-582.
96. United Nations Development Programme (UNDP) & United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). (2023). Innovation in disaster management: Leveraging technology to save more lives. UNDP & OCHA.
97. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (n.d.). Myanmar projects. UN-Habitat. <https://unhabitat.org/myanmar-projects>
98. United Nations Environment Programme (UNEP). (2011). Disaster waste management guidelines
99. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) & International Recovery Platform (IRP). (2008). Cyclone Nargis 2008: Rehabilitation in Myanmar. UNISDR.
100. Vanuatu Business Resilience Council (VBRC). (2021). The Unblocked Cash experience in Vanuatu: Private sector implementing a cash transfer system for humanitarian response. UNDP & OCHA.
101. Vishwanath, T., Shirwaikar, R. D., Jaiswal, W. M., & Yashaswini, M. (2023). Social media data extraction for disaster management aid using deep learning techniques. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 30, 100961.
102. Wang, C., Ye, Y., Qiu, Y., Li, C., & Du, M. (2024). Evolution and Spatio-Temporal Analysis of Earthquake Public Opinion Based on Social Media Data. Available at SSRN 4616109.
103. Wang, H., Tang, Z. R., Xiong, L., Wang, X., & Zhu, L. (2025). What determinants influence citizens' engagement with mobile government

- social media during emergencies? A net valence model. *Government Information Quarterly*, 42(1), 101995.
104. World Food Programme (WFP). (2023). Circular economy in WFP's storage facilities in Yemen (WREC Case Study). Logistics Cluster. Retrieved from <https://logcluster.org/wrec/green-logistics>
105. Xing, Z., Zhang, X., Zan, X., Xiao, C., Li, B., Han, K., ... & Liu, J. (2021). Crowdsourced social media and mobile phone signaling data for disaster impact assessment: A case study of the 8.8 Jiuzhaigou earthquake. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 58, 102200.
106. Xu, J., Wang, Z., Zhang, M., & Tu, Y. (2016). A new model for a 72-h post-earthquake emergency logistics location-routing problem under a random fuzzy environment. *Transportation Letters*, 8(5), 270-285. doi.org/10.1080/019427867.2015.1126064
107. Yates, D., & Paquette, S. (2011). Emergency knowledge management and social media technologies: A case study of the 2010 Haitian earthquake. *International journal of information management*, 31(1), 6-13.
108. Yesilcayir, N., Ayvazoglu, G., Celik, S., & Peker, I. (2024). Transit warehouse location selection by IF AHP-TOPSIS integrated methods for disaster logistics: A case study of Turkey. *Research in Transportation Business & Management*, 57, 101232.
109. Young, W. R., & Center, F. S. E. (1995). Photovoltaic applications for disaster relief. Florida Solar Energy Center.
110. Yu, M., Yang, C., & Li, Y. (2018). Big data in natural disaster management: a review. *Geosciences*, 8(5), 165.
111. Yu, W., Xu, W., & Zhang, G. (2012). Using logistic regression and GIS to analyze the relationship between precipitation and debris flow in sichuan, China. *Procedia Environmental Sciences*, 12, 598-603.
112. Zafar, U., Shah, M. A., Wahid, A., Akhunzada, A., & Arif, S. (2019). Exploring IoT applications for disaster management: identifying key factors and proposing future directions. *Recent trends and advances in wireless and IoT-enabled networks*, 291-309.
113. Zahra, K., Imran, M., & Ostermann, F. O. (2020). Automatic identification of eyewitness messages on twitter during disasters. *Information processing & management*, 57(1), 102107
114. Zeng, F., Pang, C., & Tang, H. (2023). Sensors on the Internet of Things systems for urban disaster management: A systematic literature review. *Sensors*, 23(17), 7475.

Bölüm 3

**TÜRKİYE’DE AFET YÖNETİMİ:
AFET POLİTİKALARI VE DEPREM
LOJİSTİĞİ**

Aleyna ÇINAR¹

¹ Şehir Plancısı, Gazi Üniversitesi, Trafik Planlama ve Uygulaması ABD, <https://orcid.org/0009-0008-9996-1819>

Giriş

Türkiye, jeolojik ve coğrafi konumu nedeniyle doğal afetlere sıklıkla maruz kalan bir ülkedir. Özellikle Alp-Himalaya Deprem Kuşağı içerisinde yer alması, onu yüksek sismik aktiviteye sahip bölgelerden biri haline getirmektedir. Tarih boyunca meydana gelen depremler, afet yönetimi ve lojistik süreçlerinin kritik önemini defalarca ortaya koymuştur. Büyük çaplı yıkımlara neden olan Erzincan (1939), Gölcük (1999) ve Kahramanmaraş (2023) depremleri, afet yönetimi sistemlerinde köklü dönüşümlerin gerekliliğini ortaya çıkarmış, afet sonrası lojistik faaliyetlerin etkinliğinin artırılmasına yönelik politikaların geliştirilmesine öncülük etmiştir.

Afet yönetimi, yalnızca kriz anında müdahaleyi değil, afet öncesinde risk azaltma, afet sırasında etkin koordinasyon ve afet sonrasında iyileştirme süreçlerini de kapsayan bütünlüklü bir yaklaşıma dayanmalıdır. Türkiye’de afet yönetimi politikaları zaman içinde dönüşüm geçirmiş, ancak afet lojistiği süreçlerinde hala çeşitli yapısal ve operasyonel eksiklikler gözlemlenmektedir. 1999 Marmara Depremi sonrası yapılan düzenlemelerle Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuş ve Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) gibi stratejik belgeler oluşturulmuştur. Ancak, 2023 Kahramanmaraş Depremleri sırasında yaşanan lojistik ve koordinasyon sorunları, mevcut sistemin geliştirilmesi gerektiğini bir kez daha göstermiştir.

Bu bölümde, Türkiye’de afet yönetimi ve afet lojistiğinin tarihsel süreçteki gelişimi ele alınarak, mevcut politikalar, stratejiler ve yaşanan temel sorunlar incelenecektir. Afet yönetimi ve lojistiği arasındaki ilişki vurgulanarak, afet sonrası lojistik operasyonların etkinliğinin artırılması için yapılan çalışmaların değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Türkiye’nin afet yönetiminde karşılaştığı zorluklar, bu alandaki kurumsal yapının gelişimi ve afet lojistiğinin daha sürdürülebilir hale getirilmesi için öneriler sunulacaktır.

3.1. Türkiye’nin Deprem Tarihi

Türkiye, tarih boyunca büyük can ve mal kayıplarına yol açan çeşitli doğal afetlere sıklıkla maruz kalan bir ülkedir [25]. En yaygın doğal afetler arasında depremler, heyelanlar, su baskınları, kaya düşmeleri ve çığ olayları yer almaktadır. Bu afetler içinde, yıkıcı etkileri ve geniş çaplı kayıplara neden olması açısından en büyük tehdit depremler olarak öne çıkmaktadır [33]. Türkiye’nin aktif bir deprem kuşağında yer alması nedeniyle, özellikle Kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı boyunca yoğun sismik hareketler gözlemlenmektedir [15].

Topraklarının büyük bir bölümü Asya kıtasında yer alan Türkiye, Avrupa ile Asya arasında köprü konumunda olup, dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Deprem Kuşağı içerisinde bulunmaktadır [15]. Türkiye'nin üzerinde bulunduğu Anadolu Plakası; kuzeyde Avrasya Plakası, güneyde Afrika ve Arap Plakası, doğuda Doğu Anadolu Bloğu ve batıda Ege Bloğu arasında sıkışmış bir konumdadır. Bu tektonik yerleşim, Türkiye topraklarının neredeyse tamamını yüksek deprem riski altına sokmaktadır [15].

A map of the Eastern Mediterranean region illustrating tectonic plates and geological features. The map includes the following elements:

- Tectonic Plates:**
 - EURASIAN PLATE:** Located in the north, with cities like Belgrade, Bucharest, and Sofia marked.
 - ANATOLIAN PLATE:** A sub-plate of the Eurasian Plate, moving westward. It includes Istanbul and Ankara.
 - AFRICAN PLATE:** Located to the south, moving northward. It includes Alexandria and Cairo.
 - ARABIAN PLATE:** Located to the east, moving northward.
- Geological Features:**
 - Black Sea:** Located to the north of the Anatolian Plate.
 - Aegean Sea:** Located to the west of the Anatolian Plate.
 - Mediterranean Sea:** Located to the south and west.
 - North Anatolian Fault (NAF):** A major fault line running north-south through the Anatolian Plate.
 - EAF (East Anatolian Fault):** A fault line running east-west, separating the Anatolian Plate from the Arabian Plate.
 - Bitlis-Zagros collision zone:** A region of tectonic collision between the Arabian and Eurasian plates.
 - Dead Sea Fault:** A fault line running north-south, separating the Arabian Plate from the African Plate.
 - Helianic trench:** A trench located in the Aegean Sea.
 - Mediterranean Ridge:** A ridge located in the Mediterranean Sea.
 - Calabrian Arc:** A curved geological feature in the western Mediterranean.
- Cities and Landmarks:**
 - Belgrade, Bucharest, Sofia:** Cities in the Balkans.
 - Istanbul, Ankara, Antalya:** Cities in Turkey.
 - Athens:** Capital of Greece.
 - Cyprus:** An island in the eastern Mediterranean.
 - Jerusalem:** Located on the border of the African and Arabian plates.
 - Alexandria, Cairo:** Cities in Egypt.
- Map Details:**
 - Latitude/Longitude:** The map shows latitudes from 32°N to 44°N and longitudes from 16°E to 40°E.
 - Scale:** A scale bar indicates distances of 0, 200, and 400 km.
 - Source:** The map is attributed to "Okay et al. 1999".

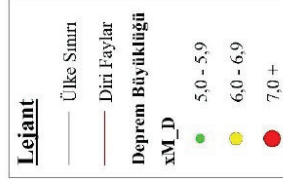
Şekil 1 Doğu Akdeniz'in aktif tektonik haritası (kaynak: <https://web.itu.edu.tr/~okay/AralOkayMapsAndDiagrams.htm>)

Yapılan araştırmalara göre, dünya genelinde bugüne kadar meydana gelen depremlerin yaklaşık %6'sı Türkiye'de gerçekleşmiştir[15]. Bu durum, Türkiye'nin Alp-Himalaya Deprem Kuşağı içinde yer alması ve aktif fay hatlarının yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Türkiye'de, 5.5 ve üzeri büyüklükte deprem üretebilecek diri fay veya fay segment sayısının 485 olduğu, ayrıca tek veya çok segmentli fay zonu sayısının 326 olduğu belirtilmektedir[15].

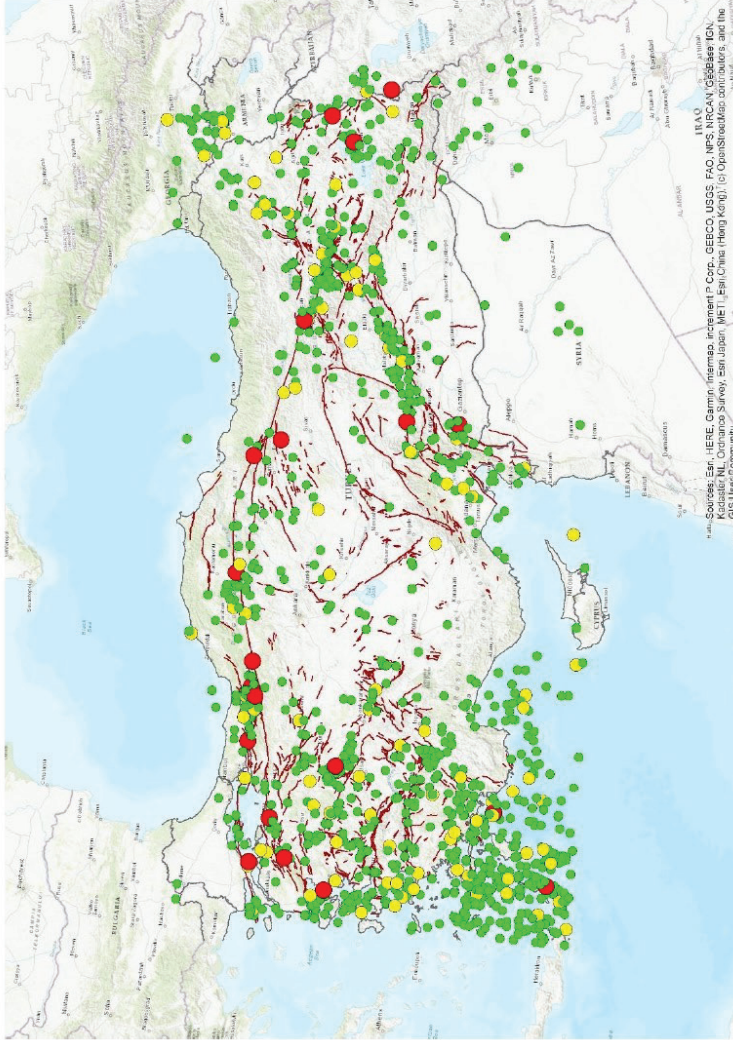
Bu veriler, Türkiye'de meydana gelebilecek olası depremlerin büyüklüğünü ve sıklığını anlamada kritik bir öneme sahiptir. Ülkede aktif fay hatları boyunca yapılaşma politikalarının ve afet risk yönetim stratejilerinin, sismik tehlikeye duyarlı bir şekilde oluşturulması gerekliliği bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur[25].

Aşağıda sunulan *Şekil 2*, 1900-2024 yılları arasında Türkiye sınırları içerisinde meydana gelen ve büyüklüğü 5.0 ve üzeri olan depremleri göstermektedir. Haritada, diri fay hatları boyunca yoğunlaşan depremler, Türkiye'nin geniş bir coğrafyada aktif sismik hareketlere sahip olduğunu ve yüksek deprem riski taşıyan bir ülke olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

1900-2024 Yılları Arasında Türkiye'de Meydana Gelen (M>5.0) Olan Depremler



Kaynak: 1900-2024 yılları arası M>= 5.0, Kandilli Rasathanesi
 URL: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/> verileri ile yazar tarafından oluşturulmuştur.



Şekil 2 1900-2014 yılları arasında Türkiye'de büyüklüğü 5 ve üzeri olan depremler (harita yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Türkiye'nin deprem geçmişi incelendiğinde, Erzincan (1939), Gölcük (1999) ve Van (2011) gibi büyük depremlerin yanı sıra, 6 Şubat 2023'te meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler, ülkenin yaşadığı en yıkıcı afetler arasında yer almaktadır [15]. Bu depremler, plansız ve düzensiz kentleşmenin, yetersiz mühendislik uygulamalarının ve afet yönetimindeki eksikliklerin büyük can kayıplarına neden olduğunu bir kez daha gözler önüne sermektedir[33].

Deprem verilerinin analiz edilmesi, riskli bölgelerdeki yapılaşmanın denetlenmesi ve afet yönetim stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik bir önem taşımaktadır. Türkiye'de diri fay hatları boyunca kentleşmenin yoğunluğu, deprem sonrası oluşabilecek zararların büyüklüğünü doğrudan etkileyen faktörler arasında yer almaktadır [25].

Kandilli Rasathanesi'nin deprem verilerine göre, 1900-2024 yılları arasında Türkiye'de büyüklüğü en az 5.0 olan toplam 1269 deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden bazıları ciddi can ve mal kayıplarına neden olmuş; özellikle yerleşim alanlarına yakın ve yüksek büyüklüğe sahip olan depremler büyük yıkımlara yol açmıştır[15].

Aşağıda sunulan *Tablo 1*, 1900 sonrası Türkiye'de meydana gelen ve önemli can ve mal kaybına neden olan büyük depremleri özetlemektedir. Bu tablo, tarihsel süreç içinde depremlerin etkilerini ve Türkiye'nin sismik hassasiyetini vurgulamak açısından önemli bir kaynak niteliğindedir.

Tablo 1 1900 sonrası meydana gelen büyük depremler¹

Tarih	Yer	Büyüklük	Can Kaybı	Hasarlı Bina
29.04.1903	Malazgirt (Muş)	6.7	600	450
9.08.1912	Mürefte (Tekirdağ)	7.3	216	5540
4.10.1914	Burdur	6.9	300	6000
27.12.1939	Erzincan	7.9	32968	116720
20.12.1942	Erbaa (Tokat)	7.1	3000	32000
20.06.1943	Hendek (Adapazarı)	6.6	336	2240
27.11.1943	Ladik (Samsun)	7.2	4000	40000
1.02.1944	Gerede-Çerkeş (Bolu)	7.2	3959	20865
31.05.1946	Varto-Hınıs (Muş)	5.9	839	3000
17.08.1949	Karlıova (Bingöl)	6.7	450	3500
18.03.1953	Yenice (Çanakkale)	7.2	265	6750

¹ Kaynak: Kandilli Rasathanesi, Büyük depremler, URL: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>

19.08.1966	Varto (Muş)	6.9	2396	20007
28.03.1970	Gediz (Kütahya)	7.2	1086	19291
22.05.1971	Bingöl	6.8	878	9111
6.09.1975	Lice (Diyarbakır)	6.6	2385	8149
24.11.1976	Muradiye (Van)	7.5	3840	9232
30.10.1983	Erzurum – Kars	6.9	1155	3241
13.03.1992	Erzincan	6.8	653	8057
1.10.1995	Dinar (Afyon)	6.1	90	14156
27.06.1998	Ceyhan (Adana)	6.2	146	31463
17.08.1999	Gölcük (Kocaeli)	7.8	17480	73342
12.11.1999	Düzce	7.5	763	35519
3.02.2002	Çay - Sultandağı (Afyon)	6.4	44	622
1.05.2003	Bingöl	6.4	176	6000
23.10.2011	Van	7.2	644	17005
06.02.2023	Pazarcık-Kahramanmaraş ²	7.7	50783	933620
06.02.2023	Elbistan-Kahramanmaraş	7.6		

Bu tablo, Türkiye'nin depremselliğini ve afet yönetimi açısından alınması gereken önlemleri gözler önüne sermektedir. Özellikle 1939 Erzincan, 1999 Gölcük ve 2023 Kahramanmaraş depremleri, ülkenin yaşadığı en yıkıcı sismik olaylar arasında yer almakta olup, can kayıpları ve hasar açısından büyük felaketler olarak tarihe geçmiştir[15].

Türkiye'nin deprem geçmişi incelendiğinde, plansız ve düzensiz yerleşimlerin, yapı denetimindeki eksikliklerin ve yetersiz afet yönetimi stratejilerinin, depremlerin yıkıcı etkilerini artıran temel unsurlar olduğu görülmektedir. Depremlerin etkisini azaltmak adına güçlendirilmiş yapı standartlarının uygulanması, afet risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ve afet bilincinin toplumda yaygınlaştırılması kritik öneme sahiptir[33].

3.2. Türkiye'de Afet Yönetimi

Türkiye'de afet yönetimi, tarihsel süreç içerisinde çeşitli dönüşümler geçirmiş ve 1999 Marmara Depremi ile birlikte günümüzdeki kurumsal yapının temelleri atılmıştır. Erken dönemlerde afet yönetimi, ağırlıklı olarak müdahale odaklı bir yaklaşımı benimsemişken, zamanla risk

2 6 şubat depremi ile ilgili bilgiler Doç. Dr. Meltem Şenol Balaban'ın Türk Kızılay Akademide yazdığı yazısından alınmıştır. URL: <https://yillik.kizilayakademi.org.tr/turkiyenin-afetler-tarihinde-bir-milat-olarak-6-subat-depremleri/>

azaltma, hazırlık ve iyileştirme süreçlerini içeren bütünleşik afet yönetimi modeline geçiş sağlanmıştır.

Türkiye'nin afet yönetimi tarihine bakıldığında, bu alandaki ilk çalışmalar Osmanlı Devleti dönemine dayanmaktadır. 19. yüzyılda meydana gelen büyük yangınlar, depremler ve su baskınları sonrasında Osmanlı yönetimi, afet sonrası iyileştirme süreçlerine yönelik çeşitli uygulamalar gerçekleştirmiştir. Ancak bu dönemde afet yönetimi kurumsal bir yapıdan yoksun olup, daha çok bölgesel düzeyde yürütülen ve yerel idarelerin inisiyatifinde olan bir süreç şeklinde ilerlemiştir [41].

Cumhuriyet'in ilanıyla birlikte Türkiye'de afet yönetiminin kurumsallaşmasına yönelik adımlar atılmaya başlanmıştır. 1939 Erzincan Depremi sonrasında, 1942, 1943 ve 1944 yıllarında farklı bölgelerde meydana gelen büyük depremler sebebiyle ciddi can ve mal kayıpları yaşanmış, bu doğrultuda 1944 yılında çıkarılan 4623 sayılı "Yer Sarsıntılarından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun" ile ilk yasal düzenlemeler oluşturulmuştur [41].

Türkiye'de afet yönetimi alanındaki en köklü dönüşüm, 1999 Marmara Depremi sonrası yaşanmıştır. 17 Ağustos 1999'da gerçekleşen bu büyük deprem, Türkiye'deki mevcut afet yönetimi sisteminin yetersizliklerini gözler önüne sermiş ve sistemde radikal değişikliklerin gerekliliğini ortaya koymuştur. Deprem sonrası yapılan analizlerde, büyük kayıplara yol açan temel sorunlar şu şekilde belirlenmiştir [14]

- Koordinasyon eksikliği,
- Yetersiz müdahale planlaması,
- İletişim kopuklukları ve
- Afet lojistiğinde yaşanan aksaklıklar.

Bu eksiklikleri gidermek amacıyla 2009 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuş ve Türkiye'de bütünleşik afet yönetimi modeline geçiş sağlanmıştır. [38].

3.2.1. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)

Türkiye'de afet yönetimi, 1999 Marmara Depremi sonrası yaşanan koordinasyon eksiklikleri ve yönetim zorlukları nedeniyle köklü bir dönüşüme uğramış ve 2009 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuştur. AFAD, afet öncesi hazırlık ve risk azaltmadan, afet sırasında müdahale ve iyileştirmeye kadar bütün süreci kapsayan bütünleşik afet yönetimi modelini benimseyen merkezi bir yapı olarak tasarlan-

mıştır [14]. AFAD, 5902 sayılı “Afet ve Acil Durum Yönetimi Bakanlığı’nın Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun” ile 2009 yılında kurulmuş ve İçişleri Bakanlığı’na bağlı olarak faaliyet göstermeye başlamıştır. AFAD’ın kurulmasıyla birlikte daha önce farklı kurumlar tarafından yürütülen afet yönetimi çalışmaları tek bir çatı altında toplanmıştır [41]. Bu kapsamda;

- Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü,
- Sivil Savunma Genel Müdürlüğü,
- Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü birleştirilerek merkezi bir yapı oluşturulmuştur[14].

Bu düzenleme, afet yönetiminde kurumlar arası koordinasyonu güçlendirmiş ve merkezi bir sistem oluşturulmasını sağlamıştır.

AFAD, Türkiye’de afet ve acil durum yönetimini planlayan, yöneten ve koordine eden ana kuruluştur. Görevleri arasında:

- *Risk Azaltma ve Önleme:* Afetlere karşı risk haritaları oluşturmak, risk azaltma projeleri yürütmek,
- *Hazırlık Çalışmaları:* Afet senaryoları oluşturmak, tatbikatlar düzenlemek, toplumun afet farkındalığını artırmak,
- *Müdahale ve Koordinasyon:* Afet anında koordinasyonu sağlamak, acil yardım ekiplerini yönlendirmek, kurtarma operasyonlarını yürütmek,
- *İyileştirme ve Yeniden Yapılanma:* Afet sonrası yeniden yapılanma çalışmaları, hasar tespitleri ve sosyal yardımların koordine edilmesi,
- *Uluslararası İş birlikleri:* BM, Avrupa Birliği ve diğer uluslararası kuruluşlarla işbirlikleri yaparak afet yönetiminde küresel standartlara uyum sağlamak.

AFAD, afet yönetimi ve insani yardım süreçlerini TAMP (Türkiye Afet Müdahale Planı) kapsamında yürütmektedir. TAMP, afet yönetiminin her aşamasını sistematik bir şekilde düzenleyen bir model olup, lojistik destek, acil yardım ve tahliye operasyonlarının nasıl gerçekleştirileceğini belirlemektedir [38].

3.2.2. Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)

Türkiye’de afet yönetimi süreçlerinin sistematik ve organize bir şekilde yürütülebilmesi amacıyla Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) oluş-

turulmuştur. TAMP, afet anında hızlı ve etkin bir müdahale sağlamak amacıyla kamu kurumları, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları arasındaki koordinasyonu sağlayan kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır [14]. Bu plan, afet öncesi hazırlık süreçlerinden, afet anında müdahaleye ve afet sonrası iyileştirme çalışmalarına kadar tüm aşamaları kapsayan bütünlüklü afet yönetimi modelinin temel uygulamalarından biri olarak kabul edilmektedir [38]. Türkiye Afet Müdahale Planı, afete müdahale süreçlerini etkinleştirmek ve koordinasyonu sağlamak amacıyla aşağıdaki temel hedefleri içermektedir:

- Afet öncesi hazırlık süreçlerini güçlendirmek,
- Afet anında hızlı ve organize müdahaleyi sağlamak,
- Afet sonrası iyileştirme ve yeniden yapılanma çalışmalarını etkin şekilde yönetmek,
- İlgili tüm kurum ve kuruluşlar arasında rol ve sorumlulukları netleştirmek,
- Afet lojistiği ve insani yardım organizasyonunu optimize etmek,
- Afet veri yönetimi ve karar destek sistemlerini entegre hale getirmek [14].

TAMP'a göre Türkiye'de gerçekleşen afetler, AFAD tarafından etki derecesine göre kategorize edilerek müdahale organizasyonu gerçekleştirilmektedir. Bu sınıflandırmaya göre:

- Seviye 1: Yerel imkânlar yeterlidir,
- Seviye 2: Destek illerin takviyesine ihtiyaç vardır,
- Seviye 3: Ulusal desteğe ihtiyaç vardır,
- Seviye 4: Uluslararası desteğe ihtiyaç vardır [23].

Afet ve acil durum olaylarında, AFAD tarafından ilan edilen seviyenin 2, 3 veya 4 olması halinde, görevlendirilen ekipler minimum 72, maksimum 120 saat boyunca kendi kendine yetebilecek şekilde hazırlanmalıdır. Bu süreçte, personel, araç-gereç ile sosyal (barınma, beslenme, hijyen malzemesi vb.) ve ofis ihtiyaçlarının eksiksiz karşılanması gerekmektedir [38].

TAMP, afet yönetimini sistematik bir çerçeveye oturtarak müdahale süreçlerini daha etkin hale getirmeyi amaçlamaktadır. AFAD koordinas-

yonunda yürütülen bu plan, afet yönetimini üç ana aşamada ele almaktadır:

1. Türkiye Afet Risk Azaltma Planı (TARAP)
2. Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)
3. Türkiye Afet İyileştirme Planı (TAİP)

Bu aşamalar, afet yönetiminin çok katmanlı bir sistem çerçevesinde yürütülmesini sağlamaktadır. Şekil 3'te yer alan Türkiye Afet Yönetimi Stratejik Planlama Yaklaşımı, afet yönetiminde TAMP'ın konumunu ve işleyişini göstermektedir.



Şekil 3 Türkiye Afet Yönetimi Stratejik Planlama Yaklaşımı (Kaynak: AFAD 2018, Türkiye’de afet yönetimi ve doğal kaynaklı afet istatistikleri)

Türkiye’de afet yönetimi süreçleri, stratejik, taktik ve operasyonel düzeylerde planlanarak, bütüncül bir yaklaşım çerçevesinde yürütülmektedir. Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), afet anında gerçekleştirilecek müdahale faaliyetlerini düzenlerken, afet sonrası iyileştirme süreçleri ise Türkiye Afet İyileştirme Planı (TDRP) kapsamında ele alınmaktadır. TAMP, ulusal düzeyden yerel düzeye kadar hizmet grupları aracılığıyla yürütülmekte olup, Ulusal Düzey Hizmet Grubu Planları, İl Afet Müdahale Planları ve Yerel Düzey Hizmet Grubu Operasyon Planları gibi farklı seviyelerde uygulanmaktadır.

Bu sistematik yapı, 2024-2028 AFAD Stratejik Planı kapsamında daha etkin hale getirilerek, afet yönetimi süreçlerinin dijitalleşmesi, afet risklerinin azaltılması ve lojistik operasyonların güçlendirilmesini hedeflemektedir.

3.2.3. AFAD 2024-2028 Stratejik Planı

Türkiye, afet risklerini azaltma, afet müdahale kapasitesini artırma ve afet sonrası iyileştirme süreçlerini geliştirme amacıyla kapsamlı stratejik planlamalar yürütmektedir. 2023 Kahramanmaraş depremlerinden sonra 2024 yılında AFAD'ın 2024-2028 Stratejik Planı yayınlanmıştır. Önceki stratejik planların kazanımları üzerine inşa edilen ve Türkiye'nin afet yönetimi kapasitesini güçlendirmeyi amaçlayan bir yol haritası olarak tasarlanmıştır [1]. Bu stratejik plan, bir önceki 2019-2023 Stratejik Planı'nın değerlendirilmesi ve küresel afet yönetimi yaklaşımlarının incelenmesi sonucunda geliştirilmiş olup, Birleşmiş Milletler Sendai Afet Risk Azaltma Çerçevesi gibi uluslararası politika belgeleriyle uyumlu bir şekilde hazırlanmıştır [1].

AFAD'ın 2024-2028 Stratejik Planı, risk odaklı ve bütünleşik bir afet yönetimi anlayışını güçlendirmeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda plan kapsamında şu temel amaçlar belirlenmiştir [1]:

- Afet risklerini azaltmak ve Türkiye'nin afetlere karşı dayanıklılığını artırmak,
- Afetlere hazırlık kapasitesini güçlendirmek ve toplumsal farkındalığı artırmak,
- Afet müdahale süreçlerini hızlı, etkin ve koordineli bir şekilde yürütmek,
- Afet sonrası iyileştirme ve yeniden yapılanma çalışmalarını daha verimli hale getirmek,
- Uluslararası afet yönetimi kapasitesini artırarak Türkiye'yi küresel ölçekte bir afet yönetimi merkezi haline getirmek,
- Teknoloji ve veri odaklı bir afet yönetimi modeli oluşturarak dijital dönüşümü sağlamak [1].

Bu amaçlar doğrultusunda 23 hedef ve 66 performans göstergesi belirlenmiş olup, afet yönetiminde daha etkin bir kurumsal yapı oluşturulması hedeflenmektedir.

3.2.4. Türkiye'nin Deprem Risk Haritası

Bir bölgede belirli zaman aralığındaki deprem olasılığını ve bu depremin yaratacağı can ve mal kayıplarının ve bu depremin belirli uzaklıklarda oluşabilecek yer hareketlerinin belirlenmesi deprem tehlike analizi olarak tanımlanmaktadır [44]. Deprem tehlike haritaları ise bu tehlikelerden eş değere sahip olanlar birleştirilerek coğrafi dağılımı gösterilmektedir.

22 Temmuz 1944 tarihinde 4623 sayılı “Yersarsıntılarında Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” unun Resmî Gazete’ de yayınlanmasının ardından 1945 yılında Türkiye’nin ilk resmi deprem bölgeleri haritası hazırlanmıştır[44]. Günümüze kadar geçen süreçte 1947,1963, 1972, 1996 ve 2019 yıllarında deprem tehlike haritaları metodolojileri ve bilgi düzeyleri artırılarak güncellenmiş ve resmi olarak yürürlüğe girmişlerdir.

Tablo 2 1945,1947, 1963, 1972 ve 1996 tarihli Deprem Haritaları

Özellikler	1945 Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası	1947 Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası	1963 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	1972 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	1996 Türkiye Deprem Tehlike Haritası
Hukuksal Dayanak	4623 Sayılı Kanun: “Yersarsıntılardan Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” (22 Temmuz 1944)	Bakanlar Kurulu Kararı: 20 Aralık 1947 tarih ve 3/6739 sayılı karar	7269 Sayılı Kanun: “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun”	Bakanlar Kurulu Kararı: 23 Aralık 1972 tarih ve 7/5551 sayılı karar	Bakanlar Kurulu Kararı: 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayılı karar
Yönetmelik Düzenleme	Bayındırlık ve Milli Eğitim Bakanlıkları tarafından hazırlanmış ve 12 Temmuz 1945 tarihli 3/2854 sayılı karar ile yürürlüğe girmiştir.	Deprem bölgelerinin sınırlarını daha dar ve kesin hale getirmek amacıyla hazırlanmış ve yürürlüğe girmiştir.	Deprem Bölgelerini Tespit Komisyonu, üniversiteler ve ilgili kurumların katkılarıyla haritayı hazırlamıştır.	Harita, İmar ve İskân Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanmış ve yürürlüğe girmiştir.	Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından hazırlanmış ve yürürlüğe girmiştir.
Harita Yöntemi	Sadece geçmiş depremlerin neden olduğu hasar verilerine dayalı olarak hazırlanmıştır.	1945 haritası ile aynı yöntem kullanılmış, ancak bölgeler daha detaylandırılmıştır.	Hissedilen maksimum şiddet değerlerine dayalı deterministik bir model kullanılmıştır.	Eşşiddet haritaları, teknik haritalar ve beklenen şiddet değerleri dikkate alınarak detaylandırılmıştır.	Olasılıksal sismik tehlike analizine dayalı olarak hazırlanmıştır.
Bölgelendirme	1. Büyük Hasara Uğramış Bölgeler 2. Tehlikeli Yersarsıntısı Bölgeleri 3. Tehlikesiz Bölgeler	1. Birinci Derece Yersarsıntısı Bölgeleri 2. İkinci Derece Yersarsıntısı Bölgeleri 3. Tehlikesiz Bölgeler	1. Birinci Derece Deprem Bölgeleri 2. İkinci Derece Deprem Bölgeleri 3. Üçüncü Derece Deprem Bölgeleri 4. Tehlikesiz Bölgeler	1. Birinci Derece Deprem Bölgeleri 2. İkinci Derece Deprem Bölgeleri 3. Üçüncü Derece Deprem Bölgeleri 4. Dördüncü Derece Deprem Bölgeleri 5. Tehlikesiz Bölgeler	1. Birinci Derece Deprem Bölgeleri 2. İkinci Derece Deprem Bölgeleri 3. Üçüncü Derece Deprem Bölgeleri 4. Dördüncü Derece Deprem Bölgeleri 5. Beşinci Derece Deprem Bölgeleri

Önemli Güncellemeler	Türkiye'nin ilk resmi deprem tehlike haritasıdır.	İlk defa birinci ve ikinci derece deprem bölgeleri ayrımı getirilmiştir. İstanbul'un jeolojik detay haritası tamamlanana kadar büyük inşaat projeleri incelemeye tabi tutulacaktır.	İlk kez hissedilen şiddet değerleri kullanılarak bölgelendirme yapılmıştır.	Deprem risk seviyeleri detaylandırılmış, beş ayrı bölge oluşturulmuştur.	Olasılıksal sismik analiz yöntemi ilk kez kullanılmıştır. Deprem riski daha ayrıntılı bölgelere ayrılmıştır.
----------------------	---	---	---	--	--

Türkiye’de depremlerden kaynaklanan zararları azaltmaya yönelik ilk bilimsel haritalandırma çalışmaları, 1945 ve 1947 yıllarında yayımlanan “Yersarsıntısı Bölgeleri Haritaları” ile başlamıştır. Her iki harita da yalnızca geçmiş depremlerin neden olduğu hasar verilerini esas almış, gelecekte oluşabilecek depremleri tahmin etmeye yönelik bir modelleme veya olasılıksal analiz içermemiştir [43,44,45].

12 Temmuz 1945 tarihinde yayımlanan ilk resmi deprem haritası, Türkiye’yi üç temel risk bölgesine ayırarak, önceki yıllarda büyük hasar bırakan depremleri temel almıştır. Bu harita, 4623 sayılı “Yersarsıntılarında Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun” gereğince hazırlanmış ve Bakanlar Kurulu tarafından resmî olarak kabul edilmiştir. 20 Aralık 1947’de yayımlanan ikinci harita, 1945 haritasındaki eksiklikleri gidermek ve deprem bölgelerinin sınırlarını daha kesin hale getirmek amacıyla güncellenmiştir. Bu haritada, ilk kez birinci ve ikinci derece deprem bölgeleri ayrımı yapılmış ve İstanbul’un jeolojik detay haritası tamamlanana kadar büyük inşaat projelerinin özel incelemeye tabi tutulması gerektiği belirtilmiştir.

Türkiye’de deprem risk yönetimi açısından önemli bir dönüşüm süreci, 1963 ve 1972 yıllarında yayımlanan “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritaları” ile başlamıştır. Bu haritalar, önceki 1945 ve 1947 haritalarından farklı olarak yalnızca geçmiş hasar verilerine dayanmak yerine, eşşiddet haritaları, tektonik haritalar ve hissedilen-beklenen şiddet değerlerini içeren deterministik yöntem kullanılarak hazırlanmıştır [43,44,45]. 5 Nisan 1963 tarihinde yayımlanan “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası”, 7269 Sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” kapsamında oluşturulmuş ve Bakanlar Kurulu tarafından onaylanmıştır. Bu harita, ilk kez hissedilen maksimum şiddet değerlerini esas alarak Türkiye’yi dört farklı deprem bölgesine ayırmıştır. 23 Aralık 1972 tarihinde yayımlanan harita ise, İmar ve İskân Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanmış olup, Türkiye’de-

ki deprem bölgelerini beş farklı risk grubuna ayırarak daha detaylı bir bölgeleme getirmiştir. Bu harita ile deprem risk seviyeleri daha hassas bir şekilde belirlenmiş ve inşaat yönetmeliklerine yönelik daha kesin sınıflamalar yapılmıştır [43,44,45].

Türkiye’de deprem tehlike haritalarının oluşturulmasında en önemli metodolojik değişim, 1996 yılında yayımlanan ve olasılık yöntemine dayalı ilk resmi deprem tehlike haritası ile başlamıştır. 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, deprem mühendisliği ve sismotektonik çalışmalarındaki gelişmelere paralel olarak, deterministik analiz yerine olasılıksal yöntemler kullanılarak hazırlanmıştır. Bu harita ile birlikte, ülke genelinde yapı güvenliğini artırmak amacıyla Türkiye Deprem Yönetmeliği de güncellenmiştir [43,44,45].

Tablo 3 2019 Türkiye Deprem Tehlike Haritası Özellikleri

Özellik	2019 Türkiye Deprem Tehlike Haritası
Hukuksal Dayanak	Bakanlar Kurulu Kararı: 18.03.2018 tarihli ve 30364 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanmış, 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe girmiştir.
Yönetmelik Düzenleme	Harita, AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) tarafından hazırlanmış, ilgili kurumlar ve üniversitelerin katkılarıyla oluşturulan bilimsel çalışma grubu tarafından yürürlüğe konmuştur.
Harita Yöntemi	Deterministik ve olasılıksal analizlere dayalı olarak hazırlanmıştır. Deprem bölgeleri kavramı kaldırılmış, yerine koordinat bazlı modelleme getirilmiştir. Yer ivmesi (PGA) değerleri esas alınarak olasılıksal deprem tehlike analizi yapılmıştır.
Harita Özellikleri	Deprem bölgeleri kavramı kaldırılmış, yerine en büyük yer ivmesi değerleri kullanılarak koordinat bazlı modelleme yapılmıştır. Dört temel ivme kategorisi belirlenmiştir: 1. Bölge yer ivmesi (PGA) < 0.33 g 2. Bölge yer ivmesi = 0.33 g 3. Bölge yer ivmesi = 0.5 g 4. Bölge yer ivmesi (PGA) > 0.75 g
Önemli Güncellemeler	Deprem tehlikesi, “Bölgeleme Haritası” yerine “Kontur Haritası” ile gösterilmiştir. Harita, bina tasarımı ve risk yönetimi açısından uluslararası standartlarla uyumlu hale getirilmiştir.

1996 haritasının ardından, bilimsel ve teknolojik gelişmelerin ışığında, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’nın en güncel versiyonu olan 2019

Türkiye Deprem Tehlike Haritası hazırlanmıştır. 18 Mart 2018 tarihinde Resmî Gazete’de yayımlanan ve 1 Ocak 2019 itibarıyla yürürlüğe giren bu harita, “deprem bölgesi” kavramını kaldırarak yerine yer ivmesi değerlerine dayalı bir tehlike haritası oluşturmuştur. 2019 haritası, önceki haritalardan farklı olarak PGA (Peak Ground Acceleration - Maksimum Yer İvmesi) değerlerine göre tasarlanmış ve ülke genelinde deprem tehlike bölgelerinin daha ayrıntılı ve bilimsel bir şekilde belirlenmesini sağlamıştır [24,28,43,44,45].

Bu yeni harita, AFAD (T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) tarafından oluşturulmuş ve çevrimiçi erişime sunularak halkın sorgulayabileceği interaktif bir yapıya kavuşturulmuştur. AFAD, yeni haritanın oluşturulmasında aşağıdaki unsurların etkili olduğunu açıklamıştır [55,56]:

- *Bilgi altyapısı, teknoloji ve hesaplama yöntemlerindeki gelişmeler,*
- *Ulusal ve uluslararası projelerde deprem kataloglarının güncellenmesi, sismolojik verilerin daha güvenilir hale getirilmesi,*
- *Deprem tehlikesinin tanımlanmasında “Bölgeleme Haritası” yerine “Kontur Haritası” yaklaşımına geçiş,*
- *Diri fay haritasının güncellenmesi (MTA-2012) ve daha güvenilir sismik kaynakların belirlenmesi.*

Bu gelişmeler, Türkiye’de deprem risk yönetiminin daha bilimsel ve dijital tabanlı hale gelmesini sağlamış, afet lojistiği ve yapı güvenliği konularında daha etkin karar alma süreçlerine katkıda bulunmuştur.

merkezi bir yapıya kavuşmuş ve tüm süreçlerin koordineli bir şekilde yürütülmesi hedeflenmiştir. Son yıllarda, 2024-2028 AFAD Stratejik Planı gibi kapsamlı belgeler ile afet yönetimi politikalarının sürdürülebilir ve veri odaklı bir yapıya evrilmesi sağlanmaktadır.

Afet Politikalarının Tarihsel Süreci

Türkiye’de afet yönetimi politikalarının gelişim sürecini anlamak için önemli yasal düzenlemeleri ve kurumsal değişimleri tarihsel bağlamda değerlendirmek gerekmektedir. Aşağıdaki tablo, afet yönetimi politikalarının nasıl şekillendiğini ve hangi aşamalardan geçtiğini göstermektedir.

Tablo 4 Türkiye’de Afet Yönetimi Politikalarının Gelişimi

Yıl	Kanun/Yönetmelikler/Kurumsal Yapılanma	Açıklama
1930	Belediye Kanunu (1580 sayılı yasa)	Belediyelerin afet yönetimi ve yapı denetimi sorumlulukları belirlendi.
1939	1939 Erzincan Depremi	Türkiye’nin afet yönetimi politikalarında dönüm noktası olmuştur.
1944	4623 Sayılı “Yersarsıntılarında Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun”	Afet risklerini azaltmaya yönelik ilk yasal çerçeve oluşturulmuştur.
1945	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası	4623 sayılı kanunun yayınlanmasının ardından Bayındırlık ve Milli Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanmıştır ve Türkiye’nin ilk resmi deprem haritasıdır.
1953	Deprem Bürosunun Kuruluşu	Afet sonrası iyileştirme ve yapı denetimi konularında önemli rol üstlendi.
1958	İmar ve İskân Bakanlığı kuruldu	Afetlere yönelik yapı ve şehirleşme politikalarının merkezi hale gelmesi sağlandı.
1959	7269 Sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun”	Afet sonrası yardımları düzenleyen ilk kapsamlı kanundur ve halen yürürlüktedir.
1963	Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	7269 sayılı kanun kapsamında yeni bir deprem haritası hazırlanmıştır.
1965	Afet İşleri Genel Müdürlüğünün Kuruluşu	Afetlere müdahale için ilk kurumsal yapı oluşturulmuştur.
1999	Marmara Depremi	Afet yönetimi sisteminde en büyük kırılma noktasıdır.
2009	AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) Kurulması	Tüm afet yönetimi süreçleri tek çatı altında toplanmıştır.

2011	2011 Van depremi	Afet sonrası müdahale süreçleri hızlandı, ancak koordinasyon sorunları devam etti.
2013	Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)	Afet anında görev dağılımını ve sorumlulukları standart hale getiren ilk ulusal plan yürürlüğe girmiştir.
2019	Türkiye Deprem Tehlike Haritası	Afet risk haritalarının güncellenerek yeni metodolojilerle oluşturulmasını sağlamıştır.
2023	6 Şubat Kahramanmaraş Depremleri	Afet yönetimi politikalarındaki eksiklikleri gözler önüne sermiştir ve yeni politikaların oluşturulması gerekliliğini gündeme getirmiştir.
2024	AFAD 2024-2028 Stratejik Planı	Türkiye'nin afet yönetiminde yeni dönem stratejilerini belirleyen plan yürürlüğe girmiştir.

Tabloda da görüldüğü gibi, Türkiye’de afet yönetimi politikalarının gelişimi, önemli afet olayları ile doğrudan ilişkilidir. 1930’lu yıllarda belediyelere afet yönetimi konusunda bazı sorumluluklar verilmiş, ancak bu süreçler tam anlamıyla kurumsallaşmamıştır. 1939 Erzincan Depremi, Türkiye’nin afet yönetiminde bir dönüm noktası olmuş ve 1944 yılında ilk kapsamlı yasal düzenleme olan 4623 sayılı kanun yürürlüğe girmiştir.

Afet yönetimi politikalarının merkezi düzeyde kurumsallaşması ise 1958 yılında İmar ve İskân Bakanlığı’nın kurulmasıyla başlamıştır. 1959 yılında çıkarılan 7269 sayılı kanun ile afet sonrası müdahale ve yardımların çerçevesi çizilmiş, bu kanun günümüzde de yürürlükte kalmaya devam etmiştir. 1999 Marmara Depremi ise afet yönetimi sisteminde en büyük kırılma noktası olmuş, afet yönetiminin sadece müdahaleye odaklanmasının yeterli olmadığı ve risk azaltma süreçlerinin güçlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Bu doğrultuda, 2009 yılında AFAD’ın kurulmasıyla birlikte Türkiye’nin afet yönetimi anlayışı köklü bir değişime uğramış ve afet süreçlerinin daha merkezi bir yapıya kavuşması sağlanmıştır. 2013 yılında yürürlüğe giren Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), afet anındaki görev dağılımını ve koordinasyonu netleştirerek afet yönetimi süreçlerinde daha sistemli bir modelin oluşturulmasını sağlamıştır.

2023 yılında gerçekleşen 6 Şubat Kahramanmaraş Depremleri, afet yönetiminde mevcut sistemin eksikliklerini bir kez daha gözler önüne sermiştir. Özellikle lojistik planlama, koordinasyon eksiklikleri ve müdahale süreçlerindeki yetersizlikler gündeme gelmiş, bu durum afet politikalarının yeniden gözden geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu süreçte,

2024-2028 AFAD Stratejik Planı ile afet yönetimi politikalarının veri odaklı hale getirilmesi, dijital sistemlerin daha etkin kullanılması ve risk azaltma çalışmalarının artırılması hedeflenmiştir.

Günümüzde Türkiye’de Afet Yönetimi ile İlgili Mevzuat

Türkiye’de afet yönetimi, yasal düzenlemeler ve stratejik planlamalar ile şekillendirilmiştir. 7269 sayılı Kanun gibi temel yasalar zaman içinde güncellenmiş, afet yönetimini daha etkili hale getirmek için yeni yönetmelikler ve planlar yürürlüğe girmiştir. 2023 Kahramanmaraş Depremleri sonrası afet yönetimi politikalarında değişiklikler gündeme gelmiş ve mevcut sistemin güçlendirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Temel Afet Yönetimi Kanunları ve Mevzuatlar

- 7269 Sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler ve Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” (1959 – Güncellenmiştir): Türkiye’nin ilk kapsamlı afet yönetimi yasası olup, afet sonrası müdahale ve iyileştirme süreçlerini düzenlemektedir. Günümüzde yapılan güncellemelerle risk azaltma ve önleyici tedbirlere vurgu artırılmıştır.
- 5902 Sayılı “Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun” (2009): AFAD’ın kuruluş yasasıdır ve Türkiye’de afet yönetiminin merkezi hale gelmesini sağlamıştır. Afet yönetiminin tek bir çatı altında toplanmasını sağlayarak kurumsal yapıyı güçlendirmiştir.
- 6306 Sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun” (2012) – Kentsel Dönüşüm Yasası: Afet riski taşıyan binaların dönüştürülmesini ve kentsel alanların yeniden düzenlenmesini öngörmektedir.
- 6495 Sayılı Türkiye Afet Müdahale Planı Yönetmeliği (2014-TAMP): Afet müdahale süreçlerini standartlaştırarak kurumlar arasındaki iş bölümünü netleştirmiştir.

Güncellenen Yönetmelikler ve Planlar

- 2018 Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi: AFAD’ın yetkilerini genişletmiş ve afete hazırlı, eğitim ve lojistik koordinasyon faaliyetleri öncelikli hale getirilmiştir.
- Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) – 2022 Güncellemesi: Afet koordinasyon süreçlerini revize ederek afet anında daha etkin bir müdahale mekanizması oluşturmuştur.

- 2024-2028 AFAD Stratejik Planı: Afet risk yönetimi, lojistik planlama ve dijital sistemlerin entegrasyonuna odaklanarak afet yönetiminin sürdürülebilirliğini sağlamayı hedeflemektedir.

Türkiye’de afet yönetimi süreçleri, tarihsel süreçte yaşanan büyük afetlerden çıkarılan dersler doğrultusunda gelişmiş ve kurumsallaşmıştır. 1999 Marmara Depremi, afet yönetimi anlayışında köklü bir dönüşüme neden olmuş ve müdahale odaklı sistemden risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerini kapsayan bütünlük bir afet yönetimi modeline geçişi zorunlu kılmıştır. Günümüzde AFAD koordinasyonunda yürütülen afet yönetim politikaları, TAMP gibi kapsamlı planlarla desteklenerek daha sistematik ve organize bir yapıya kavuşmuştur. Ancak, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri başta olmak üzere son yıllarda yaşanan afetler, afet yönetimi süreçlerinde halen çözülmesi gereken yapısal sorunlar olduğunu göstermektedir. Bu sorunların başında, lojistik süreçlerin yeterince hızlı ve etkin yönetilememesi gelmektedir. Afet sonrası müdahale ve insani yardım operasyonlarının başarısı büyük ölçüde afet lojistiğinin etkinliğine bağlıdır. Bu bağlamda, afet yönetiminin ayrılmaz bir parçası olan afet lojistiği, kaynakların hızlı ve doğru şekilde sevk edilmesini sağlayarak kriz anlarında hayati bir rol üstlenmektedir. Bir sonraki bölümde, Türkiye’de afet lojistiğinin gelişimi, yaşanan zorluklar ve mevcut stratejiler ele alınacaktır.

3.3. Türkiye’de Afet Lojistiği

Türkiye, coğrafi ve jeolojik yapısı gereği yüksek düzeyde afet riski taşıyan bir ülkedir. Tarih boyunca yaşanan büyük depremler, afet lojistiğinin kriz yönetimi süreçlerinde kritik bir bileşen olduğunu ortaya koymuştur. Afet lojistiği, afet öncesinde, sırasında ve sonrasında gerekli malzeme ve hizmetlerin zamanında, doğru yerlere ve en verimli şekilde ulaştırılmasını sağlayan hayati bir süreçtir [10].

Türkiye’de afet lojistiği, 1999 Marmara Depremi öncesinde planlı ve sistematik bir yapıya sahip değildi. Afet müdahaleleri, merkezi olmayan ve koordinasyon eksikliği taşıyan yapılar üzerinden gerçekleştiriliyordu. Ancak 1999 Marmara Depremi sonrası yaşanan lojistik aksaklıklar, Türkiye’de afet yönetimi anlayışında köklü değişikliklerin gerekliliğini ortaya çıkardı. Bu dönüm noktasıyla birlikte geliştirilen yeni afet politikaları ve lojistik stratejileri, afetlere daha etkili müdahale edilmesini sağlamak amacıyla şekillendirilmiştir[21].

Bu bölüm, Türkiye’de afet lojistiğinin tarihsel süreç içindeki gelişimini, hangi afetlerin kritik birer dönüm noktası olduğunu ve bu süreçte alınan dersleri detaylı şekilde ele almaktadır. Afet lojistiği, afet sonrası insani yardımların organizasyonu, ulaşım ve altyapının sürdürülebilir

hale getirilmesi ve lojistik operasyonların etkili bir şekilde yürütülmesini kapsayan kritik bir disiplindir[40]. Türkiye’de bu alandaki gelişmeler, büyük depremler sonrası ortaya çıkan eksiklikler ve çözüm arayışlarıyla şekillenmiş olup, günümüzde Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) gibi ulusal politikalarla daha etkin hale getirilmeye çalışılmaktadır[10].

Türkiye’de Afet Lojistiğinin Tarihsel Gelişimi ve Yaşanan Problemler

Cumhuriyet Öncesi ve Cumhuriyetin İlk Yıllarında Afet Lojistiği

Cumhuriyetin ilk yıllarında afet lojistiği kavramı henüz kurumsallaşmamıştı. Afet yönetimi ve müdahale süreçleri, yerel idarelerin ve askeri birliklerin inisiyatifinde yürütülmekteydi [53]. Ancak 1939 Erzin-can Depremi, afet yönetimi ve lojistik planlamanın yetersizliğini gözler önüne sermiştir. Deprem sonrası ulaşımda yaşanan ciddi gecikmeler ve kaynakların etkin kullanılamaması, afet lojistiğinin sistematik hale getirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu doğrultuda, 1959 yılında 7269 sayılı “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” çıkarılmış ve ilk kapsamlı afet yönetim politikası oluşturulmuştur [21].

1999 Marmara Depremi

17 Ağustos 1999 Marmara Depremi, Türkiye’de afet lojistiği yönetiminde en büyük kırılma noktalarından biri olmuştur[21]. Deprem sonrası yaşanan ulaşım gecikmeleri, aynı yardımların koordinasyonsuzluğu ve iletişim sorunları, Türkiye’de yeni bir afet lojistik sisteminin gerekliliğini ortaya koymuştur[53].

Bu süreçte yaşanan başlıca lojistik sorunlar şunlardır:

- Lojistik destek eksikliği nedeniyle kurtarma operasyonlarının yetersiz kalması,
- Aynı yardımların düzensiz dağıtımı nedeniyle bazı bölgelere fazla yardım giderken bazı bölgelere hiç yardım ulaşamaması,
- Koordinasyon eksiklikleri nedeniyle kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları arasındaki iletişim kopuklukları [2].

Bu eksiklikler, 2009 yılında AFAD’ın (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) kurulmasına zemin hazırlamıştır. AFAD’ın kurulmasıyla birlikte, önceden farklı bakanlıkların sorumluluğunda olan afet yönetimi süreçleri tek çatı altında toplanmış ve yetki karmaşası ortadan kaldırılmıştır[21]. 2013 yılında ise Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ha-

zırlanarak, afet öncesi, sırası ve sonrasındaki lojistik süreçleri içeren ilk kapsamlı ulusal afet lojistik planı oluşturulmuştur[10].

2011 Van Depremi

2011 Van Depremi, afet sonrası iletişim ve koordinasyon eksiklikleri nedeniyle afet lojistiğinde önemli sorunlar yaşandığını göstermiştir[53].

Bu süreçte yaşanan başlıca lojistik sorunlar şunlardır:

- Yerel yönetimlerin AFAD ile koordinasyonunun zayıf kalması,
- Afet sonrası ilk müdahalede lojistik hatalar nedeniyle birçok afet-zedenin yardım malzemelerine ulaşamaması,
- Lojistik depolama ve dağıtım sistemlerinde eksikliklerin bulunması,
- Yardım malzemelerinin kayıt, depolama ve dağıtım süreçlerindeki düzensizlikler gibi başlıca sorunlar tespit edilmiştir[17].

Bu süreçte yaşanan eksikliklerin ardından 2012 yılında lojistik merkezlerin sayısının artırılmasına yönelik çalışmalar başlatılmış, ancak uygulamada beklenen başarı sağlanamamıştır[40]. 2013'te revize edilen ve 2014'te yürürlüğe giren TAMP, afet lojistiği süreçleri için ulusal standartlar belirleyerek süreci daha sistemli hale getirmiştir[10].

2023 Kahramanmaraş Depremleri

6 Şubat 2023'te meydana gelen Kahramanmaraş merkezli depremler, Türkiye'nin afet lojistiği kapasitesinin hâlâ yetersiz olduğunu göstermiştir[21].

Bu süreçte yaşanan başlıca lojistik sorunlar şunlardır:

- TAMP kapsamında lojistik süreçler yönetilmiş olsa da koordinasyon eksiklikleri nedeniyle müdahalelerde gecikmeler yaşanmıştır.
- CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı lojistik takip sistemlerinin eksikliği, yardımların yanlış yönlendirilmesine neden olmuştur.
- Alternatif lojistik yöntemleri (hava ve deniz taşımacılığı) yeterince etkin kullanılamamıştır[17].

Bu eksiklikler, afet lojistiğinde dijital sistemlerin ve alternatif ulaşım yöntemlerinin daha fazla entegre edilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Yeşil lojistik stratejilerinin afet yönetimine entegre edilmesi, hem çevresel hem de operasyonel sürdürülebilirlik açısından önem arz etmektedir[40].

Günümüzde Türkiye’de Afet Lojistiği: Dijitalleşme ve Yeni Stratejiler

Türkiye, günümüzde afet lojistiğini daha sistematik ve dijital çözümler içeren bir model ile yönetmeye çalışmaktadır[10].

- TAMP kapsamında lojistik süreçler merkezi bir sistemle yönetilmekte ve insani yardım lojistiği planlamaları güçlendirilmektedir.
- CBS, IoT ve RFID gibi dijital lojistik takip sistemleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır[17].
- Yeşil lojistik prensiplerinin afet lojistiğine entegrasyonu, çevresel etkilerin azaltılması açısından önem kazanmaktadır[40].
- AFAD’ın yönettiği lojistik depoların etkinliği artırılarak afet anında hızlı müdahale süreçleri güçlendirilmiştir[53].

Ancak, 2023 Kahramanmaraş Depremleri sonrası yapılan analizler, afet lojistiğinde hâlâ büyük eksikliklerin bulunduğunu göstermektedir. Merkeziyetçi yapının lojistik süreçleri yavaşlatması, dijital takip sistemlerinin tam olarak oturmaması ve lojistik alternatiflerinin yeterince değerlendirilememesi, mevcut sistemin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır[21].

Türkiye’de yaşanmış ve Türkiye’nin afet konusunda şekillenmesinde önemli dönüm noktaları olarak görülen 1999 Marmara Depremi, 2011 Van Depremi ve 2023 Kahramanmaraş Depremleri incelendiğinde afet lojistiğinde yaşanan problemlerin aşağıda tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 5 Türkiye’de afet lojistiğinde yaşanan başlıca problemler

Deprem	Afet Lojistiği Problemleri
1999 Marmara Depremi	• Koordinasyon Eksikliği • Ulaşım Problemleri • Depolama ve Dağıtım Sorunları • İletişim Altyapısının Çökmesi • Lojistik Yönetim Eksikliği
2011 Van Depremi	• Depolama ve Stok Yönetimi Eksikliği • Koordinasyon Sorunları • İlk Müdahalede Gecikmeler • Lojistik Merkez Eksikliği
2023 Kahramanmaraş Depremleri	• Dijital Takip Sistemlerinin Eksikliği • Merkeziyetçi Yapının Yavaşlığı • Alternatif Lojistik • Yöntemlerinin Kullanılmaması • Yeşil Lojistik Eksikliği • Ulaşım Altyapısı Sorunları

Türkiye’de afet lojistiği, özellikle 1999 Marmara Depremi sonrası önemli bir dönüşüm sürecine girmiş olsa da 2023 Kahramanmaraş Depremleri gibi büyük afetler, mevcut sistemde hala iyileştirilmesi gereken birçok nokta olduğunu göstermiştir. Alternatif lojistik yöntemlerinin yetersiz kullanımı, dijital lojistik takip sistemlerinin tam anlamıyla entegre edilememesi ve lojistik süreçlerin merkeziyetçi bir yapı içinde yavaş işlemesi, afet sonrası müdahalelerin etkinliğini azaltan temel faktörler arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda, afet lojistiği süreçlerinin dijitalleşmesi, yeşil lojistik uygulamalarının entegrasyonu ve yerel yönetimlerle özel sektörün daha etkin iş birliği içinde çalışması, Türkiye’de afet lojistiğinin gelecekte daha sürdürülebilir ve etkili hale gelmesi için kritik öneme sahiptir. Afet lojistiğinin geliştirilmesi, yalnızca acil müdahale süreçlerinin hızlanmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda toplumsal dirençliliği artırarak afet sonrası iyileşme sürecini de hızlandıracaktır.

Sonuç

Türkiye’de afet yönetimi ve afet lojistiği, tarih boyunca yaşanan büyük depremlerden elde edilen dersler doğrultusunda gelişmiş, ancak hala çözülmesi gereken birçok yapısal ve operasyonel soruna sahiptir. Afet yönetimi süreçleri, 1999 Marmara Depremi ile birlikte köklü bir dönüşüm geçirmiş ve müdahale odaklı sistemden, risk azaltma ve önleyici tedbirleri de içeren bütünlük bir modele geçiş sağlanmıştır. Günümüzde AFAD koordinasyonunda yürütülen afet yönetim politikaları, Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ve AFAD 2024-2028 Stratejik Planı gibi kapsamlı planlarla desteklenmektedir. Ancak, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri gibi büyük afetler, mevcut afet yönetimi sisteminin halen çeşitli zorluklarla karşı karşıya olduğunu ortaya koymuştur.

Bu zorlukların başında afet lojistiği süreçlerinin yetersizliği gelmektedir. Afet sonrası müdahale, yardım ve tahliye süreçleri, lojistik sistemlerin etkinliği ile doğrudan bağlantılıdır. 1999 Marmara Depremi, 2011 Van Depremi ve 2023 Kahramanmaraş Depremleri, afet lojistiği alanında ciddi eksikliklerin yaşandığını gözler önüne sermiştir. Koordinasyon eksiklikleri, ulaşım altyapısının yetersizliği, alternatif lojistik yöntemlerinin sınırlı kullanımı ve lojistik merkezlerin etkin bir şekilde yönetilememesi, afet sonrası insani yardım operasyonlarının başarısız olmasına neden olmuştur.

Gelecekte Türkiye’de afet lojistiğinin daha etkili hale gelmesi için bazı kritik adımlar atılmalıdır:

- Dijital lojistik takip sistemleri (CBS, IoT ve RFID gibi teknolojiler) yaygınlaştırılmalı ve lojistik süreçler şeffaf hale getirilmelidir.

- Yeşil lojistik uygulamaları, afet yönetimine entegre edilerek hem çevresel hem de operasyonel sürdürülebilirlik sağlanmalıdır.
- Yerel yönetimler, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları ile daha güçlü bir iş birliği ağı oluşturulmalıdır.
- Lojistik merkezlerin kapasitesi artırılmalı ve afet sonrası malzeme yönetimi daha etkin hale getirilmelidir.
- Alternatif lojistik çözümler (hava, deniz ve demiryolu taşımacılığı) afet süreçlerine daha fazla entegre edilmelidir.

Sonuç olarak, afet yönetimi ve afet lojistiği süreçleri, yalnızca bir kriz anında değil, afet öncesi, afet sırası ve afet sonrasını kapsayan bütünleşik bir anlayışla ele alınmalıdır. Türkiye'nin afet yönetimi politikaları zaman içinde önemli gelişmeler kaydetmiş olsa da, lojistik süreçlerin daha sistematik hale getirilmesi, teknolojik yeniliklerin etkin kullanılması ve daha sürdürülebilir bir afet yönetim modeli benimsenmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde, gelecekte yaşanabilecek afetlerde can ve mal kaybını en aza indirerek, toplumun afetlere karşı daha dirençli hale gelmesi sağlanabilir.

Kaynakça

1. AFAD (2024), AFAD 2024-2028 stratejik planı, URL: https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Planlar/2024_2028-AFAD-Stratejik-Plani.pdf (Erişim: 12.03.2025)
2. Göçmen, E., & Kuvvetli, Y. (2020). Humanitarian Logistics Management After A Disaster: An Earthquake Case. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(2), 679-688.
3. 1944. 4623 sayılı Yersarsıntılarında evvel sonra alınacak tedbirler hakkında kanuna
4. 1945. Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası
5. 1947. Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası
6. 1959. 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun.
7. 1963. T.C. İmar İskân Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası
8. 1972. T.C. İmar ve İskân Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası
9. 1996. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası
10. AFAD (2022), Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), URL:https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Planlar/TAMP.pdf (Erişim: 12.03.2025)
11. AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritası, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/39499/xfiles/deprem_haritasi.pdf (Erişim: 12.03.2025)
12. Aktel, M. (2010). 5902 Sayılı Yasa İle Türkiye’de Afet Yönetiminde Oluşan Değişim. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (27).
13. Artantaş, E., & Gürsoy, H. (2024). Depremın yıkıcı ve ekonomik etkilerini azaltmaya yönelik stratejiler ve Türkiye’nin deprem deneyimlerinden çıkarılacak dersler, Kahramanmaraş ve Gölcük depremleri örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2), 192-214.
14. Benli, H., Bacanlı, M., Gündoğdu, Ş., Yaman, M., Esin, M., Gökçe, O., ... & İlgen, H. G. (2018). Türkiye’de afet yönetimi ve doğa kaynaklı afet istatistikleri. AFAD, Ankara.
15. Bıkçe, M. (2015). Türkiye’de Hasara ve Can Kaybına Neden Olan Deprem Listesi (1900-2014). *İçinde*, 3, 1-10.
16. Birand, A., Ergünay, O., (2000). Türkiye’nin Afet Sorunlarına Genel Bakış ve Erzincan Depremi Uygulaması-, URL: <http://www.altaybirand.com/wp-content/uploads/2018/01/erzincenafet.pdf> (Erişim: 12.03.2025)
17. Cetinkaya, C., Özceylan, E., & Keser, I. (2022). A GIS-based AHP approach for emergency warehouse site selection: a case close to Turkey-Syria border. *Journal of Engineering Research*, 10(3A).

18. Çakır, H. K., & Çay, R. D. (2022). Türkiye'deki Afet Yönetim Sisteminin Değerlendirilmesi. In *International Asian Congress On Contemporary Sciences*.
19. Çelik, S. (2015). Towards Local and Protective Turkish Disaster Management System. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (19).
20. Çınar, S., & Mutlu, H. M. (2020). Afet lojistik sorunları ve temel başarı etkenleri: bir literatür çalışması. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 8(2), 50-69.
21. Demir, Evin. (2023). The Turkey/Syria Earthquake 2023: Theoretical Framework of Post-Disaster Logistics and Its Flawed Application. *Journal of Economics, Trade and Marketing Management*. 5.
22. Demirci, A., Bilgiç, E., & Demir, Ö. G. D. DOĞAL AFETLERE KARŞI HAZIRLIK VE DOĞAL AFET LOJİSTİĞİ.
23. Ekmekci, N. (2023). Afet Yönetimi ve İnsani Yardım Lojistiği. Çizgi Kitabevi.
24. Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., 2013, Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30, Ankara-Türkiye. ISBN: 978-605-5310-56-1
25. Ergünay, O. (2007). Türkiye'nin afet profili. TMMOB Afet Sempozyumu, 5(7), 1-14.
26. ERGÜNAY, O. (2011). 1999 Depremleri Afet Mevzuatını Nasıl Değiştirdi: Mevzuat Açısından Neredeyiz?. *ODTÜ Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara*.
27. Erkal, T., & Değerliuyurt, M. (2009). Türkiye'de afet yönetimi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 147-164.
28. Erkan, E. A. (2010). Afet yönetiminde risk azaltma ve Türkiye'de yaşanan sorunlar. DPT Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.
29. Genç, F. N. (2007). Türkiye'de doğal afetler ve doğal afetlerde risk yönetimi. *Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(5), 201-226.
30. Gökçe, O., & Tetik, Ç. (2012). *Teoride ve pratikte afet sonrası iyileştirme çalışmaları*. TC Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
31. Gündüz, İ. (2009). Dünyada ve Türkiye'de afet yönetimi. *Erdem Yayınları, İstanbul*, 28-38.
32. Işık, Ö., Aydınlioğlu, H. M., Koç, S., Gündoğdu, O., Korkmaz, G., & Ay, A. (2012). Afet yönetimi ve afet odaklı sağlık hizmetleri. *Okmeydanı Tıp Dergisi*, 28(2), 82-123.
33. İrdem, İ., & Mert, E. (2023). Deprem, dirençli kent ve acil afet yönetimi: Türkiye örneği. *Kamu Yönetimi ve Politikaları Dergisi*, 4(2), 241-276.
34. JICA, J. (2004). Türkiye'de Doğal Afetler Konulu Ülke Strateji Raporu, *Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı Türkiye Bürosu Yayını, Ankara*.

35. Keleş, R. (2015). Kentleşme politikası (19. baskı). *Ankara, Türkiye: İmge Kitabevi*.
36. Kemaloğlu, M. (2015). Türkiye’de afet yönetiminin tarihi ve yasal gelişimi. *Akademik Bakış Dergisi*, 52, 126-147.
37. Köseoğlu, A. M. (2015). *Afet yönetimi insani yardım: Lojistik süreçler ve uygulamalar*. Nobel.
38. KÜÇÜK, B. (2022). Afet Planlamasında Afet Lojistiği Örnek Uygulamalar. *Akademisyen Kitabevi*.
39. Mızrak, K. C., & Tolon, M. (2017). Development of disaster management in Turkey: from 1999 Kocaeli Earthquake to 2011 Van Earthquake. *International Journal of Engineering Science and Application*, 1(4), 145-151.
40. Oruç, S., & Eken, M. Maritime Transportation, Disaster Management and Humanitarian: Iskenderun Region. *Marine and Life Sciences*, 6(2), 64-77.
41. ÖNDER, Ö., & YAMAN, M. AFET YÖNETİMİ ve POLİTİKALARI.
42. Özçelik, E. (2023). Afet lojistiği üzerine kavramsal bir inceleme. *İstanbul Esenyurt Üniversitesi İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 11-27.
43. Özmen, B. (2012). Türkiye deprem bölgeleri haritalarının tarihsel gelişimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 55(1).
44. Özmen, B. (2023). Adana İlinin Deprem Tehlikesinin Güncellenen Deprem Bölgeleri Haritalarına Göre Değişimi. *Resilience*, 7(2), 339-356.
45. Özmen, B. (2023). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi ve Ankara’ya Etkileri. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(3), 710-722.
46. Özmen, B., & Özden, T. (2013). Türkiye’nin afet yönetim sistemine ilişkin eleştirel bir değerlendirme. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, (49).
47. Özmen, B., Güler, H., & Nurlu, M. (1997). Coğrafi bilgi sistemi ile deprem bölgelerinin incelenmesi. *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü*.
48. Pampal, S., & Özmen, B., (2017). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritaları ve Deprem Yönetmeliklerinin Tarihsel Gelişimi . *İstanbul’un Jeolojisi Sempozyumu* 5 (pp.169-186). İstanbul, Turkey
49. PELİT, İ. (2024). AFET LOJİSTİĞİ SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ: KAHRAMANMARAŞ DEPREMİ. *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Uluslararası Araştırmalar XXV*, 195.
50. Şahin, Ş. (2019). Türkiye’de afet yönetimi ve 2023 hedefleri. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(2), 180-196.
51. Şengün, H., & Güler, D. (2016). Türkiye’de afet yönetiminde bir dönüm noktası: 1992 Erzincan Depremi.
52. Tercan, B. (2018). Türkiye’de afet politikaları ve kentsel dönüşüm. *Abant Kültürel Araştırmalar Dergisi*, 3(5), 63-74.

53. Topal, B. (2016, November). Türkiye Afet Lojistik Yönetim Sistemi Üzerine Bir Değerlendirme. In *International Symposium on Environment and Morality* (pp. 4-6).
54. Unlu, A., Kapucu, N., & Sahin, B. (2010). Disaster and crisis management in Turkey: a need for a unified crisis management system. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 19(2), 155-174.
55. URL: <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi> , Erişim tarihi:28.01.2025
56. URL: https://www.jmo.org.tr/genel/jeoloji_harita.php?kod=9004 , Erişim tarihi: 28.01.2025
57. Yılmaz, F. N. S. (2023). Türkiye’de Doğal Afet Yönetimi Uygulamalarında Merkezi ve Yerel Yönetimlerin Rolü: 2020 Elazığ ve İzmir Depremi İncelemesi.
58. Yildirimli, H. (2015). *Afet yönetiminde afet lojistiği sorunları: Van Depremi örneği* (Master’s thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
59. Yıldız, E., & Duruel, M. C. (2022). Afet ve acil durum yönetimi başkanlığı (AFAD) stratejik planlarının değerlendirilmesi. *Acil Yardım ve Afet Bilimi Dergisi*, 2(1), 19-24.
60. Yılmaz, A. (2012). Türkiye’de afetlerde karşılaşılan sorunlar. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 61-81.

Bölüm 4

AFET VE DEPREM LOJİSTİĞİ İÇİN SAYISAL TEKNİKLER

Mehmet Akif YERLİKAYA¹

¹ Dr. Öğrt. Üyesi, Bitlis Eren Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü, <https://orcid.org/0000-0003-3084-0257>

Giriş

Afet ve deprem lojistiği, çok boyutlu ve değişken bir yapıya sahip olduğu için yönetilmesi en zor tedarik zinciri süreçlerinden biridir. Çoğu zaman lojistik kararlar, kıt kaynaklar, belirsiz talep, altyapı hasarları ve zamana karşı yarış gibi unsurlardan etkilenir. Örneğin, bir depremin ardından kritik altyapıların (yollar, köprüler, havaalanları vb.) hasar görmesi, lojistik operasyonlarının hızını, maliyetini ve güvenliğini doğrudan belirler (Van Wassenhove, 2006). Bu bağlamda, analitik yöntemler ve sayısal teknikler, karar vericilere en uygun eylem planlarını tasarlamak için bilimsel bir temel sağlar. Günümüzde afet lojistiği kapsamında öne çıkan sayısal yaklaşımlar arasında matematiksel modelleme, simülasyon, çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri, kapasite analizi ve risk yönetimi ve optimizasyon teknikleri bulunur (Caunhye, Nie & Pokharel, 2012). Deprem lojistiği gibi ani ve yüksek belirsizlik içeren olaylarda, bu yaklaşımların doğru kullanımı aşağıdaki açılardan büyük avantajlar sağlar:

1. **Kaynakların Etkin Kullanımı:** Doğru modelleme ve optimizasyon sayesinde, sınırlı miktardaki yardım malzemesi ve insan gücünün en çok ihtiyaç duyulan bölgelere hızla yönlendirilmesi mümkün olur (Balçık & Beamon, 2008).

2. **Kritik Zaman Yönetimi:** Özellikle depremin ilk 72 saatinde, arama-kurtarma operasyonlarındaki gecikme can kayıplarının artmasına yol açabilir (Feng & Wang, 2003). Sayısal teknikler, rota optimizasyonu, zaman-planlama ve ön konumlandırma gibi problemleri çözerken zamandan tasarruf edilmesine yardımcı olur (Rawls & Turnquist, 2010).

3. **Belirsizlik ve Riskin Azaltılması:** Depremden kaynaklanan altyapı hasarları, artçı şoklar ve talep dalgalanmaları gibi belirsizlikler stokastik veya senaryo tabanlı modellerle ele alınır. Böylelikle olası en kötü durum senaryolarında dahi sistemin belli bir performans düzeyinde kalması sağlanabilir (Barbarosoğlu & Arda, 2004).

4. **Çok Boyutlu Karar Kriterlerinin Yönetimi:** Deprem lojistiğinde yalnızca hız veya maliyet değil, aynı zamanda toplumsal etki, çevresel sürdürülebilirlik ve koordinasyon zorlukları gibi faktörler de dikkate alınmalıdır (Tzeng, Cheng & Huang, 2007). Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri (AHP, TOPSIS, PROMETHEE vb.), bu farklı boyutların eş-zamanlı yönetilmesine olanak tanır.

5. **Operasyonel ve Stratejik Perspektifin Bütünleşmesi:** Afet yönetimi, deprem öncesi hazırlık (ön konumlandırma, stoklama, eğitim), deprem anı müdahale (arama-kurtarma, acil dağıtım, tahliye) ve deprem sonrası iyileştirme (yeniden yapılanma, atık yönetimi vb.) aşamalarını

içerir (Holguín-Veras et al., 2012). Sayısal teknikler her üç aşamada da hem anlık hem de orta-uzun vadeli stratejilerin geliştirilmesinde kritik rol oynar.

Bölümün devamında, matematiksel modelleme ve simülasyon (4.1) ile çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri (4.2) ele alınacak; bu kapsamda kapasite analizi (4.3) ve risk yönetimi ve optimizasyon (4.4) başlıkları altında farklı yaklaşım ve modellerin deprem lojistiğine katkıları detaylandırılacaktır. Her bir alt başlıkta, saha örnekleri ve literatür çalışmalarıyla birlikte kuramsal çerçeve sunulacak ve deprem lojistiği uygulamalarına dair sayısal örnekler, tablolar ve grafikler paylaşılacaktır. Böylece, deprem ve afet lojistiğinin en kritik karar mekanizmalarını derinlemesine inceleyerek, okuyuculara kapsamlı bir araç kutusu (tool-box) sunmak hedeflenmektedir.

Sayısal tekniklerin çeşitliliği ve sağladıkları avantajlar göz önünde bulundurulduğunda, bu bölümün sonunda, afet ve deprem lojistiğindeki anahtar problemleri nasıl modelleyebileceğimizi ve söz konusu problemleri çözmek için hangi yöntemlerin en uygun olduğunu daha net bir şekilde göreceğiz. Ayrıca, bu yaklaşımların uygulamadaki zorlukları, veri kısıtları ve çok paydaşlı yapı gibi konulara da değinilerek, sayısal tekniklerin gerçek sahadaki etkisi ve sınırlılıkları hakkında bütüncül bir bakış açısı kazanılacaktır.

4.1. Matematiksel Modelleme ve Simülasyon

Afet ve deprem lojistiğinin karmaşık yapısı, bu alanda faaliyet gösteren yöneticilerin ve araştırmacıların matematiksel modelleme tekniklerine başvurmasına neden olmaktadır. Matematiksel modelleme, gerçek bir problemi belirli varsayımlar altında basitleştirerek formüllerle ifade eden ve bu problem için “en iyi” veya “uygun” çözümler bulmaya çalışan yöntemler bütünüdür (Van Wassenhove, 2006). Özellikle afet ve deprem lojistiğinde, belirsizlik faktörlerinin yüksek olması, karar değişkenlerinin birbirleriyle etkileşim hâlinde bulunması ve çeşitli kısıtların (zaman, maliyet, kaynak kısıtları vb.) aynı anda yönetilmesi gerekliliği nedeniyle model tabanlı yaklaşımlar büyük önem kazanır. Günümüzde afet lojistiği kapsamında kullanılan başlıca matematiksel model türleri şunlardır (Cahunhye, Nie & Pokharel, 2012):

1. Doğrusal Programlama (Linear Programming - LP)
2. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama (Mixed Integer Linear Programming - MILP)
3. Stokastik Programlama (Stochastic Programming)

4. Deterministik Optimizasyon
5. Senaryo Tabanlı Yaklaşımlar

Bu modellerin temel amacı; afet sırasında hangi depo veya lojistik merkezlerin aktive edileceği, hangi rotaların kullanılacağı, ne kadar malzeme stoklanacağı, malzemelerin nasıl taşınacağı gibi stratejik ve operasyonel sorulara yanıtlar geliştirmektir (Duran, Gutierrez & Keskinocak, 2013). Örneğin, Barbarosoğlu ve Arda (2004) tarafından geliştirilen iki aşamalı stokastik programlama yaklaşımı, deprem sonrasında ihtiyaç duyulan ulaşım ve dağıtım planlarını optimize etmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada, yolların kapanması, talebin değişken olması gibi belirsizlik faktörleri modele entegre edilerek daha gerçekçi ve uygulanabilir sonuçlara ulaşılmıştır.

4.1.1. Doğrusal ve Karma Tamsayılı Programlama

Afet lojistiğinde ilk akla gelen modelleme yöntemlerinden biri doğrusal programlama (DP) ve bunun bir uzantısı olan karma tamsayılı doğrusal programlamadır (MILP).

- Doğrusal Programlama: Karar değişkenleri ve kısıtların doğrusal (linear) şekilde ifade edildiği bu modeller, özellikle rota planlaması, atama problemleri ve dağıtım planları gibi alanlarda tercih edilir (Tzeng, Cheng & Huang, 2007).
- Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama: Bazı karar değişkenlerinin tamsayı (integer) olması gerektiren problemlerde, DP modeli yeter-siz kalır. Örneğin, belirli sayıda araç, depo veya ekipman atanacaksa, bu karar değişkenlerinin tamsayı olarak tanımlanması zorunludur (Kovács & Spens, 2007).

Bu yöntemler afet lojistiği literatüründe sıklıkla yer bulur; çünkü depo yeri seçiminden (facility location) malzeme atama (allocation) süreçlerine kadar pek çok planlama probleminde maliyet, zaman ve diğer lojistik kısıtlar (araç kapasitesi, yol durumu vb.) doğrusal ilişkiler çerçevesinde modellenebilir (Rawls & Turnquist, 2010).

4.1.2. Stokastik Programlama

Afet sırasında belirsizliğin en belirgin olduğu noktalardan biri talebin ne olacağı ve altyapı hasarının hangi seviyede gerçekleşeceğidir (Caunhye et al., 2012). Bu nedenle stokastik programlama yaklaşımları, olası farklı senaryoların (örneğin, orta ölçekli bir deprem, büyük ölçekli bir

deprem veya artçı sarsıntılar) aynı model çerçevesinde analiz edilmesini sağlar.

- **İki Aşamalı Stokastik Model:** İlk aşamada, karar verici belirsizlik ortaya çıkmadan bazı “ön” kararları (örn. depo kurulumları, malzeme stokları) alır. İkinci aşamada, belirsizlik gerçekleştiğinde (örn. yolların kapanma durumu, talep miktarı netleştiğinde) ek kararlar alınarak sistemin optimal şekilde yönetilmesi amaçlanır (Barbarosoğlu & Arda, 2004).
- **Çok Aşamalı Stokastik Model:** Afet lojistiğinin zaman serisi boyunca (örneğin, ilk 72 saat, 1 hafta sonrası, 1 ay sonrası vb.) farklı belirsizlik durumlarını ardışık olarak değerlendirir (Chang, Tseng & Chen, 2007).

4.1.3. Deterministik Optimizasyon ve Senaryo Tabanlı Yaklaşım

Afet lojistiğinde deterministik optimizasyon, belirsizliğin olmadığı ya da en kötü durum (worst-case) veya en iyi durum (best-case) senaryolarının sabit kabul edildiği çalışmalarda tercih edilir (Holguín-Veras et al., 2012). Ancak gerçek hayatta, deprem esnasındaki belirsizlikler son derece yüksektir. Bu nedenle, deterministik modeller çoğu zaman senaryo tabanlı yaklaşımlarla genişletilir.

- **Senaryo Tabanlı Modeller:** Birden çok gelecekteki olası durum (senaryo) oluşturularak, her bir senaryonun gerçekleşme olasılığına göre model çözülür. Böylece ortaya çıkan kararlar, farklı durumlara karşı en esnek veya en uyumlu stratejileri sunar (Campbell & Jones, 2011).

Tablo 4.1. *Afet ve Deprem Lojistiğinde Matematiksel Modelleme Yaklaşımlarının Karşılaştırılması*

Model Tipi	Avantajları	Dezavantajları	Örnek Çalışmalar
Doğrusal Programlama (LP)	- Kolay formülasyon - Hızlı çözüm	- Tamsayı değişkenlere ihtiyaç duyulduğunda yetersiz kalabilir - Belirsizliği tam olarak yansıtmada eksik	(Tzeng et al., 2007)
Karma Tamsayılı (MILP)	- Tamsayı karar değişkenlerini modele dâhil eder - Gerçekçi çözümler sunar	- Büyük boyutlu problemler için çözüm süresi uzun olabilir - Model karmaşıklaşır	(Rawls & Turnquist, 2010)
Stokastik Programlama	- Belirsizlik faktörlerini modele entegre eder - En esnek stratejileri sunar	- Veri toplama güçlüğü nedeniyle parametre tahmini zor	(Barbarosoğlu & Arda, 2004)

Model Tipi	Avantajları	Dezavantajları	Örnek Çalışmalar
Deterministik Optimizasyon	- Modelleme ve çözüm görece daha basit - Hızlı senaryo testleri	- Belirsizliğin çok olduğu afet ortamında gerçekçiliği düşük - Senaryo sayısı arttıkça model çok karmaşık hâle gelebilir - Olasılık tahminleri zorlu	(Holguín-Veras et al., 2012)
Senaryo Tabanlı Yaklaşımlar	- Farklı durumlara göre çözümler - Hazırlık aşaması için stratejik katkı	- Senaryo sayısı arttıkça model çok karmaşık hâle gelebilir - Olasılık tahminleri zorlu	(Campbell & Jones, 2011)

Tablo 4.1 incelendiğinde, farklı matematiksel modelleme yöntemlerinin afet lojistiği alanında maliyet, zaman, belirsizlik, kapasite ve insan faktörü gibi unsurları ne ölçüde dikkate aldığı açıkça görülmektedir.

4.1.4. Sayısal Bir Örnek Uygulaması

Aşağıda, basitleştirilmiş bir karma tamsayılı programlama (MILP) örneği verilmektedir. Bu örnek, deprem sonrası iki depo (D1 ve D2) ve üç talep noktası (T1, T2, T3) arasında gıda malzemesi dağıtımını optimize eden bir modeldir.

Parametreler:

- S_j : Depo j 'nin stok kapasitesi (birim).
- D_i : Talep noktası i 'nin ihtiyacı (birim).
- c_{ij} : Depo j 'den talep noktası i 'ye bir birim malzemeyi taşıma maliyeti (TL/birim).
- x_{ij} : Depo j 'den talep noktası i 'ye taşınacak malzeme miktarı (karar değişkeni).

Model Formülasyonu:

$$\text{Amaç Fonksiyonu: } \min \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 c_{ij} \cdot x_{ij}$$

Kısıtlar :

- 1 Her talebin karşılanması:

$$\sum_{j=1}^2 x_{ij} \geq D_i, \forall i \in \{1,2,3\}$$

2 Depo kapasitesi kısıtları:

$$\sum_{i=1}^3 x_{ij} \leq S_j, \forall j \in \{1,2\}$$

3 Tüm karar değişkenlerinin sıfır veya pozitif olması:

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j$$

Örnek Veri Seti:

Parametre	Değer	
S_1 (D1 kapasite)	100 birim	
S_2 (D2 kapasite)	80 birim	
D_1 (T1 talep)	50 birim	
D_2 (T2 talep)	70 birim	
D_3 (T3 talep)	40 birim	
Taşıma Maliyeti (c_{ij} , TL/birim)	D1	D2
T1	4	6
T2	5	4
T3	6	5

Bu veriler ışığında model çözümü yapıldığında, hangi depodan hangi talep noktasına kaç birim malzeme gönderileceği belirlenir. Model, toplam taşıma maliyetini minimize eden bir çözüm önerecektir. Örneğin, bir örnek çözüm senaryosu aşağıdaki gibi olabilir:

Karar Değişkeni	Değer	Açıklama
x_{11}	50	D1 → T1: 50 birim
x_{21}	0	D2 → T1: 0 birim
x_{12}	20	D1 → T2: 20 birim
x_{22}	50	D2 → T2: 50 birim
x_{13}	30	D1 → T3: 30 birim
x_{23}	10	D2 → T3: 10 birim

Bu dağılım, tabloda belirtilen kapasite kısıtlarını ve talep kısıtlarını karşılamakla birlikte, toplam taşıma maliyeti (örneğin, $50 \times 4 + 0 \times 6 + 20 \times 5 + 50 \times 4 + 30 \times 6 + 10 \times 5$) bazında en uygun veya en yakın çözümlerden biri olabilir. Farklı çözümler de elde edilebilir; model yazılımı (örn. CPLEX, Gurobi) bu dağılımların arasından en az maliyetli olanı bulacaktır.

4.1.5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu alt başlıkta, afet ve deprem lojistiği için matematiksel modellemenin temel kavramsal çerçevesi ele alınmıştır. Doğrusal ve karma tam-sayıli programlama, stokastik programlama, deterministik optimizasyon ve senaryo tabanlı yaklaşımlar, afet koşullarında kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını hedefleyen, hem hızlı hem de esnek çözümler sunar. Her bir modelin kendi avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte, belirsizlik ve büyük ölçekli problem yapısı göz önüne alındığında, stokastik ve senaryo tabanlı modellerin daha gerçekçi sonuçlar verebildiği ifade edilebilir.

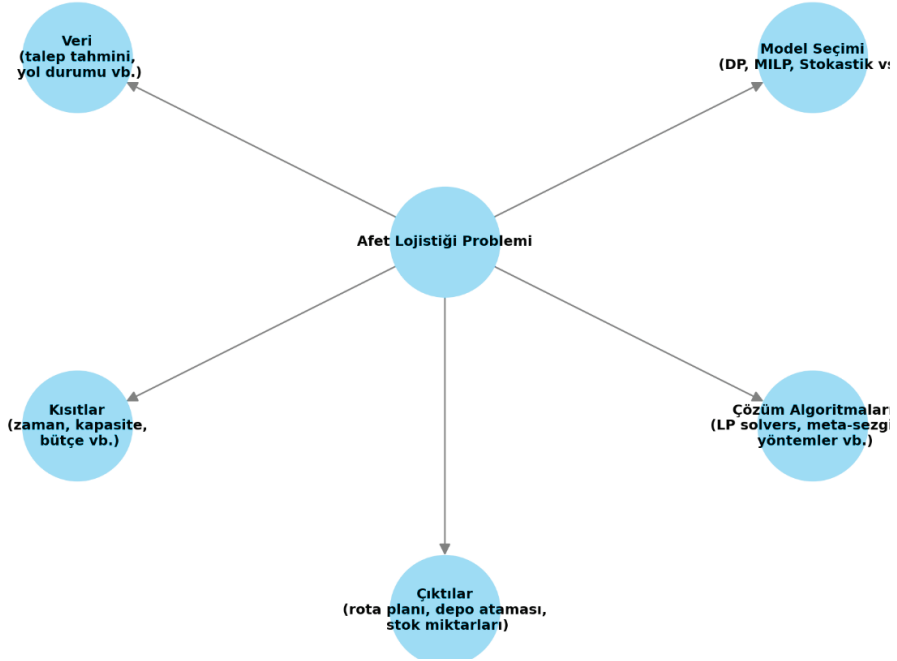
Uygulamada Karşılaşılan Zorluklar:

- **Veri Elde Etme ve Doğruluk:** Afet öncesinde, sırasında ve sonrasında verilerin toplanması güç olabilir (elektrik kesintisi, haberleşme ağlarındaki problemler, altyapı hasarı vb.).
- **Hızlı Karar Alma Gereksinimi:** Modelin çözüm süresinin “gerçek zamanlı” ya da “yakın gerçek zamanlı” olması gerekebilir. Bazı karmaşık modeller, büyük boyutlu problemlerde yüksek çözüm süreleri gerektirebilir.
- **Yönetmel Engel ve Koordinasyon Eksikliği:** Çok sayıda paydaşın (kamu kurumları, STK’lar, gönüllü kuruluşlar, özel sektör vb.) bir arada

çalışması gerektiğinden, modellerin tek bir koordinasyon mekanizması üzerinden uygulanması zordur.

- Belirsizliğin Derecesi: Deprem sonrasında ortaya çıkan ikincil afetler (yangın, tsunami vb.) veya lojistik ağdaki ani bozulmalar, modeldeki senaryoları daha da çeşitlendirmeyi gerektirir.

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere, matematiksel modelleme süreci, veri toplama adımından başlayarak problem formülasyonu, çözüm algoritmaları ve çıktıların analizi ile devam eden döngüsel bir yapıya sahiptir. Afet lojistiğindeki dinamizm, verilerin sürekli güncellenmesini gerektirir; bu nedenle model ve çözüm yaklaşımı, tekrarlamalı (iteratif) şekilde devreye girebilir



Şekil 4.1. Afet Lojistiği Problemi Diyagramı

Uygulamada karşılaşılan veri eksikliği, çözüm sürelerinin uzun olması ve paydaşlar arası koordinasyon gibi sorunların giderilebilmesi için, esnek ve hibrit model yaklaşımları (örn. stokastik + deterministik entegrasyonu, meta-sezgisel yöntemlerle hızlandırma vb.) giderek daha fazla kullanılmaktadır (Duran et al., 2013). Ayrıca, coğrafi bilgi sistem-

leri (GIS) ve gerçek zamanlı veri (drone görüntüleri, sahadaki sensörler vb.) ile desteklenen karar destek yazılımları, matematiksel modellerin pratikteki etkinliğini artırmaktadır. Böylece, afet lojistiğinin en kritik adımlarından biri olan matematiksel modelleme, stratejik düzeyden (depo konumu, stok miktarı, tedarik ağı tasarımı) operasyonel düzeye (günlük dağıtım, rota belirleme, talep tahmini) kadar geniş bir yelpazede uygulanarak, insan hayatını koruyan ve kaynak israfını önleyen çözümler sunmaktadır.

4.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Afet ve deprem lojistiği gibi çok boyutlu ve dinamik ortamlarda karar verme süreçleri, yalnızca maliyet veya zaman odaklı olmadığı gibi, güvenlik, erişim (ulaşılabilirlik), kaynak verimliliği ve sürdürülebilirlik gibi pek çok farklı kriterin de dikkate alınmasını gerektirir (Balçık & Beamon, 2008). Bu noktada, Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) yöntemleri, çeşitli nitel ve nicel kriterleri aynı çerçevede ele alarak yöneticilere daha bütüncül ve tutarlı karar alma imkânı sunar.

4.2.1. MCDM'in Afet Lojistiğindeki Önemi

MCDM yöntemleri, afet lojistiği alanında aşağıdaki temel zorlukları aşmada kritiktir:

1. Kritik Kriterlerin Belirlenmesi: Deprem sonrasında zaman, can güvenliği, ekonomik maliyet, ulaşım altyapısının durumu, çevresel etkiler gibi birden fazla kriterin aynı anda göz önünde bulundurulması gerekir (Kovács & Spens, 2007).

2. Kriterler Arası Önceliklendirme: Bazı durumlarda hızlı teslim en kritik konu olurken, başka bir senaryoda güvenlik veya sürdürülebilirlik öne çıkabilir (Özdamar, Ekinci & Küçükyazıcı, 2004). MCDM, bu kriterler arasındaki göreceli öncelikleri tutarlı bir biçimde belirlemeye yardımcı olur.

3. Çakışan Hedeflerin Yönetimi: Afet lojistiğinde “maliyeti düşürmek” ile “teslimat kalitesini artırmak” ya da “teslimatı hızlandırmak” ile “trafik güvenliğini riske atmamak” gibi çakışan hedefler söz konusu olabilir. MCDM yöntemleri, farklı amaçları bütünleştirip pareto-optimal çözümler üretebilir (Galindo & Batta, 2013).

4.2.2. Temel MCDM Yöntemleri ve Uygulamaları

Afet ve deprem lojistiğinde sıklıkla kullanılan MCDM yöntemleri arasında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS / AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP), TOPSIS, PROMETHEE ve ELECTRE sayılabilir.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS / AHP)

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), çok kriterli karar verme problemlerinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir (Saaty, 1980). Bu yöntemde:

1. Hiyerarşik Yapı: Karar probleminin amacı en üstte, alt kriterler sonraki seviyede, alternatif seçenekler en altta olmak üzere bir hiyerarşi oluşturulur.
2. İkili Karşılaştırmalar: Kriterler ve alt kriterler, ikili karşılaştırmalar yardımıyla göreceli önemlerine göre puanlanır (1–9 ölçeği en yaygın kullanılanıdır).
3. Ağırlıkların Hesaplanması: Karar matrisindeki tutarlılık (consistency) kontrol edildikten sonra, her bir kriter ve alt kriter için ağırlıklar elde edilir.
4. Alternatiflerin Değerlendirilmesi: Son olarak, alternatif çözümler (örneğin, farklı depo yerleri, farklı rota planları) kriter ağırlıkları çerçevesinde sıralanır.

Örneğin, bir deprem sonrası acil barınma yeri seçimi probleminde; maliyet, ulaşılabilirlik, altyapı güvenliği, çevresel etki gibi ana kriterler belirlenip AHP yaklaşımıyla ikili karşılaştırmalar yaparak en uygun yer seçilebilir.

Analitik Ağ Süreci (ANP)

Analitik Ağ Süreci (ANP), AHP'nin aksine kriterler ve alt kriterler arasında geri besleme ve bağımlılık ilişkilerini de dikkate alır (Saaty, 1996). Afet lojistiği gibi etkileşimlerin yoğun olduğu ortamlarda (örneğin, rota seçimi hem maliyete hem de yol durumuna bağlı, yol durumu da olası artçı depremlerin etkisine bağlı vb.) ANP yöntemi daha gerçekçi sonuçlar üretebilir (Ishizaka & Labib, 2011).

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

TOPSIS, tercih edilen çözümün ideal çözüme en yakın ve en kötü çözüme (anti-ideal) en uzak olması felsefesine dayanır (Hwang & Yoon, 1981). Afet lojistiğinde, teslimat süresi, ulaşım maliyeti, risk faktörü gibi kriterler sayısal değerler hâlinde TOPSIS algoritmasına dâhil edilerek; depo lokasyonları, sevkiyat planları veya araç tipleri sıralanabilir (Chang, Tseng & Chen, 2007).

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)

PROMETHEE, kriterlerin ikili karşılaştırmalarına dayanarak pozitif ve negatif tercih akışlarını hesaplar. Daha sonra, bu akışlar kullanılarak alternatiflerin sıralaması yapılır (Brans & Mareschal, 2005). Afet lojistiği alanında, bölgesel yardım dağıtım stratejilerinden kaynak önceliklendirmeye kadar pek çok karar probleminde tercih edilmektedir (Duran, Gutierrez & Keskinocak, 2013).

ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality)

ELECTRE yöntem ailesi (ELECTRE I, II, III, IV, IS, TRI vb.), üstünlük (outranking) ilişkisi üzerinden karar verir. Bir alternatifin diğerine karşı “yeterince iyi olduğu” veya “kabul edilemez olduğu” gibi kıyaslamaları kullanır (Roy, 1991). Afet lojistiğinde, uygun rota ya da depo yerleşimi seçiminde ELECTRE yaklaşımıyla kriterler arasındaki çelişkiler yönetilebilir.

4.2.3. MCDM İçin Temel Adımlar ve Kriter Belirleme

Genel olarak, afet lojistiğinde MCDM süreci şu adımları izler (Stefanovic, 2015):

1. Problemin Tanımlanması: Afet lojistiği bağlamında hangi konuda karar verileceği (depo yeri seçimi, araç tipi seçimi, öncelikli dağıtım planı vb.).
2. Kriterlerin ve Alt Kriterlerin Belirlenmesi: Maliyet, hız, güvenlik, ulaşım altyapısı, çevresel etki, sosyal hassasiyet vb.
3. Alternatiflerin Belirlenmesi: Farklı depo yerleri, farklı rota seçenekleri, farklı taşıma yöntemleri gibi.
4. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi: Uzman görüşleri (kamu, STK, lojistik firmaları, akademisyenler vb.), istatistiksel veri analizi veya ikili karşılaştırmalar.
5. Uygun MCDM Yönteminin Seçilmesi ve Uygulanması: AHP, ANP, TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE vb.
6. Sonuçların Yorumlanması ve Hassaslık Analizi: Belirlenen yöntemle elde edilen sonuçların farklı senaryolarda değişip değişmediğinin incelenmesi.

Tablo 4.2. *Afet Lojistiğinde Örnek MCDM Kriterleri ve Açıklamaları*

Kriter	Açıklama	Olası Ölçüm Yöntemi
Maliyet (C1)	Depo veya rota seçimi ile ilgili toplam operasyonel maliyet (TL, USD vb.)	Parasal değer
Ulaşılabilirlik (C2)	Afet bölgesine giden yolların açıklığı, trafik yoğunluğu, alternatif rota varlığı	Yol kapalı/açık oranı, ortalama taşıma süresi (dakika, saat)
Güvenlik (C3)	Rota veya depo alanının deprem sonrası risk durumu, yol hasar ihtimali, ikincil afet olasılığı	Risk puanı, uzman değerlendirmesi
Hız (C4)	Acil yardım malzemelerinin hedef noktaya ulaşma süresi	Süre (saat, gün)
Kapasite (C5)	Depo veya lojistik merkezin barındırabileceği stok hacmi, araç veya personel kapasitesi	Stok hacmi, araç kapasitesi (m ³ , ton)
Sürdürülebilirlik (C6)	Çevresel etki (emisyon), toplumsal kabul, uzun vadeli altyapı uyumu	Emisyon miktarı, sosyal uyum puanı

Tablo 4.2’de, afet lojistiği bağlamında kullanılabilecek bazı kriter örnekleri verilmiştir. Her bir kriterin ölçüm yöntemi ve verinin elde edilebilirliği (nicel veya nitel) karar sürecinin zorluğunu artırabilir (Balçık & Beamon, 2008).

4.2.4. Sayısal Bir Örnek: TOPSIS Uygulaması

Aşağıda, basitleştirilmiş bir senaryo sunulmuştur. Deprem sonrasında, bir insani yardım kuruluşunun kuracağı üç olası acil depo lokasyonu (A, B, C) bulunmaktadır. Kuruluş, çeşitli kriterlere göre bu lokasyonları değerlendirerek en uygun olanı seçmek ister.

Kriterler:

- C1: Maliyet (TL)
- C2: Ulaşılabilirlik (1–10 arası puan, 10 en iyi)
- C3: Depo Kapasitesi (ton)
- C4: Risk Seviyesi (1–10 arası puan, 10 en riskli)

Bu kriterlerin kendi içlerindeki önemi (ağırlıklar) şöyle olsun:

- w_1 (C1 için) = 0.30
- w_2 (C2 için) = 0.25
- w_3 (C3 için) = 0.20

- w_4 (C4 için) = 0.25

Kriter Tipi:

- C1 ve C4 *mümkün olduğunca küçük* olması arzu edilen kriterlerdir.
- C2 ve C3 *mümkün olduğunca büyük* olması arzu edilen kriterlerdir.

Tablo 4.3. Karar Matrisi

Aday Depo	C1: Maliyet (Bin TL)	C2: Ulaşılabilirlik (1–10)	C3: Kapasite (ton)	C4: Risk Puanı (1–10)
A	40	6	80	3
B	30	8	60	5
C	25	7	75	6

TOPSIS Adımları (Hwang & Yoon, 1981):

1. Karar Matrisini Normalize Etme
2. Ağırlıklı Normalize Matrisin Oluşturulması
3. İdeal ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi
4. Alternatiflerin İdeal ve Negatif İdeal Çözümlere Uzaklığının Hesaplanması
5. Benzerlik Değerinin (C) Hesaplanması
6. Alternatiflerin Sıralanması

Örnek Hesaplama (Özetle)

- Normalize ve ağırlıklandırılmış matris oluşturulduktan sonra,
- Aday depoların ideal çözüme uzaklığı ve negatif ideal çözüme uzaklığı hesaplanır.

Varsayalım ki elde edilen sonuca göre:

$$C_A = 0.55, C_B = 0.62, C_C = 0.68$$

Olmuş olsun. Bu durumda C deposu ($C=0.68$) en yüksek benzerlik değerine sahip olduğu için, TOPSIS yöntemi doğrultusunda en iyi seçim olarak belirlenir. Detaylı matematiksel adımlar pratikte bir tablo veya yazılım (MATLAB, Excel, Python vb.) ile daha hızlı yürütülür.

4.2.5. Sonuç ve Değerlendirme

Afet ve deprem lojistiğinde çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri, kritik kararların hızlı, etkin ve çok boyutlu şekilde değerlendirilmesini sağlayan güçlü araçlardır. MCDM yöntemleri, hem sayısal hem de nitel verileri entegre ederek, afet yönetimi süreçlerinde hız, maliyet, güvenlik, kapasite ve sürdürülebilirlik gibi önemli kriterlerin dengeli bir şekilde ele alınmasına yardımcı olur. Özellikle, farklı kriter setleriyle esnek şekilde çalışabilmesi ve karar süreçlerinin şeffaf ve izlenebilir olmasını sağlaması, bu yöntemlerin en büyük avantajları arasındadır. Örneğin, AHP yöntemi, uzman görüşleri ile kesin verileri aynı anda kullanarak daha kapsamlı bir değerlendirme sunarken, PROMETHEE veya TOPSIS gibi yöntemler alternatiflerin sıralanmasını kolaylaştırır. Ancak, MCDM yöntemlerinin uygulanmasında bazı zorluklar da bulunmaktadır. Öncelikle, kriter ağırlıklarının belirlenmesi genellikle uzman veya karar verici görüşlerine dayandığından, sübjektiflik riski taşımaktadır. Ayrıca, afet lojistiği gibi zamanın kritik olduğu durumlarda, alternatiflerin çok fazla olması veya kriter setinin geniş olması, analiz sürecinin uzamasına ve operasyonel gecikmelere yol açabilir. Bunun yanı sıra, afet bölgelerinde veri toplama sürecinin zorluğu ve belirsizliğin yüksek olması, yöntemlerin güvenilirliğini olumsuz etkileyebilir. Eksik veya hatalı verilerle yapılan analizler, yanlış kararların alınmasına neden olabilir. Bu nedenlerle, MCDM yöntemlerinin afet yönetiminde etkili şekilde kullanılabilmesi için uzman görüşlerinin entegrasyonu, belirsizlikleri azaltmak adına bulanık mantık yaklaşımlarının kullanılması ve farklı senaryolar üzerinde test edilmesi gerekmektedir. Özellikle, makine öğrenmesi ve gerçek zamanlı veri tabanlı analizlerin MCDM yöntemlerine entegre edilmesi, afet lojistiğinde karar verme süreçlerini daha da optimize edebilir. Gelecekte, büyük veri analitiği ve yapay zeka destekli modelleme teknikleri ile MCDM yöntemlerinin daha etkin hale getirilmesi, afet yönetimi açısından büyük bir gelişim sağlayacaktır.

4.3. Kapasite Analizi: Modeller ve Uygulamalar

Afet ve deprem lojistiğinin temel hedefi, kısıtlı kaynaklarla en hızlı, en etkin ve en sürdürülebilir yardım operasyonlarını gerçekleştirebilmektir (Van Wassenhove, 2006). Bu süreçte “kapasite analizi”, gerek stratejik gerekse operasyonel boyutta kritik bir rol oynar. Kapasite, genel anlamıyla bir sistemin belirli bir zaman diliminde ne kadar iş (veya ürün, hiz-

met, malzeme, hasta vb.) işleyebileceğini ifade eder (Sarder, 2020). Afet ve deprem lojistiğinde kapasite analizi, çoğunlukla depolama kapasitesi, taşıma kapasitesi, sağlık altyapısı kapasitesi ve personel/ekip kapasitesi gibi bileşenleri kapsar.

4.3.1. Kapasite Analizinin Önemi ve Kapsamı

- Depolama Kapasitesi: Afet veya deprem sonrasında hangi malzemelerin (ilaç, gıda, içme suyu, battaniye vb.) nerede ve ne kadar stoklanacağı, kapasiteleri sınırlı olan depo ve lojistik merkezlerinin yüklenme düzeyini doğrudan etkiler (Balçık & Beamon, 2008). Yanlış tahminler veya yetersiz kapasite analizi, ihtiyaç fazlası malzeme yığılmasına veya hayati malzeme eksikliği gibi risklere yol açabilir.

- Taşıma Kapasitesi: Karayolu, hava ve deniz gibi farklı ulaşım modlarının fiziksel ve operasyonel kısıtları, deprem sonrası büyüyen ihtiyaçları tam olarak karşılayamayabilir (Caunhye, Nie & Pokharel, 2012). Araçların, güzergâhların veya altyapının yetersiz kalması, yardım ulaştırılmasında gecikmelere sebep olur.

- Sağlık Altyapısı Kapasitesi: Deprem sonrası yaralıların tedavisinde hastanelerin veya sahra sağlık merkezlerinin yatak ve personel kapasitesi çok hızlı şekilde dolabilir (Barbarosoğlu & Arda, 2004). Kapasite analizleri, hangi bölgede ne kadar ek sağlık altyapısına veya personeline ihtiyaç duyulduğunu öngörmede hayati bir araçtır.

- Personel ve Ekip Kapasitesi: Lojistik operasyonları yürütecek uzman personel (lojistik planlamacılar, vinç operatörleri, şoförler vb.) ve kurtarma ekipleri de kapasite analizi dâhilinde değerlendirilmelidir. Aksi hâlde, koordinasyon problemleri veya gecikmeler ortaya çıkabilir (Kovács & Spens, 2007).

Genel olarak kapasite analizi, afet lojistiğindeki maksimum işlem hacmini, zaman boyutunu ve sistem kısıtlarını dikkate alarak, kaynak planlaması (örn. hangi depo ne kadar malzeme tutabilir, hangi yoldan günde kaç araç geçebilir vb.) yapılmasına olanak verir.

4.3.2. Kapasite Analizinde Kullanılan Yöntemler

Kapasite analizi; sayısal, optimizasyon ve simülasyon yöntemlerinin bir arada veya ayrı ayrı kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Başlıca yöntemler aşağıdaki gibidir:

1. Deterministik Analiz ve Kuadratik/Lineer Yaklaşımlar

- Küçük ölçekli depo ve taşıma planlamalarında kullanılan, basit deterministik modellerdir.

- Talep ve kaynakların belirsiz olmadığı (veya sabit kabul edildiği) senaryolarda kapasitenin maksimum kullanım düzeyini ortaya çıkarır (Holguín-Veras et al., 2012).

2. Stokastik Programlama Tabanlı Kapasite Planlaması

- Talep, ulaşım süresi veya altyapı durumunun belirsiz olduğu büyük ölçekli afet senaryolarında kullanılır (Barbarosoğlu & Arda, 2004).

- Kapasite kısıtları, farklı senaryolar (ör. orta şiddetli deprem, çok büyük deprem) göz önüne alınarak optimize edilir.

3. Simülasyon (Olay Tabanlı, Ajan Tabanlı vb.)

- Afet lojistiğinin dinamik yapısını ve etkileşimleri (trafik sıkışıklığı, beklenmedik yol kapanmaları vb.) modellemek için sıklıkla tercih edilir.

- Simülasyon ortamında, belirli bir kapasite varsayımı altında farklı “olay” veya “ajan” davranışları test edilerek dar boğazların (bottle-neck) nerede oluştuğu saptanabilir (Chang, Tseng & Chen, 2007).

4. Kuyruk Teorisi ve Talep Yoğunluğu Analizi

- Özellikle sağlık tesisleri ve dağıtım merkezleri gibi kuyruk oluşumunun muhtemel olduğu operasyon noktalarında, kuyruk teorisine dayalı kapasite analizleri yapılabilir (Daganzo, 2005).

- M/M/1, M/M/k gibi kuyruk modelleri, hastanelere başvuran yaralı sayısı veya dağıtım noktasına gelen yardım malzemesi akışı için basit ama etkili tahminler yapar.

5. Ağ Akış ve Çoklu Akış Modelleri

- Bir lojistik ağdaki maksimum taşıma kapasitesini veya maksimum akışı analiz etmek amacıyla klasik “maksimum akış” veya “çoklu akış (multi-commodity flow)” algoritmaları kullanılır (Anaya-Arenas, Renaud & Ruiz, 2014).

- Bu yaklaşım, özellikle birden çok tür malzeme ve birden çok ulaşım hattı söz konusu olduğunda kapasite kısıtlarını bütüncül şekilde ele alır.

4.3.3. Kapasite Analizi ve Afet Döngüsü

Afet yönetimi döngüsünde kapasite analizi farklı aşamalarda karşımıza çıkar:

1. Afet Öncesi (Hazırlık)

- Depoların ve lojistik merkezlerin konumlandırılması ve ne kadar stok bulunduracağı (önceden konumlandırma - pre-positioning).
- Olası deprem senaryolarına göre hangi yollarda hangi kapasite artırımını veya onarım çalışması yapılacağı.

2. Afet Anı ve Müdahale

- Mevcut depo ve araçların anlık kullanım kapasitesi.
- Kaç uçağın veya helikopterin yardım malzemesi taşıyabileceği.
- Arama-kurtarma ekiplerinin personel kapasitesi (kaç saat aralıksız çalışabilirler, kaç enkazda arama yapabilirler vb.).

3. İyileştirme ve Yeniden Yapılanma

- Uzun vadede kalıcı konut veya altyapı inşa kapasitesinin belirlenmesi.
- Gelecekteki afetler için kapasite oluşturma, mevcut kapasitenin sürdürülebilir hâle getirilmesi.

4.3.4. Sayısal Bir Örnek: Depo Kapasitesi Planlaması

Aşağıda, basitleştirilmiş bir karma tamsayılı doğrusal programlama örneği verilmiştir. Örnek senaryoya göre:

- 2 adet merkez depo (Depo A ve Depo B) mevcuttur.
- 3 adet potansiyel talep bölgesi (T_1, T_2, T_3) bulunmaktadır.
- Her depo, belirli bir maksimum kapasite (S_A ve S_B) ile sınırlıdır.
- Her talep noktasının da bir minimum ihtiyaç düzeyi (D_1, D_2, D_3) vardır.
- Taşıma maliyetleri (c_{ij}) depo j ile talep noktası i arasındaki birim taşıma maliyetini temsil eder.

Amaç: Depolardan talep noktalarına gönderilen malzeme miktarlarını (x_{ij}) belirleyerek toplam taşıma maliyetini minimize etmek; aynı zamanda kapasite kısıtlarını aşmamak ve talebi karşılamak. Temel Model Formülasyonu:

$$\text{Amaç Fonksiyonu: } \min \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 c_{ij} \cdot x_{ij}$$

Kısıtlar :

1 Talebin Karşılanması:

$$\sum_{j=1}^2 x_{ij} \geq D_i, \forall i \in \{1,2,3\}$$

2 Depo Kapasitesi:

$$\sum_{i=1}^3 x_{ij} \leq S_j, \forall j \in \{1,2\}$$

3 Karar Değişkenlerinin Negatif Olmaması:

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j$$

Örnek veri seti şu şekilde olsun:

Parametre	Değer
SA (Depo A kapasitesi)	100 birim
SB (Depo B kapasitesi)	80 birim
D1 (Talep 1)	60 birim
D2 (Talep 2)	50 birim
D3 (Talep 3)	40 birim

Taşıma Maliyeti (cijc_{ij}cij)	Depo A	Depo B
T1	6	4
T2	5	5
T3	7	3

Bu basit modelde depo kapasitesi, deprem lojistiği konteksinde “bir seferde hangi miktarda yardım malzemesi yerleştirilebilir?” sorusunun sayısal ifadesidir. Model çözüldüğünde elde edilen x_{ij} değerleri, kapasiteye uyumlu en düşük maliyetli dağıtım planını sunar (Rawls & Turnquist, 2010). Eğer talep aniden artar veya yeni bir artçı deprem nedeniyle Depo B kapasitesi kısılırsa, model yeniden çözüldüğünde kapasite kısıtının sistemdeki etkisi görülebilir. Böylece karar vericiler ek depo açma, stok miktarını başka bir lokasyona kaydırma veya ulaştırma modunu değiştirme gibi önlemler alır (Caunhye et al., 2012).

4.3.5. Taşıma Kapasitesi ve Rota Planlaması

Depolarda yeterli malzeme olsa bile, araçların veya yolların kapasitesi yetersiz kaldığında fiilî dağıtım aksayabilir. Lojistikte taşıma kapasitesi analizi, şu unsurları kapsar:

- Araç Tipi ve Kapasitesi: Kamyon, tır, helikopter, gemi gibi araçların yük ve hacim sınırları (Kovács & Spens, 2007).
- Zaman Çizelgesi: Belirli bir periyotta (örneğin günde) kaç sefer yapılabileceği.

- Yol / Hava Sahası Altyapısı: Depremden zarar gören yollar veya hava alanları, kapasiteyi fiilen düşürür.
- Trafik Yönetimi: Ana yollarda insani yardım araçları dışında sivil araç trafiği de kapasiteyi sınırlar (Holguín-Veras et al., 2012).

Taşıma kapasitesinin rota planlamasına entegrasyonu genellikle araç rotalama problemi (VRP) ve çoklu araç rotalama (multi-VRP) biçiminde yapılır (Daganzo, 2005). Bu problemlerde, her aracın kapasitesi bir kısıt olup, aynı zamanda toplam mesafe, toplam zaman veya ulaşamama riski gibi ölçütler de dikkate alınır. *Tablo 4.3*, afet lojistiğinde kapasite analizi için kullanılan başlıca yöntemleri ve bu yöntemlerin hangi alt problem alanlarında etkin olduğunu özetlemektedir.

Tablo 4.3. *Deprem Lojistiğinde Kapasite Analizi Yöntemleri ve Uygulama Alanları*

Yöntem	Uygulama Alanı	Örnek Çalışma
Deterministik Modeller	Küçük ölçekli depo ataması, kısa mesafe planlama	(Holguín-Veras et al., 2012)
Stokastik Programlama	Belirsizlik altında kapasite (örn. yol kapanma, talep oynaklığı)	(Barbarosoğlu & Arda, 2004)
Simülasyon (Olay/Ajan Tabanlı)	Trafik akışı, dinamik kapasite yönetimi, farklı senaryolar	(Chang, Tseng & Chen, 2007)
Kuyruk Teorisi (M/M/1 vb.)	Hastane acil servis kapasitesi, dağıtım merkezinde yığılma analizi	(Daganzo, 2005)
Ağ Akış ve Çoklu Akış Modelleri	Ağ genelinde maksimum malzeme hareketi, çoklu ürün tipi taşıma	(Anaya-Arenas, Renaud & Ruiz, 2014)
Araç Rotalama (VRP) Yaklaşımları	Taşıma kapasitesine duyarlı rota ve sefer planlama	(Rawls & Turnquist, 2010)

4.3.6. Sağlık Altyapısı Kapasitesi

Depremden etkilenen bölgelerde yaralıların sayısı hızla artabilir; buna karşın hastanelerin, sahra hastanelerinin veya mobil kliniklerin kapasiteleri sınırlıdır. Burada kapasite analizi, ameliyathane, yoğun bakım üniteleri, tıbbi cihazlar (röntgen, MR, ultrason vb.) ve insan kaynağı (doktor, hemşire, sağlık personeli) gibi unsurları içermelidir (Barbarosoğlu & Arda, 2004).

- **Kuyruk Teorisi:** Acil servisler için ortanca bekleme süresi, ortalama hizmet süresi vb. parametreleri değerlendirip anlık yığılma (bottle-neck) riskini azaltmayı hedefleyen kararlar alınmasını sağlar (Daganzo, 2005).
- **Stok Yönetimi:** İlaç ve tıbbi malzeme stokları da ayrı bir kapasite analizini gerektirir. Belirli bir hijyenik depo kapasitesi olmadan, tıbbi malzeme fazlası çabucak bozulabilir.
- **Coğrafi Yoğunlaşma:** Hastanelerin veya sağlık merkezlerinin birbirine olan uzaklığı ve yollardaki hasar, hasta sevk kapasitesini etkiler (Chang et al., 2007).
- **Artçı sarsıntılar** veya ikincil afetler (yangın, sel vb.) kapasite analizini hızla geçersiz kılabilir, modeli güncellemek gerekir (Barbarosoğlu & Arda, 2004).

4.3.7. Sonuç Ve Değerlendirme

Kapasite analizi, afet ve deprem lojistiğinde kaynakların etkin kullanımı, acil durumlarda yığılmanın önlenmesi ve toplumsal kurtarma hızının artırılması açısından kritik bir araçtır. Ancak uygulamada çeşitli zorluklarla karşılaşmak kaçınılmazdır (Kovács & Spens, 2007):

- **Gerçek zamanlı veri eksikliği:** Deprem sonrası elektrik, internet veya uydu altyapısının zarar görmesi, kapasiteyi ölçmeyi ve planlamayı zorlaştırır.
- **Çoklu paydaş koordinasyonu:** Kamu kurumları, STK'lar, askerî birlikler, gönüllü gruplar gibi farklı aktörlerin eşzamanlı faaliyet göstermesi, kapasite kullanımını tek bir merkezden planlamayı güçleştirir (Holguín-Veras et al., 2012).
- **Artçı sarsıntılar ve ikincil afetler:** Yangın, sel vb. ikincil afetler, yapılan kapasite analizlerini hızla geçersiz kılabilir. Bu nedenle, model sahadan gelen bilgilerle sürekli güncellemek gerekir (Barbarosoğlu & Arda, 2004).

Afet lojistiğinde kapasite analizi, fiziksel altyapı (depolar, yollar, araçlar), insan kaynağı (operatörler, sağlık personeli) ve teknolojik araçların (IT sistemleri, iletişim ağları vb.) bütüncül değerlendirilmesini gerektirir. Şekil 4.3'te özetlendiği üzere, söz konusu bileşenlerin her biri afetin hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarında farklı kapasiteler ve kısıtlar yaratır. Dolayısıyla, en ufak bir dar boğaz (ör. yolun kapanması, depoda yer kalmaması, sağlık personeli eksikliği) tüm lojistik operasyonların verimliliğini düşürebilir. Mevcut zorlukların ve gereksinimlerin ışığında,

kapasite analizi günümüzde giderek daha dinamik ve senaryo bazlı hâle gelmektedir. Bu dönüşümü destekleyen temel eğilimlerden bazıları şöyledir:

1. Gerçek Zamanlı Kapasite Takibi

Nesnelerin İnterneti (IoT), drone ve sensörlerden gelen verilerin coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ile entegre edilmesi sayesinde, lojistik merkezlerin ve yolların kapasite durumları daha doğru biçimde anlık izlenebilir. Özellikle altyapı hasarlarının seviyesi veya trafik yoğunluğu gibi verilerin gerçek zamanlı olarak modelde güncellenmesi, karar alıcılara hızlı ve esnek müdahale olanağı sunar.

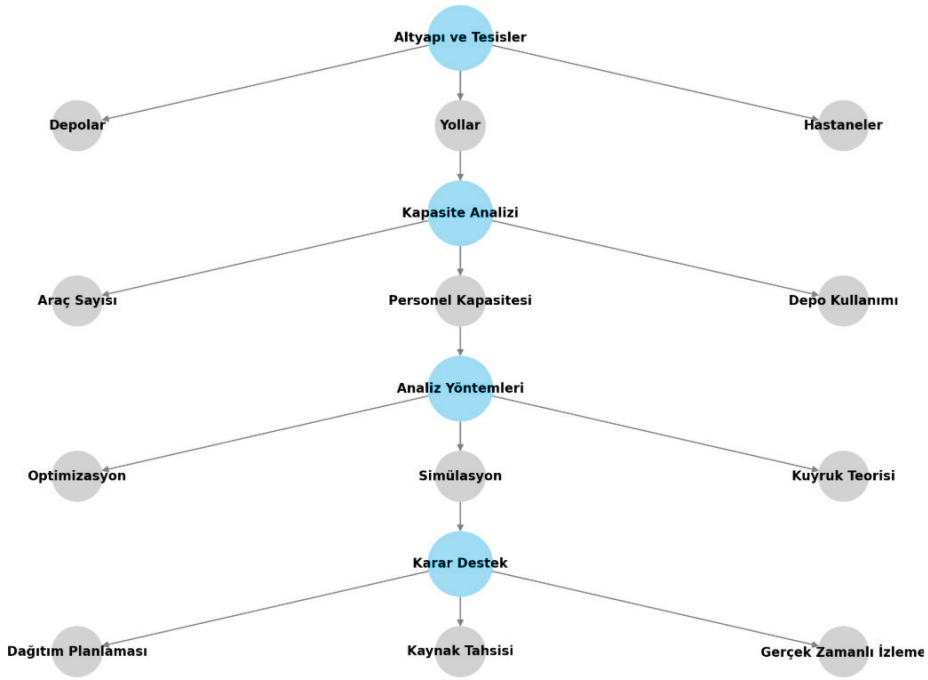
2. Yapay Zekâ Destekli Optimizasyon

Dinamik ve belirsiz kapasite koşullarında, genetik algoritma, karınca kolonisi, takviye öğrenmesi (reinforcement learning) gibi yapay zekâ yaklaşımları hızlı ve uyarlanabilir çözümler üretebilir. Bu yöntemler, klasik optimizasyon tekniklerine kıyasla büyük veri setleriyle baş edebilir ve anlık değişimlere yanıt verebilir.

3. Multi-Kapasite Analizi

Depo, ulaşım, personel ve finansal kapasitenin tek bir modelde birleşmesi, afet lojistiği kararlarının daha bütüncül olarak ele alınmasını sağlar. Böylece sadece araç kapasitesi veya stok kapasitesi değil, tüm lojistik zinciri (ör. nakit akışı, personel dağılımı, depo konumları vb.) aynı anda değerlendirilerek kapsamlı karar destek sistemleri geliştirilir.

Özellikle büyük veri (big data), yapay zekâ ve coğrafi bilgi sistemleri gibi teknolojilerin entegrasyonu, kapasite analizini daha dinamik, uyarlanabilir ve senaryo bazlı bir yapıya dönüştürmektedir. Ancak veri eksikliği, altyapı hasarı ve çok paydaşlı yapı gibi pratik zorluklar, bu modellerin gerçek sahada uygulanmasını güçleştirebilir. Bu sebeple, başarılı bir kapasite analizi; yalnızca matematiksel yöntemler ve yenilikçi teknolojiler değil, aynı zamanda kurumsal iş birliği, öngörülü planlama ve halkın bilinçlendirilmesi gibi beşerî ve organizasyonel unsurları da gerektirmektedir. Sonuç olarak, afet ve deprem lojistiğinde kapasite analizi, afet öncesi hazırlık, afet anı müdahale ve afet sonrası iyileştirme süreçlerinin tümüne dokunan, stratejik bir araç niteliğindedir. Gelişen teknolojilerle birlikte hızla evrilen bu alan, gelecekte daha öngörülü, esnek ve sürdürülebilir çözümler sunacaktır.



Şekil 4.2. Kapasite Analizi ve Afet Lojistiği Bağlantısı

4.4. Risk Yönetimi ve Optimizasyon Teknikleri

Afet ve deprem lojistiğinde risk, belirsizliklerle dolu ve sonuçları yüksek maliyetli veya hayati zararlara yol açabilecek durumları ifade eder (Galindo & Batta, 2013). Örneğin, bir depremde lojistik ağların hasar görmesi, yolların kapanması, ani talep artışı veya ikincil afetlerin (yangın, salgın vb.) ortaya çıkması gibi durumlar birer “risk unsuru”dur. Risk yönetimi ise, bu tür beklenmedik veya olumsuz durumların önceden tahmin edilmesi, etkilerinin minimize edilmesi ve ortaya çıktıklarında hızlı müdahale edilebilmesi için planların ve stratejilerin oluşturulduğu bir süreçtir.

Optimizasyon teknikleri, afet lojistiğindeki riskleri karar modellerine entegre ederek, eldeki kısıtlı kaynaklarla hangi stratejilerin veya operasyonel adımların “en iyi” sonuçları vereceğini tespit etmeye yarar (Caunhye, Nie & Pokharel, 2012). Bu alt başlıkta, risk yönetimi ve optimizasyon teknikleri başlıkları birlikte ele alınarak, afet ve deprem lojistiğindeki uygulamalar detaylı biçimde incelenecektir.

4.4.1. Risk Yönetiminin Kavramsal Çerçevesi

Risk yönetimi, genel hatlarıyla aşağıdaki aşamalardan oluşur (Van Wassenhove, 2006; Galindo & Batta, 2013):

1. Risk Tanımlama: Afet lojistiğinde hangi faktörlerin olumsuz etkiler doğurabileceği belirlenir (ör. yol kapanması, deprem artçıları, tedarikçi iflası, bilgi sistemlerinin çökmesi).
2. Risk Analizi ve Değerlendirme: Belirlenen risklerin olma olasılığı ve muhtemel etkisi (yüksek, orta, düşük) değerlendirilir. Nicel veya nitel yöntemler (ör. FMEA, Hata Ağacı Analizi, senaryo analizi, Delphi) bu aşamada kullanılabilir (Sawik, 2013).
3. Risk Yanıtı Geliştirme (Mitigasyon): Riskleri kabul etmek, aktarmak (sigorta), azaltmak (önleyici planlamalar) veya tamamen ortadan kaldırmaya yönelik stratejiler belirlenir.
4. Risk İzleme ve Kontrol: Sürekli olarak risk göstergeleri izlenir, gerekirse stratejiler gözden geçirilir. Afet lojistiği gibi dinamik ortamlarda risk yönetimi “döngüsel” bir yapıda ilerler (Holguín-Veras et al., 2012).

Afet lojistiğinde risk yönetimi, araç rotalama, stok yönetimi, depo konumlandırma, kaynak dağıtımı ve kurtarma operasyonları gibi konuların bütününe yayılır. Örneğin, ikincil afet riski (yangın, sel vb.) olan bölgelerde stoklanacak kritik malzeme miktarı azaltılabilir veya alternatif depolarla bölgesel risk dağıtımı sağlanır.

4.4.2. Optimizasyon Tekniklerinin Rolü

Optimizasyon, “belirli bir amaç fonksiyonu altında, kısıtlı kaynakları en verimli şekilde kullanma” problemine matematiksel ve hesaplamalı yaklaşımlarla cevap arar. Afet lojistiğinde riskleri yönetmek için optimizasyon tekniklerini kullanmak, şu avantajları sunar:

1. Entegre Yaklaşım: Maliyet, zaman, kapasite, risk vb. farklı faktörlerin tek bir model çatısı altında değerlendirilmesi (Caunhye et al., 2012).
2. Belirsizlikle Baş Etme: Stokastik, senaryo tabanlı veya dayanıklı (robust) optimizasyon yaklaşımlarıyla, afet lojistiğinin değişken koşulları modellere yansıtılabilir (Hoyos et al., 2015).
3. Karar Verme Hızı: Uygun karar destek yazılımları ve çözüm algoritmaları kullanıldığında, afet durumunda hızla karar üretmek mümkündür (Kovács & Spens, 2007).

4. Kaynak İsrafını Azaltma: Yanlış planlamalar sonucu ortaya çıkabilecek malzeme fazlası veya eksikliğini minimize ederek sınırlı kaynakların doğru noktada kullanılmasını sağlar (Van Wassenhove, 2006).

Optimizasyon teknikleri, risk ve belirsizliğin yoğun olduğu durumlarda daha fazla önem kazanır. Çünkü bu teknikler sayesinde, herhangi bir senaryoda ortaya çıkan olumsuz durumu en iyi şekilde yönetebilecek “yapısal planlar” (örn. hangi depo nerede, hangi yollar yedek rota, hangi miktarda stok vb.) oluşturulur.

4.4.3. Risk ve Optimizasyon İlişkisi: Temel Yaklaşımlar

Afet lojistiğinde risk yönetimi ve optimizasyonu bir arada ele alan modeller sıklıkla çok amaçlı veya senaryo temelli kurgulanır. Başlıca yaklaşım türleri şunlardır:

1. Deterministik Optimizasyon + Güvenlik Stoğu

- Herhangi bir belirsizliğin olmadığı varsayıldığında (deterministik), risk faktörü “güvenlik stoku” veya “ek kapasite” eklenerek kısmen adreslenir (Rawls & Turnquist, 2010).

- Örneğin, öngörülen talep miktarının %10 fazlası kadar stok tutmak bir risk yönetimi stratejisidir.

2. Stokastik Programlama

- Talep, ulaşım, rota kullanımı vb. konulardaki belirsizlikleri olası senaryolar veya olasılık dağılımları şeklinde modele entegre eder (Barbarosoğlu & Arda, 2004).

- İki aşamalı veya çok aşamalı stokastik modeller, afet lojistiğinde yaygın kullanılır (Caunhye et al., 2012).

3. Dayanıklı (Robust) Optimizasyon

- Klasik stokastik yaklaşımların yerine, en kötü durum (worst-case) veya belirsizlik seti tanımlanarak, çözümün bu set içindeki her senaryo için kabul edilebilir performans göstermesi amaçlanır (Sawik, 2013).

- Belirsizlik hakkında olasılık bilgisi yoksa veya çok sınırlıysa dayanıklı optimizasyon yöntemleri tercih edilir.

4. Çok Amaçlı Optimizasyon

- Afet lojistiğinde aynı anda maliyet minimize, dağıtım hızı maksimize, risk en aza indir gibi birden çok amaç olabilir (Hoyos et al., 2015).

- Pareto optimalite kavramı devreye girerek karar vericilere farklı amaçlar arasında dengeyi gösteren çözümler sunar (Tzeng, Cheng & Huang, 2007).

Tablo 4.4. Risk Yönetimi ve Optimizasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Yöntem / Yaklaşım	Risk Yönetiminde Uygulanışı	Örnek Çalışma
Deterministik + Güvenlik Stoğu	Basit düzeyde risk azaltma; kritik stok eklemek	(Rawls & Turnquist, 2010)
Stokastik Programlama (2 aşamalı, çok aşamalı)	Belirsiz talep ve rota durumunu senaryolarla modeller; çözümün beklenen değeri optimize eder	(Barbarosoğlu & Arda, 2004)
Dayanıklı (Robust) Optimizasyon	Olası tüm senaryolarda (veya en kötü durumda) maliyet ve hizmet seviyesini dengeler	(Sawik, 2013)
Çok Amaçlı Optimizasyon	Maliyet, hız, risk vb. birden çok amacı aynı anda ele alır	(Hoyos et al., 2015)
Bayesyen Yaklaşımlar / Karar Ağaçları	Risk olasılıklarını güncelleyerek karar ağacını ilerletme	(Chang et al., 2007)

4.4.4. Sayısal Bir Örnek: İki Aşamalı Stokastik Model

Aşağıdaki örnek, deprem lojistiğinde stokastik programlamanın risk yönetimine nasıl entegre edilebileceğine dair basit bir model sunar.

- Senaryo Seti: Depremin "orta" (S1) ve "yüksek" (S2) şiddette gerçekleşme olasılığı olsun.
- Olasılıklar: $p(S1) = 0.5, p(S2) = 0.5$
- Kararlar: Birinci aşamada (afet öncesi) hangi depoların açılacağı, ne kadar stok tutulacağı gibi stratejik kararlar verilir. İkinci aşamada (afet sonrası) nakliye ve dağıtım planları, yolların hasar durumuna bağlı olarak güncellenir.

Model Kurgusu (Basitleştirilmiş)

1. Birinci Aşama Karar Değişkenleri:

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{depo } j \text{ açılırsa} \\ 0, & \text{açılmazsa} \end{cases}$$

$s_j =$ afet öncesi depo j 'de tutulan stok miktarı

2. İkinci Aşama Karar Değişkenleri (x_{ij}^k) :

x_{ij}^k = senaryo k altında, depo j' den talep noktası i 'ye sevk miktarı

3. Amaç Fonksiyonu:

$$\min C_1 \left(\sum_j \text{AçmaMaliyeti} \times y_j + \sum_j \text{StokMaliyeti} \times s_j \right) + \sum_{k \in \{S1, S2\}} p(k) \times [C_2(\text{nakliye maliyetleri})]$$

Burada, C_1 birinci aşama maliyetleri (depo açma ve stok tutma), C_2 ise ikinci aşamada senaryoya özgü nakliye, dağıtım vb. maliyetleri temsil eder.

4. Kısıtlar:

- Depo açma kararlarının ikili (binary) olması: $y_j \in \{0,1\}$.
- Stok kapasitesi: $s_j \leq Y_j^{\max} \times y_j$.
- Senaryo bazında talep karşılama:

$$\sum_j x_{ij}^k \geq D_i^k, \forall k, \forall i$$

- Nakliye kapasitesi ve yol hasar durumu, senaryoya bağlı olarak modele eklenir (ör. S2'de bazı yolların kapalı olması).

Bu model, senaryo S2 (yüksek şiddetli deprem) gerçekleştiğinde ortaya çıkan ek maliyetleri ve olası stok yetersizliklerini göz önünde bulundurur. Karar verici, beklenen toplam maliyeti en aza indirecek depo açma ve stok planını seçer. Aynı zamanda “ikinci aşama” kararlarında, afet anında hangi rotaların kullanılması gerektiği senaryoya özgü para-

metrelerle çözümlenir. Böylece risk ve belirsizlik, matematiksel modele entegre edilmiş olur.

4.4.5. Sonuç ve Değerlendirme

Risk yönetimi ve optimizasyon teknikleri, afet lojistiğinde can kayıplarını ve ekonomik zararları minimize etmeye odaklanır. Ancak uygulamada aşağıdaki zorluklar öne çıkmaktadır:

- **Veri Eksikliği:** Deprem vb. afet durumlarında güvenilir veri toplamak güçtür. Olasılık dağılımları veya senaryo parametreleri gerçeği tam yansıtmayabilir.
- **Model Karmaşıklığı ve Çözüm Süresi:** Stokastik veya çok amaçlı modeller, problem boyutu büyüdükçe NP-zor sınıfına girer. Afet anında hızlı karar vermek gerektiğinden, yaklaşık (heuristic) veya meta-sezgisel yöntemler önem kazanır.
- **Çok Sayıda Paydaş ve Koordinasyon:** Kamusal kurumlar, STK'lar, özel şirketler ve uluslararası kuruluşlar gibi farklı aktörlerin ortak bir karar modeli benimsemesi pratikte zor olabilir.
- **Dinamik ve Gelişen Durum:** Artçı depremler, sel, toplumsal hareketlilik gibi yeni gelişmeler, mevcut modeli hızla geçersiz kılabilir. Bu nedenle, sürekli güncellenen bir optimizasyon yaklaşımı benimsemek gerekir.

Şekil 4.4'te özetlendiği üzere, afet lojistiğinde risk yönetimi ve optimizasyon iç içe geçmiş süreçlerdir. Öncelikle risk faktörleri tanımlanır ve analiz edilir; ardından bu risklerin etkisini minimize etmek için optimizasyon model(ler)i kurulup çözülür. Elde edilen sonuçlar, sahadan alınan geri bildirimlerle sürekli güncellenir. Bu döngüsel yaklaşım, gerçek zamanlı ve esnek bir afet lojistik yönetimi sağlar.

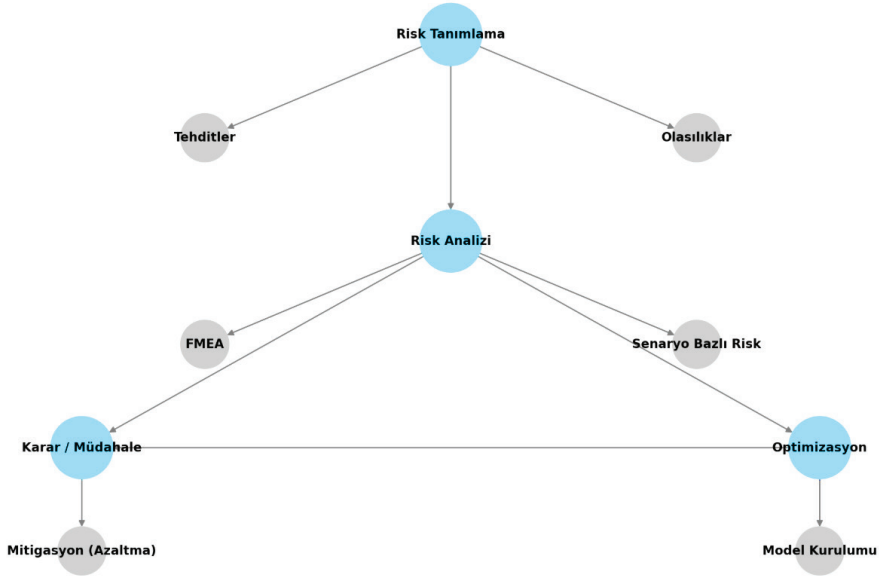
Gelecek Araştırma Yönleri:

1. **Gerçek Zamanlı Optimizasyon:** Afet koşullarının hızla değiştiği ortamlarda, streaming veri (drone görüntüleri, uydu verileri vb.) ile anlık optimizasyon önemli bir araştırma konusudur (Galindo & Batta, 2013).
2. **Makine Öğrenmesi ve Tahmine Dayalı Risk Analizi:** Talep öngörürleri, yol hasarı tahminleri gibi konularda derin öğrenme modellerinin kullanılması, daha isabetli ve dinamik risk analizlerine imkân tanıyabilir (Hoyos et al., 2015).

3. Blockchain Tabanlı Tedarik Ağı: Afet lojistiğinde yardım malzemelerinin takibi ve güvenilir paylaşımı için blockchain teknolojisi ile riskin şeffaf yönetilmesi gündeme gelmektedir.

4. Toplumsal Dayanıklılık (Resilience) ve Sosyal Riskler: Sadece fiziksel lojistik süreçlerin değil, toplumun kendini hızlı toparlama kabiliyetinin de optimizasyon modellerine entegre edilmesi, afet sonrası iyileşme sürecine katkı sağlayacaktır (Kovács & Spens, 2007).

Bu bölümde, afet ve deprem lojistiğinde risk yönetiminin önemi ile optimizasyon tekniklerinin riskle başa çıkmadaki rolü incelenmiştir. Afet lojistiğinde belirsizlik ve dinamik koşullar, risk yönetimi sürecinin en zorlayıcı unsurları arasında yer alır. Bu bağlamda, stokastik, dayanıklı (robust) veya senaryo tabanlı optimizasyon yaklaşımları, risk faktörlerini nicel olarak modele entegre etmede etkili bir yöntem sunar. Uygulamada, model karmaşıklığı, veri eksikliği ve çok paydaşlı yapı gibi faktörler, saf teorik optimizasyon çözümlerinin sahadaki zorlukları tam yansıtamamasına neden olabilir. Bu noktada, yaklaşık algoritmalar, meta-sezgisel yöntemler ve gerçek zamanlı karar destek sistemleri büyük önem kazanır. Ayrıca risk yönetiminin başarısı, yalnızca matematiksel modellerin doğruluğuna değil, yönetsel koordinasyon, toplumsal dayanışma ve hızlı veri paylaşımı gibi beşerî ve kurumsal boyutlara da bağlıdır. Sonuç olarak, Risk Yönetimi ve Optimizasyon Teknikleri, afet ve deprem lojistiğinde can kayıplarını ve ekonomik zararları en aza indirmeye yardımcı olan, bilimsel ve stratejik çerçeveler sunar. Gelecek araştırmaların, yapay zekâ ve büyük veri analitiği entegrasyonuna odaklanması, afet lojistiğinde karar kalitesini ve hızını artırma potansiyeline sahiptir.



Şekil 4.3. Risk Yönetimi Akış Şeması

4.5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu bölümde, afet ve deprem lojistiğinin karmaşık doğasını ele almak üzere sayısal teknikler çerçevesinde dört temel başlık incelenmiştir:

1. Matematiksel Modelleme ve Simülasyon (4.1)
2. MCDM Yöntemleri (4.2)
3. Kapasite Analizi: Modeller ve Uygulamalar (4.3)
4. Risk Yönetimi ve Optimizasyon Teknikleri (4.4)

Söz konusu teknikler, afetin hemen öncesinde, sırasında ve sonrasında ortaya çıkan lojistik karar problemlerine bilimsel ve sistemli yaklaşımlar getirmektedir. Yüksek belirsizlik ve dinamik koşullar altında, zaman, kaynak ve maliyet gibi kısıtların etkin şekilde yönetilmesi kritik öneme sahiptir. Aşağıda, her alt başlıkta ele alınan yöntem ve yaklaşımların katkıları genel hatlarıyla değerlendirilmektedir.

Matematiksel modeller, afet lojistiğinin temel karar alanlarını (depo yeri seçimi, taşıma ve dağıtım planlaması, stok yönetimi vb.) belirli kısıtlar ve amaç fonksiyonları çerçevesinde formüle etme olanağı sunar. Özellikle doğrusal programlama, karma tamsayılı programlama ve stokastik programlama yöntemleri, afet durumunun belirsizliklerini gerçekçi senaryolarla yakalamaya çalışır. Aynı zamanda, simülasyon (olay tabanlı veya ajan tabanlı) afet koşullarının dinamik yapısını yansıtmak konusunda güçlü bir araçtır. Ancak veri eksikliği, ani gelişmeler ve çok paydaşlı yapılar, bu modellerin gerçek zamanlı uygulamalarını kısıtlayabilmektedir. Afet lojistiği, sadece maliyet veya zaman odaklı değil, aynı zamanda güvenlik, sürdürülebilirlik ve toplumsal etki gibi çok boyutlu kriterlerin değerlendirilmesini gerektirir. *MCDM yöntemleri*, bu çok yönlü bakış açısını sistematik bir çerçeveye oturtarak karar sürecini kolaylaştırır. Her yöntemin kendine özgü avantajları ve sınırlılıkları bulunmakla birlikte, belirsizlik faktörünün yoğun olduğu afet ortamlarında bulanık mantık veya bulanık AHP gibi uzantılar da sıklıkla tercih edilmektedir. *Kapasite analizi*, depo, taşıma ve sağlık altyapısının hangi düzeye kadar yüklenebileceğini ortaya koyarak tıkanma noktalarını (bottlenecks) tespit eder ve kaynak yönetimi için stratejik veriler sunar. Depolama kapasitesinin yetersizliği, araçların veya yolların taşıma kapasitesinin sınırlı olması ya da hastanelerin hasta kabul sınırlarına hızla ulaşması gibi durumlar, afet yönetimindeki en kritik sorunları oluşturur. Doğrusal veya karma tamsayılı programlama, kuyruk teorisi, simülasyon ve ağ akış modelleri, kapasitenin hem operasyonel hem de stratejik planlamasını mümkün kılar. Yine de, gerçek zamanlı verilerin toplanmasındaki güçlükler ve ani altyapı zararları, kapasite planlamasını sürekli güncellenmesi gereken bir süreç hâline getirir. Belirsizliğin ve dinamik koşulların hâkim olduğu afet lojistiğinde, *risk yönetimi* hem stratejik (depo konumlandırma, stok miktarı) hem de operasyonel (kısa süreli rota tercihleri, personel ataması) düzeyde karar alıcıların önündedir. Stokastik ve dayanıklı (robust) optimizasyon yaklaşımları, olası en kötü senaryolarda dahi kabul edilebilir performans sunacak stratejiler geliştirir. Çok amaçlı optimizasyon yöntemleri ise maliyet, hız, güvenlik ve benzeri ölçütleri aynı anda dikkate alarak pareto-optimal çözümler üretebilir. Ancak veri belirsizliği, model karmaşıklığı ve çok paydaşlı yapı gibi faktörler, teorik modellerin pratikte uygulanmasını güçleştirebilmektedir.

Genel Değerlendirme ve Geleceğe Yönelik Öneriler

1. Entegrasyon ve Karar Destek Sistemleri: Matematiksel modelleme, MCDM yöntemleri, kapasite analizi ve risk yönetimi tekniklerinin bir arada kullanıldığı karar destek sistemleri (KDS), afet lojistiğinde daha etkin sonuçlar doğurmaktadır. Özellikle gerçek zamanlı verilerin

(drone, uydu, IoT sensörleri vb.) bu sistemlere entegre edilmesi, dinamik optimizasyon olanaklarını genişletir.

2. **Veri Kalitesi ve Belirsizlik:** Afet koşullarında veri toplama ve aktarma süreçleri her zaman ideal koşullarda gerçekleşmez. Veri kalitesi düşük veya eksik olduğunda, matematiksel modellerin ürettiği çözümler de idealden uzaklaşabilir. Bu nedenle, bulanık mantık, çıkarımsal istatistik veya yüksek belirsizlik altında robust modelleme yaklaşımlarının daha fazla araştırılması gereklidir.

3. **İnsan ve Organizasyon Faktörü:** Sayısal teknikler ne kadar gelişmiş olursa olsun, uygulamadaki paydaşların iş birliği, koordinasyon düzeyi ve kurumsal kapasiteleri belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu sebeple, teknik çözümlerin yanı sıra organizasyonel ve sosyolojik boyutlar göz ardı edilmemelidir.

4. **Bütüncül Afet Yönetimi Yaklaşımı:** Afet yönetiminin bir döngü (hazırlık, müdahale, iyileştirme, zarar azaltma) şeklinde ele alınması, sayısal tekniklerin de bu döngünün her aşamasına entegre edilmesini gerektirir (Van Wassenhove, 2006). Ön konumlandırma (pre-positioning), senaryoya dayalı eğitim ve tatbikatlar, çoklu paydaş koordinasyonu gibi süreçlerin matematiksel modelleme ve MCDM araçlarıyla desteklenmesi, afet dayanıklılığını (resilience) artıracaktır.

5. Gelecek Araştırma Konuları:

- **Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Entegrasyonu:** Derin öğrenme yöntemleriyle talep tahmininin veya hasar tespitinin daha isabetli yapılması.
- **Gerçek Zamanlı Optimizasyon:** Dinamik olarak değişen ulaşım altyapısı ve kaynak durumuna göre anlık optimizasyonu hızlandıran algoritmalar geliştirmek.
- **Blockchain Tabanlı Tedarik Zinciri:** Afet lojistiğinde şeffaflık ve sahte malzeme risklerinin azaltılması için blok zinciri teknolojinin kullanımı.
- **Yeşil ve Sürdürülebilir Afet Lojistiği:** Karbon emisyonu, çevresel zarar ve uzun dönemli ekolojik etkileri minimize edecek lojistik planlamaları.

Dört ana alt başlıkta incelenen matematiksel modelleme ve simülasyon, çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri, kapasite analizi ve risk yönetimi ile optimizasyon teknikleri, afet ve deprem lojistiğinin kar-

maşık sorunlarına yönelik analitik, sistematik ve çözüm odaklı yaklaşımlar sunmaktadır. Bu yöntemlerin entegrasyonu sayesinde:

- Yardım malzemelerinin doğru yerde, doğru zamanda bulunması,
- Kaynakların etkin ve verimli kullanılması,
- Beklenmedik risk ve belirsizlik durumlarında hızlı ve esnek çözümler üretilmesi,
- Farklı paydaşlar arasında koordinasyon ve iş birliği sağlanması,
- Toplumun afet sonrası iyileşme ve dayanıklılık kapasitesinin artırılması

gibi hedeflere daha hızlı ve etkin şekilde ulaşmak mümkündür. Ancak sayısal tekniklerin başarısı, büyük ölçüde gerçekçi varsayımlar, kaliteli veri, kurumsal kapasite ve saha koordinasyonuna bağlıdır. Afet lojistiği, sonuçları itibarıyla insan hayatını doğrudan etkilediğinden, bu tekniklerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi her geçen gün daha kritik bir önem kazanmaktadır.

Kaynakça

- Anaya-Arenas, A. M., Renaud, J., & Ruiz, A. (2014). Relief distribution networks: A systematic review. *Annals of Operations Research*, 223(1), 53–79. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1581-y>
- Balçık, B., & Beamon, B. M. (2008). Facility location in humanitarian relief. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 11(2), 101–121. <https://doi.org/10.1080/13675560701561789>
- Barbarosoğlu, G., & Arda, Y. (2004). A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response. *Journal of the Operational Research Society*, 55(1), 43–53. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601652>
- Brans, J. P., & Mareschal, B. (2005). PROMETHEE methods. In J. Figueira, S. Greco, & M. Ehrgott (Eds.), *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (pp. 163–195). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_5
- Campbell, A. M., & Jones, P. C. (2011). Prepositioning supplies in preparation for disasters. *European Journal of Operational Research*, 209(2), 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.029>
- Caunhye, A. M., Nie, X., & Pokharel, S. (2012). Optimization models in emergency logistics: A literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.07.002>
- Chang, M. S., Tseng, Y. L., & Chen, J. W. (2007). A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 737–754. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.10.006>
- Daganzo, C. F. (2005). *Logistics systems analysis* (4th ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/b137616>
- Duran, S., Gutierrez, M. A., & Keskinocak, P. (2013). Pre-positioning of emergency items worldwide for CARE International. *Interfaces*, 43(5), 400–417. <https://doi.org/10.1287/inte.2013.0705>
- Feng, C. M., & Wang, T. C. (2003). Highway emergency rehabilitation scheduling in post-earthquake 72 hours. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 3276–3285. <http://doi.org/10.11175/easts.5.3276>
- Galindo, G., & Batta, R. (2013). Review of recent developments in OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 230(2), 201–211. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.01.039>
- Holguín-Veras, E., Jaller, M., Van Wassenhove, L. N., Pérez, N., & Wachtendorf, T. (2012). On the unique features of post-disaster humanitarian logistics. *Journal of Operations Management*, 30(7-8), 494–506. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2012.08.003>
- Hoyos, M. C., Morales, R. S., & Akhavan-Tabatabaei, R. (2015). OR models with stochastic components in disaster operations management: A literature

- survey. *Computers & Industrial Engineering*, 82, 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.01.017>
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48382-7>
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336–14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- Kovács, G., & Spens, K. M. (2007). Humanitarian logistics in disaster relief operations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37(2), 99–114. <https://doi.org/10.1108/09600030710734820>
- Ozdamar, L., Ekinci, E., & Kucukyazici, B. (2004). Emergency logistics planning in natural disasters. *Annals of Operations Research*, 129(1-4), 217–245. <https://doi.org/10.1023/B:ANOR.0000030690.27939.39>
- Rawls, C. G., & Turnquist, M. A. (2010). Pre-positioning of emergency supplies for disaster response. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(4), 521–534. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.08.003>
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and Decision*, 31(1), 49–73. <https://doi.org/10.1007/BF00134132>
- Sarder, M. D. (2020). *Logistics Transportation Systems*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-00803-8>
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1996). *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process*. RWS Publications.
- Sawik, T. (2013). Selection of supply portfolio under disruption risks. *Omega*, 41(2), 259–269. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.05.003>
- Stefanovic, M. (2015). A proposed fuzzy-based decision support framework for disaster management. *Industrial Management & Data Systems*, 115(9), 1702–1722. <https://doi.org/10.1108/IMDS-01-2015-0009>
- Tzeng, G. H., Cheng, H. J., & Huang, T. D. (2007). Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 673–686. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.10.012>
- Van Wassenhove, L. N. (2006). Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. *Journal of the Operational Research Society*, 57(5), 475–489. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602050>

“

Bölüm 5

AFET LOJİSTİĞİNDE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

”

Merve ÖZKAN¹

¹ Dr. Öğrt. Üyesi., Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, <https://orcid.org/0000-0002-1071-2541>

Giriş

Afet lojistiği, kriz anlarında gerekli malzemelerin (gıda, su, ilaç, barınak) ve hizmetlerin en hızlı ve verimli şekilde ihtiyaç duyulan bölgelere ulaştırılmasını sağlayan kritik bir süreçtir (Adigüzel 2019). Geleneksel afet yönetimi yöntemleri çoğu zaman karmaşık ve değişken afet ortamlarında yetersiz kalmakta, bu nedenle modern teknolojilerin entegrasyonu giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Bilgisayar bilimleri ve teknolojilerindeki gelişmeler (Şekil 1), afet lojistiğinde devrim niteliğinde değişiklikler yaratmıştır. Büyük veri analitiği, yapay zeka, optimizasyon algoritmaları, coğrafi bilgi sistemleri (GIS), Nesnelerin İnterneti (IoT), blockchain ve bulut bilişim gibi teknolojiler, afetlere hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerinde kritik roller üstlenmektedir (Rastogi ve Sharma 2022, Niyazi ve Behnamian 2023). Bu teknolojiler sayesinde afet bölgelerinde ihtiyaç duyulan yardımların hızlı ve etkin bir şekilde ulaştırılması sağlanmakta, kaynakların daha verimli kullanılması mümkün hale gelmektedir. Özellikle, yapay zeka ve makine öğrenmesi modelleri afet tahminleri yaparak lojistik planlamayı önceden optimize edebilirken, drone ve otonom araçlar lojistik operasyonların zorlu bölgelerde bile kesintisiz devam etmesine yardımcı olmaktadır. Blockchain tabanlı sistemler (Hunt ve Zhuang 2022), afet yardımlarının şeffaf ve güvenilir bir şekilde dağıtılmasını sağlarken, bulut bilişim altyapıları (Dubey vd. 2018) kriz anlarında gerçek zamanlı bilgi paylaşımına olanak tanımaktadır.



Şekil 1. Afet Lojistiğinde Kullanılan Bilgisayar Teknolojileri

Bu bölümde, afet lojistiğinde bilgisayar bilimleri ve teknolojilerinin kullanımına dair temel kavramlar ele alınacak, güncel uygulamalar incelenecek ve bu alandaki yenilikçi yaklaşımlar değerlendirilecektir. Amaç, bilgisayar bilimleri ve afet lojistiği arasındaki etkileşimi kapsamlı bir şekilde açıklamak ve bu alandaki teknolojik ilerlemelerin afet yönetim süreçlerine nasıl katkı sağladığını ortaya koymaktır.

5.1 Afet Yönetiminde Veri Odaklı Karar Verme

Afet yönetimi, hızlı ve doğru kararların alınmasını gerektiren dinamik bir süreçtir. Doğru müdahale stratejilerinin belirlenebilmesi için büyük hacimli verilerin işlenmesi, analiz edilmesi ve karar destek sistemlerine entegre edilmesi kritik öneme sahiptir (Li vd. 2017). Geleneksel yöntemler çoğunlukla tecrübeye dayalı sezgisel yaklaşımlar üzerine kuruluyken, günümüzde veri odaklı karar verme süreçleri sayesinde afet yönetimi daha etkin, hızlı ve optimize edilebilir hale gelmiştir. Büyük veri analitiği, makine öğrenmesi, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve gerçek zamanlı veri işleme gibi teknolojiler, afetlere müdahale süreçlerini daha öngörülebilir ve yönetilebilir kılmaktadır (Li ve Ly 2021).

Veri odaklı afet yönetimi süreci dört temel aşamada incelenebilir (Yuan vd. 2022):

1. Önleme ve Risk Analizi: Tarihsel afet verileri, hava durumu modelleri ve coğrafi bilgi sistemleri (GIS) kullanılarak risk haritaları oluşturulur. Afetlerin neden olduğu can ve mal kayıplarını en aza indirmek için önleyici tedbirler almak büyük önem taşımaktadır. Veri analitiği, geçmiş afet olaylarından elde edilen verileri kullanarak risk analizleri yapmaya olanak tanımaktadır (Dos Santos ve Tavares 2015).

- **Tarihsel Afet Verileri:** Geçmişte meydana gelen afetlerin lokasyonu, şiddeti ve etkileri analiz edilerek benzer durumların tekrar yaşanma olasılığı belirlenebilir. Örneğin, deprem risk analizi, geçmiş sismik hareketlerin mekânsal ve zamansal dağılımını inceleyerek olası riskli bölgeleri belirleyebilir.

- **Mekânsal Veri Analizi:** Coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve mekânsal istatistikler kullanılarak, afet riski yüksek bölgeler belirlenir. Örneğin, sel tahmin modelleri, yağış miktarı, toprak doygunluğu ve arazi eğimi gibi faktörleri dikkate alarak taşkın ihtimali yüksek alanları belirler.

- **İklim ve Hava Durumu Modelleri:** Makine öğrenmesi tabanlı hava tahmin algoritmaları, meteorolojik verileri kullanarak fırtına, kasırga ve sıcak hava dalgaları gibi afetlerin meydana gelme ihtimalini hesaplayabilir.

Bu aşamada, destek vektör makineleri (SVM), karar ağaçları (Decision Trees) ve doğrusal regresyon (Linear Regression - LR) gibi makine öğrenmesi algoritmaları, afetlerin oluşma olasılığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Gomes vd. 2024).

2. Hazırlık ve Acil Durum Planlaması: Alternatif lojistik senaryoları geliştirilerek acil durum müdahale planları oluşturulur. Afetlerin kaçınılmaz olduğu durumlarda, müdahale süreçlerinin başarılı olabilmesi için önceden planlama yapılması gerekmektedir. Veri analitiği, afet anında ihtiyaç duyulacak lojistik destek ve kaynakların yönetimi konusunda önemli avantajlar sunmaktadır.

- Senaryo Analizleri ve Simülasyonlar: Monte Carlo Simülasyonu, Markov Karar Süreçleri (MDP) ve Genetik Algoritmalar gibi yöntemler, farklı afet senaryolarının etkilerini değerlendirerek en uygun müdahale stratejilerini belirlemek için kullanılabilir.

- Lojistik Planlama: Yardım malzemelerinin nerede depolanacağı, hangi yolların daha güvenli olduğu ve tahliye güzergâhlarının nasıl optimize edileceği konusunda büyük veri analizleri yapılabilir.

- Tahliye Planlaması: Trafik akışı verileri, demografik bilgiler ve afetin şiddetine dair tahminler kullanılarak en hızlı ve güvenli tahliye planları oluşturulabilir. *Dijkstra Algoritması* ve *A Algoritması**, tahliye yollarının en kısa sürede belirlenmesini sağlamak için kullanılan popüler algoritmalar arasındadır.

Bu süreçte dinamik programlama (Dynamic Programming - DP) ve simülasyon teknikleri, afet öncesi kaynak tahsisi ve acil durum senaryolarının değerlendirilmesi için kritik rol oynamaktadır (Grass ve Fischer 2016).

3. Müdahale ve Gerçek Zamanlı Veri Kullanımı: Gerçek zamanlı veri akışı kullanılarak tahliye güzergâhları belirlenir ve yardım malzemeleri ihtiyaç bölgelerine yönlendirilir. Afet anında alınan kararların hızlı, güvenilir ve esnek olması hayati önem taşımaktadır (Elvas vd. 2020). Geleneksel müdahale yöntemleri genellikle manuel süreçlere dayalı olduğundan, bu süreçlerin modern teknolojilerle desteklenmesi, müdahale hızını ve etkinliğini artırmaktadır.

- Gerçek Zamanlı Veri İşleme: Sosyal medya, IoT sensörleri, GPS verileri ve uydu görüntüleri gibi veri kaynakları kullanılarak afetin yayılma hızı, etkisi ve müdahale gerektiren noktalar anlık olarak belirlenebilir. Apache Kafka ve Spark Streaming, gerçek zamanlı veri işleme için yaygın olarak kullanılan teknolojilerdendir.

- **Makine Öğrenmesi Tabanlı Karar Destek Sistemleri:** Afet anında acil durum birimlerine yönlendirme yapabilen yapay zeka destekli sistemler, en kritik noktalara öncelik vererek kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlayabilir.

- **Drone ve Otonom Araçlar:** Hava keşfi yapmak, zarar gören bölgeleri belirlemek ve lojistik destek sağlamak amacıyla drone'lar ve otonom kara araçları kullanılabilir. Derin öğrenme tabanlı görüntü işleme, drone'lar aracılığıyla elde edilen verilerin analiz edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır.

Afet anında kullanılan veri odaklı sistemler, Bayes Ağları, Karar Ağaçları ve Çok Kriterli Karar Analizi (Multi-Criteria Decision Analysis – MCDA) yöntemleri ile desteklenerek, hızlı ve etkili müdahale kararlarının alınmasını sağlamaktadır.

4. Afet Sonrası İyileştirme ve Optimizasyon: Afet sonrası yapılan analizler ile operasyonel süreçler optimize edilir ve gelecek afetler için stratejik planlamalar yapılır. Afet sonrası iyileştirme süreçleri, gelecekte benzer olayların etkilerini minimize etmek amacıyla veri analitiği ve optimizasyon tekniklerinin kullanıldığı kritik bir aşamadır (Cao 2020).

- **Hasar Analizi:** Uydu görüntüleri, drone görüntüleme sistemleri ve yerel sensör verileri kullanılarak afet sonrası yıkımın büyüklüğü belirlenebilir. K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbors – KNN) ve Kümeleme Algoritmaları (K-Means, DBSCAN), hasar tespiti ve etkilenen alanların belirlenmesi için kullanılmaktadır.

- **Kaynak Dağıtım Optimizasyonu:** Afet sonrası iyileştirme sürecinde, yardım malzemelerinin en çok ihtiyaç duyulan bölgelere ulaştırılması gerekmektedir. Genetik Algoritmalar ve Karışık Tamsayılı Programlama (Mixed Integer Programming – MIP), lojistik süreçlerin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır.

- **Afet Sonrası Tahliye ve Yeniden Yerleşim Planlaması:** Etkilenen bölgelerde yaşayan insanların güvenli yerlere yönlendirilmesi ve yeniden yerleşim süreçlerinin planlanması, veri analitiği ve simülasyon modelleriyle desteklenmektedir.

Bu aşamada kullanılan teknikler, Dinamik Trafik Yönetimi, Çok Katmanlı Sinir Ağları ve Derin Pekiştirmeli Öğrenme (Deep Reinforcement Learning) gibi yaklaşımlarla daha etkin hale getirilmektedir.

5.2 Makine Öğrenmesi ve Yapay Zeka Teknolojileri

Makine öğrenmesi ve yapay zeka tabanlı tahmin sistemleri, afetlerin meydana gelme olasılığını belirlemek ve afet sonrası müdahaleleri (Şekil 2) optimize etmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu sistemler, geçmiş verilere dayalı olarak çeşitli analizler yaparak, kriz yönetimi süreçlerinde karar alıcılara daha güçlü bir öngörü sunmaktadır (Sun vd. 2020, Linardos vd. 2022, Venkadesh vd. 2024).



Şekil 2. Makine Öğrenmesi ve Yapay Zeka Teknolojileri Uygulama Alanları

5.2.1 Afet Öncesi ve Sonrası Tahmin Modelleri

Afet Öncesi Tahmin Modelleri

Afetlerin etkilerini minimize etmek için erken tahmin sistemleri büyük önem taşımaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları ve yapay zeka tabanlı modeller, çeşitli veri kaynaklarını analiz ederek afetlerin oluşma ihtimalini değerlendirebilir.

1. Deprem Tahmini:

- Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks - RNN) ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) modelleri, sismik aktivite verilerini analiz ederek deprem tahminleri yapabilmektedir.
- Gizli Markov Modelleri (Hidden Markov Models - HMM), zaman serisi verilerini kullanarak sismik dalgaların olası etkilerini öngörebilir.

- Makine öğrenmesi tabanlı regresyon modelleri, farklı bölgelerdeki fay hatlarının hareketlerini analiz ederek deprem riski haritalarının oluşturulmasını sağlamaktadır.

2. Sel ve Taşkın Tahmini:

- Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Karar Ağaçları (Decision Trees), yağış verilerini, nehir seviyelerini ve toprak nem oranlarını analiz ederek taşkın ihtimalini değerlendirebilir.

- Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Uzaktan Algılama Teknikleri, sel riski taşıyan bölgeleri belirleyerek önleyici tedbirlerin alınmasını sağlar.

- Meteorolojik tahmin sistemleri, hava durumu verilerini analiz ederek ani su baskınlarının önceden tespit edilmesine olanak tanımaktadır.

3. Orman Yangını Tahmini:

- Sinir Ağları (Artificial Neural Networks - ANN) ve K-En Yakın algoritmaları, sıcaklık, nem, rüzgar hızı gibi verileri işleyerek orman yangınlarının çıkma ihtimalini tahmin edebilir.

- Uydu görüntüleri ve drone analizleri, yangının yayılma hızını ve yönünü belirlemek için görüntü işleme teknikleri ile değerlendirilir.

Afet Sonrası Tahmin Modelleri

Afet sonrası süreçte en büyük zorluklardan biri, afetin etkilerini hızlı bir şekilde belirlemek ve lojistik planlamaları bu doğrultuda optimize etmektir. Makine öğrenmesi modelleri, hasar tespiti, tahliye yönetimi ve kaynak dağıtımı gibi kritik konularda önemli katkılar sunmaktadır.

1. Hasar Tespiti:

- Evrişimsel Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks - CNN) ve Görüntü İşleme Teknikleri, afet sonrası uydu ve drone görüntülerini analiz ederek hangi bölgelerin daha fazla zarar gördüğünü belirleyebilir.

- Derin Öğrenme Tabanlı Hasar Sınıflandırma Modelleri, binaların ve altyapıların hasar seviyesini belirleyerek tahmin modellerine entegre edilebilir.

2. Kaynak İhtiyacı Tahmini:

- Doğrusal Regresyon (Linear Regression) ve XGBoost, geçmiş afet verileri kullanılarak hangi bölgelerde hangi malzemelere daha fazla ihtiyaç duyulacağını tahmin edebilir.

- Kümeleme Algoritmaları (K-Means, DBSCAN), afetzedelerin yoğunluk bölgelerini belirleyerek insani yardım faaliyetlerini yönlendirebilir.

3. Tahliye Yönetimi:

- Ajan Tabanlı Modelleme (Agent-Based Modeling - ABM), farklı tahliye senaryolarını simüle ederek tahliye planlarını optimize eder.
- Pekiştirmeli Öğrenme (Reinforcement Learning), gerçek zamanlı trafik verilerini analiz ederek en güvenli tahliye rotalarını belirleyebilir.

5.2.2 Afet lojistiğinde veri analitiği kullanımı

Afet yönetimi sürecinde, lojistik faaliyetlerin planlanması ve yürütülmesi büyük miktarda veri üretir. Bu verilerin etkin bir şekilde analiz edilmesi, afet lojistiğinin daha verimli hale gelmesini sağlar. Veri analitiği, afet öncesinde risk değerlendirmesi yaparak lojistik hazırlıkları optimize etmek, afet sırasında operasyonları dinamik olarak yönetmek ve afet sonrasında iyileştirme süreçlerini desteklemek için kullanılmaktadır. Genel olarak, afet lojistiğinde veri analitiğinin temel katkıları; Risk Analizi ve Tahminleme, Talep Tahmini, Rota Optimizasyonu, Kaynak Dağıtımının Verimliliği, Gerçek Zamanlı Müdahale şeklindedir.

Veri analitiği, afet lojistiğinde hem reaktif (afet sonrası) hem de proaktif (afet öncesi) stratejiler geliştirmek için kullanılır (Wand vd. 2016, Masood vd. 2017, Fosso Wamba vd. 2018, Alipour Sarvari vd. 2019). Özellikle afet öncesinde tahmin modelleriyle hazırlık seviyesini artırmak, afet sırasında gerçek zamanlı müdahale yapmak ve afet sonrası kaynakların etkin kullanımını sağlamak açısından kritik bir rol oynar.

5.2.2.1 Lojistik Rota Optimizasyonu

Afet sonrası yardım operasyonlarının başarısı, lojistik güzergahların hızlı ve güvenli bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Geleneksel yöntemler genellikle statik rota planlamalarına dayanırken, büyük veri analitiği ve optimizasyon algoritmaları, gerçek zamanlı olarak en uygun güzergahları belirlemeyi mümkün kılmaktadır. Öne çıkan lojistik rota optimizasyon yöntemleri şunlardır:

Klasik Grafik Teorisi Yaklaşımları:

- Dijkstra Algoritması: Lojistik rotalarda en kısa yolun belirlenmesi için kullanılır.

- *A Algoritması*.* Afet bölgesindeki değişken koşullara bağlı olarak en uygun tahliye güzergahlarını belirler.
- Floyd-Warshall Algoritması: Çok noktalı rota optimizasyonu gerektiren durumlarda kullanılır.

Makine Öğrenmesi Destekli Optimizasyon:

- Genetik Algoritmalar: Lojistik rotaları optimize etmek için evrimsel süreçleri simüle ederek en iyi çözümü bulur.
- Pekiştirmeli Öğrenme: Otonom sistemler aracılığıyla gerçek zamanlı rota belirleme ve değişken trafik koşullarına adaptasyon sağlar.
- Dinamik Programlama: Afet anında lojistik güzergahların anlık olarak güncellenmesini ve değişen koşullara göre yeniden optimize edilmesini sağlar.

Bu yöntemler, afet bölgesindeki lojistik operasyonları hızlandırarak, insani yardım malzemelerinin en kısa sürede ihtiyaç duyulan noktalara ulaştırılmasını sağlamaktadır.

5.2.2.2. Talep Tahmini ve Kaynak Dağıtımı

Afet sonrasında yardım malzemelerinin doğru bölgelere yönlendirilmesi için doğru talep tahmini yapılması gerekmektedir. Yanlış tahminler, kaynakların yanlış dağıtılmasına, israf edilmesine veya kritik bölgelerde yardım eksikliğine yol açabilmektedir. Talep tahmini ve kaynak dağıtımında kullanılan yöntemler:

İstatistiksel Yöntemler:

- Doğrusal Regresyon: Afet geçmişi ve demografik faktörlere dayalı olarak afet sonrası kaynak ihtiyacını tahmin eder.
- Zaman Serisi Analizi: Geçmiş afet verilerini analiz ederek gelecek afetlerde talep miktarlarını öngörür.

Makine Öğrenmesi Algoritmaları:

- Kümeleme Algoritmaları: Afet bölgelerini etki seviyesine göre sınıflandırarak en öncelikli alanlara kaynak yönlendirilmesini sağlar.
- XGBoost ve Random Forest: Çok değişkenli veriler kullanılarak hangi bölgelerde hangi malzemelere daha fazla ihtiyaç duyulacağını belirler.
- Derin Öğrenme Tabanlı Ağlar: Büyük hacimli verileri işleyerek dinamik talep tahmini yapar.

Optimizasyon Teknikleri:

- Karışık Tamsayılı Programlama: Kaynak tahsisatını en verimli şekilde planlamak için kullanılır.
- Çok Kriterli Karar Analizi: Afet sonrası kaynak tahsisinde en uygun kararları almak için kullanılır.

Bu teknikler, insani yardım faaliyetlerinin daha etkili yürütülmesini sağlayarak, afet mağdurlarının ihtiyaçlarının en kısa sürede karşılanmasına katkıda bulunmaktadır.

5.2.2.3. Gerçek Zamanlı Karar Destek Sistemleri

Gerçek zamanlı veri işleme sistemleri, afet sırasında meydana gelen değişken koşullara göre en uygun lojistik planlamaları yapmaya olanak tanır. Gerçek zamanlı karar destek sistemlerinde kullanılan veri kaynakları aşağıda verilmiştir:

Sosyal Medya Analizi:

- Doğal Dil İşleme (NLP) ve Duygu Analizi: Twitter, Facebook ve Instagram gibi platformlardan gelen mesajlar analiz edilerek yardım çağrıları belirlenebilir.
- Coğrafi Konum Tabanlı Analizler: Sosyal medya paylaşımlarındaki konum verileri kullanılarak acil yardım ihtiyaçları belirlenebilir.

IoT ve Sensör Verisi:

- Akıllı Su Sensörleri: Sel riski ve su baskınlarını erken tespit etmek için kullanılır.
- Deprem Sensörleri: Sismik aktiviteleri analiz ederek erken uyarı sistemleri geliştirir.

Uydu Görüntüleme ve Drone Analizi:

- Görüntü İşleme (CNN, YOLO Algoritmaları): Afet sonrası hasar tespiti yaparak, yardım ekiplerinin en fazla etkilenen bölgelere yönlendirilmesini sağlar.

Bu sistemler, afet yönetiminde hızlı ve güvenilir kararlar alınmasını sağlayarak insan hayatını kurtarmaya yönelik kritik katkılar sunmaktadır.

Özetle, afet lojistiğinde veri analitiği, karar alma süreçlerini optimize ederek lojistik operasyonların hız ve verimliliğini artırmaktadır. Yapay

zeka, makine öğrenmesi ve büyük veri analitiği, afet öncesinde, sırasında ve sonrasında veri odaklı stratejiler geliştirilmesini sağlamaktadır. Gelecekte, bu teknolojilerin daha geniş çaplı entegrasyonu, afet yönetim süreçlerini daha etkin hale getirecek ve insani kayıpları en aza indirecektir.

5.3. Optimizasyon Algoritmaları ve Karar Destek Sistemleri

Afet lojistiği, arama-kurtarma ekiplerinin yönlendirilmesi, acil yardım malzemelerinin dağıtılması, tahliye planlaması ve altyapının yeniden inşası gibi geniş bir süreci kapsar. Bu süreçlerde yanlış kararlar alınması, lojistik hatalar ve gecikmeler, insani kayıpları ve ekonomik zararları artırabilir. Bu noktada, optimizasyon algoritmaları ve yapay zeka destekli karar destek sistemleri, afet yönetiminde karar verme süreçlerini güçlendiren önemli teknolojik araçlar olarak öne çıkmaktadır (Hadiguna vd. 2014, Fıkar vd. 2016, Qi vd. 2019, Zamanifar vd. 2020, Boostani vd. 2021).

5.3.1 Afet lojistiğinde optimizasyon gereksinimleri

Afet lojistiğinde, etkin bir tedarik zinciri yönetimi sağlanabilmesi için optimizasyon büyük bir önem taşımaktadır. Afet sonrası yardım operasyonlarının başarısı, kaynakların doğru yönetilmesi, güzergahların dinamik olarak belirlenmesi ve afet koşullarına anında uyum sağlanması ile doğrudan ilişkilidir. Optimizasyon gereksinimleri aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir:

- **Zaman Kısıtları ve Acil Müdahale Gerekliliği:** Afet sonrası yapılan müdahaleler, özellikle ilk 72 saat içinde kritik önem taşımaktadır. Bu süre zarfında yardımın ulaştırılamaması, hayatta kalma oranlarını ciddi şekilde düşürebilir. Hızlı ve gerçek zamanlı rota optimizasyonu ile lojistik güzergahların en kısa sürede belirlenmesi gerekmektedir. Alternatif senaryolar geliştirilerek dinamik afet koşullarına uyum sağlanmalıdır.

- **Kaynak Kısıtları ve Etkin Kullanım:** Afet sırasında ulaşılabilecek kaynaklar (insani yardım malzemeleri, ulaşım araçları, depo kapasiteleri vb.) genellikle sınırlıdır. Matematiksel optimizasyon algoritmaları ile mevcut kaynaklar en verimli şekilde tahsis edilmelidir. Önceliklendirme sistemleri ile en kritik bölgeler belirlenmeli ve yardım malzemeleri buna göre yönlendirilmelidir.

- **Değişken Çevresel Faktörler ve Mekânsal Kısıtlar:** Afetler, yol kapanmaları, hava koşulları ve altyapı hasarları gibi unsurları içerdiğinden, lojistik süreçlerin dinamik ve esnek olması gerekmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) destekli optimizasyon ile yol durumu, engeller ve tahliye bölgeleri analiz edilmelidir. Gerçek zamanlı veri işleme algoritmaları ile değişken afet koşullarına anında uyum sağlanmalıdır.

Bu gereksinimler göz önüne alındığında, afet lojistiğinde kullanılan optimizasyon teknikleri büyük ölçüde rota belirleme, depo yönetimi, malzeme dağıtımı, tahliye planlaması ve kaynak tahsisi süreçlerini kapsar.

5.3.2. Rota Optimizasyonu ve Kaynak Dağıtımı

Afet lojistiğinde en kritik süreçlerden biri, arama-kurtarma ekiplerinin ve yardım malzemelerinin en hızlı şekilde doğru noktalara ulaştırılmasıdır. Bu süreçte optimizasyon, şu temel alanlarda kullanılmaktadır:

- En kısa ve güvenli güzergahların belirlenmesi
- Kaynakların en etkili şekilde dağıtılması
- Gerçek zamanlı rota güncellemeleri ile dinamik lojistik yönetimi

Optimizasyon yöntemleri genel olarak doğrusal programlama, sezgisel algoritmalar ve meta-sezgisel optimizasyon teknikleri olarak üç ana gruba ayrılmaktadır.

5.3.2.1. Doğrusal Programlama Tabanlı Optimizasyon Yöntemleri

Doğrusal Programlama (Linear Programming - LP), afet lojistiğinde belirli kısıtlar altında en iyi çözümü elde etmek için kullanılan temel bir optimizasyon yaklaşımıdır.

Kullanım Alanları:

- Depo ve Dağıtım Merkezi Konumlandırma: Afet sonrası en uygun lojistik destek noktalarının belirlenmesi için kullanılır.
- Kaynak Tahsisi: Araçların, yardım malzemelerinin ve insan gücünün optimal tahsis edilmesini sağlar.

Doğrusal programlama, Simplex Algoritması ve İç Nokta Yöntemi (Interior Point Method) gibi teknikler kullanılarak çözülebilir.

5.3.2.2. Sezgisel ve Meta-Sezgisel Optimizasyon Algoritmaları

Büyük ölçekli afet senaryolarında doğrusal programlama yetersiz kalabilir. Bu durumlarda, sezgisel ve meta-sezgisel algoritmalar daha etkili çözümler üretebilir.

- **Genetik Algoritmalar (GA):** Genetik Algoritmalar, biyolojik evrim mekanizmalarından ilham alarak çalışan bir meta-sezgisel optimizasyon yöntemidir. Seçilim (selection), çaprazlama (crossover) ve mutasyon (mutation) gibi genetik operatörler kullanılarak problem için en

iyi çözümü bulmaya çalışır. Bu algoritmalar, lojistik rotaları optimize etmek için genetik evrim mekanizmasını simüle ederek bu alana katkı sağlamaktadır.

- **Tabu Arama (Tabu Search - TS):** Tabu Arama, daha önce ziyaret edilmiş çözümlere geri dönmeyi engelleyerek daha geniş bir çözüm uzayının keşfedilmesini sağlayan meta-sezgisel bir arama algoritmasıdır. Bu yöntemde, daha önce denenmiş çözümler tabu listesine eklenir ve algoritma, bu çözümlerin tekrar kullanılmasını engelleyerek farklı çözüm alternatifleri oluşturur. Bu alanda ise, alternatif yolları değerlendirerek en iyi tahliye güzergahlarını belirlemek için kullanılmaktadır.

- **Karınca Kolonisi Optimizasyonu (ACO):** Karınca Kolonisi Optimizasyonu, karıncaların doğal yollarını bulma süreçlerinden ilham alarak geliştirilmiş bir meta-sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Karıncalar, feromon izleri bırakmak suretiyle en kısa yolu bulurlar ve bu biyolojik mekanizma, rota optimizasyonu gibi problemler için güçlü bir optimizasyon yöntemi olarak kullanılmaktadır. Afet sonrası malzeme dağıtımı için en kısa yolları tespit etme yeteneğine sahiptir.

Özetle, bu algoritmalar, yüksek hesaplama kapasitesi gerektiren büyük ölçekli lojistik problemlerinde daha kısa sürede optimum çözümler sunmaktadır.

5.3.3 Yapay Zeka Destekli Karar Destek Sistemleri

Yapay zeka destekli karar destek sistemleri (Artificial Intelligence-Based Decision Support Systems - AI-DSS), büyük hacimli verileri analiz ederek, gerçek zamanlı kararlar almayı ve en uygun müdahale stratejilerini belirlemeyi mümkün kılmaktadır (Rahmatizadeh ve Kohzadi 2024). Bu sistemler, önceden tanımlanmış kurallar yerine veri odaklı ve öğrenme tabanlı karar mekanizmalarını kullanarak afet yönetiminde hız, doğruluk ve ölçeklenebilirlik gibi avantajlar sağlamaktadır.

5.3.3.1. Tahliye Planlaması ve Dinamik Rota Belirleme

Geleneksel tahliye planlamaları genellikle sabit tahliye güzergahları ve önceden belirlenmiş risk bölgeleri üzerinden yapılmaktadır. Ancak, afetlerin dinamik yapısı gereği, mevcut koşullar tahliye anında hızla değişebileceğinden, gerçek zamanlı veri analizi ve yapay zeka tabanlı tahliye planlama sistemleri daha doğru ve esnek çözümler sunmaktadır.

Pekiştirmeli öğrenme, çevresel değişkenlere bağlı olarak en iyi kararları almak için kullanılan bir yapay zeka tekniğidir. RL, tahliye planlamasında aşağıdaki avantajları sunmaktadır:

- **Gerçek Zamanlı Veri Kullanımı:** Anlık trafik durumu, altyapı hasarı, hava koşulları ve diğer değişkenler dikkate alınarak tahliye güzergahları optimize edilir.
- **Dinamik Rota Güncellemeleri:** Statik tahliye planlarının aksine, afetin ilerleyişine ve ortaya çıkan yeni risk faktörlerine bağlı olarak rota değişiklikleri yapılır.
- **Öğrenme ve Adaptasyon Yeteneği:** RL tabanlı modeller, geçmiş tahliye süreçlerinden elde edilen verileri kullanarak gelecekte daha iyi kararlar alacak şekilde eğitilebilir.

Örneğin, Derin Pekiştirmeli Öğrenme (Deep Reinforcement Learning - DRL) tabanlı bir tahliye modelinde, otonom sistemler trafik verilerini, hava koşullarını ve altyapı durumlarını analiz ederek tahliye yollarını sürekli olarak optimize edebilir.

Ajan Tabanlı Modelleme (Agent-Based Modeling - ABM), bireysel hareketleri ve grup dinamiklerini modelleyerek tahliye süreçlerini analiz eden bir yapay zeka yöntemidir. Bu modellemede:

- Her birey (ajan) bağımsız hareket eden bir karar verici olarak ele alınır.
- Bireylerin kararları, çevresel değişkenlere ve diğer bireylerin davranışlarına bağlı olarak şekillenir.
- Karmaşık insan hareketleri ve davranışları büyük ölçekli simülasyonlarla modellenabilir.

ABM kullanılarak afet sırasında aşağıdaki tahliye senaryoları oluşturulabilir:

- Farklı tahliye rotalarının trafik sıkışıklığına neden olup olmayacağına analizi,
- Halkın afet sonrası güvenli bölgelere nasıl yönlendirileceğinin modellenmesi,
- Binalar, köprüler ve yollardaki altyapı hasarlarının tahliye süreçlerine etkisinin değerlendirilmesi.

Bu tür simülasyonlar, afet öncesinde alternatif tahliye planlarının oluşturulmasını ve tahliye süreçlerinin optimize edilmesini sağlamaktadır.

5.3.3.2. Chatbotlar ve Sanal Asistanlar ile Afet İletişimi

Geleneksel iletişim sistemleri, telefon hatlarının kesilmesi, internet erişiminin sınırlı olması ve bilgi akışının yavaş olması gibi nedenlerle yetersiz kalabilir. Bu noktada, yapay zeka tabanlı chatbotlar ve sanal asistanlar, afet iletişimini kolaylaştıran etkili çözümler olarak öne çıkmaktadır (Tsai vd. 2021, Urbanelli vd. 2024).

Chatbotlar, Doğal Dil İşleme algoritmaları kullanarak afet sırasında halkın sorularını yanıtlayan, yönlendirme yapan ve kriz anında bilgilendirme sağlayan akıllı sistemlerdir. Chatbotların afet yönetiminde sunduğu avantajlar aşağıda verilmiştir:

- **Gerçek Zamanlı Bilgilendirme:** Halkı tahliye yolları, güvenli bölgeler, yardım noktaları ve hava koşulları hakkında anlık olarak bilgilendirir.
- **Önceliklendirilmiş Acil Durum Talepleri:** Vatandaşların yardım taleplerini analiz ederek, öncelikli çağrılarını belirleyip ilgili birimlere yönlendirir.
- **Çok Kanallı Erişim:** Sosyal medya, mobil uygulamalar, SMS ve web platformları üzerinden çalışabilir.

Örneğin, IBM Watson ve Google Dialogflow gibi yapay zeka destekli chatbot platformları, kriz anında halka hızlı yanıt vererek afet yönetim ekiplerinin yükünü hafifletebilir.

Sesli asistanlar, afet sırasında ve sonrasında halkın güvenli tahliyesini desteklemek, kriz iletişimini yönetmek ve acil müdahale süreçlerini hızlandırmak için geliştirilen yapay zeka tabanlı sistemlerdir. Afet yönetiminde sesli asistanların sunduğu çözümler ise şunlardır:

- **Sesli komutlarla yönlendirme:** Acil tahliye yönlendirmeleri yapılabilir.
- **Engelli bireylere yönelik destek:** İşitme veya görme engelli bireyler için özel bilgilendirme sistemleri sağlanabilir.
- **Çok dilli destek:** Afet sırasında farklı dillerde bilgilendirme yaparak erişilebilirliği artırabilir.

Örneğin, Amazon Alexa ve Google Assistant gibi sesli asistanlar, afet sırasında güvenli bölgelere yönlendirme yapabilir ve temel hayatta kalma bilgilerini paylaşabilir.

Özetle, yapay zeka destekli karar destek sistemleri, afet lojistiğinin her aşamasında daha hızlı ve etkin kararlar alınmasını sağlamaktadır. Pekiştirmeli öğrenme, ajan tabanlı modelleme, doğal dil işleme ve sesli asistanlar gibi teknolojiler, tahliye planlamasından, afet sırasında halkın bilgilendirilmesine kadar geniş bir yelpazede çözümler sunmaktadır.

5.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Afet Haritalama

Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS), afet yönetiminde büyük hacimli mekânsal verilerin toplanmasını, işlenmesini, görselleştirilmesini ve analiz edilmesini sağlayarak karar alma süreçlerini destekleyen güçlü bir teknolojidir. GIS tabanlı afet haritalama, tarihsel afet verileriyle risk bölgelerinin belirlenmesi, kriz yönetimi süreçlerinin optimize edilmesi ve afet sonrası lojistik planlamanın etkinleştirilmesi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Chan vd. 2022, Chen 2022, Cao vd. 2023, Quamar vd. 2023, Mete ve Biyik 2024).

5.4.1. GIS Tabanlı Afet Analizleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri, afet yönetimi için önemli bir veri analiz ve karar destek aracıdır. Afetlerin mekânsal dağılımını anlamak, risk bölgelerini belirlemek ve müdahale stratejileri geliştirmek için geniş kapsamlı veri setlerinin entegrasyonunu sağlar. GIS tabanlı afet analizleri, şu temel bileşenleri içermektedir:

- **Mekânsal Veri Toplama ve Analiz:** Uydu görüntüleri, insansız hava araçları (İHA), sensör ağları ve saha verileri gibi farklı kaynaklardan elde edilen verilerin entegre edilmesi ve analiz edilmesi.
- **Tehlike ve Risk Değerlendirmesi:** Deprem, sel, kasırga ve yangın gibi afetlerin geçmiş verileri kullanılarak risk bölgelerinin belirlenmesi.
- **Gerçek Zamanlı Afet Takibi:** Sensör ağları ve IoT cihazları aracılığıyla, afet anında sahadan gelen verilerin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve kriz müdahale süreçlerinin buna göre optimize edilmesi.
- **Afet Müdahale Senaryolarının Simülasyonu:** Olası afet senaryolarının modellenmesi ve lojistik, tahliye ve kaynak yönetimi süreçlerinin önceden planlanması.

GIS tabanlı afet analizleri, risklerin azaltılması ve karar alma süreçlerinin bilimsel verilere dayandırılması açısından afet yönetiminin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir.

5.4.2. Afet Risk Haritaları ve Kriz Yönetimi

Afet risk haritaları, afet tehlikelerinin mekânsal dağılımını görselleştiren ve karar alıcıların kriz yönetimi stratejilerini belirlemelerine yardımcı olan bir araçtır. Bu haritalar, afetin potansiyel etkilerini, tahmini yayılma modellerini ve korunma önlemlerini içeren kapsamlı bilgiler sunar.

Afet risk haritalarının oluşturulması için geçmiş afet olaylarına ait verilerin sistematik bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu süreç, aşağıdaki bileşenleri içermektedir:

- **Tarihsel Deprem Verileri:** Sismik aktivite kayıtları kullanılarak fay hatları ve yüksek riskli bölgeler belirlenmektedir.
- **Meteorolojik ve Hidrolojik Veriler:** Sel, fırtına ve kuraklık gibi afetlerin geçmiş dağılımları analiz edilerek tahmini risk bölgeleri haritalandırılmaktadır.
- **Uydu ve Radar Görüntüleri:** Uzaktan algılama teknikleri, orman yangınları ve heyelan gibi afetlerin yayılma modellerini tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Bu verilerin makine öğrenmesi ve yapay zeka algoritmaları ile analiz edilmesi, risk değerlendirme süreçlerini daha doğru ve güvenilir hale getirmektedir. Örneğin, GIS tabanlı mekânsal analizler, hangi bölgelerin sel riski altında olduğunu belirlemek için geçmiş yağış verilerini ve topografik eğim analizlerini birleştirebilir.

5.4.3. Coğrafi Tabanlı Lojistik Planlama

Afet sonrası lojistik operasyonlar, arama-kurtarma ekiplerinin yönlendirilmesi, insani yardım malzemelerinin dağıtımı ve tıbbi müdahale süreçlerinin koordine edilmesi gibi kritik görevleri içermektedir. GIS tabanlı lojistik planlama, bu süreçlerin mekânsal analizler ile optimize edilmesini sağlar.

Afet sonrası lojistik süreçlerin etkin bir şekilde yürütülebilmesi için, yardım malzemelerinin doğru lokasyonlara, doğru miktarlarda ve en hızlı şekilde ulaştırılması gerekmektedir. GIS tabanlı konum analizi, bu süreci optimize eden temel bir araçtır. GIS destekli konum analizi ile:

- **Afet bölgelerinde en uygun lojistik merkezlerin belirlenmesi:** Mevcut depo kapasiteleri ve ulaşım yolları analiz edilerek en etkili dağıtım noktaları seçilmektedir.

- **Yardım malzemelerinin dağıtım güzergahlarının optimize edilmesi:** Trafik yoğunluğu, yol durumu ve güvenlik faktörleri dikkate alınarak en hızlı dağıtım rotaları oluşturulmaktadır.

- **Afetzedelere erişim süresinin minimize edilmesi:** Afet sonrası tıbbi yardım, gıda ve barınma desteğinin en kısa sürede sağlanması için coğrafi analizler kullanılmaktadır.

Örneğin, bir deprem sonrası en fazla hasar gören mahallelere en yakın sağlık merkezlerinin belirlenmesi ve bu merkezlere en hızlı ulaşım yollarının oluşturulması, GIS tabanlı analizlerle mümkün olmaktadır.

Özetle, Coğrafi Bilgi Sistemleri, afet yönetiminde mekânsal analiz ve karar destek süreçlerini güçlendiren kritik bir teknolojidir. GIS tabanlı afet haritalama sistemleri, tarihsel afet verilerini analiz ederek tehlike bölgelerini belirleme, kriz yönetimi süreçlerini optimize etme ve afet sonrası lojistik planlamayı güçlendirme konularında büyük avantajlar sunmaktadır. Gelecekte, uydu görüntüleme, yapay zeka destekli mekânsal analizler ve blokzincir tabanlı afet yönetimi sistemleri, GIS teknolojisinin afet lojistiğinde daha geniş çapta kullanılmasını sağlayacaktır. Bu teknolojilerin entegrasyonu, afetlerin etkilerini azaltmak, kriz anında hızlı müdahaleyi sağlamak ve insani yardım süreçlerini daha etkili hale getirmek için büyük bir fırsat sunmaktadır.

5.5. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Sensör Teknolojileri

Nesnelerin İnterneti ve sensör teknolojileri, afetlerin önlenmesi, izlenmesi, müdahale süreçlerinin yönetilmesi ve afet sonrası lojistik faaliyetlerin optimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. IoT tabanlı sistemler, çevresel sensörler, uydu bağlantılı izleme sistemleri, akıllı lojistik yönetimi ve otomatik erken uyarı mekanizmaları ile afet yönetimini daha öngörülebilir ve kontrollü bir hale getirmektedir (Mei vd. 2019, Bail vd. 2021, Sharma vd. 2021, Kumar 2022, Zeng vd. 2023). Bu teknolojiler, veri analitiği ve makine öğrenmesi algoritmaları ile entegre edildiğinde, afet tahminleri daha doğru yapılabilmekte, lojistik süreçler optimize edilebilmekte ve insan hayatı üzerindeki riskler en aza indirilebilmektedir.

5.5.1. IoT Tabanlı Afet İzleme Sistemleri

IoT tabanlı afet izleme sistemleri, doğal afetlerin izlenmesi, kriz anında durumun değerlendirilmesi ve otomatik müdahale süreçlerinin tetiklenmesi için kullanılmaktadır. Bu sistemler, farklı veri kaynaklarından gelen bilgileri entegre ederek, afetin ilerleyişi ve etkileri hakkında gerçek zamanlı bilgiler sunmaktadır. IoT tabanlı afet izleme sistemleri üç temel bileşenden oluşmaktadır:

1. Sensör Ağı ve Veri Toplama: Hava durumu istasyonları, sismik sensörler, barometrik basınç ölçerler ve su seviyesi ölçüm cihazları gibi farklı sensörlerden gelen veriler, afetlerin erken tespit edilmesini sağlar. Uydu görüntüleme ve drone tabanlı veri toplama teknolojileri, afetin kapsamını ve yayılma hızını belirlemek için kullanılır.

2. Gerçek Zamanlı Veri İşleme ve Entegrasyon: 5G ve bulut bilişim tabanlı IoT platformları, büyük veri akışlarını analiz ederek, tahmin modelleri oluşturur ve risk bölgelerini belirler. Makine öğrenmesi ve yapay zeka algoritmaları, sensörlerden gelen verileri analiz ederek, afet öncesi ve sonrası risk değerlendirmesi yapar.

3. Karar Destek Mekanizmaları ve Otomatik Müdahale: Akıllı şehir altyapıları, sel ve yangın gibi afetlerin önceden tespit edilmesi durumunda, ulaşım ve tahliye planlarını otomatik olarak güncelleyebilir. Otomatik acil durum uyarı sistemleri, belirlenen risk seviyelerine bağlı olarak ilgili kamu ve özel sektör kuruluşlarını bilgilendirir.

Bu sistemler, özellikle deprem, sel, fırtına ve orman yangınları gibi afetlerde erken tespit ve hızlı müdahale süreçlerini desteklemek için hayati bir rol oynamaktadır.

5.5.2. Gerçek Zamanlı Lojistik Takibi

Afet lojistiği, yardım malzemelerinin, arama-kurtarma ekiplerinin ve acil sağlık hizmetlerinin koordinasyonunu gerektiren karmaşık bir süreçtir. Geleneksel lojistik yönetimi sistemleri, manuel planlamaya ve geçmiş verilere dayanırken, IoT tabanlı lojistik yönetimi, afet sırasında dinamik ve gerçek zamanlı takip mekanizmaları ile entegre çalışarak, süreçlerin kesintisiz ve verimli bir şekilde yürütülmesini sağlar.

5.5.2.1 Depolar, Araçlar ve Yardım Malzemelerinin IoT ile Yönetimi

IoT tabanlı lojistik yönetim sistemleri, yardım malzemelerinin en kısa sürede doğru noktalara ulaştırılması için akıllı takip ve koordinasyon teknolojilerini kullanmaktadır.

1. Depo Yönetimi ve Envanter Takibi:

- **RFID (Radyo Frekansı Tanımlama) ve GPS tabanlı sistemler,** depolarda bulunan yardım malzemelerinin stok durumunu otomatik olarak izleyerek eksikliklerin tespit edilmesini sağlar.

- **Akıllı depolama sistemleri**, afet bölgesinde hangi malzemelerin öncelikli olarak yönlendirilmesi gerektiğini belirleyerek envanter yönetimini optimize eder.

2. Araç Takibi ve Lojistik Optimizasyonu:

- **GPS tabanlı filo yönetim sistemleri**, yardım araçlarının konumlarını gerçek zamanlı olarak izleyerek en uygun rota ve ulaşım planlarını belirler.

- **Otomatik trafik analizi ve IoT destekli yol ağı sensörleri**, afet bölgesindeki yol durumu değişikliklerini tespit ederek lojistik operasyonların yönlendirilmesini sağlar.

3. Gerçek Zamanlı Malzeme Takibi:

- **Akıllı etiketleme (RFID ve QR kod teknolojileri)**, yardım malzemelerinin afet bölgesinde doğru noktalara ulaştırılıp ulaştırılmadığını anlık olarak takip eder.

- **Blockchain tabanlı dağıtım yönetim sistemleri**, yardım malzemelerinin hareketlerini şeffaf bir şekilde kayıt altına alarak, afet bölgesindeki yardım dağıtım süreçlerinin güvenilirliğini artırır.

Bu sistemler, afetzedelere hızlı ve doğru yardım ulaştırılmasını sağlayarak, afet sonrası insani krizlerin önlenmesine katkıda bulunmaktadır.

5.5.3. Afet Erken Uyarı Sistemleri

Afetlerin tespit edilmesi ve olası zararlarının en aza indirilmesi için erken uyarı sistemleri (Early Warning Systems - EWS) kritik bir bileşendir. IoT destekli sensörler, çevresel değişiklikleri anlık olarak izleyerek afet risklerine karşı önceden uyarı vermektedir.

5.5.3.1. Deprem, Sel ve Fırtına Tahmini İçin Sensörler ve Otomatik Uyarı Mekanizmaları

1. Deprem Erken Uyarı Sistemleri:

- **Sismik sensörler**, yer hareketlerini analiz ederek deprem öncesi uyarılar verir ve halkın tahliye edilmesini kolaylaştırır. Japonya ve ABD gibi ülkelerde kullanılan gelişmiş erken uyarı sistemleri, sismik dalgaları tespit ederek deprem gerçekleşmeden önce kritik bölgeleri uyarabilmektedir.

2. Sel ve Taşkın Tahmin Sistemleri:

- **Akıllı su seviyesi sensörleri**, nehir ve baraj seviyelerini izleyerek sel riskini tahmin eder ve erken uyarı sinyalleri gönderir.

- **Radar tabanlı yağış ölçüm sistemleri**, aşırı yağışların tahmin edilerek taşkın riskinin önceden belirlenmesini sağlar.

3. Fırtına ve Kasırga Erken Uyarı Sistemleri:

- **Barometrik basınç sensörleri ve meteorolojik istasyonlar**, atmosferik basınç değişikliklerini izleyerek kasırgaların oluşumunu tahmin eder.

- **Uydu görüntüleme ve yapay zeka destekli hava tahmin modelleri**, fırtına rotalarını hesaplayarak kriz yönetim ekiplerine önceden bilgi sağlar.

Bu sistemler, afetlerin etkisini minimize etmek için tahliye planlarının erkenden uygulanmasını, kritik altyapıların korunmasını ve halkın zamanında bilgilendirilmesini sağlamaktadır.

Sonuç olarak, IoT ve sensör teknolojileri, afet yönetiminin her aşamasında büyük veri analitiği, gerçek zamanlı takip ve otomatik karar alma süreçlerini destekleyerek, kriz yönetiminin daha etkili hale getirilmesine katkıda bulunmaktadır. Gelecekte, 5G destekli IoT sistemleri, yapay zeka tabanlı afet yönetimi ve blockchain teknolojileri, afetlerin önlenmesi ve yönetilmesi süreçlerini daha akıllı ve ölçeklenebilir hale getirecektir.

5.6. Blockchain ve Akıllı Sözleşmeler ile Afet Yönetimi

Blockchain teknolojisi, merkezi olmayan yapısı, güvenli ve değiştirilemez kayıt sistemleri, şeffaf veri paylaşımı ve otomatikleştirilmiş işlemler sunarak afet lojistiğinin optimize edilmesine, bağış yönetiminin güvenilirliğinin artırılmasına ve yardım süreçlerinin daha verimli yürütülmesine katkı sağlamaktadır (Hunt ve Zhuang 2022, Katina ve Gheorghe 2023). Akıllı sözleşmeler (Smart Contracts) ise, önceden tanımlanmış koşulların karşılanması durumunda otomatik olarak yürürlüğe giren kod tabanlı sözleşmeler olup, afet anında yardım malzemelerinin doğru yerlere yönlendirilmesini, lojistik süreçlerin insana bağımlı olmadan otomatikleştirilmesini ve kaynak dağıtımının etkin şekilde yapılmasını sağlamaktadır (Sekhar vd. 2021).

5.6.1. Blockchain'in Afet Lojistiğindeki Avantajları

Blockchain, merkezi olmayan, şifrelenmiş, dağıtık defter yapısı sayesinde afet yönetiminde güvenilir veri paylaşımı ve lojistik süreçlerin takip edilmesini sağlamaktadır. Afetlerde kullanılan geleneksel yönetim sistemleri, genellikle veri bütünlüğü, tedarik zinciri güvenliği ve bağışların doğru yerlere ulaşıp ulaşmadığı konularında şeffaflık eksikliğiyle karşı karşıya kalmaktadır. Blockchain teknolojisi, bu tür sorunların üste-

sinden gelmek için güvenli, izlenebilir ve değiştirilemez kayıtlar sunarak afet yönetiminin dijitalleşmesine büyük katkılar sağlamaktadır.

Blockchain tabanlı afet yönetiminin başlıca faydaları (Abrar ve Sheikh 2023) aşağıda sıralanmıştır:

1. Şeffaflık ve Veri Güvenliği: Bağışların, yardım malzemelerinin ve lojistik operasyonların izlenebilirliğini sağlayarak şeffaf bir yönetim sunar. Merkezi bir otoriteye bağlı olmadan çalışan dağıtık defter teknolojisi sayesinde verilerin manipüle edilmesini veya değiştirilmesini engeller.

2. Güvenilir Lojistik Yönetimi: Tedarik zinciri boyunca tüm lojistik hareketlerin kayıt altına alınmasını ve verilerin güvenli şekilde saklanmasını sağlar. Afet bölgesindeki lojistik faaliyetlerin optimize edilmesi için gerçek zamanlı envanter yönetimi sunar.

3. Hızlı ve Otomatik İşlemler: Akıllı sözleşmeler sayesinde lojistik süreçlerin insan müdahalesi olmadan otomatik yürütülmesine olanak tanır. Lojistik operasyonların manuel süreçlerden bağımsız hale getirilmesi, zaman kayıplarını önler ve operasyonel verimliliği artırır.

Blockchain'in sunduğu bu avantajlar, afet anında hızlı ve güvenilir veri paylaşımını sağlayarak, kaynak yönetiminin daha etkin hale getirilmesine katkı sunmaktadır.

5.6.2. Şeffaf Tedarik Zinciri ve Kaynak Yönetimi

Blockchain tabanlı tedarik zinciri yönetimi, afet lojistiğinde kullanılan kaynakların doğru bir şekilde izlenmesini ve yönetilmesini sağlayarak, yardım malzemelerinin gereksinim duyulan noktalara zamanında ulaşmasını garanti eder.

Bağış yönetimi, afet sonrası insani yardım süreçlerinin temel taşlarından biridir. Ancak, bağışların nasıl kullanıldığı, bağışçıların katkılarının nereye yönlendirildiği ve kaynakların nasıl tahsis edildiği konusunda şeffaflık eksikliği sıklıkla yaşanan sorunlardan biridir. Blockchain tabanlı bağış yönetim sistemleri, yapılan bağışların dijital olarak izlenmesini sağlayarak, sürecin şeffaf ve güvenilir hale gelmesini sağlar. Bağış yapan kişiler veya kuruluşlar, yapılan bağışların nasıl harcandığını ve hangi bölgelere yönlendirildiğini blockchain üzerinden gerçek zamanlı olarak takip edebilirler. Kripto para veya dijital varlıklarla bağış yapılmasını sağlayan blockchain sistemleri, geleneksel finansal sistemlerin yetersiz kaldığı afet bölgelerinde yardım süreçlerini hızlandırabilir. Blockchain destekli bağış yönetimi, yardım kuruluşları arasındaki güveni artırarak, kriz anında finansal desteğin daha etkin şekilde yönlendirilmesini sağlamaktadır.

5.6.3. Akıllı Sözleşmeler ile Otomatik Operasyonlar

Akıllı sözleşmeler, belirli koşulların karşılanması durumunda otomatik olarak tetiklenen dijital protokoller olup, afet yönetiminde yardım dağıtımı, lojistik süreçlerin otomasyonu ve operasyonel verimliliğin artırılması açısından önemli bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Geleneksel lojistik yönetim sistemleri, çoğunlukla manuel işlemler ve insan faktörüne bağımlı olduğu için hata ve gecikmelere neden olabilir. Akıllı sözleşmeler ise lojistik operasyonları otomatikleştirerek, afet sırasında hızlı ve doğru müdahale süreçlerinin yürütülmesini sağlar.

Akıllı sözleşmeler, belirlenen afet bölgelerine otomatik olarak lojistik yönlendirme yapabilir. IoT destekli sensörlerden gelen verilere dayanarak, hangi bölgelerde daha fazla yardıma ihtiyaç olduğu otomatik olarak belirlenebilir. Malzeme stoğu belirli bir eşik değerinin altına düştüğünde, akıllı sözleşmeler tedarik zincirini otomatik olarak devreye sokarak yardım malzemelerinin eksiksiz şekilde ulaştırılmasını sağlayabilir. Somut bir örnek ile ele alınacak olursa, deprem sonrası lojistik destek sağlamak için kullanılan blockchain tabanlı bir sistemde, bir bölgedeki hastanelerin oksijen tüpü veya ilaç stoklarının kritik seviyeye ulaştığını tespit eden bir IoT sensörü, bu veriyi blockchain ağına kaydeder. Akıllı sözleşmeler, bu ihtiyacın karşılanması için en yakın lojistik merkezden sevkiyatın otomatik olarak gerçekleştirilmesini tetikler. Bu süreç manuel onay gerektirmeden, şeffaf ve izlenebilir bir şekilde ilerler. Bu tür otomatik müdahale mekanizmaları, afet sırasında yardım süreçlerinin hızlanmasını, hataların en aza indirilmesini ve kaynakların en etkin şekilde kullanılmasını sağlamaktadır.

Özetle, Blockchain ve akıllı sözleşmeler, afet yönetiminin güvenilirlik, şeffaflık ve hız gibi en kritik unsurlarını güçlendiren yenilikçi teknolojilerdir. Blockchain'in sunduğu dağıtık defter teknolojisi, bağış ve yardım süreçlerinin izlenebilirliğini artırırken, akıllı sözleşmeler, lojistik operasyonların otomatikleştirilmesini sağlayarak afet müdahale süreçlerini hızlandırmaktadır. Yapay zeka destekli blockchain sistemleri, kripto para tabanlı bağış mekanizmaları ve akıllı sözleşmelerin daha geniş çapta uygulanması, afet yönetiminde daha akıllı, güvenilir ve şeffaf bir ekosistem oluşturulmasına katkıda bulunacaktır.

5.7. Robotik ve Otonom Sistemler ile Afet Yönetimi

Robotik sistemler ve otonom teknolojiler, afet anında arama-kurtarma, keşif, lojistik yönetimi ve insani yardım operasyonlarının hızlandırılması açısından yenilikçi çözümler sunmaktadır. İnsansız hava araçları (drone'lar) ve otonom kara araçları, zorlu coğrafi koşullarda güvenli keşif faaliyetleri yürütme, afet sonrası yardım malzemelerini ulaştırma

ve tahliye operasyonlarını destekleme gibi birçok alanda önemli katkılar sağlamaktadır. Gelişmiş görüntü işleme, yapay zeka destekli analizler ve IoT tabanlı veri akışı entegrasyonu sayesinde, robotik sistemler afet yönetimini daha etkin, ölçeklenebilir ve güvenli hale getirmektedir (Lin vd. 2022, Wilk-Jakubowski vd. 2022, Khan vd. 2023).

5.7.1. İnsansız Hava Araçları (Drone'lar) ile Afet Müdahalesi

İnsansız hava araçları (Unmanned Aerial Vehicles - UAV), hafif, manevra kabiliyeti yüksek ve ulaşılması zor bölgelere erişebilen hava tabanlı robotik sistemlerdir. Afet sırasında ve sonrasında, geniş alanların hızlıca taranması, hasar tespiti, arama-kurtarma operasyonlarının yönlendirilmesi ve insani yardım malzemelerinin ulaştırılması için drone'lar giderek daha yaygın şekilde kullanılmaktadır. Drone'ların afet yönetiminde sunduğu başlıca avantajlar şunlardır:

- **Riskli bölgelere insan müdahalesi olmadan erişim:** Enkaz altındaki insanları tespit etme, sel veya yangın bölgelerinde keşif yapma.
- **Gerçek zamanlı yüksek çözünürlüklü görüntüleme:** Termal kameralar ve lidar sensörleri ile arama-kurtarma ekiplerine veri sağlama.
- **Lojistik destek:** İhtiyaç duyulan bölgelere hızlı ve güvenli şekilde malzeme ulaştırma.

Drone'lar, afet sonrası geniş alanları hızlı bir şekilde tarayarak, kriz yönetim ekiplerine öncelikli müdahale edilmesi gereken bölgeler hakkında veri sağlamaktadır. Termal ve spektral görüntüleme teknolojileri, duman veya toprak altındaki insanları tespit edebilmek için kullanılmaktadır. Lidar (Işık Algılama ve Mesafe Ölçüm) sensörleri ile, yıkılmış binaların veya altyapının hasar seviyesini üç boyutlu olarak haritalandırmaktadır. Otonom uçuş algoritmaları, drone'ların afet bölgesinde önceden belirlenmiş rotalar üzerinde uçuşmasını ve verileri sürekli olarak güncellenmesini sağlar. Bu sayede, insan gücüyle günler sürebilecek hasar tespit çalışmaları, drone'lar sayesinde saatler içinde tamamlanabilmektedir.

Geleneksel ulaşım sistemlerinin yetersiz kaldığı veya riskli olduğu bölgelerde, drone'lar yardımıyla ilaç, gıda, su ve diğer hayati malzemelerin ulaştırılması mümkündür. Afet bölgelerindeki hastanelere veya tahliye noktalarına tıbbi malzeme ve ilk yardım kitleri taşınabilir. Zorlu arazilerde veya yıkılmış yolların bulunduğu bölgelerde insani yardım malzemeleri doğrudan ihtiyaç sahiplerine ulaştırılabilir. Blokzincir tabanlı takip sistemleri entegre edilerek, malzeme dağıtımının şeffaflığı ve güvenilirliği artırılabilir. Özellikle hava ulaşımı zor olan bölgelerde (dağlık alanlar, sel basmış şehirler, çatışma bölgeleri) drone'lar, hayati

yardımların güvenli ve hızlı bir şekilde ulaştırılmasını sağlayarak afet sonrası insani kayıpları minimize etmektedir.

5.7.2. Otonom Araçlar ile Afet Alanında Lojistik Yönetimi

Otonom kara araçları (Autonomous Ground Vehicles - AGV), afet bölgelerinde lojistik destek sağlamak, arama-kurtarma faaliyetlerini desteklemek ve malzeme taşımacılığını otomatik hale getirmek için kullanılan robotik sistemlerdir. Afet sonrası ulaşım altyapısının zarar görmesi, yardım ekiplerinin hızlı hareket etmesini zorlaştırabilir. Otonom araçlar, yıkılmış yollar, dağlık araziler ve çamurlu bölgeler gibi zorlu koşullarda çalışarak insansız lojistik operasyonlar yürütme kapasitesine sahiptir. Otonom araçlar, GPS, lidar, yapay zeka tabanlı navigasyon sistemleri ve gelişmiş sensör teknolojileri ile donatılarak afet bölgelerinde dinamik lojistik planlamayı mümkün kılmaktadır.

Bu sistemlerin sunduğu avantajlar şunlardır:

- **Yüksek riskli bölgelerde insansız malzeme taşımacılığı:** Deprem, sel veya çatışma bölgelerinde insan müdahalesi olmadan lojistik operasyonları yürütme.
- **Gerçek zamanlı güzergah optimizasyonu:** Afet bölgesindeki yıkılmış yollar, enkaz veya diğer engellere bağlı olarak rota değiştirme kapasitesi.
- **Acil durum tahliye desteği:** Hareket edemeyen yaralıların güvenli bölgelere taşınması veya yardım ekiplerinin taşınması için otonom araçların kullanımı.

Özellikle Boston Dynamics tarafından geliştirilen Spot gibi robotik sistemler, dar geçitlerden geçerek enkaz altında canlı arama faaliyetlerini destekleyebilmektedir. Benzer şekilde, otonom kamyonlar ve robotik taşıma sistemleri, büyük ölçekli lojistik operasyonları daha hızlı ve verimli hale getirmektedir.

Özetle, Robotik ve otonom sistemler, afet yönetiminde insan gücünün sınırlarını aşarak daha güvenli, hızlı ve etkin müdahale süreçleri oluşturulmasını sağlamaktadır. Drone'lar, afet sonrası hızlı keşif ve insani yardım ulaştırma amacıyla kullanılırken, otonom araçlar ve robotik sistemler, insansız lojistik yönetimi ve arama-kurtarma operasyonlarını destekleyerek afet lojistiğini dönüştürmektedir. İlerleyen zamanlarda, yapay zeka destekli drone'lar, insansız lojistik araçları ve otonom arama-kurtarma robotları afet yönetiminde daha geniş çapta kullanılacak ve bu teknolojiler hızlı tahliye, akıllı lojistik ve insani yardım operasyonlarının optimize edilmesine katkı sağlayacaktır. Afet müdahale süreçlerinde

robotik sistemlerin entegrasyonu, kriz yönetimini daha öngörülebilir ve güvenilir hale getirecektir.

5.8. Bulut Bilişim ve Dağıtık Sistemler ile Afet Yönetimi

Bulut bilişim ve dağıtık sistemler, afet yönetiminde veri işleme, saklama, analiz etme ve paylaşma süreçlerini merkezi olmayan bir altyapı üzerinden gerçekleştirerek kesintisiz operasyonel sürdürülebilirlik sağlar (Rastogi ve Sharma 2022, Chan ve Choi 2024, Li 2024). Geleneksel merkezi sunucu sistemleri, büyük ölçekli afetler sırasında altyapı hasarları, enerji kesintileri ve iletişim ağlarının çökmesi gibi nedenlerle işlevsiz hale gelebilmektedir. Bulut bilişim ve dağıtık sistemler, afet koşullarına dayanıklı mimarileri sayesinde veri güvenliği ve erişilebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

5.8.1. Afet Yönetimi için Bulut Tabanlı Platformlar

Bulut bilişim teknolojisi, afet yönetimi süreçlerinde büyük ölçekli veri kümelerinin güvenli bir şekilde saklanması, analiz edilmesini ve farklı paydaşlarla paylaşılmasını sağlayarak afet müdahale ekiplerine hızlı ve uzaktan erişilebilir çözümler sunmaktadır. Geleneksel merkezi sunucu tabanlı sistemler, afetler sırasında fiziksel altyapının zarar görmesi, sunucuların çökmesi veya enerji kesintileri nedeniyle işlevsiz hale gelebilmektedir. Bulut tabanlı sistemler ise, verilerin coğrafi olarak farklı merkezlerde yedeklenmesi sayesinde, bu tür aksaklıkların önüne geçmektedir.

Bulut bilişim destekli afet yönetim sistemleri, afet öncesinde hazırlık, afet sırasında kriz müdahalesi ve afet sonrasında iyileştirme süreçlerini destekleyen önemli avantajlar sunmaktadır:

1. Gerçek Zamanlı Veri Erişimi ve Paylaşımı

- Afet bölgesinden gelen uydu görüntüleri, hava durumu raporları, insansız hava araçları (drone'lar) tarafından toplanan veriler ve saha ekiplerinden gelen anlık bilgiler, bulut sistemleri üzerinden farklı yetkili birimlerle paylaşılabilir.

- Afet sonrası lojistik yönetimi, tahliye planlaması ve insani yardım operasyonları, bulut tabanlı sistemler sayesinde merkezi olmayan bir yapı üzerinden koordine edilebilir.

2. Uzaktan Müdahale ve Kriz Yönetimi

- Felaket anında yerel yönetimler veya insani yardım kuruluşları, internet bağlantısı olan herhangi bir cihaz üzerinden bulut tabanlı afet yönetimi sistemlerine erişerek, ekipleri koordine edebilir.

- İleri düzey yapay zeka destekli analizlerle, afetin etkileri simüle edilerek en etkili müdahale stratejileri belirlenebilir.

3. Esnek ve Ölçeklenebilir Altyapı

- Bulut bilişim platformları, büyük ölçekli afetler sırasında artan veri trafiğini yönetebilmek için dinamik ölçeklendirme kapasitesine sahiptir.
- Afet bölgesinde aniden artan veri yükü ve iletişim taleplerini karşılamak için otomatik sunucu genişletme ve yük dengeleme özellikleri devreye alınabilir.

Google Cloud, Amazon Web Services (AWS) ve Microsoft Azure gibi bulut hizmet sağlayıcıları, afet yönetimi için yapay zeka destekli kriz tahmin sistemleri, veri analitiği çözümleri ve acil durum operasyonlarını destekleyen platformlar sunmaktadır.

5.8.2. Dağıtık Veri Depolama ve İletişim Çözümleri

Afet sırasında yerel iletişim altyapısının zarar görmesi, bilgi paylaşımını ve koordinasyonu zorlaştıran en büyük engellerden biridir. Klasik veri merkezi tabanlı sistemler, belirli bir lokasyona bağımlı oldukları için, bu merkezlerin hasar alması veya erişilemez hale gelmesi durumunda afet yönetimi süreçleri kesintiye uğrayabilir. Dağıtık sistemler, verilerin farklı coğrafi lokasyonlarda ve birden fazla düğüm üzerinde saklanmasını sağlayarak, bilgiye kesintisiz erişimi ve kriz yönetiminin sürdürülebilirliğini garanti eder. Afet sırasında kesintisiz bilgi akışı sağlayan teknoloji yöntemleri aşağıda sıralanmıştır:

1. Blockchain Tabanlı Dağıtık Veri Yönetimi

- Blockchain tabanlı sistemler, afet sırasında merkezi sunucuya bağımlılığı ortadan kaldırarak, bağış takibi, yardım malzemesi yönetimi ve insani yardım dağıtım süreçlerini güvenli ve şeffaf hale getirir.
- Dağıtık defter teknolojisi (Distributed Ledger Technology - DLT), afet yönetiminde paydaşlar arasında kesintisiz ve güvenilir veri paylaşımını desteklemektedir.

2. Mesh Ağları ve Alternatif Haberleşme Sistemleri

- Mesh ağları, merkezi baz istasyonlarına veya veri merkezlerine bağlı olmadan, mobil cihazlar ve IoT sensörleri arasında doğrudan veri paylaşımı sağlar.

- LoRaWAN ve Wi-Fi Direct gibi alternatif haberleşme protokolleri, afet bölgesinde internet erişiminin kısıtlı olduğu durumlarda, saha ekipleri ve kriz yönetim merkezleri arasındaki veri iletişimini sürdürmeye yardımcı olur.

3. Dağıtık Bulut Depolama Sistemleri

- Google Drive, AWS S3, InterPlanetary File System (IPFS) gibi bulut depolama çözümleri, verilerin farklı fiziksel lokasyonlara yedeklenmesini sağlayarak veri kaybı riskini minimize eder.
- Yetkilendirilmiş erişim mekanizmaları sayesinde, yalnızca yetkili kişilerin kritik verilere erişmesi sağlanabilir.

4. Uydu Tabanlı İletişim Sistemleri

- Iridium, Starlink ve OneWeb gibi uydu tabanlı internet sistemleri, afet sonrası mobil şebekelerin devre dışı kalması durumunda, alternatif iletişim altyapısı sunarak kriz yönetim süreçlerini destekler.
- Uydu üzerinden sağlanan internet bağlantısı, saha ekiplerinin anlık veri paylaşmasını, hasar tespit süreçlerini hızlandırmasını ve afet sonrası yardımların daha etkili yönlendirilmesini sağlar.

Dağıtık sistemlere gerçek dünya örnekleri verilecek olursa, NASA ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA), afet yönetimi için uzay tabanlı dağıtık veri analiz sistemleri kullanmaktadır. Kızılhaç, BM İnsani Yardım Ofisi (UNOCHA) ve Dünya Gıda Programı (WFP), blockchain tabanlı bağış yönetimi ve insani yardım operasyonları için dağıtık veri çözümleri uygulamaktadır.

Özetle, bulut bilişim ve dağıtık sistemler, afet yönetiminin kritik bileşenleri olarak, büyük veri işleme, gerçek zamanlı iletişim ve kriz anında kesintisiz operasyonel sürdürülebilirlik sağlamaktadır. Afet bölgesinde bilgi akışının sürekliliğini sağlayan dağıtık sistemler, insani yardım operasyonlarının kesintisiz devam etmesini sağlayarak, kriz müdahale süreçlerinde etkinliği artıracaktır.

SONUÇ

Afet yönetimi, hızlı karar alma, etkin lojistik koordinasyon ve kaynak tahsisinde yüksek doğruluk gerektiren karmaşık bir süreçtir. Geleneksel afet lojistiği yöntemleri, dinamik ve belirsiz afet koşullarına uyum sağlamakta yetersiz kalmakta, bu nedenle bilgisayar bilimleri ve ileri teknolojilerle desteklenen yeni nesil afet yönetim sistemlerine olan ihtiyaç artmaktadır. Bu kitap bölümü kapsamında, veri analitiği ve tahmin mo-

delleri, optimizasyon algoritmaları, yapay zeka destekli karar sistemleri, blockchain tabanlı tedarik zinciri yönetimi, robotik ve otonom sistemler, IoT tabanlı afet izleme teknolojileri, bulut bilişim ve dağıtık sistemler gibi yenilikçi teknolojilerin afet lojistiğinde nasıl entegre edilebileceği ve sunduğu avantajlar detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Geleneksel afet yönetimi yaklaşımları, manuel veri analizi, merkezi karar alma sistemleri ve sınırlı bilgi akışı nedeniyle çoğu zaman gecikmelere ve verimsizliklere yol açmaktadır. Makine öğrenmesi, yapay zeka, büyük veri analitiği ve dağıtık bilişim çözümleri, afet yönetiminde daha öngörülebilir, esnek ve optimize edilmiş karar alma mekanizmalarının geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Makine öğrenmesi tabanlı tahmin modelleri, afet risk değerlendirmesini daha doğru hale getirerek, önleyici müdahaleleri mümkün kılmaktadır. Optimizasyon algoritmaları ve gerçek zamanlı veri analitiği, afet sırasında en kısa sürede yardım malzemelerinin ihtiyaç noktalarına ulaştırılmasını sağlamaktadır. Yapay zeka destekli karar destek sistemleri, karmaşık ve belirsiz koşullarda daha doğru kararlar alınmasını sağlayarak kriz yönetimini hızlandırmaktadır.

Yeni teknolojik gelişmeler, afet yönetimini yalnızca reaktif bir süreç olmaktan çıkarıp, proaktif ve veri odaklı bir yaklaşım haline getirmekte, daha güvenilir ve ölçeklenebilir çözümler geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. İnsansız hava araçları (drone'lar), hızlı keşif, hasar tespiti ve yardım malzemelerinin ulaştırılmasını mümkün kılmaktadır. IoT destekli sensör sistemleri, afet öncesinde çevresel değişiklikleri analiz ederek erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Blockchain tabanlı tedarik zinciri çözümleri, yardım operasyonlarında şeffaflığı artırarak bağışların ve lojistik operasyonların izlenebilirliğini sağlamaktadır. Bulut bilişim ve dağıtık veri yönetimi, afet anında kesintisiz bilgi akışı sağlayarak kriz müdahale süreçlerinin sürekliliğini garanti etmektedir.

Bu kitap bölümü, bilgisayar bilimleri ve ileri teknoloji sistemlerinin afet lojistiğine entegrasyonu detaylı olarak ele alınmıştır. Yapay zeka, IoT, blockchain, bulut bilişim ve robotik sistemler, afet yönetiminde hızlı ve güvenilir çözümler sunarak, kriz müdahale süreçlerini optimize etme potansiyeline sahiptir. Gelecekte, bu sistemlerin küresel afet yönetim politikalarına entegre edilmesi, kamu-özel sektör iş birliklerinin artırılması ve veri paylaşımının standart hale getirilmesi, afet lojistiğinin daha etkili hale getirilmesini sağlayacaktır. Bu doğrultuda, araştırmacılar, kamu kuruluşları ve özel sektör aktörleri arasındaki iş birliğinin artırılması gerekmektedir.

Özetle, afet lojistiğinde bilgisayar bilimleri ve yenilikçi teknolojilerle donatılmış sistemlerin yaygınlaştırılması, kriz anında can kayıplarının

azaltılmasını ve insani yardım operasyonlarının daha etkili yürütülmesini sağlayacaktır. Bu alanda yapılan araştırmaların teknolojiyle entegre edilmiş yeni lojistik çözümler sunarak, küresel afet yönetimi stratejilerinin dönüşümünü hızlandıracağı açıktır.

REFERANSLAR

- Adiguzel, S. (2019). Logistics management in disaster. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 6(4), 212-224.
- Niyazi, M., & Behnamian, J. (2023). Application of emerging digital technologies in disaster relief operations: a systematic review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(3), 1579-1599.
- Dubey, S., Dahiya, M., & Jain, S. (2018, February). Application of distributed data center in logistics as cloud collaboration for handling disaster relief. In *2018 3rd International Conference On Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)* (pp. 1-11). IEEE.
- Rastogi, N., & Sharma, A. K. (2022, April). Measuring the Efficiency of LPWAN in Disaster Logistics System. In *International Conference on Artificial Intelligence and Sustainable Engineering: Select Proceedings of AISE 2020, Volume 1* (pp. 131-149). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Hunt, K., & Zhuang, J. (2022). Blockchain for disaster management. In *Big Data and Blockchain for Service Operations Management* (pp. 253-269). Cham: Springer International Publishing.
- Li, T., Xie, N., Zeng, C., Zhou, W., Zheng, L., Jiang, Y., ... & Iyengar, S. S. (2017). Data-driven techniques in disaster information management. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 50(1), 1-45.
- Li, X., & Lv, Y. (2021, October). Big Data-Driven Disaster Management: A Key Approach for Smart Humanitarian Activity. In *2021 IEEE 21st International Conference on Communication Technology (ICCT)* (pp. 1449-1454). IEEE.
- Yuan, F., Fan, C., Farahmand, H., Coleman, N., Esmalian, A., Lee, C. C., ... & Mostafavi, A. (2022). Smart flood resilience: Harnessing community-scale big data for predictive flood risk monitoring, rapid impact assessment, and situational awareness. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(2), 025006.,
- Dos Santos, P. P., & Tavares, A. O. (2015). Basin flood risk management: a territorial data-driven approach to support decision-making. *Water*, 7(2), 480-502.
- Gomes, A., Islam, N. M., & Karim, M. R. (2024). Data-Driven Environmental Risk Management and Sustainability Analytics. *Non Human Journal*, 1(01), 100-113.
- Grass, E., & Fischer, K. (2016). Two-stage stochastic programming in disaster management: A literature survey. *Surveys in Operations Research and Management Science*, 21(2), 85-100.
- Elvas, L. B., Marreiros, C. F., Dinis, J. M., Pereira, M. C., Martins, A. L., & Ferreira, J. C. (2020). Data-driven approach for incident management in a smart city. *Applied Sciences*, 10(22), 8281.

- Cao, Q. D. (2020). *Data-Driven Assessment of Disaster Damage and Recovery Time*. University of Washington.
- Sun, W., Bocchini, P., & Davison, B. D. (2020). Applications of artificial intelligence for disaster management. *Natural Hazards*, 103(3), 2631-2689.
- Linardos, V., Drakaki, M., Tzionas, P., & Karnavas, Y. L. (2022). Machine learning in disaster management: recent developments in methods and applications. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 4(2).
- Venkadesh, P., Divya, S. V., Marymariyal, P., & Keerthana, S. (2024). Predicting natural disasters with AI and machine learning. In *Utilizing AI and Machine Learning for Natural Disaster Management* (pp. 39-64). IGI Global.
- Alipour Sarvari, P., Nozari, M., & Khadraoui, D. (2019, January). The potential of data analytics in disaster management. In *Industrial Engineering in the Big Data Era: Selected Papers from the Global Joint Conference on Industrial Engineering and Its Application Areas, GJCIE 2018, June 21–22, 2018, Nevsehir, Turkey* (pp. 335-348). Cham: Springer International Publishing.
- Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E. W., & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. *International journal of production economics*, 176, 98-110.
- Masood, T., So, E., & McFarlane, D. (2017, July). Disaster management operations—big data analytics to resilient supply networks. In *Proceedings of the 24th EurOMA Conference*.
- Fosso Wamba, S., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., & Ngai, E. (2018). Big data analytics in logistics and supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 29(2), 478-484.
- Fikar, C., Gronalt, M., & Hirsch, P. (2016). A decision support system for coordinated disaster relief distribution. *Expert Systems with Applications*, 57, 104-116.
- Qi, C., Fang, J., & Sun, L. (2019). Implementation of emergency logistics distribution decision support system based on GIS. *Cluster Computing*, 22, 8859-8867.
- Hadiguna, R. A., Kamil, I., Delati, A., & Reed, R. (2014). Implementing a web-based decision support system for disaster logistics: A case study of an evacuation location assessment for Indonesia. *International journal of disaster risk reduction*, 9, 38-47.
- Zamanifar, M., & Hartmann, T. (2020). Optimization-based decision-making models for disaster recovery and reconstruction planning of transportation networks. *Natural Hazards*, 104(1), 1-25.
- Boostani, A., Jolai, F., & Bozorgi-Amiri, A. (2021). Designing a sustainable humanitarian relief logistics model in pre-and postdisaster management. *International Journal of Sustainable Transportation*, 15(8), 604-620.

- Rahmatizadeh, S., & Kohzadi, Z. (2024). The role of artificial intelligence in disaster management in Iran: A narrative review. *Journal of Medical Library and Information Science*, 5.
- Urbanelli, A., Frisiello, A., Bruno, L., & Rossi, C. (2024). The ERMES chatbot: A conversational communication tool for improved emergency management and disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 112, 104792.
- Tsai, M. H., Yang, C. H., Chen, J. Y., & Kang, S. C. (2021). Four-stage framework for implementing a chatbot system in disaster emergency operation data management: A flood disaster management case study. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(2), 503-515.
- Chen, Y. (2022). Flood hazard zone mapping incorporating geographic information system (GIS) and multi-criteria analysis (MCA) techniques. *Journal of Hydrology*, 612, 128268.
- Chan, S. W., Abid, S. K., Sulaiman, N., Nazir, U., & Azam, K. (2022). A systematic review of the flood vulnerability using geographic information system. *Heliyon*, 8(3).
- Cao, Y., Xu, C., Aziz, N. M., & Kamaruzzaman, S. N. (2023). BIM–GIS integrated utilization in urban disaster management: The contributions, challenges, and future directions. *Remote Sensing*, 15(5), 1331.
- Quamar, M. M., Al-Ramadan, B., Khan, K., Shafiullah, M., & El Ferik, S. (2023). Advancements and applications of drone-integrated geographic information system technology—A review. *Remote Sensing*, 15(20), 5039.
- Mete, M. O., & Biyik, M. Y. (2024). Disaster management with cloud-based geographic information systems: site selection of landfill areas after Kahramanmaraş, Türkiye earthquake sequence. *Environmental Earth Sciences*, 83(11), 358.
- Sharma, K., Anand, D., Sabharwal, M., Tiwari, P. K., Cheikhrouhou, O., & Frikha, T. (2021). A disaster management framework using Internet of Things-based interconnected devices. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021(1), 9916440.
- Bail, R. D. F., Kovalski, J. L., da Silva, V. L., Pagani, R. N., & Chiroli, D. M. D. G. (2021). Internet of things in disaster management: Technologies and uses. *Environmental Hazards*, 20(5), 493-513.
- Kumar, S. (2022). Collaborative processing using the internet of things for post-disaster management. *Internet of things and its applications*, 383-406.
- Zeng, F., Pang, C., & Tang, H. (2023). Sensors on the internet of things systems for urban disaster management: a systematic literature review. *Sensors*, 23(17), 7475.
- Mei, G., Xu, N., Qin, J., Wang, B., & Qi, P. (2019). A survey of Internet of Things (IoT) for geohazard prevention: Applications, technologies, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(5), 4371-4386.

- Hunt, K., & Zhuang, J. (2022). Blockchain for disaster management. In *Big Data and Blockchain for Service Operations Management* (pp. 253-269). Cham: Springer International Publishing.
- Sekhar, S. M., Siddesh, G. M., Kalra, S., & Anand, S. (2021). A study of use cases for smart contracts using blockchain technology. In *Research Anthology on Blockchain Technology in Business, Healthcare, Education, and Government* (pp. 1823-1844). IGI Global Scientific Publishing.
- Katina, P. F., & Gheorghe, A. V. (2023). Blockchain-enabled resilience: An integrated approach for disaster supply chain and logistics management. CRC Press.
- Abrar, I., & Sheikh, J. A. (2023). Intelligent blockchain technologies for disaster management: challenges, research gap and solutions. *International Journal of Blockchains and Cryptocurrencies*, 4(4), 311-325.
- Wilk-Jakubowski, G., Harabin, R., & Ivanov, S. (2022). Robotics in crisis management: A review. *Technology in Society*, 68, 101935.
- Lin, T. H., Huang, J. T., & Putranto, A. (2022). Integrated smart robot with earthquake early warning system for automated inspection and emergency response. *Natural hazards*, 110(1), 765-786.
- Khan, S. M., Shafi, I., Butt, W. H., Diez, I. D. L. T., Flores, M. A. L., Galán, J. C., & Ashraf, I. (2023). A systematic review of disaster management systems: approaches, challenges, and future directions. *Land*, 12(8), 1514.
- Li, T. (2024). Emergency logistics resource scheduling algorithm in cloud computing environment. *Physical Communication*, 64, 102340.
- Rastogi, N., & Sharma, A. K. (2022, April). Measuring the Efficiency of LPWAN in Disaster Logistics System. In *International Conference on Artificial Intelligence and Sustainable Engineering: Select Proceedings of AISE 2020, Volume 1* (pp. 131-149). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Chan, H. L., & Choi, T. M. (2024). Logistics management for the future: the IJLRA framework. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 27(12), 2466-2484.