İŞLETMEDEN ÇIKARMA YÜKÜMLÜLÜĞÜNÜN SÜREÇLERİ VE MALİYET ANALİZİ: BİR MADEN İŞLETMESİ UYGULAMASI

Gülbahar UZAN

DOKTORA TEZİ

İşletme Anabilim Dalı

Muhasebe Programı

Danışman: Prof. Dr. Vedat EKERGİL

Anadolu Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Haziran 2026

Eskişehir

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Gülbahar UZAN'ın **"İşletmeden Çıkarma Yükümlülüğünün Süreçleri ve Maliyet Analizi: Bir Maden İşletmesi Uygulaması"** başlıklı tezi 19/06/2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, İşletme Anabilim dalında Muhasebe Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı Soyadı	**İmza**
Üye (Tez Danışmanı)	Prof. Dr. Vedat EKERGİL	
Üye	Prof. Dr. Arman Aziz KARAGÜL	
Üye (Uludağ Üniversitesi)	Prof. Dr. Sait Yüksel KAYGUSUZ	
Üye (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi)	Doç. Dr. Şafak AĞDENİZ	
Üye	Dr. Öğr. Üy. Ergün KAYA	

Prof. Dr. Nafiz Öncü CAN
Enstitü Müdürü

ÖZET

İŞLETMEDEN ÇIKARMA YÜKÜMLÜLÜĞÜNÜN SÜREÇLERİ VE MALİYET ANALİZİ: BİR MADEN İŞLETMESİ UYGULAMASI

Gülbahar UZAN
İşletme Anabilim Dalı
Muhasebe Programı
Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Haziran 2026
Danışman: Prof. Dr. Vedat EKERGİL

Bu çalışmanın amacı, çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri yüksek olan tesislerin işletmeden çıkarılmasına yönelik süreç, maliyet ve fon yönetimini bütüncül bir yaklaşımla ele alarak sürdürülebilir bir yönetim ve finansman modeli geliştirmektir. Çalışmada işletmeden çıkarma, yalnızca teknik bir mühendislik faaliyeti olarak değil, nesiller arası adalet, döngüsel ekonomi ve "kirleten öder" ilkesi çerçevesinde değerlendirilmesi gereken stratejik bir yönetim süreci olarak ele alınmıştır. Araştırma, nicel tekil vaka çalışması deseniyle yürütülmüş olup uygulama alanı olarak Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Müdürlüğü seçilmiştir. Veri seti; teknik raporlar, çevresel etki değerlendirme dokümanları, yasal düzenlemeler, uluslararası standartlar ve işletmenin üretim ve rezerv verilerinden oluşturulmuştur. Doküman incelemesi, saha çalışması ve uzman görüşlerinden yararlanılarak 1940-2024 dönemi üretim verileri analiz edilmiş, 2025-2042 dönemine ilişkin üretim miktarı tahmin edilmiş, işletmeden çıkarma maliyetleri ve fon birikim senaryoları geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda işletmeden çıkarma sürecinin planlama, hazırlık, uygulama, restorasyon ve izleme aşamalarından oluşan bütünleşik bir yapı gerektirdiği belirlenmiştir. İşletmeden çıkarma maliyetlerinin hazırlık, arındırma, söküm, atık yönetimi, saha rehabilitasyonu, izleme ve risk marjı bileşenlerinden oluştuğu ortaya konulmuştur. GLİ örneğinde toplam işletmeden çıkarma maliyeti olan 27,08 milyar ABD dolarının kamu bütçesi üzerinde önemli bir yük oluşturduğu, mevcut yapıda bağımsız bir fon mekanizmasının bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda üretim bazlı, bağımsız ve sürdürülebilir bir işletmeden çıkarma fonu önerilmiştir. Çalışma sonucunda geliştirilen modelin, farklı sektörlerde uygulanabilecek standart bir çerçeve sunarak işletmeden çıkarma kültürünün geliştirilmesine, mevzuatın bütünleştirilmesine ve finansal sürdürülebilirliğin güçlendirilmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: İşletmeden çıkarma, İşletmeden çıkarma fonu, Sürdürülebilirlik, Nükleer enerji ve yenilenebilir enerji, Madencilik.

ABSTRACT

PROCESSES AND COST ANALYSIS OF DECOMMISSIONING OBLIGATIONS: A MINING OPERATION APPLICATION

Gülbahar UZAN

Departman of Business Administration

Programme in Accounting

Anadolu University, Graduate School of Social Science, June, 2026

Supervisor: Prof. Dr. Vedat EKERGİL

The aim of this study is to develop a sustainable management and financing model by addressing the process, cost, and fund management of decommissioning facilities with high environmental, social, and economic impacts through a holistic approach. In this study, decommissioning is considered not only as a technical engineering activity but also as a strategic management process that should be evaluated within the framework of intergenerational justice, the circular economy, and the "polluter pays" principle. The research was conducted using a quantitative case study design, with Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) selected as the application area. The dataset consists of technical reports, environmental impact assessment documents, legal regulations, international standards, and the company's production and reserve data. Production data from 1940-2024 were analyzed using document review, field work, and expert opinions; production quantities for the 2025-2042 period were estimated; and decommissioning cost and fund accumulation scenarios were developed. The research concludes that the decommissioning process requires an integrated structure consisting of planning, preparation, implementation, restoration, and monitoring phases. It has been shown that decommissioning costs consist of components such as preparation, decontamination, dismantling, waste management, site rehabilitation, monitoring, and risk margin. In the case of GLI, it was determined that the total decommissioning cost of 27.08 billion USD constitutes a significant burden on the public budget, and that there is no independent funding mechanism in the current structure. Accordingly, a production-based, independent, and sustainable decommissioning fund has been proposed. As a result of the study, it is evaluated that the developed model will contribute to the development of a decommissioning culture, the integration of legislation, and the strengthening of financial sustainability by offering a standard framework that can be applied in different sectors.

Keywords: Decommissioning, Decommissioning found, Sustainability, Nuclear and renewable energy, Mining.

19/06/2026

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını ve hiçbir şekilde "intihal içermediğini" beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Gülbahar UZAN

19/06/2026

STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES

I hereby truthfully declare that this thesis/dissertation is an original work prepared by me; that I have behaved in accordance with the scientific ethical principles and rules throughout the stages of preparation, data collection, analysis and presentation of my work; that I have cited the sources of all the data and information that could be obtained within the scope of this study, and included these sources in the references section; and that this study has been scanned for plagiarism with “Scientific Plagiarism Detection Program” used by Anadolu University, and that “it does not have any plagiarism” whatsoever. I also declare that, if a case contrary to my declaration is detected in my work at any time, I hereby express my consent to all the ethical and legal consequences that are involved.

Gülbahar UZAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında sonsuz bir sabırla yanımda olan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Vedat EKERGİL'e; çalışmalarım sırasında değerli katkılar sunan tez izleme komitesi üyesi hocalarım Prof. Dr. Arman Aziz KARAGÜL ve Prof. Dr. Sait Yüksel KAYGUSUZ'a; uygulama sürecinin yürütülmesinde gösterdikleri destek, iş birliği ve kolaylaştırıcı yaklaşımları için Garp Linyitleri İşletme Müdürü Mehmet Fatih BİLGE'ye ve Şube Müdürü Hakan DİKKAYA'ya; süreçte desteklerini esirgemeyen aileme ve her aşamayı benimle birlikte yaşayan sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

19/06/2026

ETİK KURUL BELGESİ BEYANNAMESİ

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında, yürütülmesinde, verilerin analizinde Etik Kurul İzni'ne gerek yoktur.

Gülbahar UZAN

19/06/2026

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ (ÜYZ) KULLANIM BEYANI

1. ÜYZ KULLANIM DURUMU

☒ Evet ÜYZ kullandım.

☐ Hayır ÜYZ kullanmadım.

2. KULLANILAN ÜYZ ARAÇLARI:

ChatGPT, Gemini

3. ÜYZ KULLANIM ALANLARI

☒ Literatür araştırması, çeviri ve akademik metinlerin özetlenmesi

☒ Tez bölümlerinin (giriş, alanyazın, yöntem vb.) taslaklarının oluşturulması

☒ Metin yazımı ve formatlanması, dil ve anlatım iyileştirmesi

☐ Kod yazımı/hata ayıklama

☐ Veri analizi yapılması

☐ Grafik, çizelge, şekil veya görsel üretimi

☐ Diğer: …….

4. SORUMLULUK ve VERİ GÜVENLİĞİ BEYANI

i. ÜYZ tarafından üretilen bilgilerin ve çıktıların doğruluğunu kontrol ettiğimi, ÜYZ kullanımının tezimin özgünlüğünü bozmadığını ve intihal, halüsinüsyon, sentetik veri üretme, veri uydurma veya çarpıtmaya yol açmadığını,

ii. ÜYZ araçlarına kişisel veri girmediğimi, ÜYZ ile gizli/yayınlanması sınırlandırılmış araştırma verilerini paylaşmadığımı ve üçüncü taraflara ait verileri izinsiz kullanmadığımı,

iii. Tezimi hazırlarken sonuçların yorumlanması, tartışılması ve/veya tezin çıktılarına dayalı sentezleme, değerlendirme, öneri üretme gibi fikir geliştirme basamaklarında ÜYZ desteği almadığımı beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Gülbahar UZAN

19/06/2026

DECLARATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) USAGE

1. AI Usage Status

☒ Yes, I used AI.

☐ No, I did not use AI.

2. AI Tools Used

ChatGPT, Gemini

3. AI Usage Areas

☒ Literature research, translation, and summarizing academic texts

☒ Creating drafts of thesis sections (introduction, literature review, methodology, etc.)

☒ Text writing and formatting, language and expression improvement

☐ Code writing/debugging

☐ Data analysis

☐ Production of graphs, charts, figures, or visuals

☐ Other: …….

4. Responsibility and Data Security Statement

i. I declare that I have checked the accuracy of the information and outputs produced by the AI, that the use of AI has not compromised the originality of my thesis, and that it has not led to plagiarism, hallucinations, the production of synthetic data, data fabrication, or distortion;

ii. I have not entered personal data into AI tools, I have not shared confidential/restricted publication research data with AI, and I have not used third-party data without permission;

iii. I declare that I have not received AI support in the stages of developing ideas such as interpreting, discussing, and/or synthesizing, evaluating, and generating recommendations based on the outputs of my thesis while preparing my thesis.

I declare that I accept all moral and legal consequences that may arise if any situation contrary to this declaration I have made regarding my thesis is detected at any time.

Gülbahar UZAN

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ii
ÖZET iii
ABSTRACT iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ v
STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES vi
TEŞEKKÜR vii
ETİK KURUL BELGESİ BEYANNAMESİ viii
ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ (ÜYZ) KULLANIM BEYANI ix
DECLARATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) USAGE x
İÇİNDEKİLER xi
TABLOLAR DİZİNİ xiv
ŞEKİLLER VE GÖRSELLER DİZİNİ xvi
KISALTMALAR DİZİNİ xvii
1 GİRİŞ 1
1.1 Sorun 3
1.2 Amaç 4
1.3 Önem 5
1.4 Varsayımlar 7
1.5 Sınırlılıklar 7
2 KAVRAMSAL ÇERÇEVE 8
2.1 İşletmeden (Hizmetten) Çıkarma Kavramı 8
2.1.1 Tanım ve kapsam 9
2.1.2 İşletmeden çıkarma sürecinin çok boyutlu düzenleyici çerçevesi 11
2.1.3 İşletmeden çıkarma ilkeleri 21
2.1.4 İşletmeden çıkarma stratejileri 23
2.1.5 Finansal tablolarda işletmeden çıkarma, maliyet ve gider kayıtları 26
2.2 Nükleer Santrallerde İşletmeden Çıkarma 29
2.2.1 İşletmeden çıkarma stratejileri 29
2.2.2 İşletmeden çıkarma aşamaları 32
2.2.3 Olağandışı durumlarda işletmeden çıkarma 37

2.2.4 İşletmeden çıkarma planı 38
2.2.5 İşletmeden çıkarma maliyeti ve fon yönetimi 42
2.3 Yenilenebilir Enerji ve Diğer Enerji Tesislerinde İşletmeden Çıkarma 67
2.3.1 İşletmeden çıkarma stratejileri 67
2.3.2 İşletmeden çıkarma aşamaları 69
2.3.3 Olağandışı durumlarda işletmeden çıkarma 70
2.3.4 İşletmeden çıkarma planı 71
2.3.5 İşletmeden çıkarma maliyeti ve fon yönetimi 73
2.4 Madenlerde İşletmeden Çıkarma 77
2.4.1 İşletmeden çıkarma stratejileri 81
2.4.2 İşletmeden çıkarma aşamaları 82
2.4.3 Olağandışı durumlarda işletmeden çıkarma 84
2.4.4 İşletmeden çıkarma planı 85
2.4.5 İşletmeden çıkarma maliyeti ve fon yönetimi 87
2.5 İşletmeden Çıkarmada Süreç, Proje, Risk ve Fon Yönetimi 90
2.5.1 Süreç yönetimi 94
2.5.2 Proje yönetimi 96
2.5.3 Risk yönetimi 99
2.5.4 Fon yönetimi 103
3 YÖNTEM 108
3.1 Araştırma Modeli 108
3.2 Evren ve Örneklem 109
3.3 Veri Toplama Tekniği ve Aracı 109
3.4 Veri Analizi 109
4 BULGULAR 112
4.1 Garp Linyitleri İşletme Müdürlüğü (GLİ) Tanıtımı 112
4.1.1 İşletmeden çıkarma planı şablonu 114
4.1.2 Çevresel değerlendirme 120
4.1.3 Sosyal değerlendirme 125
4.1.4 Ekonomik değerlendirme 125
4.2 Uygulama 125
4.2.1 Üretim tahmini 125
4.2.2 Maliyet tahmini 129

4.2.3 Fon birikim senaryosu 132
5 SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER 141
5.1 Sonuç 141
5.2 Tartışma 142
5.3 Öneriler 147
KAYNAKÇA 150
EKLER 158
ÖZGEÇMİŞ 166

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Kömür İşletmeleri Sürdürülebilirlik Muhasebe Standardı Kapsam Özeti.....18
Tablo 2.2 Entegre Raporlamanın Çevresel Veri-Finansal Etki-Muhasebe Bağlantısı…….20
Tablo 2.3 Anında ve Ertelemeli Sökmenin Algılanan Avantajları ve Dezavantajları.....31
Tablo 2.4 Genel İşletmeden Çıkarma Problemlerinin Sınıflandırılması.....34
Tablo 2.5 Format 1: İş Kırılım Yapısı (WBS).....51
Tablo 2.6 Format 2: Organizasyonel Dağılım Yapısı (OBS).....52
Tablo 2.7 Format 3: Temel Çizgi.....55
Tablo 2.8 Format 4: Personel (İnsan Gücü).....57
Tablo 2.9 Format 5: Sapma Analizi Raporu (Açıklama ve Problem Analizi ile).....58
Tablo 2.10 İşletmeden Çıkarma Maliyetlerini Döneme Göre Tablolaştırmak İçin Önerilen Biçim..60
Tablo 2.11 Beklenen Maliyetler Tablosu İçin Önerilen Biçim.....61
Tablo 2.12 Kirlenmiş Ekipman ve Boruları Listelemek İçin Önerilen Format.....62
Tablo 2.13 Radyolojik Arındırma veya Kaldırma Gerektiren Beton ve Metal Yüzeylerin Listelenmesi İçin Önerilen Format.....62
Tablo 2.14 PWR İşletmeden Çıkarma Maliyetlerini Dönemsel Tablolaştırmak İçin Önerilen Biçim.....63
Tablo 2.15 BWR İşletmeden Çıkarma Maliyetlerini Döneme Göre Tablolaştırmak İçin Önerilen Biçim.....65
Tablo 2.16 Tipik Atık Gömme Maliyeti ve Hacimleri.....66
Tablo 2.17 Atık Sınıfına Göre Gömü Hacimleri.....66
Tablo 2.18 İşçilik Gereksinimleri ve İşçilik Maliyetleri.....67
Tablo 2.19 Türbin Sınıfları.....75
Tablo 2.20 Saha Türleri.....75
Tablo 2.21 Temel Parametreler.....76
Tablo 2.22 Sosyoekonomik Planlama ve Uygulamalarının Gerçekleştirileceği Madencilik Aşamaları.....87
Tablo 2.23 Madencilik Sahalarının Risk Faktörleri.....102
Tablo 2.24 Mali Güvence Araçları.....105
Tablo 4.1 Tunçbilek Linyit Üretim Havzası Tüvenan Üretim Miktarları.....126
Tablo 4.2 Gerçekleşen Üretim Özeti.....128
Tablo 4.3 2025-2024 Yılları Arası Üretim Tahmini.....129
Tablo 4.4 A6 Panosu Hazırlık ve Söküm Maliyetleri ($).....130

Tablo 4.5 Çevresel ve Sosyal Rehabilitasyon Maliyetleri ($).....131
Tablo 4.6 Toplam İşletmeden Çıkarma Maliyetleri ($).....132
Tablo 4.7 Üretim Temelli Fon Birikim Tahmini Tablosu.....135
Tablo 4.8. Üretim Miktarı ve İşletmeden Çıkarma Maliyeti Karşılaştırması.....140

ŞEKİLLER VE GÖRSELLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Nükleer Santrallerde Standart İşletmeden Çıkarma Süreci.....92
Görsel 4.1 31.12.1984 Tarihli Uydu Görüntüsü.....122
Görsel 4.2 31.12.1995 Tarihli Uydu Görüntüsü.....122
Görsel 4.3 31.12.2000 Tarihli Uydu Görüntüsü.....123
Görsel 4.4 31.12.2010 Tarihli Uydu Görüntüsü.....123
Görsel 4.5 31.12.2015 Tarihli Uydu Görüntüsü.....124
Görsel 4.6 31.12.2020 Tarihli Uydu Görüntüsü.....124

KISALTMALAR DİZİNİ

AC: Fiili Maliyetler (Actual Costs)

AEP: Yıllık Üretim Maliyeti (Annual Energy Production Cost)

ARO: Varlık Emeklilik Yükümlülüğü (Asset Retirement Obligation)

B: Atık Gömme (Waste Landfilling)

BHP: Broken Hill Proprietary

BoE: Maliyet Tahmin Temeli (Basis of Estimate)

BOEM: Okyanus Enerjisi Yönetimi Bürosu (Bureau of Ocean Energy Management)

BSEE: Güvenlik ve Çevre Uygulama Bürosu (Bureau of Safety and Environmental Enforcement)

BWR: Kaynar Su Reaktörü (Boiling Water Reactor)

C: Nükleer Santralin İşletmeden Çıkarma Maliyeti (Decommissioning Cost of a Nuclear Power Plant)

CAPEX: Sermaye Maliyetleri (Capital Expenditures)

CPR: Maliyet Performans Raporları (Cost Performance Reports)

CV: Maliyet Sapması (Cost Variance)

ÇED: Çevresel Etki Değerlendirme

DACCORD:Araştırma Reaktörü İşletmeden Çıkarma Maliyeti İçin Veri Toplama ve Analizi (Data Collection and Analysis for Nuclear Research Reactor Decommissioning Costs)

DECEX: İşletmeden Çıkarma Maliyetleri (Decommissioning Expenditures)

DECON: Anında İşletmeden Çıkarma (Immediate Decommissioning)

DEMIRS: Batı Avustralya Enerji, Maden, Sanayi Düzenleme ve Güvenlik Departmanı (Department of Energy, Mines, Industry Regulation and Safety)

DG-ENER: Avrupa Komisyonu Enerji Genel Müdürlüğü (Directorate-General for Energy)

DOE: ABD Enerji Bakanlığı (Department of Energy)

DRES: Deniz Üstü Rüzgâr Santrali (Offshore Wind Power Plant)

DRiMa: İşletmeden Çıkarma Risk Yönetimi Uluslararası Projesi (International Project on Decommissioning Risk Management)

E: Enerji (Energy)

EC: Avrupa Komisyonu (European Commission)

ESC: Yükseltme Faktörü (Escalation Factor)

EV: Kazanılan Değer (Earned Value)

EVMS: Kazanılmış Değer Yönetim Sistemi (Earned Value Management System)

FASB-ASC: ABD Muhasebe Standartları (Financial Accounting Standards Board-Accounting Standards Codification)

GES: Güneş Enerji Santrali (Solar Power Plant)

GLİ: Garp Linyitleri İşletme Müdürlüğü

IAEA: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency)

IBRAM: Brezilya Madencilik Enstitüsü (Instituto Brasileiro de Mineração)

ICMM: Uluslararası Madencilik ve Metaller Konseyi (International Council on Mining and Metals)

IFC: International Finance Corporation (International Finance Corporation)

IGF: Madencilik, Mineraller, Metaller ve Sürdürülebilir Kalkınma Hükümetler Arası Forumu (Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development)

ISDC: Nükleer Tesislerin İşletmeden Çıkarma Maliyetlendirmesi İçin Uluslararası Yapı (International Structure for Decommissioning Costing)

KGK: Kamu Gözetimi, Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu

L: İş gücü (Labor)

LLW: Düşük Seviyeli Atık (Low-Level Waste)

LoE: Efor Seviyesi (Level of Effort)

MAPEG: Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü

MFA: Mali Güvence Tutarı (Financial Assurance Amount)

MWe: Nükleer Santralin Kurulu Gücü

NDA: İngiltere Nükleer İşletmeden Çıkarma Kurumu (Nuclear Decommissioning Authority)

NRC: ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu (Nuclear Regulatory Commission)

NYSERDA: New York Eyaleti Enerji Araştırma ve Geliştirme Kurumu (New York State Energy Research and Development Authority)

NUREG: NRC Tarafından Yayınlanan Teknik Raporlar ve Broşürler (Nuclear Regulatory Commission Regulation)

OBS: Alt Yükleniciler (Organizational Breakdown Structure)

OECD NEA: Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü Nükleer Enerji Ajansı (OECD Nuclear Energy Agency)

OPEX: İşletme Maliyetleri (Operating Expenditures)

OTB Tarihi: Yeni bütçe temel çizgisinin onaylandığı/uygulandığı tarih (Over Target Budget Approval/Implementation Date)

OTS Tarihi: Yeni takvim temel çizgisinin onaylandığı/uygulandığı tarih (Over Target Schedule Approval/Implementation Date)

P: Megavat (MWt) Cinsinden Reaktörün Termal Gücü Reactor (Thermal Power)

PV: Fotovoltaik (Photovoltaic)

PV: Planlanan Değer (Planned Value)

PWR: Basınçlı Su Reaktörü (Pressurized Water Reactor)

RES: Rüzgâr Enerji Santrali (Wind Power Plant)

SAFSTOR: Ertelemeli İşletmeden Çıkarma (Deferred Decommissioning)

SAG: Durum Özeti (Status Summary Guide)

SASB: Sürdürülebilirlik Muhasebe Standartları Kurulu (Sustainability Accounting Standards Board)

SV: Zamanlama Sapması (Schedule Variance)

TFRS: Türkiye Finansal Raporlama Standartları

TKİ: Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğü

TMS: Türkiye Muhasebe Standartları

TSRS: Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartları

UCF: Birim Maliyet Faktörü (Unit Cost Factor)

UMS: Uluslararası Muhasebe Standartları

WBS: İş Kırılım Yapısı (Work Breakdown Structure)

1 GİRİŞ

İşletmeler, bir ürünü üretmeye karar verdiklerinde, tasarımından ürünün üretilmesine, pazarlamasına, servis hizmetlerine ve üretime son verilmesine kadar sürecin tüm aşamalarını projelendirir. İşletmenin sürekliliğini sağlamak için bu projeler, bütçe öngörülerini gerçekle uyumlaştırma, rekabette avantaj sağlayacak stratejik kararları alma, müşteri odaklı pazarlama, maliyet optimizasyonu gibi işletme içi ve rekabet, ekonomik koşullar, devlet politikaları, savaş gibi işletme dışı birçok etkeni de göz önünde bulunduran karmaşık yapıdadır. İşletmenin sürdürülebilirliğinde varlık yönetimi de önemli bir işletme içi faktörüdür. Varlık yönetiminin bir parçası olarak özellikle maddi ve maddi olmayan varlıkların faydalı ömrü sona erdiğinde bu tür varlıkların hizmetlerine son verilmesi ve varlık envanterinden çıkartılması da varlık yönetimi kapsamında ayrıntılı bir şekilde planlanmalıdır. Maddi duran varlıkların işletme hizmetinden çıkarılmasında; ikinci el olarak veya parçalanarak satılabileceği gibi, bakım-onarım yoluyla ömrü uzatılabilir, geri dönüştürülebilir, ileri dönüşüm ile tekrar düzenlenerek farklı amaçlarla yeniden kullanılabilir veya atık depolarında depolanabilir. Maddi olmayan duran varlıklarda işletme hizmetinden çıkarma faaliyeti genellikle varlığın güncellenmesi, yeni hakların elde edilmesi ve yenilenmesi ile gerçekleştirilebilir.

Maddi ve maddi olmayan varlıkların yönetim planlamasında; şirketin itibarını ve rekabet avantajını korumak, hukuki haklarını güvence altına almak, operasyonel verimliliği ve sürdürülebilirliği sağlamak, işgücü sağlığı ve güvenliğini korumak gibi birçok faktörün göz önünde bulundurulması gerekir. İşletmenin varlık yönetimi sağlanan avantajların devamlılığının sağlanmasında varlıkların ömrü sonunda işletmeden çıkarma sürecinin de ayrıntılı bir şekilde planlanması ile geleceğin öngörülmesi gerekir. İşletmeden çıkarma planlamasında varlıklar iki grupta değerlendirilebilir:

- Tehlikeli atık içermeyen veya nispeten düşük maliyetli ve teknik detay içermeyen varlıklardır. Bu gruba giren varlıkların ekonomik ömrünün tamamlanması ile geri dönüşüm, satılma, yıkım ve hafriyat faaliyetleri ile alanın temizlenmesi gibi işletmeden çıkarma faaliyetleri gerçekleştirilir ve bu sınırlı işletmeden çıkarma planlarını gerektirir. İşletmelerdeki makineler, tesisler, yeraltı yerüstü düzenleri, binalar bu gruba örnek olarak verilebilir.

- Tehlikeli atık içeren veya ileri düzey mühendislik çözümleri gerektiren ve faaliyetleri sırasında çevresel etkileri yüksek olan varlıklardır. Nükleer santraller, yenilenebilir enerji tesisleri, fosil yakıt üretim tesisleri, barajlar, uydular, deniz balık yetiştiriciliği, maden sahaları ve limanlar gibi büyük ölçekli ve karmaşık sistemler bu gruba örnek olarak verilebilir. Bu varlıkların sadece fiziksel olarak ortadan kaldırılması yeterli değildir. İşletme faaliyetleri süresince biriken çevresel, teknik ve sosyoekonomik etkilerinin de yönetilmesi gerekmektedir. Örneğin nükleer santrallerde radyasyon riski, standart yıkım faaliyetlerinden tamamen farklı güvenlik protokollerinin uygulanmasını zorunlu kılarken; deniz üstü rüzgâr santrallerinde (DRES) açık deniz koşulları, lojistik ve operasyonel açıdan ciddi zorluklar yaratmaktadır. Madencilik sahalarında ise işletmeden çıkarma süreci yalnızca yapıların kaldırılması değil, aynı zamanda bozulan topografyanın rehabilitasyonunu ve ekosistemin yeniden dengelenmesini içermektedir. Bu bağlamda, söz konusu tesislerin işletmeden çıkarılması, klasik yıkım faaliyetlerinden ayrışarak çok disiplinli bir planlama ve uygulama süreci gerektirmektedir.

Bu noktada işletmeden çıkarma (decommissioning) kavramı, basit bir yıkım veya duran varlığın işletmeye sunduğu hizmetin sonlandırılması işleminden farklı olarak ele alınmalıdır. İşletmeden çıkarma; bir tesisin veya varlığın faaliyetlerinin kalıcı olarak sonlandırılması sonrasında, çevresel, teknik, ekonomik ve sosyal etkilerin kontrol altına alınarak güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde sistemden çıkarılmasını ifade eden bütüncül bir süreçtir. Dolayısıyla bu kavram, yalnızca fiziksel söküm faaliyetlerini kapsamaz. Atık yönetimini, saha rehabilitasyonunu, düzenleyici gerekliliklere uyumu, maliyet planlamasını ve paydaş yönetimini de kapsayan geniş bir çerçeve sunmaktadır. Bu yönüyle işletmeden çıkarma, geleneksel yıkım veya tasfiye kavramlarından belirgin biçimde ayrılmaktadır.

Özellikle proje maliyetinin yüksek olduğu, teknik zorlukların yoğun olduğu ve faaliyetleri sonucunda nükleer, kimyasal, toksik atıkların bertarafı veya ekolojik bozulmaya ilişkin düzenlemelerin yapıldığı işletmeden çıkarma faaliyetlerinin ayrıca projelendirilmesi, bütçelenmesi ve sistematik bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Bu tür tesislerin varlığı süresince oluşturduğu çevresel yükün ortadan kaldırılması ve alanın

gelecekteki kullanımlara uygun hale getirilmesi, işletmeden çıkarma sürecinin temel hedefleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle işletmeden çıkarma, işletmenin yaşam döngüsünün ayrılmaz bir aşaması olarak değerlendirilmeli ve daha tasarım aşamasında dikkate alınmalıdır.

İşletmeden çıkarma yaklaşımı zaman içerisinde nükleer sektörle sınırlı kalmayıp farklı sektörlere de yayılmış ve bir işletmeden çıkarma kültürünün oluşmasına katkı sağlamıştır. Bu kültürün temelinde, bir varlığın kullanım ömrü sona erdiğinde ortaya çıkabilecek etkilerin önceden öngörülmesi ve bu etkilerin en aza indirilecek şekilde planlama yapılması yer almaktadır. Başka bir ifadeyle *işletmeden çıkarma, yalnızca bir son aşama değil; işletmenin tüm yaşam döngüsünü etkileyen stratejik bir yönetim yaklaşımıdır*.

İşletmeden çıkarma süreci, lisans süresinin sona ermesi gibi öngörülebilir nedenlerle planlı bir şekilde başlatılabileceği gibi, kaza, afet veya beklenmeyen operasyonel riskler nedeniyle ani olarak da gündeme gelebilmektedir. Bunun yanı sıra ekonomik sürdürülebilirliğin ortadan kalkması, güvenlik tehditleri veya düzenleyici gereklilikler de işletmeden çıkarma kararını tetikleyebilmektedir. Her durumda, bu sürecin çok sayıda paydaşı ilgilendirdiği açıktır. Müşteriler, yükleniciler, düzenleyici kurumlar, sivil toplum kuruluşları, kamu otoriteleri ve yerel halk gibi farklı paydaş grupları, işletmeden çıkarma sürecine ilişkin şeffaf ve güvenilir bilgiye ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, işletmeden çıkarma faaliyetlerine ilişkin ön planların işletmenin operasyon aşamasında hatta mümkünse tasarım aşamasında hazırlanması ve belirli aralıklarla güncellenmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle çevresel etkiler açısından hassasiyet barındıran işletmelerde bu planların varlığı hem kamuoyunun bilgilendirilmesini sağlamakta hem de işletmeye duyulan güveni artırmaktadır. Son aşamanın dahi önceden planlanıyor olması, işletmenin sorumluluk bilinciyle hareket ettiğini göstermekte ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu bir yönetim anlayışını ortaya koymaktadır.

1.1 Sorun

Enerji santralleri, büyük yapılar, madencilik sahaları vb. çevresel, sosyal ve ekonomik etkisi yüksek olan sistemler faaliyetleri sona erdiğinde işletmeden çıkarılmaktadır. Fosil yakıt kullanan enerji santralleri büyüklükleri ve fosil yakıtlarla kirlenmiş bileşenler içermeleri sebebiyle çevresel zarar oluşturma riski içermektedir. Aynı şekilde nükleer

enerji santralleri de özellikle radyasyon riski ile toplum ve çevre için risk oluşturmaktadır. Karasal veya deniz üstü rüzgâr ve güneş enerji santralleri tarımsal faaliyetlere engel olmamakla birlikte kaldırıldıklarında ciddi miktarlarda atık oluşturmaktadır. Hidroelektrik santralleri ise çamur dolan barajlar ile hem kaza riskini artırmakta hem de doğal yaşam için olumsuzluklar meydana getirmektedir. Madencilik faaliyetleri sırasında ve faaliyetler sona erdiğinde topografyada ciddi değişiklikler söz konusu olmaktadır. Bu ve benzeri yapıların oluşturdukları risklerin ve bu yapıların işletmeden çıkarma maliyetlerinin gelecek nesillere aktarılmaması gerekir. En temel işletmeden çıkarma ilkelerinden biri "kirleten öder" ilkesidir. Bu bağlamda işletme sırasında fayda sağlayan neslin hem oluşacak risklere karşı tedbir alma hem de işletmeden çıkarma maliyetlerini ödeme gibi bir yükümlülüğü vardır.

Bu kapsamda çalışmanın ana problemi, "çevresel, sosyal ve ekonomik etkisi yüksek olan tesislerin işletmeden çıkarılmasında bütüncül ve sürdürülebilir bir yönetim-finansman (süreç, maliyet ve fon) modeli nasıl olmalıdır?" olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın alt problemleri ise şöyledir:

- İşletmeden çıkarma kültürünün geliştirilmesine neden ihtiyaç vardır?
- İşletmeden çıkarma süreci nasıldır ve nasıl yönetilmelidir?
- İşletmeden çıkarma maliyetleri hangi kalemlerden oluşur ve nasıl hesaplanır?
- İşletmeden çıkarmada maliyet ve fon yönetimi nasıl olmalıdır?

1.2 Amaç

Bu çalışmanın amacı, işletmelerde işletmeden çıkarma sürecini stratejik ve yönetsel boyutlarıyla ele alarak işletmeden çıkarma kültürünün geliştirilmesine duyulan ihtiyacı ortaya koymak; süreç yönetimi, maliyet unsurları ve hesaplama yöntemleri ile maliyet ve fon yönetimini birlikte değerlendirerek sürecin nasıl planlanıp etkin bir şekilde yönetilmesi gerektiğini analiz etmek; bu unsurları bütüncül bir çerçevede ele alarak işletmeden çıkarma sürecinin kapsamlı biçimde değerlendirilmesini sağlamak ve bu doğrultuda ülkemizdeki işletmeden çıkarma uygulamalarına ve kültürüne katkı sunmaktır. Çalışma ile sadece mevcut durum ve sorunları tespit etmekten ziyade, somut

bir model ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Böylece kültürel farkındalık ile finansal ve yönetimsel tekniklerin birleştirilmesi amaçlanmaktadır.

1.3 Önem

İşletmeden çıkarma kavramının ön plana çıktığı endüstrilerde yatırımların işletmeden çıkarılması süreci genellikle teknik bir mühendislik problemi olarak görülmektedir. Sürecin yönetim boyutu ve özellikle finansal kurgusu akademi ve sektör uygulamalarında göz ardı edilmektedir. "Kirleten öder" ilkesi temelinde işletmeden çıkarma maliyetinin hesaplanması, fon yönetiminin planlanması ve planın yürütülmesi gibi kapsamlı öngörü ve sorumluluklardan yöneticilerin kaçınması, bu yükün gelecek nesillere bırakılması anlamına gelmektedir. Çalışma ile ortaya konulmaya çalışılan bütüncül model; işletmelerin çevresel yükümlülüklerini şeffaf bir şekilde yönetmelerine ilişkin bir kılavuz olmasının yanı sıra, kanun koyucular ve düzenleyici kurumlar için de uluslararası standartlara uyumlu, sürdürülebilir bir mevzuat ve fonlama altyapısı oluşturulmasında yol gösterici bir nitelik taşıması açısından önem arz etmektedir. Ekonomik kalkınma ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin kurulmasında hayati bir rol oynayan bu konu, çalışmanın bilimsel ve pratik değerini artırmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda işletmeden çıkarma maliyetlerinin ve ayrılan fonun finansal tablolara yansıtılarak uluslararası muhasebe standartları kapsamında sürdürülebilirlik veya entegre raporlarında gösterilmesi sağlanmalıdır.

Faaliyeti durdurulan yapıların denizdeki ve karadaki varlıkları çeşitli alanlarda sorun oluşturmaktadır. Bu sorunlardan birincisi çevresel etkilerdir. Büyük yapılar bulundukları alanın doğal yapısını bozarak çevreyi değiştirmektedir. İşletmeden çıkarma faaliyetleri arasında doğal çevrenin eski haline getirilmesi ya da yeni peyzaj çalışmalarının topografyaya uygun şekilde uygulanması yer almaktadır. Bu anlamda işletmeden çıkarma faaliyetleri oluşan çevresel etkiyi geri döndürmektedir.

Faaliyeti durdurulan yapıların bir diğer olumsuz etkisi güvenlik tedbirleri alınması zorunluluğudur. Yapılar kaldırılmadığı veya gerekli düzenlemeler yapılmadığı sürece güvenlik ve bakım masrafları kaza riskini engellemek için zorunlu olarak devam edecektir. İşletmeden çıkarmanın ertelenmesinin sebeplerinden biri olarak karşımıza çıkan maliyet baskısını en aza indirerek yönetmek için işletmeden çıkarma sürecinin ve

maliyetlerinin proje başlangıcında değerlendirilmesi etkili olacaktır. Tüm bu gerekliliklerin yanı sıra işletmeden çıkarma sürecinin planlanarak yönetilmesi işgücü ve zaman kaybını engellemeye yardımcı olarak verimlilik artışı sağlayacaktır.

Bazı bölgeler ve bazı ülkeler işletmeden çıkarma sürecinde deneyim sahibi olsa da birçok ülkede işletmeden çıkarma kültürü gelişmemiştir. Bu sebeple hem süreç yönetiminde aksaklıklar yaşanırken hem de maliyetler ciddi bir sorun alanı oluşturmaktadır. Çünkü tecrübesizlik sebebiyle süreç yönetiminde yaşanan aksaklıklar ve belirsizlikler maliyet belirsizliğine sebep olmaktadır. Bununla beraber işletmeden çıkarma endüstrisinin gelişmemiş olması da piyasa fiyatı oluşmasında eksik faktörler sebebiyle dışarıdan hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilecek faaliyetlerde fiyat alternatiflerini azaltarak maliyet baskısını artırmaktadır.

Genel bir terim olarak belirsizlik, karşılıkları, tahmin belirsizliği olarak da adlandırılan beklenmedik durumları ve riskleri içerir (Laguardia, 2017, s.91). Yapıların işletmeden çıkarma sırasında oluşacak maliyetlerindeki belirsizliklerin bazıları yıllar içerisinde tanımlanabilmiş, oluşacak yeni belirsizlikler için de bir esneklik sağlanmıştır. Ancak işletmeden çıkarma sektörler açısından değerlendirildiğinde her sektör için farklılık oluşacaktır. Bu bağlamda bir genelleme oluşturmak, her çeşit işletmeden çıkarma için bir yol haritası oluşturulması açısından önem arz etmektedir. Oluşturulacak bu genelleme sayesinde işletmeden çıkarma nesnesinin ne olduğuna bakılmaksızın bir yol haritası belirlenebilir. Dolayısıyla da maliyet tahminlerinin daha hassas yapılması, fonlamanın doğru planlanması, genel maliyetlerin azalması, bilgilendirmenin doğruluğu, işletme imajının korunması gibi pek çok fayda sağlanabilir.

Yaşanan beklenmedik durumlar işletmeden çıkarmaya her an hazır olunmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. İşletmeden çıkarma planlarının hizmete başlandığı anda hazırlanması beklenmedik durumlar yaşandığında sadece fon maliyetleri gibi tek bir konuya odaklanılmasını sağlayacağı için karmaşadan kaçınılmasına yardımcı olacaktır.

Varlık yönetimi, uygun bir getiriyi garanti eden ve tanımlanmış hizmet ve güvenlik standartlarını sağlayan tüm teknik yaşam döngüsü boyunca bir grup varlığı işletmek anlamına gelir (Schneider vd., 2006, s.644). Bu bağlamda varlık yönetimi varlığın yaşam süreci boyunca veyahut proje süreci boyunca maliyet ve faydayı optimize etmeye çalışır.

Ancak işletmeden çıkarma aşamasını ve dolayısıyla işletmeden çıkarmanın maliyetini, işletmeden çıkarma sırasında oluşacak maliyetlerin hizmet süresince zamana sâri olarak karşılanmasını dikkate almamaktadır. Maliyetlerin sistemin yaşam döngüsü içerisinde karşılanması ani fon temini ve bu fonları elde etmenin maliyetini karşılama risklerini azaltacaktır.

Mevcut enerji altyapılarının işletmeden çıkarılmasına yönelik teknik problemlerin başında atık yönetimi (toksik, tehlikeli, radyoaktif atıklar gibi) gelir. Sonrasında ise büyük bileşenlerin lojistiği, yeniden kullanımı, geri dönüşümü ve/veya bertaraf edilmesi problemleri karşımıza çıkar (Invernizzi vd., 2020, s.2). Ancak yıllar öncesinde yapılacak planlama, bu problemlerin zamanı geldiğinde çözülmesini kolaylaştırır. Örneğin şu anda mevcut olmayan atık işleme tesisi belirli bir zamanda gerçekleşeceği öngörülen işletmeden çıkarma faaliyetleri sonucunda ihtiyaç duyulduğu zamanda hazır bulunabilir.

1.4 Varsayımlar

İşletmenin belirli bir konumdaki yapılarını, belirli bir sektördeki varlığını veya belirli bir projesini işletmeden çıkarma kararı verdiği ve işletmeden çıkarma sonrasında yapılacakları planladığı varsayılmıştır.

İşletmenin işletmeden çıkarma kararı verdiği durum ile ilgili hizmetlerini durdurduğu varsayılmıştır.

1.5 Sınırlılıklar

İşletmeden çıkarmanın hem teknik hem de organizasyonel boyutu mevcuttur. Teknik boyutta yıkma ve sökme teknikleri vb. kısımlar yer alırken organizasyonel boyutta detaylı planlama, eğitim, maliyetlendirme, finansman vb. kısımlar yer alır (Laraia, 2018, s.7). Çalışmada bir sınırlılık olarak alan dışı olması sebebiyle teknik boyut değerlendirilmeyecektir.

2 KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu başlıkta işletmeden çıkarma kavramı, işletmeden çıkarma sürecinin çok boyutlu düzenleyici çerçevesi, işletmeden çıkarmanın ilkeleri ve stratejileri, işletmeden çıkarmanın finansal tablolardaki yeri, maliyet ve gider kayıtları, olağandışı durumlarda işletmeden çıkarma ile nükleer santraller, yenilenebilir enerji santralleri ve diğer tesisler ve madencilik özelinde planı, işletmeden çıkarma maliyeti ve fon yönetimi başlıkları açıklanmaktadır.

2.1 İşletmeden (Hizmetten) Çıkarma Kavramı

Laraira'ya göre işletmeden çıkarma faaliyetleri önceleri sadece teknolojik süreçlere odaklanırken dünya çapında desteklenen Ar-Ge faaliyetleri ile teknolojik süreçlerden; deneyimin paylaşımı, eğitim programları, veri edinimi, karar verme ve yönetim araçlarını da içine alan organizasyonel boyutta genişleme göstermiştir (Laraia, 2018, s.54). Bu genişleme ile birlikte farklı süreçlerde kullanılan kavramların da işletmeden çıkarmanın bünyesine dahil edilmesi söz konusudur. Özellikle ilk zamanlarda dikkate alınmayan süreç yönetimi, maliyet yönetimi, bilgi yönetimi, proje yönetimi gibi kavramların önemi artmıştır.

İşletmeden çıkarma kavramı ile maliyet kontrolü sağlama, işin tam bir tanımı sayesinde kapasitesi yeterli kuruluşları değerlendirebilme, yasal ve çevresel zorunlulukları belirleme ve ekonomik büyümenin desteklenmesi söz konusudur.

İşletmeden çıkarma zaman içerisinde deneyimlerle ve bilimsel çalışmalarla gelişmiş ve optimize edilmiştir. Ancak bu durum daha fazla optimizasyon ihtiyacı olmadığı anlamına gelmez. İşletmeden çıkarmada Ar-Ge çalışmaları ile geliştirilebilecek alanlar mevcuttur. Laraia'ya göre bu alanlardan bazıları şunlardır (Laraia, 2018, s.56):

- Maliyetleri düşürmek
- Atık oluşumunu kontrol etmek
- Mesleki maruziyetleri azaltmak
- Endüstriyel güvenliği artırmak
- Beklenmeyen olaylara / bilinmeyenlere hazırlık
- İşlenmesi zor malzemeleri işlemek (grafit gibi)

- Geri dönüşümü gerçekleştirilemeyen malzemelerin geri veya ileri dönüşümü gibi teknolojik gelişmeleri sağlamaktır.

2.1.1 Tanım ve kapsam

Merriam-Webster Sözlüğüne göre, "decommissioning (işletmeden çıkarma)" kelimesinin bilinen ilk kullanımı 1922'ye kadar uzanmaktadır (Merriam-Webster, 2023). Önceleri gemi (tipik olarak savaş gemisi) için "to remove from service (hizmetten kaldırmak)" olarak tanımlanan kelime, sonraları nükleer santralleri de kapsayacak şekilde tanımlanmaya başlamıştır (Laraia, 2018, s.7).

Kavramın tarihsel gelişimiyle birlikte farklı kurumlar tarafından çeşitli tanımlar yapılmıştır. Nuclear Decommissioning Authority (NDA)'nin yayımladığı kurumsal raporda işletmeden çıkarma şu şekilde tanımlanmaktadır (NDA, 2015, s.2):

"Diğer tüm endüstriyel tesisler gibi, nükleer tesislerin de bir ömürleri vardır ve bu süre sonunda verimleri düşer ve kapatılmaları gerekir. Birinci nesil nükleer reaktörler için bu yaklaşık 50 yıldır. Faaliyetlerini durdurduktan sonra, nükleer tesislerin parçalarına ayrılmadan ve işgal ettikleri arazi temizlenmeden ve ileride kullanılmak üzere geri verilmeden önce radyoaktif maddelerinin uzaklaştırılması gerekir. Bu işletmeden çıkarmadır."

Benzer şekilde, Amerika'nın Federal Düzenlemeler Kanunu deniz üstü yapılar için işletmeden çıkarmayı şu şekilde tanımlamaktadır (National Archives and Records Administration, 2023):

"İşletmeden çıkarma, BOEM ve BSEE onaylı tesislerin kaldırılması ve kiralanan veya hibe edilen alanın bu bölümün I. alt bölümü ve 30 CFR bölüm 585 kapsamındaki gereklilikleri karşılayan bir duruma geri getirilmesi anlamına gelir."

Türkiye'de ise kavram aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (Nükleer Tesislerde Serbestleştirme ve Sahanın Düzenleyici Kontrolden Çıkarılmasına İlişkin Yönetmelik, 2013):

"4/e) İşletmeden çıkarma: Bertaraf tesisi dışındaki tüm tesisler için bir daha işletilmeme kararı verildikten sonra belirli bir program çerçevesinde yürütülen, tüm nükleer ve

radyoaktif maddelerin tesis dışına çıkarılmasını, tesisin sökümünü ve sahanın Kurumun düzenleyici kontrolünden çıkarılmasını hedefleyen etkinlikler bütününü ifade eder."

Bu farklı tanımlar birlikte değerlendirildiğinde, işletmeden çıkarmanın yönetilmesi gereken uzun vadeli ve kapsamlı bir proje olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim işletmeden çıkarma; hem teknolojik (arındırma, söküm teknikleri vb.) hem de organizasyonel (planlama, eğitim, maliyetlendirme ve finansman vb.) boyutları içeren çok disiplinli bir endüstridir (Laraia, 2018, s.7). Bu nedenle, alanında uzman insan kaynağına ve profesyonel bir yönetime ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çerçevede işletmeden çıkarma, özellikli yapıların yaşam döngüsündeki son aşamayı temsil etmektedir. İşletmeden çıkarmada amaç; tesisi kapatmak, radyolojik ve kimyasal gibi kirleticileri uzaklaştırmak ve sahayı çevre ve toplum için güvenli hale getirmektir (Grenovillet, 2013, s.196). Dolayısıyla işletmeden çıkarma, bir varlığın aktif statüsünü sonlandıran resmi ve sistematik bir süreci ifade eden genel bir terim olarak değerlendirilmektedir (Leeuwen, 2022, s.16).

Ancak bu kavram, bazı benzer terimlerle karıştırılabilmektedir. Özellikle planlı terk ve hurda satışı kavramları işletmeden çıkarma ile yakın görünmekle birlikte önemli farklılıklar içermektedir.

Planlı terk Drucker'ın işletme teorisine (Drucker, 1994) göre işletmenin teorisinin geçerliğinin devamını sağlamak için alınması gereken önleyici bakım çalışmalarından biridir. Bu tedbire göre bir işe girildikten veya bir teori uygulanmaya başladıktan birkaç yıl sonra işin veya teorinin geçerliği ve etkililiği değerlendirilir. Eğer pozitif etki yaratmadığı gözlenirse işin veya teorinin terki sağlanır. Bu durumda işletmeden çıkarmada olduğu gibi projenin veya işin ömrünü tamamlamış olması veya kullanılan tesis ve yapıların yaşam döngüsünün sonuna gelmiş olması söz konusu değildir. Planlı terkte faaliyetler devam ederken yönetimin yaptığı değerlendirme ile faaliyete devam etmenin uygun olmadığı kararı verilebilir ya da kârlılık veya başka sebepler değerlendirilerek faaliyetin devamı kararı da söz konusu olabilir. İşletmeden çıkarma ise işletmenin yönetiminin ilgili faaliyeti sonlandırma kararı alması ile başlamaktadır.

Hurda satışında ise işletmenin sahip olduğu maddi duran varlığının ömrü sona erdiğinde varlığın hurda değeri ile satışı söz konusudur. Bu kavram daha çok münferit bir varlığın yönetimi ile ilgilidir. İşletmeden çıkarma ise daha kapsamlı bir süreci ifade etmektedir. İşletmeden çıkarmada faaliyetlerin durdurulması, işletmeden çıkarmaya hazırlık, varsa arındırma, söküm, geri dönüşüm/imha/yeniden kullanım şeklinde değerlendirilecek çıktıların yönetimine karar verilmesi, restorasyon ve izleme ve kontrol faaliyetleri bulunur. Hurda satışı işletmeden çıkarma sürecinde söküm sonucunda elde edilen atıkların satışında yer almakla birlikte tüm süreci ifade etmekte yetersiz kalacak bir kavramdır. Ayrıca işletmeden çıkarma kavramı işletmenin maddi olmayan duran varlıklarını da kapsamaktadır. İşletmeden çıkarma sonrasında işletmenin iş ile ilgili sahip olduğu lisans gibi maddi olmayan duran varlıkları da ömrünü tamamlamış olur. Dolayısıyla işletmeden çıkarma kavramını hurda satışı kavramına indirgemek mümkün değildir.

Son olarak, işletmeden çıkarma sürecinin başarısı, düzenleyici yükümlülüklerin doğru şekilde ele alınmasına, uygun mühendislik çözümlerinin geliştirilmesine ve etkin bir uygulama planının oluşturulmasına bağlıdır. Bu süreçte çevre, güvenlik ve maliyet açısından en verimli çözümlerin seçilmesi büyük önem taşımaktadır (Hongtao, 2022, s.276).

2.1.2 İşletmeden çıkarma sürecinin çok boyutlu düzenleyici çerçevesi

İşletmeden çıkarma konusu; mühendislik, hukuk, muhasebe-finans ve çevre-sürdürülebilirlik disiplinlerinin kesişiminde yer alır. Kavram birçok sektörü ilgilendirmesi nedeniyle ulusal ve uluslararası birçok düzenlemenin birlikte uygulanmasını gerekli kılmaktadır.

2.1.2.1 Uluslararası teknik ve sektörel düzenleyici çerçeve

İşletmeden çıkarma kavramının sistematik olarak ele alındığı ilk ve en kapsamlı uygulama alanlarından biri nükleer santrallerdir. 1970'li yıllardan itibaren nükleer tesisler için kullanılmaya başlanan bu kavram, zaman içerisinde kurumsal ve uluslararası bir çerçeveye kavuşturulmuştur. İşletmeden çıkarma ile ilgili ilk uluslararası organizasyon 1978 yılında IAEA tarafından düzenlenen sempozyumdur (IAEA, 1979). Laraia'ya göre

nükleer tesis sahalarının kısıtlamasız kullanımı için reaktör ve yapıların güvenli, ekonomik ve insan veya çevre üzerinde neredeyse hiçbir olumsuz etki olmaksızın işletmeden çıkarma faaliyetlerinin yapılabileceği konusunda sempozyuma katılan teknik uzmanlar bir fikir birliğine varmışlardı (Laraia, 2018, s.28). Bu başlangıç uygulamadan yönetime kadar birçok konuyu etkilemekte ve işletmeden çıkarmanın hedeflerini belirlemektedir. Oluşan bu fikir birliği ile uluslararası boyutta bilgi ve deneyim paylaşımının yanı sıra standartlaşma gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Ulusal düzeyde başlayan girişimler, zamanla uluslararası iş birliğini de beraberinde getirmiştir. Laguardia'ya göre, uluslararası düzeyde işletmeden çıkarmaya olan ilgi arttıkça, OECD NEA, IAEA ve EC teşvikiyle standartlaştırılmış maliyet tahminleri oluşturmak için birçok ülke bir araya gelerek sürece katkı sağlamıştır (Laguardia, 2017, s.91-92). Bu iş birliklerinin somut çıktılarından biri olarak, 1990'lı yılların sonlarında OECD NEA ve IAEA, üye devletlerin katkılarıyla nükleer tesislerin işletmeden çıkarılması için standart maliyet kalemlerini içeren bir liste oluşturmuştur. Kapak renginden dolayı "sarı kitap" olarak anılan bu belgede, işletmeden çıkarma maliyet tahmini için standart bir liste ve iş kırılım yapısı (WBS) yer almaktadır. Daha sonra DG-ENER'in de katılımıyla başlatılan güncelleme çalışmaları sonucunda belge, 2012 yılında "Nükleer Tesislerin İşletmeden Çıkarma Maliyetlendirmesi İçin Uluslararası Yapı (ISDC)" olarak güncellenmiştir (OECD NEA, 2012a).

Bu gelişmenin ardından, nükleer santrallerin işletmeden çıkarılmasına yönelik daha somut çalışmalar başlatılmıştır. Maliyet tahmini ve yönetimi konuları çalışılan alanlardan olmuştur. İlk olarak ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu NRC, Battelle Pacific Northwest Laboratory ile çeşitli reaktörlerin maliyet tahminlerini hesaplamak üzere referans işletmeden çıkarma maliyet tahminlerini hazırlamak için bir araya gelmiştir. Aynı dönemde Atomic Industrial Forum (günümüzde Nuclear Energy Institute), Nuclear Energy Services şirketi ile bağımsız genel işletmeden çıkarma maliyet tahminleri geliştirmek için çalışmıştır. Bu çalışmalar sonucunda "Nükleer Enerji Santrali İşletmeden Çıkarma Maliyet Tahminlerini Üretmek İçin Kılavuz İlkeler" belgesi yayımlanmıştır. Söz konusu çalışmalar, ABD'de nükleer santraller için işletmeden çıkarma güven fonlarının oluşturulmasına temel teşkil etmiştir.

1979 yılında Three Mile Island nükleer santralinin 2 numaralı tesisinde meydana gelen kaza ile işletmeden çıkarmanın çok da uzak bir gelecek olmayabileceği ortaya çıkmıştır. Bu kaza ile birlikte işletmeden çıkarma maliyetinin yüksekliği, finansmanda yüksek faiz oranları gibi etkenlerle ortaya çıkan iflas tehdidi fark edilmiştir. Bu sebeple NRC, 1980'lerin başında, nükleer tesis lisans sahiplerinden nükleer tesislerin güvenli bir şekilde kapatılması ve işletmeden çıkarılması için "işletmeden çıkarma fonu" oluşturmalarını istemiştir (Laguardia, 2017, s.93).

Son olarak, bu kavramın kapsamı nükleer sektörle sınırlı kalmamış ve zamanla genişlemiştir. Enerji sektörü başta olmak üzere, hidroelektrik, kömür, petrol ve gaz santralleri, karada ve denizde bulunan petrol ve gaz tesisleri, madenler, kara ve deniz üstü rüzgâr santralleri ile güneş enerjisi santrallerinde de işletmeden çıkarma kavramının benzer anlamda ve benzer proje yaklaşımıyla kullanıldığı görülmektedir. Örneğin madencilik faaliyetleri için International Council on Mining and Metals (ICMM)'nin yayımladığı rapor, belge ve kılavuzlar sektöre rehberlik sağlamaktadır.

2.1.2.2 Türkiye'deki yasal düzenlemeler

İşletmeden çıkarma sürecinde yerel düzenlemeler kapsamında kanunlar, yönetmelikler ve ilgili kuruluşlar tarafından hazırlanan kılavuzlar yer almaktadır. İşletmeden çıkarma ile ilgili doğrudan ve dolaylı olarak etkisi olabilecek kanun ve yönetmeliklerle ilgili açıklamalar Ek 1'de verilmiştir. Kurumlar bazında ise düzenlenen alanlar şu şekildedir:

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu: Enerji santrallerinde projelendirme ve lisanslama, yenilenebilir enerji kaynak alanları, madencilik faaliyetleri, enerji santrallerinde projelendirme, işletmeden çıkarma ve radyoaktif atık yönetimi özel hesapları.

Nükleer Düzenleme Kurumu ve Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (Eski Türkiye Atom Enerjisi Kurumu): Nükleer tesislerin organizasyonu, yönetim sistemleri, nükleer güvence, yapı denetimi, saha düzenlemeleri, radyasyon korunması ve saha serbestleştirme.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı: Atık yönetimi ve doğaya yeniden kazandırma.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı: İş sağlığı ve güvenliği.

2.1.2.3 Finansal Raporlama ve Muhasebe Standartları

İşletmeden çıkarmanın muhasebe boyutu da önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye Muhasebe Standartları ve Uluslararası Muhasebe Standartlarında "işletmeden çıkarma" kavramı müstakil bir standart olarak yer almamasına rağmen, bazı muhasebe standartlarında ve "TMS/TFRS Yorumları"nda kavrama ilişkin bilgilere ulaşılabilmektedir. Bu bağlamda TFRS Yorum 1 Hizmetten Çekme (Yedeğe Çekme), Restorasyon ve Benzeri Mevcut Yükümlülüklerdeki Değişiklikler ile TFRS Yorum 5 Hizmetten Çekme, Restorasyon ve Çevre Rehabilitasyon Fonlarından Kaynaklanan Paylar Üzerindeki Haklar yorumları dikkate alınmalıdır. Ayrıca TMS 16 Maddi Duran Varlıklar, TMS 37 Karşılıklar, Koşullu Borçlar ve Koşullu Varlıklar, TMS 12 Ertelenmiş Vergi ve TFRS 18 Finansal Tablolarda Sunum ve Açıklamalar standartları işletmeden çıkarma sürecinde dikkate alınması gereken düzenlemeler arasındadır.

TFRS Yorum 1 Hizmetten Çekme, Restorasyon ve Benzeri Mevcut Yükümlülüklerdeki Değişiklikler yorumu, işletmelerin maddi duran varlıklarıyla bağlantılı olarak üstlendikleri sökme, kaldırma ve çevresel restorasyon yükümlülüklerinin muhasebeleştirilmesine açıklık getirmektedir. Yorumda, TMS 16 Maddi Duran Varlıklar Standardı uyarınca bir maddi duran varlığın maliyetine; varlığın sökülmesi, taşınması ve bulunduğu alanın eski hâline getirilmesine ilişkin tahmini maliyetlerin dâhil edildiği, TMS 37 Karşılıklar, Koşullu Borçlar ve Koşullu Varlıklar Standardı kapsamında ise bu yükümlülüklerin bir borç olarak muhasebeleştirildiği belirtilmektedir. Bu çerçevede yorum, söz konusu yükümlülüklerin ölçümünde meydana gelen değişikliklerin finansal tablolara nasıl yansıtılacağını düzenlemektedir. Kapsam hükümlerine göre işletmeden çıkarma, restorasyon ve benzeri yükümlülükler; maddi duran varlıkların veya kullanım hakkı varlıklarının maliyetinin bir unsuru olarak finansal tablolara alınmakta, aynı zamanda TMS 37 hükümleri doğrultusunda bir yükümlülük olarak muhasebeleştirilmektedir. Yorumda örnek olarak bir tesisin faaliyetlerine son verilmesi, madencilik faaliyetleri sonucunda çevreye verilen zararın giderilmesi veya ekipmanların kaldırılması gibi durumlar gösterilmektedir. Dolayısıyla işletmeden çıkarma yükümlülükleri, yalnızca gelecekte katlanılacak bir gider niteliği taşımamakta; ilgili

varlığın maliyetinin bir parçası olarak aktifleştirilen ve aynı zamanda bir borç unsuru şeklinde finansal tablolara yansıtılan muhasebe kalemleri olarak değerlendirilmektedir.

İşletmeden çıkarma fonlarına ilişkin muhasebe uygulamaları ise TFRS Yorum 5 Hizmetten Çekme, Restorasyon ve Çevre Rehabilitasyon Fonlarından Kaynaklanan Haklar yorumu kapsamında ele alınmaktadır. Söz konusu yorumda, hizmetten çekme fonlarının temel amacının nükleer santraller, endüstriyel tesisler veya belirli ekipmanların hizmetten çekilmesi ile çevresel rehabilitasyon faaliyetlerinden kaynaklanan maliyetlerin tamamının veya bir kısmının karşılanması için belirli varlıkların ayrılması olduğu belirtilmektedir. Bu fonlara yapılan katkılar işletmelerin gönüllü tercihleri sonucunda gerçekleştirilebileceği gibi, yasal düzenlemeler veya kanuni yükümlülükler kapsamında da zorunlu tutulabilmektedir. TFRS Yorum 5'in odak noktası, işletmelerin bu fonlarda sahip oldukları hakların ve fonlara ilişkin yükümlülüklerin finansal tablolarda nasıl muhasebeleştirileceğinin açıklığa kavuşturulmasıdır. Bu kapsamda yorumda özellikle işletmenin fondaki payının hangi esaslara göre muhasebeleştirileceği ve diğer katkı sağlayan tarafların yükümlülüklerini yerine getirememesi gibi durumlarda ortaya çıkabilecek ilave katkı yükümlülüklerinin finansal tablolara nasıl yansıtılacağı hususlarının açıklanmasına ihtiyaç duyulduğu ifade edilmektedir. Böylece standart, işletmeden çıkarma fonlarının yalnızca gelecekteki maliyetlerin finansmanı açısından değil, aynı zamanda bu fonlardan doğan hak ve yükümlülüklerin gerçeğe uygun biçimde raporlanması açısından da önemli bir muhasebe çerçevesi sunmaktadır.

İşletmeden çıkarma yükümlülüklerinin finansal tablolara yansıtılması, muhasebe ve vergi uygulamaları arasındaki farklılıklar nedeniyle TMS 12 Gelir Vergileri Standardı kapsamında ertelenmiş vergi etkileri oluşabilmektedir. Muhasebe standartları uyarınca gelecekte gerçekleşmesi beklenen işletmeden çıkarma maliyetleri için karşılık ayrılması zorunlu olmakla birlikte, bu karşılıklar vergi mevzuatı açısından fiilen gerçekleşmiş bir gider olarak kabul edilmemektedir. Bu nedenle ayrılan karşılıklar kanunen kabul edilmeyen gider niteliği taşımakta ve muhasebe kârı ile vergiye tabi kâr arasında geçici farkların oluşmasına yol açmaktadır. TMS 12 kapsamında söz konusu geçici farklar, ertelenmiş vergi varlığı veya ertelenmiş vergi borcu doğurabilmekte olup, özellikle işletmeden çıkarma yükümlülüklerinin yüksek tutarlara ulaştığı sektörlerde bu etkiler daha belirgin hâle gelmektedir. İşletmeden çıkarma maliyetlerinin uzun yıllar boyunca

finansal tablolarda yükümlülük olarak taşınması, ertelenmiş vergi etkilerinin de tesisin yaşam döngüsü boyunca önemini korumasına neden olmaktadır.

TFRS 18 Finansal Tablolarda Sunum ve Açıklamalar Standardı, finansal performansın esas faaliyetler, yatırım faaliyetleri ve finansman faaliyetleri şeklinde sınıflandırılarak sunulmasını öngörmektedir. Bu kapsamda işletmeden çıkarma fonlarıyla ilişkili işlemlerin gelir tablosundaki sunumu daha sistematik bir yapıya kavuşmaktadır. İşletmeden çıkarma yükümlülüğüne ilişkin karşılıkların zaman değerindeki değişimden kaynaklanan artışları (iskonto çözülmesi etkisi), finansman niteliği taşıdığından finansman faaliyetleri kapsamında gider olarak raporlanmaktadır. Buna karşılık, işletmeden çıkarma amacıyla oluşturulan bağımsız fonlarda biriken varlıklardan elde edilen faiz, temettü veya değer artışı gibi getiriler ise fonun niteliğine bağlı olarak yatırım faaliyetleri veya finansman faaliyetleri kapsamında gösterilmektedir. Böylece söz konusu gelir ve giderlerin esas faaliyet sonuçlarından ayrıştırılması sağlanarak işletmenin temel faaliyet performansının daha şeffaf ve karşılaştırılabilir biçimde sunulması amaçlanmaktadır.

ABD uygulamasına bakıldığında Financial Accounting Standards Board tarafından yayımlanan FASB-ASC 410: Varlıkların İşletmeden Çıkarılması ve Çevresel Yükümlülükler standardı dikkat çekmektedir. Bunun yanı sıra ABD'de güneş enerji sistemlerinin işletmeden çıkarılmasına ilişkin federal ve eyalet düzeyinde farklı uygulamalar bulunmaktadır. Altı eyalette (Louisiana, Minnesota, Montana, New Hampshire, North Dakota, Vermont) doğrudan düzenlemeler mevcutken, 8 eyalette (Hawaii, Illinois, Kaliforniya, Nebraska, New Jersey, Oklahoma, Virginia, Wyoming) hibrit sistemler uygulanmaktadır. Buna karşılık Bureau of Land Management tarafından getirilen düzenlemeler, tüm enerji türleri için işletmeden çıkarma zorunluluğu getirmektedir (Curtis vd., 2021).

Avustralya, Çin ve Japonya'da fotovoltaik (PV) modüllerinin yeniden kullanımı, geri dönüşümü veya imhasına yönelik özel bir ulusal düzenleme bulunmamaktadır. Bununla birlikte Çin'de ömrünü tamamlamış kurşun-asit ve lityum-iyon akülere yönelik çeşitli düzenlemeler kabul edilmiştir. Çoğu ülkede PV atıkları genel atık kapsamında değerlendirilirken, Avrupa'da elektronik atık olarak sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle Avrupa'da, işletmeden çıkarılan PV modüllerinin yeniden kullanımını, geri

dönüştürülmesini ve geri kazanımını zorunlu kılan özel düzenlemeler benimsenmiştir (Boelens vd., 2022).

2.1.2.4 Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etki Raporlaması

İşletmeden çıkarma süreci, salt bir mühendislik veya operasyonel tasfiye faaliyeti olmanın ötesinde, işletmelerin çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliklerinin bir göstergesidir. TSRS 1 Sürdürülebilirlik ile İlgili Finansal Bilgilerin Açıklanmasına İlişkin Genel Hükümler ve TSRS 2 İklimle İlgili Açıklamalar standartları işletmeden çıkarma sürecinde temel düzenleyici çerçeveyi oluşturmaktadır. TSRS 1, işletmelerin sürdürülebilirlikle ilgili risk ve fırsatlarını yönetişim, strateji, risk yönetimi ile metrikler ve hedefler kapsamında açıklamasını zorunlu kılarken; TSRS 2 bu zorunluluğu iklimle ilgili fiziksel ve geçiş riskleri perspektifine taşır.

Bir maden işletmesinin sürdürülebilirliğini tam anlamıyla sağlayabilmesi için, faaliyetin sonunun (işletmeden çıkarma sürecinin) yatırımın en başında öngörülmesi şarttır. Faaliyet sonrası saha restorasyonu, karbon emisyonlarının yönetimi ve atık bertarafı gibi süreçler, işletmenin çevresel maliyetlerini doğrudan etkiler. Örneğin, Türkiye genelindeki kömür işletmeciliği verileri incelendiğinde, TKİ Genel Müdürlüğü'nün kurumsal karbon ayak izinin 139.968 tCO2e, GLİ Müdürlüğü'nün üretim bazında kurumsal karbon ayak izinin ise 1.900.108 tCO2e olduğu görülmektedir (TKİ, 2022, s. 99). Bu tür yoğun emisyon ve çevresel etki barındıran operasyonlarda, işletmeden çıkarma yükümlülüklerinin doğru hesaplanması ve bir fon aracılığıyla itfa edilmesi, yasal bir gerekliliğin ötesinde kurumsal devamlılığın ön koşuludur.

Kamu Gözetimi, Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu (KGK) tarafından da tavsiye edilen sektörel SASB (Sürdürülebilirlik Muhasebe Standartları Kurulu) standartları, kömür işletmeleri için izlenmesi gereken metrikleri net bir şekilde ortaya koymaktadır (KGK, 2024). Kömür işletmeleri sürdürülebilirlik muhasebe standardı kapsam özeti Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1

Kömür İşletmeleri Sürdürülebilirlik Muhasebe Standardı Kapsam Özeti

Konu	Nicel Ölçüm	Tartışma ve Analiz
Sera Gazı Emisyonları	• Küresel Kapsam 1 emisyonlarının brüt yüzdesi, emisyon sınırlayıcı düzenlemeler kapsamındaki oran.	• Kapsam 1 emisyonlarını yönetmek için uzun ve kısa vadeli strateji veya planın, emisyon azaltma hedeflerinin ve bu hedeflere karşı performans analizinin tartışılması
Su yönetimi	• Toplam çekilen ve toplam tüketilen su miktarları ile yüksek veya aşırı yüksek temel su stresi olan bölgelerdeki her birinin yüzdesi • Su kalitesi izinleri, standartları ve düzenlemeleriyle ilgili uyumsuzluk olaylarının sayısı	
Atık Yönetimi	• Oluşan mineral olmayan atıkların, oluşan atık cevherinin, oluşan kaya atıklarının, oluşan tehlikeli atıkların ve geri dönüştürülen tehlikeli atıkların toplam ağırlığı • Tehlikeli atık yönetimiyle ilgili önemli olayların sayısı	• Aktif ve pasif operasyonlar için atık yönetimi politikaları ve prosedürlerinin açıklaması
Biyoçeşitlilik Üzerindeki Etkiler	• Asit kaya drenajının meydana gelmesinin tahmin edildiği, aktif olarak hafifletildiği ve iyileştirme altında olduğu maden sahalarının yüzdesi • Koruma statüsüne sahip veya tehlike altındaki türlerin yaşam alanına sahip alanlarda veya yakınlarında bulunan kanıtlanmış ve muhtemel rezervlerin yüzdesi	• Aktif sahalar için çevre yönetimi politikaları ve uygulamalarının açıklaması
Yerel Halkların Hakları	• Yerel halkın topraklarında veya yakınında bulunan kanıtlanmış ve muhtemel rezervlerin yüzdesi	• Yerli haklarının yönetimiyle ilgili olarak katılım süreçleri ve durum tespiti uygulamalarının tartışılması
Topluluk İlişkileri	• Teknik olmayan gecikmelerin sayısı ve süresi	• Toplumsal hak ve çıkarlarla ilişkili risk ve fırsatları yönetme sürecine ilişkin tartışma
İşgücü İlişkileri	• Aktif işgücünün toplu sözleşmeler kapsamında istihdam edilen yüzdesi • Grev ve lokavtların sayısı ve süresi	•
İşgücü Sağlığı ve Güvenliği	• Doğrudan çalışanlar ve sözleşmeli çalışanlar için tüm olay oranı, ölüm oranı ve ramak kala olay sıklığı oranı	• Kaza ve güvenlik risklerinin yönetimi ile uzun vadeli sağlık ve güvenlik risklerinin tartışılması

Tablo 2.1. (Devam) *Kömür İşletmeleri Sürdürülebilirlik Muhasebe Standardı Kapsam Özeti*

Rezerv Değerlemesi ve Sermaye Harcamaları	• Kömür rezerv seviyelerinin, karbon emisyonlarına fiyat biçen gelecekteki fiyat projeksiyon senaryolarına duyarlılığı • Kanıtlanmış kömür rezervlerinde gömülü tahmini karbondioksit emisyonları	• Kömür fiyatı ve talebinin veya iklim düzenlemelerinin, varlıkların araştırılması, edinilmesi ve geliştirilmesi için sermaye harcama stratejisini nasıl etkilediğine dair tartışma
Atık Depolama Tesisleri Yönetimi	• Atık depolama tesisi envanter tablosu (tesis adı, konum, mülkiyet durumu, işletme durumu, inşaat yöntemi, izin verilen maksimum depolama kapasitesi, depolanan atık miktarı, sonuç sınıflandırması, en son bağımsız teknik inceleme tarihi, önemli bulgular, hafifletme önlemleri, sahaya özgü acil durum hazırlık ve müdahale planı)	• Atık depolama tesislerinin istikrarını izlemek ve sürdürmek için kullanılan atık yönetim sistemleri ve yönetim yapısının özeti • Atık depolama tesisleri için acil durum hazırlık ve müdahale planlarının geliştirilmesine yönelik yaklaşım

Kaynak: (IFRS Sustainability, 2023, s. 6-8)

İşletmeden çıkarma planlamasının stratejik önemi, entegre raporlama çerçevesinde tam anlamıyla karşılık bulmaktadır. Entegre düşünme; kuruluşun kullandığı veya etkilediği finansal, üretilmiş, fikri mülkiyet, insani, sosyal ve ilişkisel ve doğal sermayeler arasındaki ilişkileri bütüncül bir yaklaşımla ele alır (Value Reporting Foundation, 2022, s. 2). İşletmelerin kısa vadeli bakış açısından ziyade orta ve uzun vadeli bir bakış açısını destekleyen bu yapı, işletmenin finansal ve sürdürülebilirlik verileri arasında bütünleşmeyi teşvik eder.

İşletmeden çıkarma yükümlülüğü; doğal sermayenin korunması (rehabilitasyon ve biyoçeşitliliğin yeniden tesisi), sosyal sermayenin gözetilmesi (yerel halkın hakları ve toplulukla ilişkiler) ve finansal sermayenin yönetimi (karşılık ayrılması ve risk primlerinin hesaplanması) aşamalarının kesişim noktasında yer alır. Faaliyetin sonunu planlamak, işletmenin gelecekte karşılaşacağı nakit çıkışlarını, çevresel risk primlerini ve olası cezai yaptırımları bugünden öngörmeyi sağlar (Integrated Reporting, 2024, s. 5; Integrated Reporting, 2021, s. 18).

İşletmeden çıkarma planlarının çıkışı doğrudan sürdürülebilirlik temeline dayanmaktadır. Bu sebeple, işletmeden çıkarmayı sürdürülebilirlik raporlamasından veya

entegre raporlamadan bağımsız bir muhasebe kalemi olarak değerlendirmek mümkün değildir.

İşletmeden çıkarma planlamasıyla öngörülen çevresel gereksinimlerin (atık yönetimi, su kalitesinin korunması, emisyonların sınırlandırılması) maliyetlere dönüşmesi, finansal tabloları doğrudan etkiler. Bu verilerin entegre raporlar aracılığıyla şeffaf bir şekilde sunulması üç ana paydaş grubu için kritik bir yol göstericidir:

- *Yatırımcılar:* Karbon fiyatlama varsayımları, iklim geçiş riskleri ve varlık değer düşüklükleri, yatırımcıların iskonto oranlarını ve risk primlerini belirlemesinde temel faktördür.
- *Devlet ve Düzenleyici Kurumlar:* İşletmenin net sıfır karbon hedeflerine uyumu ve maden sahasının doğaya geri kazandırılmasına yönelik tahsis edilen fonların yeterliliği denetlenebilir hale gelir.
- *Yöneticiler:* İklim senaryolarına bağlı gelecekteki nakit akışları, sermaye bütçelemesi ve maddi duran varlık yatırımları stratejik planlamanın merkezine oturur.

Kömür madenleri özelinde, bu çevresel verilerin finansal etkileri ve muhasebe bağlantıları Tablo 2.2'de sistematize edilmiştir:

Tablo 2.2

Entegre Raporlamanın Çevresel Veri-Finansal Etki-Muhasebe Bağlantısı

Kapsam	Çevresel Veri	Finansal Etki	Muhasebe Bağlantısı
Karbon Emisyonları ve Karbon Fiyatlama Varsayımları	• Sera gazı emisyonları • Net sıfır karbon hedefleri • Karbon azaltım taahhütleri	• Gelecekte uygulanabilecek karbon vergileri ve emisyon ticaret sistemleri işletme maliyetlerini artırabilir. • Uzun vadeli yatırım kararlarında karbon fiyatlama varsayımları etkili olabilir. • Varsayımlar gelecekteki nakit akışlarını etkiler.	• Varlık değer düşüklüğü karşılıkları • Nakit akış tahminleri • Uzun vadeli yatırım kararları

Tablo 2.2 (Devam) *Entegre Raporlamanın Çevresel Veri-Finansal Etki-Muhasebe Bağlantısı*

İklim Geçiş Riskleri ve Varlık Değerleri	• Fosil yakıtlara yönelik düzenlemeler • Enerji dönüşüm politikaları • Kömür talebindeki olası düşüş	• Madenlerin ekonomik ömrü kısalabilir. • Rezervlerin bir kısmı işletilemeyebilir. • Varlıkların kayıtlı değerleri düşebilir.	• Maddi duran varlıklar • Maden rezerv değerlemeleri • Değer düşüklüğü karşılıkları
Rehabilitasyon ve İşletmeden Çıkarma Yükümlülükleri	• Arazi restorasyonu • Atık yönetimi • İşletmeden çıkarma planları	• Gelecekteki çevresel harcamalar için bugünden karşılık ayrılır/fona ödeme yapılır. • Bu yükümlülükler işletmenin bilançosunda borç olarak yer alır.	• Karşılıklar • Varlık emeklilik yükümlülükleri • İşletmeden çıkarma yükümlülükleri
İklim Riskleri ve Sermaye Harcamaları	• Emisyon azaltım projeleri • Enerji verimliliği yatırımları • Yenilenebilir enerji kullanımı	• Ek yatırım ihyacı ortaya çıkar. • Kısa vadeli maliyetler artabilir. • Uzun vadede yasal riskler azalabilir.	• Maddi duran varlık yatırımları • Sermaye bütçelemesi • Yatırım projelendirme
İklim Senaryoları ve Gelecekteki Nakit Akışları	• Küresel sıcaklık hedefleri • Karbon düzenlemeleri • Talep değişimleri	• Ürün fiyatları değişebilir. • Üretim miktarları etkilenebilir. • Beklenen kârlılık değişebilir.	• İndirgenmiş nakit akış modelleri • İşletmenin sürekliliği değerlendirmeleri • Stratejik planlama

Kaynak: (Glencore Plc, 2024; Glencore Plc, 2026)

Sonuç olarak, işletmeden çıkarma yükümlülüğünün muhasebeleştirilmesi işlemi, geçmiş dönemin tasfiyesinden ziyade; kuruluşun zaman içinde değer yaratma kabiliyetini etkileyen tüm faktörleri içeren bütünsel bir projeksiyondur. Fonların itfa süreçleri ve risk primleri finansal tablolara yansıdıkça, sürdürülebilirlik raporları teorik birer beyan olmaktan çıkıp, işletmenin gerçek finansal performansını gösteren stratejik entegre belgelere dönüşecektir.

2.1.3 İşletmeden çıkarma ilkeleri

İşletmeden çıkarma stratejileri belirlemek, işletmeden çıkarmanın gerçekleştirilmesi sırasında çok yönlü hareket edebilmek ve genel bir uygulama birliği yakalayabilmek için

işletmeden çıkarma ilkelerinin belirlenmesi gereklidir. Bu bağlamda farklı sektörler ve kuruluşlar tarafından ortaya konulan ilkeler, konunun çerçevesini oluşturmaktadır.

Öncelikle OECD NEA'ya göre nükleer tesislerde işletmeden çıkarmanın sürdürülebilirlik açısından temel ilkeleri şunlardır (OECD NEA, 2016b, s.7):

- Mevcut ve gelecek nesillerin sağlığı ve güvenliği önceliklidir.
- Nükleer enerji tesislerini kullanan nesiller, bu tesislerin işletmeden çıkarılması için gerekli mali, teknik ve bilimsel kaynakları toplamak ve korumakla yükümlüdür. Bu yükümlülük "kirleten öder" ilkesinin uygulanmasıdır.
- Nükleer enerji tesislerini kullanan neslin kaynakları ve makul yükümlülükleri bir sonraki nesle aktarması gereken sorumluluklar zinciri vardır. Bu zincir "nesiller arası süreklilik" ilkesi olarak ifade edilebilir. Burada önemli olan gelecek nesillere aşırı yük aktarılmamasıdır.

Bu genel çerçeveye ek olarak açık deniz tesisleri için de benzer ilkeler geliştirilmiştir. Hongtao'ya göre açık deniz tesislerinin işletmeden çıkarılmasının ana ilkeleri şunlardır (Hongtao, 2022, s.276):

- İşletmeden çıkarma, net bir deniz yatağı elde etmeyi amaçlamalıdır. Ancak teknik karmaşıklıklar ve riskler göz önüne alındığında diğer seçeneklerin de makul şekilde değerlendirilmesi gerekebilir.
- "Kirleten öder" ilkesi benimsenmelidir. Bu, hidrokarbonların kullanılmasından yararlananların işletmeden çıkarma sorumluluğunu ve maliyetini üstlenmeleri gerektiği anlamına gelir.

Benzer şekilde açık deniz rüzgâr tesisleri için daha ayrıntılı ilkeler ortaya konulmuştur. Ove Arup ve Partners Ltd tarafından hazırlanan raporda bu ilkeler aşağıdaki şekilde belirlenmiştir (Ove Arup ve Partners Ltd, 2018, s.59):

- İnsanlara zarar vermemek.
- Denizin meşru kullanıcılarının haklarını ve ihtiyaçlarını dikkate almak.
- Çevresel etkiyi en aza indirmek.
- Sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek.

- Kirleten öder prensibine bağlı hareket etmek.
- Malzemelerin yeniden kullanımını en üst düzeye çıkarmak.
- Ticari sürdürülebilirliği sağlamak.
- Pratik bütünlüğü sağlamak.

Madencilik sektöründe ise işletmeden çıkarma planlamasında uygulanması gereken temel ilkeler aşağıdaki şekildedir (ICMM, 2025, s.20):

- Güvenlik
- Fiziksel istikrar
- Kimyasal istikrar
- Sosyoekonomik geçiş
- Ekolojik istikrar
- Risk sınırlaması
- Maliyet etkinliği
- Uzun vadeli bakım

Bu farklı sektörlerdeki ilkeler birlikte değerlendirildiğinde, işletmeden çıkarmaya ilişkin genel bir ilke seti oluşturmak mümkündür. Daha geniş bir perspektiften bakıldığında işletmeden çıkarma sürecinde aşağıdaki temel ilkeler takip edilmelidir:

- Çevrenin, doğal hayatın ve insanın hem bu nesilde hem de gelecek nesilde sağlığı ve güvenliği için gerekli tedbirlerin alınmasına üst düzeyde dikkat edilmelidir.
- Kirleten öder ilkesi benimsenmelidir.
- Nesiller arası süreklilik ilkesine göre hareket edilmelidir.
- Sürdürülebilir kalkınma teşvik edilmelidir.
- Malzemelerin yeniden kullanımı en üst seviyeye çıkarılmalıdır.
- Ticari sürdürülebilirlik sağlanmalıdır.

2.1.4 İşletmeden çıkarma stratejileri

Bir enerji tesisi ömrünün sonuna ulaştığında işletmeden çıkarma ile birlikte birkaç alternatiften bahsedilebilir. Bu alternatifler, tesisin tamamen devre dışı bırakılmasından yeniden kullanıma kadar uzanan farklı stratejileri kapsamaktadır.

İlk alternatif tesisin terk edilmesidir. Bu durum finansal ve çevresel yükün gelecek nesillere bırakılması ve zamanla çevre ve halk sağlığı açısından tehlike oluşturma riski sebebiyle kesinlikle tavsiye edilmeyen bir uygulamadır.

İkinci alternatif yapılan güncellemelerle tesisin kullanılmasına devam edilmesidir. Bu seçenekte fiziksel ve teknolojik olarak eskiyen yapı ve bileşenler durumuna göre onarılarak veya değiştirilerek alt yapının ve üst yapının yenilenmesi sağlanır. Rüzgâr santrallerinde türbinlerin değiştirilmesi, güneş santrallerinde panellerin veya pillerin değiştirilmesi, nükleer santrallerde kazanların değiştirilmesi buna örnektir. Bu durum faaliyet sırasında yapılan bakım ve onarım faaliyetlerinden daha kapsamlıdır. Faaliyet sırasında da bazı parçaların veya tesislerin bakım onarımları veya değişimleri yapılır. Ömür sonu faaliyeti olan bu durumda ise topyekûn bir değişim ve bakım ve onarım faaliyeti ve hatta teknoloji yenileme faaliyeti söz konusudur.

Üçüncü alternatif tesisin alt yapısının korunması ve üst yapısının yeni ve benzer bir tesis için düzenlenmesidir. Bu durumda üst yapı tamamen sökülebileceği gibi bir kısmının sökülmeyerek yerinde bırakılması söz konusu olabilir. Böylece yeni tesisin yatırım maliyetinde tasarruf sağlanmış olur. Ayrıca tam sökümde gerçekleşecek olan maliyetlerin de ileri bir tarihe ertelenmesi söz konusudur.

Tesisin veya tesis bileşenlerinin kısmi veya tam onarımı yapılarak tesisin ömrü uzatılabilse de en nihayetinde tam bir işletmeden çıkarma durumu söz konusu olacaktır. Bu sebeple tasarım aşamasında hazırlanan ve işletmeden çıkarma hazırlık aşamasında nihai durumuna ulaşan işletmeden çıkarma planının hazırlanması elzemdir.

Bu çerçevede farklı sektörlerde işletmeden çıkarma stratejilerinin çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Nükleer tesislerin işletmeden çıkarılmasında anında sökme, ertelemeli sökme, gömme ve pek kabul görmeyen eylemsizlik seçenekleri söz konusuyken (Laraia, 2018, s.23; OECD NEA vd., 2012b, s.16); denizaltı tesislerinin işletmeden çıkarılmasında tam veya kısmi kaldırma, alternatif kullanım ve alt yapıyı yerinde bırakma seçenekleri mevcuttur (Du ve Zhu, 2022, s.287). Yüzer yapılar için ise iki ana işletmeden çıkarma alternatifi değerlendirilir. Bunlar yeniden kullanım (yapının taşınarak tekrar kullanımı) ve sökmedir (Hongtao, 2022, s.272). Rüzgâr çiftlikleri ömrünün sonuna geldiğinde ömrü uzatma, yeniden güç verme ve sökme seçenekleri değerlendirilmektedir (Adedipe ve

Shafiee, 2021, s.345). Madencilik için ise güvenlik riskleri sebebiyle tam işletmeden çıkarma dışında alternatif bir işletmeden çıkarma stratejisi söz konusu değildir.

Shimada'ya göre nükleer tesisler için yapılan sınıflandırmada ve tanımlamalarda kesin çizgiler çizilmeye çalışılsa da pratikte işletmeden çıkarma projeleri çoğu durumda, radyoaktif bozunmaya izin vermek için belirli bir süre boyunca gerçekleştirilen güvenli muhafaza işleminden sonra gerçekleşen sökme işleminin bir kombinasyonudur (Shimada 2015, 49).

Sökme işleminin ertelenmesini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar arasında fiziki sökme işlemine hazırlık, gerekli finansmanın sağlanması, hizmet alımlarının planlanması, arındırmayı kolaylaştırma, işletmeden çıkarma planı için son bir gözden geçirme yapılması, insan kaynaklarının planlanması ve organizasyonu, paydaş ilişkileri gibi faktörler sayılabilir. Ayrıca söküm öncesinde arındırmanın hangi ölçüde yapılacağı ve kontamine olmayan sistemlerin geri dönüşüm, yeniden kullanım veya bertaraf seçeneklerinden hangisine yönlendirileceği önemli karar alanlarını oluşturmaktadır.

Sökümden önce arındırma yapıp yapmamak veya geri dönüşüm ve yeniden kullanım ve bertaraf stratejileri arasında seçim yapmak ulusal politika, kamuoyu, teknolojik hazır bulunuşluk, risk değerlendirmesi ve genel ekonomi gibi faktörlere bağlıdır. Kararlar basit bir finansal algoritmaya, maliyet-fayda analizine veya karmaşık çok faktörlü analize dayanabilir. Alınan değerden bağımsız olarak, geçerli ve denetlenebilir bir çözüme ulaşmak önemlidir. Karar vermede güvenlik riskleri ve tehlikeleri, düzenleyici konular ve arındırmanın ekonomik fizibilitesinin de yer aldığı faktörler dikkate alınmalıdır (Laraia, 2018, s.41).

Nükleer tesislerde işletmeden çıkarma stratejisi belirlenirken dikkate alınması gereken bazı kriterler şunlardır (Laraia, 2018, s.25; Lauridsen, 2017, s.333):

- Aynı alanda bulunan diğer tesisler ve bu tesislerin altyapılarında var olan karşılıklı bağımlılıklar
- İşletmeden çıkarma için ayrılmış finansal kaynakların durumu ve finansman şartları
- Uzmanlığın, teknolojilerin ve altyapının kullanılabilirliği

- Tesisin fiziksel ve radyolojik durumu
- Arazinin önerilen yeniden kullanım şekli ve istenen son durum
- Güvenlik faktörleri
- Atık yönetimi ve bertarafı
- Kamuoyu ve işletmeden çıkarma stratejisini belirleyen otorite uygulamaları
- Ulusal çapta gerçekleştirilen nükleer ve nükleer olmayan programlarla etkileşim

Laraia'ya göre bu kriterlerin çoğu birbirine bağımlıdır. Yine de stratejik kararları zıt yönlere yönlendirebilirler. Bazı durumlarda ulusal koşullar (örneğin atık yönetimi seçenekleri veya bunların eksikliği), bir tesisi tek bir kaçınılmaz stratejiye doğru yönlendirmek için etkili olabilir. Bununla birlikte, çoğu ülkede, sahibine, işletmeciye veya karar vericiye bakılmaksızın strateji üzerinde önemli bir kontrol sağlamak için yeterli esneklik sağlanmaktadır (Laraia, 2018, s.25).

2.1.5 Finansal tablolarda işletmeden çıkarma, maliyet ve gider kayıtları

İşletmeden çıkarma faaliyetleri nedeniyle gelecekte katlanılması öngörülen maliyetlerin net bugünkü değeri, nükleer santralin ilk maliyetine eklenerek aktifleştirilir ve tesisin ruhsat süresi boyunca sistematik olarak amortismana tabi tutulur. Buna karşılık, aynı tutar gelecekteki söküm ve saha rehabilitasyonu yükümlülüğünü temsil edecek şekilde karşılık hesabında muhasebeleştirilir. (Acar ve Boz, 2018, s.87).

<u>İşletmeden çıkarma maliyet tahminlerini ilk tanıma ve ölçüm:</u>

İşletmeden çıkarma maliyeti, Kavramsal Çerçeve ve UMS 37 Karşılıklar, Koşullu Borçlar ve Koşullu Varlıklar gereği bir yükümlülüktür. UMS 16 Maddi Duran Varlıklar standardında "Bir maddi duran varlık kaleminin maliyeti, diğer hususların yanı sıra, varlığın sökülmesi, taşınması ve onarılmasından kaynaklanan kaçınılmaz maliyetin ilk tahminini de içerir." ifadesi yer almaktadır. Bu doğrultuda tahmin edilen işletmeden çıkarma maliyetinin ilk muhasebe kaydı aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir:

----------/----------		
Maddi Duran Varlıklar		
İşletmeden Çıkarma Karşılıkları		
----------/----------		

UMS 37 gereği işletmeden çıkarma karşılıkları, işletmeden çıkarma işleminin gerçekleştirilmesi için gerekli olacak gelecekteki beklenen nakit akışlarının (indirgenmiş nakit akışı) bugünkü değeri üzerinden ölçülür.

Sonraki ölçüm:

Daha sonra, iskonto geri alınır ve varlığın ömrü boyunca gerekli karşılıkları (indirgenmiş yükümlülüğün gelecekteki değeri) oluşturmak için karşılıklara faiz uygulanır. İndirimin eklenmesi, kâr veya zarar tablosunda finansman maliyetinin bir parçası olarak muhasebeleştirilir.

----------/----------		
Finansman Maliyeti		
İşletmeden Çıkarma Karşılıkları		
----------/----------		

UMS 16 gereği karşılıkların maliyeti varlığın faydalı ömrü boyunca amortismana tabi tutulur.

----------/----------		
Amortisman Giderleri		
Birikmiş Amortismanlar		
----------/----------		

Cari dönemde bir varlığın işletmeden çıkarılmasına ilişkin karşılıklarda meydana gelen değişiklikler ilgili varlığın defter değerine eklenir veya düşülür.

Azalma olması durumunda;

----------/----------		
İşletmeden Çıkarma Karşılıkları		
Maddi Duran Varlıklar		
----------/----------		

Artış olması durumunda;

----------/----------		
Maddi Duran Varlıklar		
İşletmeden Çıkarma Karşılıkları		
----------/----------		

İşletmeden çıkartma bittiğinde:

----------/----------		
İşletmeden Çıkarma Karşılıkları		
Borçlu Hesap (1)		
Nakit		
Alacaklı Hesap (2)		
----------/----------		

(1) Arada olumsuz fark olursa "İşletmeden Çıkarma Maliyetinin Ödenmesinden Oluşan Zarar" olarak kaydedilir.

(2) Arada olumlu fark olursa "İşletmeden Çıkarma Maliyetinin Ödenmesinden Elde Edilen Kazanç" olarak kaydedilir.

Yukarıda verilen muhasebe kayıtları, işletmeden çıkarma yükümlülüğünün ilk muhasebeleştirilmesi ile sonraki dönemlerdeki değerleme ve giderleştirme süreçlerini

göstermektedir. Bu kayıtlar sayesinde işletmenin gelecekte katlanacağı işletmeden çıkarma maliyetleri finansal tablolara zamanında ve gerçeğe uygun şekilde yansıtılarak ilgili varlık ve yükümlülüklerin doğru raporlanması sağlanmaktadır.

2.2 Nükleer Santrallerde İşletmeden Çıkarma

Laraia'ya göre işletmeden çıkarma süreci; nükleer güç santralleri, araştırma reaktörleri, nükleer yakıt çevrimi tesisleri ve küçük ölçekli kullanıcılar dahil olmak üzere tüm nükleer ve radyolojik tesisleri kapsamaktadır. Bu süreç; arındırma, kesme ve yıkım teknolojileri, planlama, yönetim, nükleer ve endüstriyel güvenlik, radyasyondan korunma, yasal düzenlemeler, atık yönetimi, fiziksel ve radyolojik karakterizasyon ile maliyet tahminleri gibi çok geniş bir faaliyet alanını kapsar (Laraia, 2018, s.7). Tesis türüne bağlı olarak özel uzmanlık yaklaşımları ve farklı uygulama yöntemleri gerektirebilen bu yapının karmaşıklığı, teknik süreçlerin yetkin yöneticiler tarafından yönetilen uzman gruplarca yürütülmesini zorunlu kılmaktadır. İşletmeden çıkarmanın çevresel, sosyal, ekonomik ve finansal boyutlarında verimlilik ve başarı sağlanması ancak bu bütünsel yönetim anlayışı ile mümkündür.

2.2.1 İşletmeden çıkarma stratejileri

Nükleer santrallerin işletmeden çıkarılması sürecinde benimsenen temel yaklaşımlar; anında işletmeden çıkarma, ertelemeli işletmeden çıkarma ve gömme stratejileri olarak sınıflandırılmaktadır. Bunların haricinde, herhangi bir düzenleyici faaliyet yürütülmeden sahanın terk edilmesini ifade eden "eylemsizlik" seçeneği, temel işletmeden çıkarma ilkeleriyle bağdaşmadığı için kabul görmeyen bir yöntemdir.

2.2.1.1 Anında işletmeden çıkarma

Anında işletmeden çıkarma stratejisi, tesisin kapatılmasını müteakip hazırlık aşaması için öngörülen kısa bir geçiş döneminin ardından söküm faaliyetlerinin başlatılmasını kapsar. Bu süreç, sahanın düzenleyici kontrolden çıkarılmasına kadar geçen aşamaları tek bir proje veya kademeli adımlar şeklinde yürütür (OECD NEA vd., 2012b, s.17).

Güvenlik, maliyet, kamuoyu beklentileri, uluslararası uygulamalar gibi birçok etken anında işletmeden çıkarmayı öncelikli strateji olarak belirleseler de İtalya örneğinde olduğu gibi teknik ve fiziksel etkenler bu stratejinin uygulanmasında zorluklara sebep

olabilmektedir. Bu sebeple işletmeden çıkarma projesi geliştirilirken hazırlık aşamasının sebepleriyle beraber ne kadar zaman alacağının maliyet baskısına sebep olmamak için özenli bir şekilde tespit edilmesi gerekecektir.

2.2.1.2 Ertelemeli işletmeden çıkarma

Ertelenmiş söküm stratejisi, tesisin kapatılmasından sonra belirli bir süre için güvenli muhafaza altına alındığı, arındırma ve söküm işlemlerinin on yıllar sürebilecek bir bekleyişten sonra gerçekleştirildiği yaklaşımdır. Bu süre zarfında tesis, radyolojik güvenliğin korunması için sürekli izleme ve bakım altındadır (OECD NEA vd., 2012b, s.17).

Ertelemeli işletmeden çıkarmanın tercih edilmesinin sebepleri arasında deneyim eksikliği, altyapı eksikliği, finansman eksikliği, teknolojiye ulaşmadaki zorluklar gibi faktörler yer almaktadır. Ancak erteleme süresi boyunca devam edecek olan izleme ve bakım faaliyetlerinin yaratacağı ek maliyetler ile fonların zaman içinde fonun değer değişimi göz önünde bulundurularak işletmeden çıkarma strateji seçimine karar verilmektedir.

Anında ve ertelemeli işletmeden çıkarma seçeneklerinin olası avantaj ve dezavantajları Tablo 2.3'te gösterilmektedir.

Tablo 2.3

Anında ve Ertelemeli Sökmenin Algılanan Avantajları ve Dezavantajları

	Anında Sökme	**Ertelemeli Sökme**
Olası Avantajlar	• Yüksek vasıflı nükleer bilgi donanımına sahip işgücünün varlığı ve bu işgücünün ilgili tesisin operasyonel geçmişine ilişkin deneyim ve bilgileri • Daha az bilgi kaybı ve kayıtların bozulması riskinin azlığı • Bölge için ekonomik etkilerin azalması • Sahanın daha erken yeniden kullanılması • İşletmeden çıkarma sorumluluğunun gelecek nesillere devredilmemesi • Daha kolay radyolojik karakterizasyon ve korozyon gibi bozulma ve yaşlanma etkilerinin azalması	• Doğal radyoaktif bozunma nedeniyle artık radyoaktivitenin azaltılması ve dolayısıyla sökme sırasında radyasyon tehlikesinin ve radyoaktif atık hacminin azalması • Birden fazla reaktör sahasındaki farklı birimlerin işletmeden çıkarılmasını koordine etme imkânı • Radyasyon atıkları için imha yollarının geliştirilmesi veya tekniklerde yaşanacak olası gelişmeleri bekleme olasılığı tehlikeleri ve maliyetleri daha da azaltabilir • Birden fazla paralel işletmeden çıkarma projesinin varlığı durumunda sınırlı mevcut insan ve mali kaynakların tahsis edilmesi ve planlanması seçeneği • İşletmeden çıkarma fonlarının büyümesi veya toplanması için ilave olarak gereken süre • Etkin yatırım politikaları yoluyla fonun büyüklüğünü artırma imkânı
Olası Dezavantajlar	• Sökme sırasında daha yüksek radyasyona maruz kalma • Sökme sırasında daha fazla önlem alınması gerekir • Radyoaktif olarak sınıflandırılan daha büyük miktarlarda atık oluşması • İşçilerin işini kaybettiği bir sahanın yıkılması sırasında personelde yaşanacak olan motivasyon sorunu	• Beton ve çelik de dahil olmak üzere bazı malzemeler veya binalar bozulabilir • Bakım ve/veya imha maliyetleri artabilir • Sınır koşullarında öngörülebilir bir değişiklik olmamasına rağmen atık imha yollarının mevcudiyeti veya işletmeden çıkarma üzerinde büyük etkileri olan düzenleyici çerçevede değişiklikler olma ihtimali • Operasyonel geçmiş bilginin zamanla kaybedilme ihtimali • Yeni kalifiye personel ihtiyacı • Teknik ve muhtemelen mali açıdan da yükün gelecek nesillere bırakılması • Fonun değerini kaybetme riski

Kaynak: OECD NEA, 2016a, s.46.

Sahaya özgü şartlarla birlikte anında ve ertelemeli işletmeden çıkarma stratejilerinin avantaj ve dezavantajları belirlenerek uygun stratejinin seçilmesi gerekmektedir.

2.2.1.3 Gömme

Gömme stratejisi, radyoaktif malzemenin sahada kalıcı olarak kapsüllenmesi esasına dayanır. Bu yaklaşım, sahayı fiilen düşük veya orta seviyeli atık depolama tesisine

dönüştürür. Çoğu güç reaktörü, 100 yıl sonra dahi sınırsız kullanım eşiklerinin çok üzerinde radyonüklit barındıracağından, gömme yöntemi sahanın kullanımına uzun vadeli ve katı kısıtlamalar getirilmesini zorunlu kılar (OECD NEA vd., 2012b, s.17). Günümüzde, gelecek nesillere radyasyon mirası bırakması nedeniyle eleştirilse de ABD Enerji Bakanlığı (DOE) ve Rusya Federasyonu tarafından belirli tesislerde kolaylıkları nedeniyle uygulanmaya devam edilmektedir (Laraia, 2018, s.23).

2.2.1.4 Eylemsizlik

Eylemsizlik, hiçbir düzenleyici veya teknik faaliyette bulunulmadan sahanın kendi haline bırakılması ve kontamine bileşenlerin korunmasız şekilde sahada kalması durumudur. Temizlik yükünü tamamen gelecek nesillere aktaran ve güvenlik riskleri barındıran bu seçenek, modern nükleer güvenlik standartları gereği bir strateji olarak değerlendirilmez (OECD NEA vd., 2012b, s.17). Bu durumun en bariz ve trajik örneği Çernobil Nükleer Santrali sahasıdır.

2.2.2 İşletmeden çıkarma aşamaları

Bir süreç olarak değerlendirilen işletmeden çıkarmanın aşamalara ayrılarak uygulama farklılıklarının birlikte değerlendirilmesi yönetimsel kolaylıklar sağlayacaktır. Benzer aşamalardan oluşsa da nükleer santraller ve diğer işletmeler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Nükleer tesislerin işletmeden çıkarılmasını diğer endüstriyel tesislerden ayıran temel fark, radyasyon varlığı nedeniyle uygulanan güvenlik prosedürleri ve bu doğrultuda şekillenen atık yönetimi stratejileridir.

Teknik bir ayrımdan ziyade yönetimsel bir ayrım söz konusu olduğunda, bir tesisi kalıcı olarak kapatma kararı alınması veya işletmeden çıkarmaya başlama kararı alınmasıyla işletmeden çıkarma projesi başlamış olur. İşletmeden çıkarma projesinin aşamaları Grenovillet'e göre hedeflerin ve organizasyonun tanımlandığı bir geçiş döneminden sonra; devre dışı bırakma, geleneksel saha sökme, elektromekanik ekipman sökme, beton arındırma ve yıkımı, saha restorasyonu şeklindedir (Grenovillet, 2013, s.198).

İşletmeden çıkarmayı beş aşamada ifade etmek mümkündür. Bunlar;

1. Aşama: İşletmeden çıkarmanın planlandığı ve gerekli onayların alındığı planlama ve düzenleyici onay aşaması,

2. Aşama: Operasyon hazırlıklarının ve sözleşmelerin yapıldığı hazırlık aşaması,

3. Aşama: Arındırma ve söküm gibi işletmeden çıkarma faaliyetlerinin gerçekleştirildiği uygulama aşaması,

4. Aşama: Çevre iyileştirme faaliyetlerinin yapıldığı saha restorasyonu ve çevre düzenleme aşaması ve

5. Aşama: İşletmeden çıkarma planının sonuçlarının gözlemlendiği izleme aşamasıdır.

2.2.2.1 Planlama ve düzenleyici onay aşaması

Bu ilk aşamada, mevcut teknolojiler ve tesis verileri doğrultusunda kapsamlı bir işletmeden çıkarma planı hazırlanarak gerekli yasal izinler alınır. İş Kırılım Yapısı (WBS) kullanılarak operasyonel adımlar belirlenmekte ve maliyet tahminleri bu yapı üzerinden şekillendirilmektedir. Erken aşamada hazırlanan maliyet raporları, tesis gelir getirirken işletmecinin gerekli fonu biriktirmesine ve finansal sürdürülebilirliği sağlamasına olanak tanımaktadır.

Laraia'ya göre stratejik olarak, işletmeden çıkarma stratejisine işletmeden çıkarma sahasının yeniden kullanımına yönelik herhangi bir bilgi veya plan dahil etmenin yararlılığı giderek daha fazla kabul görmektedir. Yaşam döngüsünün erken bir aşamasında bile, tesisin belirli bir işletmeden çıkarma sonrası kullanım için yeniden geliştirilmesinin işletmeden çıkarma sürecini hızlandırması, finansal getiriler sağlaması ve tüm paydaşlara sosyal ve ticari faydalar sağlaması mümkündür (Laraia, 2018, s.116). Daha operasyon aşamasında ve hatta öncesinde bu planlamanın yapılması gereklidir. Son durumun belirlenmiş olması işletmeden çıkarma planının tam anlamıyla hazır olmasına ve maliyet tahminlerinin eksiksiz olmasına yardımcı olacaktır. Kabul edileceği üzere alanın yeşil alan olarak tahsis edilecek olması ile sahaya yeni enerji santrali inşa edilecek olması durumda işletmeden çıkarma maliyetleri farklı olacaktır.

Yıllar içerisinde yaşanan deneyimlerle işletmeden çıkarmada yaşanan problemler ve sınıflandırılması Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4

Genel İşletmeden Çıkarma Problemlerinin Sınıflandırılması

Sınıf konusu	Açıklama
Yönetim	Bir sahadaki yönetim sisteminin sorunlarının veya zayıflıklarının beklenmedik, olumsuz bir olayla sonuçlanması durumunu ifade eder.
Emniyet	Güvenliği içeren bir olayın yaralanmaya ve/veya işletmeden çıkarma programının ilerlemesi üzerinde büyük bir olumsuz etkiye neden olduğu durumları ifade eder.
Kültür	İşletmedeki veya yüklenicilerindeki işletmeden çıkarma organizasyonunun, organizasyon kültürünün (veya eksikliğinin) işletmeden çıkarmanın ilerlemesi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu durumları ifade eder.
Radyolojik	Beklenmedik bir kaynağın keşfedilmesi, potansiyel kontaminasyon ve/veya personelin yanlışlıkla maruz kalması ile sonuçlandığı durumları ifade eder.
Çevre	İşletmeden çıkarma programının uygulanması sırasında, planlanan veya gerekli olandan daha büyük veya düzenleyicinin kararlaştırılan boşaltma kapsamı dışında kalan bir boşaltmanın meydana geldiği durumları ifade eder.
Teknik	İşletmeden çıkarılacak bir tesisin teknik ayrıntılarına ilişkin bir varsayımın daha sonra yanlış olduğu veya planlanan işletmeden çıkarma yönteminin uygun bulunmadığı durumlarda teknik nedenler, işletmeden çıkarma programına eşlik eden gecikme ile strateji değişikliği gerektiren durumları ifade eder.
Düzenleyici	İşletmeden çıkarma faaliyetlerinin, önemli bir stratejik değişiklik gerektiren veya ayrıntılı düzenleyici soruşturmalar içeren bir veya daha fazla saha düzenleyicisi için kabul edilemez olduğu tespit edildiğinde yaşanan problemlerdir. Bu ikinci durumda, yasal sonuçlar ve mali cezalar da olabilir. Düzenleyici kurumun işletmeden çıkarmayı etkin bir şekilde düzenlemeye hazır olması da dikkate alınır.
Ticari	Planlanmış bir stratejinin ticari performansının beklenenden daha az başarılı olduğu ve bunun revize edilmesini gerektirdiği durumları ifade eder.
Atık yönetimi	Çeşitli nedenlerden dolayı, bir atık akışının doğasının, hacminin veya bileşiminin beklendiği gibi olmadığı veya bir atık depolama tesisinin bütünlüğünün zayıf olduğu acil önlem alınmasını gerektiren durumları ifade eder.

Kaynak: (McWhirter, 2017, s.156)

Planlama ve düzenleyici onay aşamasında belirlenmiş problemler doğrultusunda hazırlık yapmanın ve önceki deneyimlerden istifade etmenin süreç yönetim performansını olumlu etkilemesi beklenmektedir.

2.2.2.2 Hazırlık aşaması

Sistemin kalıcı olarak durdurulmasından en az bir yıl önce başlayan bu evre, operasyonel yapıdan proje odaklı bir yapıya geçişi temsil eder. Borrmann'a göre bu süreçte; organizasyonel yapı üretim yönetiminden proje yönetimine evrilir, tesis bir gelir kaynağından maliyet merkezine dönüşür ve insan kaynakları yönetimi motivasyonel

zorluklarla karşılaşır (Borrmann, 2017, s.75). Hazırlık aşamasında gerçekleştirilen temel faaliyetler ve dikkat edilmesi gereken unsurlar şunlardır:

- *Geçiş Yönetimi ve Kültürel Dönüşüm:* İşletmeden çıkarma aşamasında personelin işini kaybetme endişesi ve sürekli değişen prosedürler, "kültürel" bir direnç oluşturabilir. Bu noktada değişim yönetimi, güvenliğin ve performansın korunması için hayati önem taşır (Laraia, 2018, s.117-118).
- *İnsan Kaynağı ve Bilgi Yönetimi:* Tesisin operasyonel geçmişine sahip kilit personelin sahada tutulması hem kurumsal hafızanın korunması hem de yeni personelin güvenlik algısının pekiştirilmesi açısından tavsiye edilmektedir (Laraia, 2018, s.112). Özellikle nükleer endüstrinin ilk yıllarında kayıtların yetersiz tutulması, günümüzde bilgi gereksiniminin karşılanmasında ciddi bir engel teşkil etmektedir (Laraia, 2018, s.72-73).
- *Teknik Hazırlık:* Mevcut sistemler yeni güvenlik gereksinimlerine göre (örneğin dinamik muhafaza için havalandırma sisteminin revizyonu) yükseltilmeli veya ihtiyaç duyulmayan sistemler bakım maliyetini düşürmek amacıyla kapatılmalıdır (Grenovillet, 2013, s.207).
- *Fon Yönetimi ve Maliyet Kontrolü:* İşletmeden çıkarma fonlarının mevcudiyeti ve bu fonların zamanında kullanılabilirliği, projenin gecikmemesi için kritik bir ön koşuldur. Ancak çoğu ülkede fonların yeterliliği periyodik olarak denetlenmemekte, bu da uygulama aşamasında aksamalara neden olabilmektedir (Laraia, 2018, s.114-115).

2.2.2.3 Uygulama aşaması

Sistemin devre dışı bırakıldığı bu aşamada, arındırma ve söküm faaliyetleri yürütülmektedir. Yeraltı ve yerüstü tüm yapıların sistematik biçimde demontajı gerçekleştirilirken, lojistik planlama ve atık yönetimi süreçleri kritik bir önem arz etmektedir. Bu kapsamda, ekipman ve malzemeler sökülerek yeniden kullanım potansiyeline göre ikinci el olarak değerlendirilmekte ya da hurda kapsamında satışa sunulmaktadır. Ayrıca geri dönüşüm veya uygun bertaraf tesislerine sevk edilmektedir. Sonrasında inşaat faaliyetleri tersine çevrilerek yapıların sökümü tamamlanmakta ve binaların kontrollü yıkımı gerçekleştirilerek ortaya çıkan molozlar sahadan uzaklaştırılmaktadır (Leeuwen, 2022, s.6).

Nükleer santrallerde kaldırma faaliyetinden önce en kapsamlı araştırma ve dikkat gerektiren kısım kullanılmış yakıt ve kontaminasyon seviyeleri olacaktır. Sonraki uygulama faaliyetleri atık yönetimi ve yapı sökümü olarak gerçekleşecektir.

Mevcut bilgi ve kılavuzların çoğu, nükleer santraller ve yeniden işleme tesisleri gibi büyük nükleer tesislerin işletmeden çıkarılmasının teknolojik ve organizasyonel yönlerini ele almaktadır. Ancak, araştırma reaktörleri, benzer şekilde risk unsurları barındıran hastanelerin radyolojik tanı ve teşhis birimleri, biyoloji laboratuvarları, radyoaktif malzeme kullanan sanayi işletmeleri, radyasyon kaynakları depoları gibi tesisler önemsiz görülebilmektedir. Önemsiz görülen bu tesislerde işletmeden çıkarma aşamasının en küçük önlemleri bile ihmal edilebilmektedir. Bu da gereksiz harcamalara, gecikmelere ve hatta radyasyon kaynaklarının çalınması veya kaybedilmesi gibi güvenlik sorunlarına neden olabilmektedir (Laraia, 2018, s.75). Bu sebeple işletmeden çıkarma kültürünün geliştirilerek büyük ölçekli işletmeden çıkarma projelerinde olduğu gibi nispeten küçük ölçekli işletmeden çıkarma projeleri için de kılavuzların hazırlanmasında gerekli özenin gösterilmesi gerekir.

Bir işletmeden çıkarma projesinde halkın kabulü de çok önemlidir. Yerel halk sahada çalışan daimî personellerin azaltılmasından dolayı artık santralin işletilmesinden gelir elde edemeyecektir. Ayrıca herhangi bir kontaminasyon yayılması durumunda halk, bunun etkilerini uzun süre yaşayacaktır. Bu nedenlerle saha düzenleme ve yeniden kullanım stratejileri belirlenirken projenin yerel halk tarafından kabul görmesi gereklidir (Grenovillet, 2013, s.197).

2.2.2.4 Saha restorasyonu ve çevre düzenleme aşaması

Bu aşamada çevrenin, santralin kurulumundan önceki haline döndürülmesi veya planlanan nihai durumuna dönüştürülmesi beklenir. Saha hazırlama ve arazi düzenleme faaliyetleri kapsamında yapılan arazideki değişiklikler düzeltilir ve yollar kaldırılarak işlem tamamlanır. Çevre düzenlemesi kapsamında tesisin kurulumundan önceki doğal görünümünü veya planlanan nihai durumunu sağlamak için yapılan peyzaj çalışmalarıyla aşama bitirilir.

2.2.2.5 İzleme aşaması

Arındırma ve çevre düzenleme faaliyetleri ile ilgili yapılan peyzaj çalışmalarının izlendiği aşamadır. Radyolojik ölçümlerin ve çevresel parametrelerin hedeflenen limitler dahilinde olduğunun teyit edilmesiyle işletmeden çıkarma planı tamamlanmış olur.

2.2.3 Olağandışı durumlarda işletmeden çıkarma

İşletmeden çıkarma süreci, tesisin ekonomik ömrünü tamamlamasıyla planlı bir takvim dahilinde gerçekleşebileceği gibi, nükleer kaza veya ciddi arıza gibi öngörülemeyen durumların ardından zorunlu bir süreç olarak da başlayabilmektedir. Laraia, kaza sonrası işletmeden çıkarma sürecini; stabilizasyon, kurtarma ve nihai işletmeden çıkarma olmak üzere üç aşamada ele almaktadır (Laraia, 2018, s.34):

- *Stabilizasyon:* Kazanın hemen ardından başlayan bu evrede temel öncelik, halk sağlığını ve çevreyi korumak adına tesis koşullarının kontrol altına alınması ve radyolojik sızıntının minimize edilmesidir.
- *Kurtarma:* Tesisteki anormal koşulların kapsamını daraltmak ve sahayı uzun vadeli, güvenli bir duruma kavuşturmak için yürütülen faaliyetleri kapsar. İşletme işlevlerinin onarımı ve yeniden kurulmasını içeren bu aşama, nihai işletmeden çıkarmanın öncüsü kabul edilse de nükleer tesislerde bu evre on yıllar sürebilmektedir. Bu bağlamda, işletmeden çıkarma planlamasının henüz tasarım aşamasında başlatılması ve tesisin ömrü boyunca güncellenmesi stratejik bir önem arz etmektedir.
- *Nihai İşletmeden Çıkarma:* Hasarlı tesisin, stabilizasyon ve kurtarma evrelerinin ardından, planlı bir işletmeden çıkarma projesi olarak ele alınabildiği aşamadır.

Kaza sonrası süreçlerde; yapı, sistem ve bileşenlerin fiziksel tahribatı, yüksek kontaminasyon seviyeleri, anormal nitelikteki atık hacmi ve kısıtlı veri yönetimi gibi unsurlar ciddi belirsizlikler yaratmaktadır (Laraia, 2018, s.34-35). Mevcut işletmeden çıkarma planındaki acil durum senaryoları gerçekleşen durumu karşılamada yetersiz kalabileceği için, önceliklerin değişen risk parametrelerine göre hızla revize edilmesi sürecin etkinliğini artırmaktadır. Bu belirsizlikler arasında teknik ve radyolojik

belirsizlikler, finansal belirsizlikler, zamanlama ve proje belirsizlikleri, yasal ve çevresel belirsizlikler, sosyopolitik ve kurumsal belirsizlikler sayılabilir.

Özellikle Çernobil faciası sonrasında, nükleer tesis tasarımlarının kaza sonrası işletmeden çıkarmayı kolaylaştıracak güvenlik donanımlarıyla güçlendirilmesi gerekliliği uluslararası düzeyde tartışılmaya başlanmıştır. Bu doğrultuda geliştirilen yeni nesil reaktör tasarımlarında, olası bir çekirdek erimesi durumunda radyoaktif materyalin muhafaza binasından dışarı sızmasını engelleyen "çekirdek yakalayıcı" sistemleri standart hale gelmiştir (Laraia, 2018, s.40-41).

Türkiye'de inşası devam eden Akkuyu Nükleer Güç Santrali projesi de bu güvenlik standardına uygun olarak yükseltilmiş çekirdek yakalayıcı sistemine sahip tesisler arasında yer almaktadır (News, 2023). Yeni inşa edilen tesislerde bu tür yapısal önlemler söküm güvenliğini artırırken, halihazırda işletmede olan eski tesisler için güvenlik ve emniyet tedbirlerinin güncel teknolojiler ışığında modernize edilmesi, olağandışı durumlarda karşılaşılabilecek risklerin yönetilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir.

2.2.4 İşletmeden çıkarma planı

İşletmeden çıkarma faaliyetlerine ilişkin finansal ve operasyonel kararların temeli, kapsamlı bir işletmeden çıkarma planının varlığına dayanmaktadır. Nitekim Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından işletmeden çıkarma konusunda gerçekleştirilen ilk toplantıda, bir tesisin işletmeden çıkarma sürecinin; planlama, inşaat ve kullanım safhaları boyunca alınan tüm kararlardan doğrudan etkilendiği, dolayısıyla konunun çok yönlü bir yapıya sahip olduğu vurgulanmıştır. İdeal bir süreç yönetiminde; planlamacıların tesisin nihai kaderine karar vermesi, tasarımcıların tesisin planlandığı şekilde sökülebilmesini sağlayan yapısal özellikleri henüz projelendirme aşamasında tesise dahil etmesi ve operatörlerin ise operasyonel süreçler ile sonraki dönemlerde yaptıkları teknik değişikliklerin planlanan işletmeden çıkarma faaliyetlerini engellememesini sağlaması esas olarak kabul edilmiştir (IAEA, 1975, s. 5). Bu toplantıyla 1975 yılı gibi erken bir dönemde, işletmeden çıkarma planlamasının tesisin tasarım aşamasıyla eş zamanlı olarak başlaması gerektiği uluslararası düzeyde kabul görmüştür.

İlerleyen dönemlerde, başlangıçta kesinleştiği düşünülen işletmeden çıkarma planlarının, aslında değişen dinamik şartlarla birlikte düzenli olarak güncellenmesi gerektiği net bir şekilde anlaşılmıştır. Örneğin, atık yönetiminde kullanılacak lojistik yollarının ve trafiğin mevcut durumu, radyasyona maruz kalan yüzeylerin geçirimsiz tabakalarla kaplanmasına olanak tanıyan teknolojik gelişmeler, kontamine olmuş ekipmanların etrafında güvenli manevra yapabilmek için ihtiyaç duyulan alan genişliği ve uzaktan kontrol edilecek robotik makinelerin montaj alanlarının oluşturulması gibi operasyonel gereksinimler zaman içinde gelişim göstermiştir. Bu doğrultuda, tasarım aşamasında başlayan işletmeden çıkarma süreci, sürekli bir gelişim ve güncelleme göstererek sahanın düzenleyici kontrolden tamamen çıkmasına kadar devam eden aktif bir süreç yönetimi döngüsüdür.

Literatürde geniş kabul gören "beşikten mezara planlama", "sürdürülebilirlik" ve "yaşam döngüsü yönetimi" kavramlarının temel ilkeleri, işletmeden çıkarma süreçlerinde somut bir şekilde uygulama alanı bulmaktadır. İşletmeden çıkarma ile ilgili operasyonel ve finansal faktörlerin önemli bir kısmı tesisin kalıcı olarak kapatılması sırasında netlik kazanacaktır. Bu değişken yapı nedeniyle de işletmeden çıkarma planının belirli periyotlarla gözden geçirilmesi ve revize edilmesi yasal bir zorunluluktur. Ayrıca, işletmeden çıkarma planlamasına ne kadar erken aşamada başlanırsa, projenin nihai kapanış programı da o derece kısalacaktır (Laraia, 2018, s. 66).

Standart ve kapsamlı bir işletmeden çıkarma planı bünyesinde yer alması gereken temel başlıklar ve bu başlıkların içermesi gereken detaylar şu şekilde yapılandırılmalıdır:

Yönetici Özeti:

Bu bölümde, tesisi işleten şirketin kısa bir tanımı ile birlikte planda yer alan ana başlıklar, yasal dayanaklar, işletmeden çıkarma sırasında yararlanılacak teknik araçlar, organizasyonel yönetim yapısı ve işletmeden çıkarmanın temel süreci özetlenir.

Giriş:

Projenin kısa bir tanıtımının yapıldığı bu bölümde, yasal dayanak oluşturan belgelere, kurumsal sorumluluk beyanına, planın periyodik gözden geçirilme sıklığına, işletmeden çıkarmanın fiziksel kapsamına ve süreç boyunca yapılacak teknik değerlendirmelerin genel özetine yer verilir.

Arka Plan Bilgisi:

Şirket bilgileri, santralin orijinal proje verileri, gözden geçirilmiş planlar için projenin mevcut ilerleme durumu ve sahanın çevresel özellikleri bu başlık altında detaylandırılır.

İşletmeden Çıkarılacak Öğelerin Açıklaması:

Tesis bünyesindeki reaktör alt bileşenleri, türbinler, jeneratörler, trafolar, koruma kabı, buhar üreticisi, yakıt çubukları, transformatörler, soğutma bacası ve pompalar gibi tüm mekanik ve yapısal bileşenlerin teknik özelliklerine ayrıntılı olarak yer verilir ve bu öğelerin işletmeden çıkarma esnasındaki durumları ve kontaminasyon dereceleri değerlendirilir.

Önerilen İşletmeden Çıkarma Tedbirlerinin Açıklaması:

İşletmeden çıkarma mevzuatının detaylı bir şekilde süreçle ilişkilendirildiği bölümdür. İşletmeden çıkarmanın operasyonel aşamaları ve kurumlar arası koordinasyon bilgileri burada paylaşılır. Ayrıca ele alınacak öğelerin söküm yöntemleri ve süreç adımları aktarılır; söküm işlemi uygulanmayacak (yerinde bırakılacak) yapılar için net bir tanımlama yapılır. Bu kalıntıların zamana bağlı tahmini bozulma süreçleri ve yapısal durumları değerlendirilir. Son olarak, atık yönetimi çözümleri ve süreçleri analiz edilerek başlık tamamlanır.

Çevresel Etki Değerlendirmesi:

Tesisin söküm ve kapanış aşamalarında nihai olarak oluşturacağı çevresel etkilerin bilimsel olarak değerlendirildiği ve rehabilitasyon sürecine yönelik çevresel hedeflerin belirlendiği bölümdür.

İlgili Taraflarla Görüşme Raporları:

İşletmeden çıkarma sürecini doğrudan etkileyecek ya da bu süreçten etkilenecek olan yerel halk, sivil toplum kuruluşları, kamu kurumları ve diğer paydaşlarla yapılan ve gelecekte yapılması planlanan istişarelere, sosyal katılım raporlarına bu bölümde yer verilir.

Maliyetler:

İlk planda makul varsayımlara dayalı ortalama bir tahmin verisinin yer aldığı bu bölümde, ilerleyen süreçte maliyet tahmininin hangi metodolojilerle yapılacağı açıklanır. Sonraki

güncellemelerde tahminin sistematik ve parametrik bir şekilde hesaplanması, belirli periyotlarla güncellenmesi esastır. Projenin son raporunda yer alacak maliyet tahmini ise artık tahminden daha çok bütçe niteliği taşıyacaktır.

Finansal Güvenlik (Maddi Güvence):

İşletmeden çıkarma yükümlülüklerinin eksiksiz yerine getirilmesini garanti altına alacak fon teminatının (garantilerin) hangi sıklıkla güncelleneceği ve hangi finansal araçlar (emanet hesapları, amortisman fonları vb.) vasıtasıyla temin edileceği bu bölümde açıklanır.

Takvim:

Projenin başlangıcından saha serbestleştirmeye kadar olan tüm alt süreçleri içeren detaylı işletmeden çıkarma proje takvimi sunulur.

Proje Yönetimi ve Onay:

İşletmeden çıkarma operasyonlarının kimlerin veya hangi yüklenicilerin sorumluluğunda gerçekleştirileceği, yürütülen işlerin teknik onayının ve hak edişlerin hangi sıklıkla, hangi otoriteler tarafından verileceği bilgileri kurumsal şema ile değerlendirilir.

Uzun Dönemli Atık Yönetimi:

Nükleer yakıt çubuklarının ve yüksek seviyeli kontamine olmuş atıkların hangi teknik şartlar altında, nasıl, nerede ve ne kadar süreyle emniyetli bir şekilde muhafaza edileceği veya nihai depolamaya tabi tutulacağı bu bölümde açıklanır.

Saha Restorasyonu:

Tesisin yer aldığı fiziksel sahanın ve topoğrafyanın eski haline getirilmesi, doğaya yeniden kazandırılması amacıyla yürütülecek olan mühendislik ve peyzaj tabanlı restorasyon çalışmaları bu başlıkta yer alır.

İşletmeden Çıkarma Sonrası Sahanın İzlenmesi, Bakımı ve Yönetimi:

Kapanış sonrasında sahanın çevresel güvenliğini sağlamak adına yürütülecek uzun vadeli izleme ve bakım faaliyetlerinin sıklığı, bu faaliyetlerin hukuki sorumluluk beyanı bu bölümde yer alır.

Destekleyici Çalışmalar:

Planın hazırlanması, veri tabanının oluşturulması ve mühendislik hesaplamalarının yapılması sürecinde teknik bilgi ve danışmanlık alınan uzmanlar, akademik kurumlar, laboratuvarlar ve yararlanılan kılavuz çalışmalar listelenir.

2.2.5 İşletmeden çıkarma maliyeti ve fon yönetimi

Nükleer santral lisanslama süreçlerinin bir ön koşulu olarak birçok ülkede, işletmeden çıkarma planının ve buna bağlı maliyet tahminlerinin idareye sunulması yasal bir zorunluluktur. İşletmeden çıkarma maliyetlerini temel olarak projenin fiziksel büyüklüğü, teknik karmaşıklığı ve coğrafi konumu etkilemektedir. Sürecin barındırdığı finansal riskleri minimize edebilmek adına, maliyet tahminlerinin alanında uzman profesyonellerce yapılması gerçekçi bir planlamanın zeminini oluşturur. Ayrıca, maliyet tahmininin yatırımcı işletme tarafından bağımsız üçüncü bir tarafa yaptırılması, kamunun süreç üzerindeki denetimini güçlendirirken, işletmeden çıkarma sorumluluğunun risk paydaşları arasında dengeli dağıtılmasına da yardımcı olur.

Maliyet tahminleri; mühendislik kalitesi, donanım tedariki, işçilik maliyetleri ve tercih edilen finansman mekanizması gibi faktörlere bağlıdır. Özellikle sermaye maliyetlerinin kontrol altında tutulması, nükleer enerjinin diğer geleneksel ve yenilenebilir kaynaklarla rekabet edebilir kalması açısından stratejik bir öneme sahiptir (Devgun, 2013, s. 17). Bu doğrultuda maliyet tahminleme çalışmaları, santral kurulum projesinin tasarım ve inşa aşamasında başlatılmalı ve projenin genel iş planına dahil edilmelidir. Tesisin işletme ömrü boyunca; tesis koşullarındaki fiziksel değişiklikler, güvenlik veya atık yönetimi mevzuatındaki güncellemeler, benzer projelerden elde edilen geri bildirimler ve söküm teknolojilerindeki dönüşümler nedeniyle maliyet tahminlerinin belirli periyotlarla revize edilmesi gerekir (Grenovillet, 2013, s. 203).

Hesaplanan maliyetler, gerçekleşen tarihsel verilere değil, geleceğe yönelik tahmin verilerine dayandığı için her zaman piyasa ve pazar şartlarının dalgalanmalarına açıktır. Ancak geleneksel bütçelerden farklı olarak işletmeden çıkarma tahminleri, kısa vadeli nakit çıkışlarını değil, uzun vadeli (30-60 yıllık) beklenen yükümlülükleri ifade eder. Kapanış zamanı yaklaştıkça bilgi düzeyi artar, belirsizlikler azalır ve daha gerçekçi rakamlara ulaşılır. Bu dinamik yapı nedeniyle, işletmeden çıkarma planı ve maliyet tahmin raporu belirli aralıklarla güncellenmeli ve işletmeden çıkarmanın hazırlık

aşamasında son güncelleme yapılmalıdır. Sürecin fiili uygulama aşamasındaki toplam maliyetleri en çok etkileyen temel maliyet faktörleri; lojistik maliyetleri, saha faaliyetlerinin gerçekleşme süresi, beklenmedik durum maliyet tahsisleri ve potansiyel pazar fiyatı değişiklikleridir.

Süreç içerisinde sağlanan veriler arttıkça maliyet tahminleri optimize edilir. Proje kapsamında veya risk tanımlarında meydana gelen her değişim doğrudan tahmini maliyetlere yansır; risklerin açık ve kapsamlı bir şekilde modellenmesi, maliyet tahmininin tamlığına ve gerçekçiliğine olan kurumsal güveni artırır. Bu alanda OECD NEA ve IAEA küresel ölçekte lider konumdadır. Özellikle IAEA, fiili işletmeden çıkarma projelerinden elde ettiği ham verileri işleyerek literatüre sunmaktadır. Bu kapsamda faaliyet gösteren çalışma grupları arasında, Araştırma Reaktörü İşletmeden Çıkarma Maliyeti İçin Veri Toplama ve Analizi (DACCORD) projesi ve İşletmeden Çıkarma Risk Yönetimi Uluslararası Projesi (DRiMa) öne çıkmaktadır (Laraia, 2018, s. 87-88).

2.2.5.1 Atık yönetimi

İşletmeden çıkarma sürecindeki en büyük maliyet kalemini genel olarak atık yönetimi oluşturmaktadır. Atık yönetiminde benimsenecek "*geri dönüşüm ve yeniden kullanım*" ile "*doğrudan bertaraf etme*" stratejilerinin her ikisi de benzer seviyede radyolojik tehlikeler barındırır; her iki seçenekte de vücut kontaminasyonunu sağlamak veya radyoaktif tedbirlerin alınması zorunludur. Ancak bu iki strateji, radyolojik olmayan endüstriyel tehlikeler açısından ciddi farklılıklar gösterir. Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım Stratejisi'nde, sökülen malzemelerin işlenmesi esnasında kanserojen veya zehirli kimyasallardan kaynaklanan yeni teknolojik tehlikeler ortaya çıkar; bu tehlikeler ancak yüksek uzmanlık ve yeterli koruma önlemleriyle kontrol edilebilir. Buna karşılık Bertaraf Etme Stratejisi'nde, radyolojik olmayan riskler daha çok tesis dışı lojistik ve depolama faaliyetleriyle bağlantılıdır. Geri dönüşüm seçeneklerinin tamamen göz ardı edilmesi, küresel ölçekte hammadde ihtiyacını artırarak daha fazla madencilik faaliyetine ve buna bağlı endüstriyel risk artışına yol açar (Laraia, 2018, s. 42-43). Atık yönetimi stratejisinin planlamanın en başında seçilmesi kritik bir öneme sahiptir. Çünkü bu tercih toplam atık hacmini, maruziyet dozlarını ve dolayısıyla projenin finansal maliyetini doğrudan belirler.

Fukuşima kazası gibi olayların ardından atık yönetimi maliyetleri kamuoyunda daha fazla ön plana çıkmıştır. Buna karşın bir nükleer santral için en riskli iki finansal unsuru işletmeden çıkarma maliyeti ve kullanılmış yakıt yönetimi maliyetleri oluşturmaktadır. Buradaki en dikkat çeken finansal problem, mevcut işletmeden çıkarma maliyetlerine katlanan hissedarların aynı zamanda yeni tesis yatırımları için finansman sağlamak zorunda kalmalarıdır. Teknolojik belirsizlikler, lisanslama gecikmeleri ve kamuoyu muhalefeti nedeniyle milyarlarca dolarlık sermayenin uzun süreler boyunca kısıtlı kalması riski, ABD gibi ülkelerde federal hükümetin yeni santral projeleri için milyarlarca dolarlık kredi garantileri vermesini zorunlu kılmıştır (Greenberg, 2013, s. 4).

Saha söküm faaliyetleri esnasında malzemelerin hangi düzeyde dekontamine edileceği kararı, sökümden nihai imhaya veya yeniden kullanıma kadar olan tüm süreci kapsayan kapsamlı bir maliyet-fayda analizine dayanır. Atık yönetimi özelinde muhasebeleştirilmesi gereken temel maliyet kalemleri şu şekilde sınıflandırılabilir (Laraia, 2018, s. 43-44):

- Atık kategorilerinde taşıma, kesme, karakterizasyon ve ayırma maliyetleri ile birincil atıkların arındırılması, şartlandırılması, paketlenmesi ve nakliyesi için katlanılan doğrudan maliyetler,
- Yeniden kullanım veya geri dönüşüm için ayrılan malzemelerin yaratacağı hurda değeri,
- Süreç esnasında ortaya çıkan ikincil atıkların işlenmesi, depolanması ve bertaraf edilmesi maliyetleri,
- Doğrudan ve dolaylı işçilik maliyetleri,
- Öngörülemeyen olayların maliyetleri (bertaraf ücretlerindeki değişimler, arındırma sürecindeki verimlilik sapmaları ve yasal temizleme seviyelerinin değiştirilmesi gibi mevzuat riskleri gibi).

2.2.5.2 Maliyet tahmininde kazanılmış değer yönetim sistemi

İşletmeden çıkarma projelerinin maliyet, nakit akışı ve zamanlama açısından gerçek zamanlı olarak izlenmesi, endüstrinin finansal güvenilirliği açısından hayati önem taşır. Planlanan bütçede meydana gelen sapmalar geç kalınmadan tespit edilerek düzeltici önlemler alınmalı ve gelecek dönemdeki bütçelerde güncellemeler yapılmalıdır (Laraia,

2017, s. 20). Bu amaçla, proje yönetiminde ve maliyet kontrolünde yaygın olarak kullanılan Kazanılmış Değer Yönetim Sistemi (EVMS) dahil edilmektedir. İş Kırılım Yapısı (WBS) üzerine inşa edilen EVMS, gerçekleştirilmesi planlanan işin bütçelenmiş maliyeti olan Planlanan Değeri (PV), fiilen tamamlanan işin bütçelenmiş maliyeti olan Kazanılan Değeri (EV) ve tamamlanan iş için harcanan gerçek değeri ifade eden Fiili Maliyetler (AC) ise anlık olarak izlenir. Projenin finansal ve zamansal seyrini belirlemek amacıyla şu temel sapma formülleri kullanılır (Devgun, 2013, s. 20):

Maliyet Sapması (CV) = EV – AC	(2.1)
Zamanlama Sapması (SV) = EV – PV	(2.2)

Hesaplanan bu sapmaların para birimi veya yüzde cinsinden negatif çıkması, projenin bütçe aşımında veya takvimin gerisinde olduğunu gösterir ve yönetime stratejik müdahale imkânı tanır. Doğrudan ölçülemeyen genel yönetim ve destekleyici faaliyetlerin maliyetleri için ise Efor Seviyesi (Level of Effort- LOE) bütçeleme tekniklerinden yararlanılır. Tüm bu veriler Maliyet Performans Raporları (CPR) veya Durum Özeti (SAG) üreten profesyonel proje yazılımları vasıtasıyla raporlanır.

2.2.5.3 Maliyet tahminlerinin karşılaştırılması

Maliyet planlamasının doğruluğu; fiziksel hacimlerin net tespiti, kirlenmeye ilişkin detaylı envanter verileri ve kapsamlı bir risk değerlendirmesinin varlığı ile doğru orantılıdır (Avrupa Parlamentosu, 2013, s. 119). Bir maliyet tahmini, santralin ömrü boyunca varsayımlar değiştikçe güncellenen canlı bir belge olarak kabul edilmelidir (Laguardia, 2017, s. 114). İlk aşamalarda veriler yetersiz olacağı için benzer bir tesisin gerçekleşen maliyet verilerinden hareketle karşılaştırma yapılabilir. Örneğin, işletmeden çıkarma maliyeti ve kurulu gücü bilinen bir nükleer santral referans alınarak, aynı türdeki farklı güçteki bir santralin tahmini maliyeti aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Laguardia, 2017, s. 114):

$\mathbf{C_1 / C_2 = (MWe_1 / MWe_2)^{0.6}}$	(2.3)

C_1: Birinci nükleer santralin işletmeden çıkarma maliyeti

C_2: İkinci nükleer santralin işletmeden çıkarma maliyeti

MWe_1: Birinci nükleer santralin MWe cinsinden kurulu gücü

MWe_2: İkinci nükleer santralin MWe cinsinden kurulu gücü

Çıkan sonuç kesin bir bütçe sunmasa da rasyonel bir karşılaştırma zemini hazırlar. Ancak bu tür maliyet karşılaştırmalarının önünde; doğru gerçek maliyet verilerine erişim zorluğu, kaynakların güvenilmezliği, iş kapsamı ve söküm teknolojisi farklılıkları, paydaş gereksinimleri, atık bertaraf/depolama tarifelerindeki bölgesel farklılıklar, enflasyon farkları ve kullanılmış nükleer yakıtın saha içi veya saha dışı depolanma şekli gibi ciddi yapısal engeller mevcuttur (Laguardia, 2017, s. 112-116). Bu engelleri aşmak ve tahminler ile gerçek sonuçlar arasında rasyonel bir karşılaştırma standardı yakalamak amacıyla, maliyet kalemlerinin uluslararası düzeyde standartlaştırılmış listelerinden yararlanılır; ISDC (International Structure for Decommissioning Costing) bu anlamda nükleer sektöre bir standart sunmaktadır (Bayliss ve Langley, 2003, s. 155).

Ekonomik ve finansal açıdan bakıldığında, işletmeden çıkarma maliyeti yeni bir enerji santralinin yatırım kararlarında dikkate alınması gereken temel bir göstergedir. Buradaki ana finansal riskler; tesis kapatıldığında yürürlükte olacak gelecekteki yasal/çevresel gerekliliklerin bugünden öngörülememesi ve özellikle nükleer santrallerde nihai bir yüksek seviyeli atık deposunun bulunmaması durumunda bertaraf maliyetlerinin yükselmesidir (Grenovillet, 2013, s. 197).

2.2.5.4 Maliyet tahmin yapısı

Literatürde maliyet tahminleri, detay seviyelerine ve güvenilirlik derecelerine göre temelde üç yöntemle gerçekleştirilir (Boelens vd., 2022, s. 2):

- *Birim Başına Hesaplama:* Her bir işin maliyet kaleminin ayrı ayrı hesaplandığı, detay ve güvenilirlik seviyesi en yüksek olan aşağıdan yukarıya yaklaşımdır.
- *Ayrıntılı Toplu Tutar Belirleme:* Her bir ana iş grubu için maliyetlerin tahmin edildiği, iş grubundaki belirsizlik miktarına göre belirli sapmalar barındırabilen yöntemdir.
- *Ayrıntısız Toplu Tutar Belirleme:* Projenin tamamı için tek bir genel tahminin yapıldığı, detay içermediği için sapma payı en yüksek ve güvenilirliği en düşük olan yöntemdir.

Ayrıntılı ve rasyonel bir maliyet tahmin yapısının oluşturulabilmesi için şu beş temel unsurun bir arada bulunması zorunludur: Tahmin Temeli (BoE), tahmin metodolojisi, maliyet tahmin yapısı, WBS/zamanlama ve son olarak belirsizlik analizi (Laguardia, 2017, s. 99).

Maliyet tahmininin ilk unsuru olan ve tahminin üzerine inşa edildiği zemini oluşturan Tahmin temeli (BoE), seçilen işletmeden çıkarma stratejisinin hedeflerini belirler. Kaliteli ve kabul edilebilir bir maliyet tahmini, BoE dokümanında net olarak tanımlanmış şu parametrelere dayandırılmalıdır (Laguardia, 2017, s. 99):

- Proje varsayımları, hariç tutulan unsurlar ve yasal/teknik sınır koşulları,
- Seçilen işletmeden çıkarma stratejisi ve hedeflenen bitiş noktası durumu,
- Paydaş girdileri, tesis tanımı, saha karakterizasyonu ve detaylı radyolojik/tehlikeli madde envanteri,
- Atık yönetimi süreçleri (paketleme, depolama, nakliye ve bertaraf) ile kullanılmış yakıt yönetimi faaliyetleri,
- Kullanılan veri kaynakları (gerçek saha ölçümleri ile uzman tahminleri),
- Tercih edilen bilgisayar yazılımları, hesaplama algoritmaları, program analizi, beklenmedik durum temelleri ile belirsizlik/risk yönetimi senaryoları.

Maliyet tahminin ikinci unsuru olan tahmin metodolojisinde ise literatürde tanımlanan beş temel yaklaşım öne çıkmaktadır (Laguardia, 2017, s. 99-100):

- *Aşağıdan Yukarıya Tekniği:* WBS temelli hiyerarşik bir eklemlenme yapısına sahiptir. En alt kademedeki (5. kademe) iş faaliyet maliyetleri toplanarak iş paketlerine (4. kademe), oradan alt seviye çıktılara (3. kademe), üst seviye çıktılara (2. kademe) ve nihayetinde projenin toplam maliyetine (1. kademe) ulaşılır.
- *Özel Analoji Yöntemi:* Geçmişte tamamlanmış ve mevcut projeyle teknik özellikler, kapasite, kullanılan teknoloji ve çevresel koşullar açısından yüksek benzerlik gösteren sınırlı sayıdaki referans projelerin verilerine dayanır; aradaki yapısal farklar düzeltme katsayıları ile dengelenir.
- *Parametrik Yaklaşım:* Maliyet ile proje parametreleri arasındaki nedensellik ilişkisini matematiksel ve istatistiksel modeller aracılığıyla ifade eder.

- *Maliyet İncelemesi ve Güncelleme:* Mevcut eski maliyet tahminlerinin güncel makroekonomik veriler (enflasyon, endeksler) ve teknik koşullar doğrultusunda güncellenmesidir.
- *Uzman Görüşü:* Geçmiş verilerin yetersiz olduğu durumlarda, alanda yüksek deneyime sahip uzmanların bilgisine ve sübjektif değerlendirmelerine başvurulmasını ifade eder.

Tahminin üçüncü unsuru olan maliyet tahmin yapısını kategorize etmek, risklerin bütçe üzerindeki etkilerini analiz etmeyi kolaylaştırır. Bu amaçla maliyet unsurları; faaliyete bağlı, döneme bağlı, teminat/özel kalem, acil durum ve hurda/kurtarma maliyetleri olarak beş ana başlıkta bölümlendirilir. Bu kategorilerin operasyonel karşılıkları şu şekildedir (Laguardia, 2017, s. 100-102):

Faaliyete Bağlı Maliyetler:

Sahadaki fiili söküm ve arındırma işleri yürütüldükçe ortaya çıkan harcamalardır. Örneğin arındırma, atık paketleme, nakliye ve bertaraf uygulamaları bu gruptadır. Boru, vana, pompa, tank, beton ve yapısal çeliğin kaldırılması gibi tekrarlayan nitelikteki standart faaliyetlerin maliyetleri şu formülle hesaplanır (Laguardia, 2017, s. 102):

Faaliyet Maliyeti = Stok Miktarı × Birim Maliyet Faktörü (UCF)	(2.4)

Buradaki Birim Maliyet Faktörleri (UCF), aşağıdan yukarıya tahmin yönteminde iş zorluğu ve verimlilik faktörlerini yansıtacak şekilde tarihsel deneyimlerle güncellenir. Buna karşılık; reaktör kabının parçalara ayrılması, buhar jeneratörünün çıkarılması veya sıcak hücre yıkımı gibi tekrar etmeyen, yüksek riskli ve benzersiz faaliyetler ise ekip/işçi-saat ve program süresi metodolojisiyle tahmin edilir (Laguardia, 2017, s. 104). Toplam maliyet, bu iki grubun toplamından oluşur.

Döneme Bağlı Maliyetler:

Projenin ömrü ve takvimi ile doğrudan ilişkili olan, program yönetimi, lisanslama süreçleri, iş sağlığı ve güvenliği, izleme faaliyetleri, mühendislik hizmetleri ve kalite yönetimi gibi süreç boyunca kesintisiz devam eden genel gider niteliğindeki maliyetlerdir.

Teminat ve Özel Kalem Maliyetleri:

Ağır söküm ekipmanlarının kiralanması, saha hazırlıkları, sigorta poliçeleri, emlak vergileri, kişisel koruyu donanımlar, sıvı radyoaktif atık işleme tesis maliyetleri ve bağımsız denetim ücretleri gibi özel kalemleri içerir.

Acil Durum (Belirsizlik Tahsisi- Contingency):

Proje kapsamında öngörülemeyen, operasyonel gecikmeler, hava muhalefeti, ekipman arızaları, işçi grevleri, atık kabul kriterlerindeki ani değişiklikler gibi ideal koşullardan sapmalara karşı ayrılan karşılıklardır. Eski modellerde toplam bütçeye standart olarak %25 eklenirken, modern muhasebe ve risk yönetiminde belirsizlik derecesini daha rasyonel yansıtması amacıyla her bir WBS satırına kendine has risk oranlarına göre dinamik bir belirsizlik payı uygulanmaktadır.

Hurda ve Kurtarma:

Süreç esnasında geri kazanılarak satışı yapılabilen kirlenmemiş sistem ve yapıların satış değerini ifade eder. Toplam maliyet yükümlülüğünü azaltan bir unsur olarak değerlendirilir.

Maliyet tahmininde dördüncü unsur olan WBS ve zamanlama yapısında WBS, maliyet öğelerini ve çalışma etkinliklerini birbiriyle doğrudan veya dolaylı ilişkisi olan mantıksal ve hiyerarşik gruplar halinde sınıflandırır. Bu çalışma grupları, bütçeleme ve maliyet kontrolünün muhasebesel olarak izlenmesini sağlayan kurumsal hesap planı ile doğrudan entegredir. Bir WBS yapısında üç bileşenin tanımlanması zorunludur (Laguardia, 2017, s. 105):

WBS Seviyeleri: En üst seviyede genel projenin (Seviye 1), ikinci seviyede maliyetlerin birleştirileceği ana maliyet gruplarının (Seviye 2), üçüncü seviyede ise doğrudan ve dolaylı maliyet kategorilerinin ana bileşen parçalarının (Seviye 3) yer aldığı, maliyet tabanını şeffaflaştıran hiyerarşik düzendir.

WBS Sözlüğü: Programda gerçekleşen tüm ilişkili etkinliklerin, iş paketlerinin ve dönemsel olayların teknik kapsamını ayrıntılı olarak açıklayan sözlüktür.

Hesap Planı: Kurumsal proje yönetimi veya muhasebe yazılımlarının maliyet kategorilerini tanımladığı yapıdır. İşçilik, ekipman, sarf malzemeleri, sermaye harcamaları, lojistik ve bertaraf hizmetleri gibi bireysel maliyet kalemlerinin bütçelendiği ve fiili maliyet kontrolünün yürütüldüğü muhasebe sistemidir.

WBS yapısı, doğası gereği bütçe kontrollerini de kolaylaştıran bir maliyet izleme yapısı sunar. Bu kapsamda OECD NEA, maliyet kontrollerinin standardizasyonunu sağlamak amacıyla, aylık bazda düzenlenecek maliyet performans raporlamalarında DOE'nin uyguladığı ve projenin finansal sağlığını şeffaf bir şekilde ortaya koyan şu standart raporlama setinin kullanılmasını tavsiye etmektedir:

- *Maliyet Performans Raporu (CPR) Format 1- İş Kırılım Yapısı (WBS):* Tablo 2.5'te projenin maliyet ve zamanlama performansını doğrudan WBS içerikleri bazında; PV, EV, AC verileri ile CV ve SV sapmalarını içerecek şekilde sunan ana rapordur.
- *Maliyet Performans Raporu (CPR) Format 2- Organizasyonel Kırılım Yapısı (OBS):* Tablo 2.6'da projedeki maliyet ve zamanlama performansını, işi fiilen yürüten departmanlar, alt yükleniciler veya sorumlu gruplar (OBS) bazında analiz eden yönetim raporudur.
- *Maliyet Performans Raporu (CPR) Format 3- Temel Çizgi Değişim Raporu (Baseline):* Tablo 2.7'de projenin bütçelenmiş toplam maliyet ve zamanlama temel çizgisinde süreç içerisinde meydana gelen bütçe güncellemelerini ve fon transferlerini izleyen rapordur.
- *Maliyet Performans Raporu (CPR) Format 4- Personel/İş Gücü Tahmini (Manpower):* Tablo 2.8'de projenin kalan süresi boyunca ihtiyaç duyulacak iş gücü hacmini kategoriler bazında aylık olarak tahmin eden ve raporlayan kaynak planlama çizelgesidir.
- *Maliyet Performans Raporu (CPR) Format 5- Sapma Analizi Raporu (Explanatory Report):* Tablo 2.9'da Format 1 ve Format 2'de tespit edilen kritik maliyet ve zamanlama sapmalarının ana nedenlerini teknik olarak açıklayan, bu sapmaların projenin nihai tamamlanma maliyetine olan etkilerini analiz eden ve düzeltici eylem planlarını içeren analitik rapordur.

Tablo 2.5

Format 1: İş Kırılım Yapısı (WBS)

Format 1: İş Kırılım Yapısı

<table>
<tr><td colspan="9">SÖZLEŞME PERFORMANS RAPORU
FORMAT 1 – İŞ KIRILIM YAPISI</td><td>Form Onaylı
OMB No:
0704-0188</td></tr>
<tr><td colspan="10">Bu bilgi koleksiyonuna ilişkin kamuya raporlama yükünün, talimatların gözden geçirilmesi, mevcut veri kaynaklarının araştırılması, ihtiyaç duyulan verilerin toplanması ve sürdürülmesi ve bilgi toplamanın tamamlanması ve gözden geçirilmesi süresi de dahil olmak üzere yanıt başına ortalama 3,1 saat olduğu tahmin edilmektedir. Bu yük tahmini veya yükün hafifletilmesine yönelik öneriler de dahil olmak üzere bu bilgi koleksiyonunun diğer yönleriyle ilgili yorumlarınızı Savunma Bakanlığı İdari Hizmetler Direktörlüğü'ne (0704-0188) gönderin. Katılımcılar, herhangi bir yasa hükmüne bakılmaksızın, mevcut geçerli bir OMB kontrol numarasını göstermeyen bir bilgi koleksiyonuna uymamaktan dolayı hiç kimsenin herhangi bir cezaya tabi tutulmayacağını bilmelidir. LÜTFEN FORMUNUZU YUKARIDAKİ KURULUŞA GÖNDERMEYİNİZ. TAMAMLANMIŞ FORMLARI SÖZLEŞME GEREKSİNİMLERİNE UYGUN OLARAK GÖNDERİN.</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Yüklenici</td><td colspan="3">2. Yüklenici</td><td colspan="3">3. Program</td><td>4.Rapor</td></tr>
<tr><td colspan="3">A. İsim</td><td colspan="3">A. İsim</td><td colspan="3">A. İsim</td><td>A. (Tarih) İtibariyle</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">B. Konum (Adres ve Posta Kodu)</td><td colspan="3">B. Sayı</td><td colspan="3">B. Faz</td><td>B. (Tarih) Kadar</td></tr>
<tr><td colspan="2">C. Tip</td><td>D. Pay Oranı</td><td colspan="3">C. EVMS Kabul
Hayır Evet (Tarih)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="10">5. Sözleşme Verileri</td></tr>
<tr><td>A. Miktar</td><td>B. Müzakere Edilmiş Maliyet</td><td>C. Maliyet Tahmini İzinli Fiyatlandırılmamış İş</td><td colspan="2">D. Hedef Kar/Ücret</td><td>E. Hedef Fiyat</td><td colspan="2">F. Tahmin Edilen Fiyat</td><td>G. Sözleşme Tavanı</td><td>H. Sözleşme Tavanının Tahmini</td><td>İ. OTB/OTS Tarihi</td></tr>
<tr><td colspan="4">6. Tamamlanma Anında Tahmini Maliyet</td><td colspan="6">7. Yüklenicinin Yetkili Temsilcisi</td></tr>
<tr><td></td><td>Tamamlanma Sonunda Yönetim Tahmini (1)</td><td>Sözleşme Bütçe Tabanı (2)</td><td>Sapma (3)</td><td colspan="4">A. İsim</td><td colspan="2">B. Başlık</td></tr>
<tr><td>A. En İyi Senaryo</td><td></td><td></td><td></td><td colspan="6" rowspan="3">C. İmza</td><td rowspan="3">D. İmzalanma Tarihi</td></tr>
<tr><td>B. En Kötü Senaryo</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>C. Büyük İhtimalle</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Tablo 2.5 (Devam) *Format 1: İş Kırılım Yapısı (WBS)*

8. Performans Verileri																
Madde (1)	**Cari Dönem**					**Bugüne Kadar Kümülatif**					**Ayarlamaların Programlanması**			**Tamamlandığında**		
	Bütçelenmiş Maliyet		**Yapılan İşin Gerçek Maliyeti (4)**	**Sapma**		**Bütçelenmiş Maliyet**		**Yapılan İşin Gerçek Maliyeti (9)**	**Sapma**					**Bütçelenmiş (14)**	**Tahmini (15)**	**Sapma (16)**
	Çalışma Planlanmış (2)	**Yapılan İşler (3)**		**Planlanmış (5)**	**Maliyet (6)**	**Çalışma Planlanmış**	**Yapılan İşler (8)**		**Planlanmış (10)**	**Maliyet (11)**	**Maliyet Sapması (12a)**	**Program Sapması (12b)**	**Bütçe (13)**			
A. İş Dağılımı Yapı Eleman																
B. Para Maliyeti																
C. Genel Yönetim																
D. Dağıtılmamış Bütçe																
E. Alt toplam (Performans Ölçümü Temel Çizgisi)																
F. Yönetim Rezervesi																
G. Toplam																
9. Sözleşme Bütçe Tabanının Mutabakatı																
A. Varyans Ayarı																
B. Toplam Sözleşme Sapması																

Kaynak: (OECD NEA, 2012a, s.45)

Tablo 2.6

Format 2: Organizasyonel Dağılım Yapısı (OBS)

Format 2: Organizasyonel Kategoriler

<table>
<tr><td colspan="9">SÖZLEŞME PERFORMANS RAPORU
FORMAT 2 - ORGANİZASYONEL KATEGORİLER</td><td>Form Onaylı OMB No: 0704-0188</td></tr>
<tr><td colspan="10">Bu bilgi koleksiyonuna ilişkin kamuya raporlama yükünün, talimatların gözden geçirilmesi, mevcut veri kaynaklarının araştırılması, ihtiyaç duyulan verilerin toplanması ve sürdürülmesi ve bilgi toplamanın tamamlanması ve gözden geçirilmesi süresi de dahil olmak üzere yanıt başına ortalama 3,1 saat olduğu tahmin edilmektedir. Bu yük tahmini veya yükün hafifletilmesine yönelik öneriler de dahil olmak üzere bu bilgi koleksiyonunun diğer yönleriyle ilgili yorumlarınızı Savunma Bakanlığı İdari Hizmetler Direktörlüğü'ne (0704-0188) gönderin. Katılımcılar, herhangi bir yasa hükmüne bakılmaksızın, mevcut geçerli bir OMB kontrol numarasını göstermeyen bir bilgi koleksiyonuna uymamaktan dolayı hiç kimsenin herhangi bir cezaya tabi tutulmayacağını bilmelidir. LÜTFEN FORMUNUZU YUKARIDAKİ KURULUŞA GÖNDERMEYİNİZ. TAMAMLANMIŞ FORMLARI SÖZLEŞME GEREKSİNİMLERİNE UYGUN OLARAK GÖNDERİN.</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Yüklenici</td><td colspan="3">2. Yüklenici</td><td colspan="3">3. Program</td><td>4. Rapor Dönemi</td></tr>
<tr><td colspan="3">A. İsim</td><td colspan="3">A. İsim</td><td colspan="3">A. İsim</td><td>A. (Tarih) İtibariyle</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">B. Konum</td><td colspan="3">B. Sayı</td><td colspan="3">B. Faz</td><td rowspan="2">B. (Tarih) Kadar</td></tr>
<tr><td>C. Tip</td><td colspan="2">D. Pay Oranı</td><td colspan="3">C. EVMS Kabul</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="3"></td><td>Hayır</td><td></td><td>Evet (Tarih)</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="10">5. Sözleşme Verileri</td></tr>
<tr><td>A. Miktar</td><td>B. Müzakere Edilmiş Maliyet</td><td>C. Maliyet Tahmini İzinli Fiyatlandırılmamış İş</td><td>D. Hedef Kar/Ücret</td><td>E. Hedef Fiyat</td><td>F. Tahmin Edilen Fiyat</td><td>G. Sözleşme Tavanı</td><td colspan="2">H. Sözleşme Tavanının Tahmini</td><td>İ. OTB/OTS Tarihi</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
</table>

Tablo 2.6 (Devam) *Format 2: Organizasyonel Dağılım Yapısı (OBS)*

6. Performans Verileri																
Madde (1)	**Cari Dönem**					**Bugüne Kadar Kümülatif**					**Ayarlamaların Programlanması**			**Tamamlandığında**		
	Bütçelenmiş Maliyet		**Yapılan İşin Gerçek**	**Sapma**		**Bütçelenmiş Maliyet**		**Yapılan İşin Gerçek Maliyeti (9)**	**Sapma**					**Bütçelenmiş (14)**	**Tahmini (15)**	**Sapma (16)**
	Planlanmış Çalışma (2)	**Yapılan İşler (3)**		**Planlanmış (5)**	**Maliyet (6)**	**Çalışma Planlanmış (7)**	**Yapılan İşler (8)**		**Planlanmış (10)**	**Maliyet (11)**	**Maliyet Sapması (12a)**	**Program Sapması (12b)**	**Bütçe (13)**			
A. Organizasyonel Kategoriler																
B. Para Maliyeti																
C. Genel Yönetim																
D. Dağıtılmamış Bütçe																
E. Alt Toplam (Performans Ölçümü Temel Çizgisi)																
F. Yönetim Rezervesi																
G. Toplam																

Kaynak: (OECD NEA, 2012a, s.46)

Tablo 2.7

Format 3: Temel Çizgi

Format 3 - Temel Çizgisi

SÖZLEŞME PERFORMANS RAPORU FORMAT 3 - TEMEL ÇİZGİSİ													**Form Onaylı OMB No: 0704-0188**
Bu bilgi koleksiyonuna ilişkin kamuya raporlama yükünün, talimatların gözden geçirilmesi, mevcut veri kaynaklarının araştırılması, ihtiyaç duyulan verilerin toplanması ve sürdürülmesi ve bilgi toplamanın tamamlanması ve gözden geçirilmesi süresi de dahil olmak üzere yanıt başına ortalama 3,1 saat olduğu tahmin edilmektedir. Bu yük tahmini veya yükün hafifletilmesine yönelik öneriler de dahil olmak üzere bu bilgi koleksiyonunun diğer yönleriyle ilgili yorumlarınızı Savunma Bakanlığı İdari Hizmetler Direktörlüğü'ne (0704-0188) gönderin. Katılımcılar, herhangi bir yasa hükmüne bakılmaksızın, mevcut geçerli bir OMB kontrol numarasını göstermeyen bir bilgi koleksiyonuna uymamaktan dolayı hiç kimsenin herhangi bir cezaya tabi tutulmayacağını bilmelidir. LÜTFEN FORMUNUZU YUKARIDAKİ KURULUŞA GÖNDERMEYİNİZ. TAMAMLANMIŞ FORMLARI SÖZLEŞME GEREKSİNİMLERİNE UYGUN OLARAK GÖNDERİN.												
1. Yüklenici			**2. Yüklenici**						**3. Program**				**4. Rapor Dönemi**
A. İsim			**A. İsim**						**A. İsim**				**A. (Tarih) İtibariyle**
B. Konum			**B. Sayı**						**B. Faz**				**B. (Tarih) Kadar**
			C. Tip			**D. Pay Oranı**			**C. EVMS Kabul**				
										Hayır		**Evet (Tarih)**	
5. Sözleşme Verileri													
A. Orijinal Müzakere Edilmiş Maliyet	**B. Müzakere Edilmiş Sözleşme Değişiklikleri**	**C. Mevcut Müzakere Edilmiş Maliyet (A+B)**	**D. Yetkili Fiyatlandırılmayan Çalışmanın Tahmini Maliyeti**			**E. Sözleşme Bütçesi Tabanı (C+D)**		**F. Toplam Ayrılan Bütçe**			**G. Fark (E-F)**		**H. Sözleşme Başlangıç Tarihi (Tarih)**		**I. Sözleşme Tamamlanma Tarihi (Tarih)**
J. Planlanan Tamamlanma Tarihi (Tarih)	**K. Sözleşme Bitiş Tarihi (Tarih)**	**L. Tahmini Tamamlanma Tarihi (Tarih)**													

Tablo 2.7 (Devam) *Format 3: Temel Çizgi*

6. Performans Verileri															
Madde (1)	**Bcws Bugüne Kadar Kümülatif (2)**	**Rapor Dönemi İçin Bcws (3)**	**Zaman Planlı İş İçin Bütçe Maliyeti (Bcws) (Kümülatif Olmayan)**											**Dağıtılmamış Bütçe**	**Toplam Bütçe (16)**
			Altı Aylık Tahmin (Ayın Adlarını Girin)						**Belirtilen Dönemleri Girin**						
			+1 (4)	**+2 (5)**	**+3 (6)**	**+4 (7)**	**+5 (8)**	**+6 (9)**	**(10)**	**(11)**	**(12)**	**(13)**	**(14)**		
A. Performans Ölçüm Esasları (Dönem Başı)															
B. Rapor Döneminde İzin Verilen Ana Değişiklikler															
C. Performans Ölçüm Esasları (Dönem Sonu)															
7. Yönetim Yedeği															
8. Toplam															

Kaynak: (OECD NEA, 2012a, s.47)

Tablo 2.8

Format 4: Personel (İnsan Gücü)

Format 4: Personel

SÖZLEŞME PERFORMANS RAPORU **FORMAT 4 - PERSONEL**													**Form Onaylı OMB No: 0704-0188**
Bu bilgi koleksiyonuna ilişkin kamuya raporlama yükünün, talimatların gözden geçirilmesi, mevcut veri kaynaklarının araştırılması, ihtiyaç duyulan verilerin toplanması ve sürdürülmesi ve bilgi toplamanın tamamlanması ve gözden geçirilmesi süresi de dahil olmak üzere yanıt başına ortalama 3,1 saat olduğu tahmin edilmektedir. Bu yük tahmini veya yükün hafifletilmesine yönelik öneriler de dahil olmak üzere bu bilgi koleksiyonunun diğer yönleriyle ilgili yorumlarınızı Savunma Bakanlığı İdari Hizmetler Direktörlüğü'ne (0704-0188) gönderin. Katılımcılar, herhangi bir yasa hükmüne bakılmaksızın, mevcut geçerli bir OMB kontrol numarasını göstermeyen bir bilgi koleksiyonuna uymamaktan dolayı hiç kimsenin herhangi bir cezaya tabi tutulmayacağını bilmelidir. LÜTFEN FORMUNUZU YUKARIDAKİ KURULUŞA GÖNDERMEYİNİZ. TAMAMLANMIŞ FORMLARI SÖZLEŞME GEREKSİNİMLERİNE UYGUN OLARAK GÖNDERİN.												
1. Yüklenici			**2. Yüklenici**						**3. Program**				**4. Rapor Dönemi**
A. İsim			**A. İsim**						**A. İsim**				**A. (Tarih) İtibariyle**
B. Konum			**B. Sayı**						**B. Faz**				
			C. Tip		**D. Pay Oranı**				**C. EVMS Kabul**				**B. (Tarih) Kadar**
										Hayır		**Evet (Tarih)**	
5. Performans Verileri													
Organizasyon Kategorisi (1)	**Gerçek Cari Dönem (2)**	**Gerçek Cari Dönem Sonu (Kümülatif) (3)**	**Tahmin (Kümülatif Olmayan)**										**Tamamlandığında (15)**
			Ay Bazında Altı Aylık Tahmin (Ayın Adlarını Girin)						**Belirtilen Dönemleri Girin**				
			+1 (4)	**+2 (5)**	**+3 (6)**	**+4 (7)**	**+5 (8)**	**+6 (9)**	**(10)**	**(11)**	**(12)**	**(13)**	**(14)**
6. Toplam Doğrudan													

Kaynak: (OECD NEA, 2012a, s.48)

Tablo 2.9

Format 5: Sapma Analizi Raporu (Açıklama ve Problem Analizi ile)

Format 5: Sapma Analizi

<table>
<tr><td colspan="5">SÖZLEŞME PERFORMANS RAPORU
FORMAT 5 - AÇIKLAMALAR VE SORUN ANALİZLERİ</td><td>Form Onaylı OMB No: 0704-0188</td></tr>
<tr><td colspan="6">Bu bilgi koleksiyonuna ilişkin kamuya raporlama yükünün, talimatların gözden geçirilmesi, mevcut veri kaynaklarının araştırılması, ihtiyaç duyulan verilerin toplanması ve sürdürülmesi ve bilgi toplamanın tamamlanması ve gözden geçirilmesi süresi de dahil olmak üzere yanıt başına ortalama 3,1 saat olduğu tahmin edilmektedir. Bu yük tahmini veya yükün hafifletilmesine yönelik öneriler de dahil olmak üzere bu bilgi koleksiyonunun diğer yönleriyle ilgili yorumlarınızı Savunma Bakanlığı İdari Hizmetler Direktörlüğü'ne (0704-0188) gönderin. Katılımcılar, herhangi bir yasa hükmüne bakılmaksızın, mevcut geçerli bir OMB kontrol numarasını göstermeyen bir bilgi koleksiyonuna uymamaktan dolayı hiç kimsenin herhangi bir cezaya tabi tutulmayacağını bilmelidir. LÜTFEN FORMUNUZU YUKARIDAKİ KURULUŞA GÖNDERMEYİNİZ. TAMAMLANMIŞ FORMLARI SÖZLEŞME GEREKSİNİMLERİNE UYGUN OLARAK GÖNDERİN.</td></tr>
<tr><td>1. Yüklenici</td><td colspan="2">2. Yüklenici</td><td colspan="2">3. Program</td><td>4. Rapor Dönemi</td></tr>
<tr><td>A. İsim</td><td colspan="2">A. İsim</td><td colspan="2">A. İsim</td><td>A. (Tarih) İtibariyle</td></tr>
<tr><td rowspan="3">B. Konum</td><td colspan="2">B. Sayı</td><td colspan="2">B. Faz</td><td rowspan="3">B. (Tarih) Kadar</td></tr>
<tr><td>C. Tip</td><td>D. Pay Oranı</td><td colspan="2">C. EVMS Kabul</td></tr>
<tr><td></td><td>Hayır</td><td>Evet (Tarih)</td></tr>
<tr><td colspan="6">5. Değerlendirme</td></tr>
<tr><td colspan="3"><u>Tartışma aşağıdakileri içermelidir ancak bunlarla sınırlı değildir:</u>

Özet Analizi:
Genel Sözleşme Farklılıklarının Özeti
EAC'ler arasındaki farklar (Blok 6.a., 6.b., 6.c. veya Blok 8.15)
Dağıtılmamış Bütçedeki Değişiklikler
Yönetim Rezervindeki Değişiklikler
Temelde (BCWS) (Format 3) önemli zaman aşamalı kaymalar
Önemli Zaman aşamalı vardiyalar veya Tahmini Personelde genel değişiklikler (Format 4)
Hedefin Üzerindeki Temel Çizginin ve/veya Hedefin Üzerindeki Çizelgenin dahil edilmesinin tartışılması</td><td colspan="3"><u>Önemli Farklılıkların Analizi (her birini tanımlayın ve açıklayın):</u>
Farklılığın Türü ve Büyüklüğü
Önemli Sebeplerin Açıklaması
Acil Görev Üzerindeki Etkisi
Toplam Sözleşme Üzerindeki Etkisi
Alınan veya Planlanan Düzeltici Faaliyetler</td></tr>
</table>

Kaynak: (OECD NEA, 2012a, s.49)

Maliyet tahmininin beşinci ve son unsuru olan belirsizlik analizinde, beklenmedik durum payları belirli bir artış yerine, kalem bazında ve tüm alt maliyet kategorilerine (faaliyete bağlı, döneme bağlı, teminat vb.) kendi risk unsurlarına göre dinamik olarak uygulanmalıdır (Laguardia, 2017, s. 101). İşletmeden çıkarma projelerinin maliyet tahmin mimarisini, geleneksel mühendislik ve inşaat projelerinin maliyet tahmininden ayıran temel fark, işletmeden çıkarma projelerinin öncelikli ve nihai amacının ticari bir kârlılık olmaması, aksine yasal uyumluluk, çevresel sürdürülebilirlik ve radyolojik risklerin bertaraf edilmesi üzerine kurgulanmasıdır (Adedipe ve Shafiee, 2021, s. 350).

2.2.5.5 Maliyet tahmini dokümantasyonu

Hesaplanan bu maliyet tahminlerinin, yasal bir zorunluluk gereği düzenleyici otoritelere sunulması veya projede şeffaflığı sağlamak amacıyla finansal paydaşlarla paylaşılması amacıyla standart formatlarda raporlanması gerekir. OECD NEA standartlarına göre, nükleer santraller için hazırlanacak bir işletmeden çıkarma planında yer alacak maliyet tahmini çalışma raporunun asgari olarak şu başlıkları içermesi öngörülmektedir (OECD NEA, 2015, s. 40):

- Onaylar
- Revizyon günlüğü
- Yönetici özeti
- Giriş
- Tesis tanımı ve karakterizasyon verileri
- İşin kapsamı, varsayımlar, hariç tutulanlar, sözleşme stratejisi
- İş kırılım yapısı, kodlama sistemi ve WBS sözlük
- Tahminin temeli
- Sökme/Arındırma yöntemleri ve teknolojileri
- Maliyet tahmini
- Program
- Karşılaştırmalar
- Risk analizi ve belirsizlik yönetimi
- Kritik yol analizi
- Öneriler, stratejik fırsatlar ve yenilikler
- Kalite yönetim planı
- Referanslar ve kaynakça
- Kısaltmalar dizini
- Ekler ve destekleyici alt raporlar:
  1. Atık sınıflandırması
  2. Ekipman, malzeme ve yapıların envanter listesi
  3. Bilgi talebi dokümanları

4. Ayrıntılı maliyet tahmini
5. Proje zaman çizelgeleri
6. Karşılaştırmalar
7. Risk kaydı
8. Risk analizi
9. Kritik yol çizelgesi
10. Kalite güvencesi proje planı
11. Tahmini akış şeması

Nükleer santrallerin işletmeden çıkarma süreçlerinde, hem yönetimsel kararlar için ihtiyaç duyulan teknik dokümantasyonu sağlamak hem de dönemsel maliyet verilerini düzenli bir yapıda sunmak amacıyla, NRC belirli tabloların kullanılmasını tavsiye etmektedir. Bu raporlar aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.10 işletmeden çıkarma maliyetlerini işletmeden çıkarmanın dört döneminde gösterilmesi için kullanılmaktadır. Maliyetleri yıllık toplamlar olarak gösteren özet niteliğinde bir tablodur.

Tablo 2.10

İşletmeden Çıkarma Maliyetlerini Döneme Göre Tablolaştırmak İçin Önerilen Biçim

İşletmeden Çıkarma Süresi (Yıl) / İşletmeden Çıkarma Maliyeti (Milyon Dolar)					
Seçilen İşletmeden Çıkarma Seçeneği DECON* veya SAFSTOR**	**Dönem 1**	**Dönem 2**	**Dönem 3**	**Dönem 4**	**Cari Yıl**
	Planlama ve Hazırlık	**Tesis Devre Dışı Bırakma**	**Güvenli Depolama İşlemleri**	**Sökme**	**Toplam Maliyet**
Dönem Yılları					
Dönem Maliyeti					

* DECON: Anında işletmeden çıkarma

** SAFSTOR: Ertelemeli işletmeden çıkarma

Kaynak: (NRC, 2001, s.22)

Tablo 2.11, Tablo 2.10'un daha detaylandırılmış şekildir. Özellikle uzun vadeli atık depolama maliyetleri de bu tabloda gösterilmektedir.

Tablo 2.11

Beklenen Maliyetler Tablosu İçin Önerilen Biçim

İşletmeden Çıkarma Faaliyeti	Tahmini İşletmeden Çıkarma Maliyeti (Yıllık Milyon Dolar)				
	Dönem 1 (X.X Yıl)	Dönem 2 (X.X Yıl)	Dönem 3 (X.X Yıl)	Dönem 4 (X.X Yıl)	Süre (X.X Yıl)
	Planlama ve Hazırlık	Tesis Devre Dışı Bırakma	Güvenli Depolama İşlemleri	Sökme	Toplam Maliyet
Radyoaktif Bileşen Çıkarma					
Arındırma ve Sökme					
Yönetim ve Destek					
LLW* Paketleme					
LLW Nakliye					
LLW Gömü / Atık Satıcısı					
Toplam Maliyet					

* LLW: Düşük seviyeli atık

Kaynak: (NRC, 2001, s.22)

Tablo 2.12'de kirlenmiş ekipman ve boruların listesi raporlanmaktadır. Arındırma süreci ve seviyesi nükleer santrallerde işletmeden çıkarma maliyeti üzerinde yüksek bir etkiye sahiptir. Yürütülecek işlemlerin tanımlanması ve maliyet hesaplamalarında gerçeğe yakın tahminler yapılabilmesi için detaylandırma önemlidir.

Tablo 2.12

Kirlenmiş Ekipman ve Boruları Listelemek İçin Önerilen Format

Ekipman Kategorisi(*)	**Boru Uzunluğu veya Öğe Sayısı**
Boru çapı > 3 inç	
Boru çapı c 3 inç	
3 inç > valfler	
Valfler c 3 inç	
Her boyutta tank	
100 pound > pompalar	
Pompalar c 100 pound	
Isı eşanjörleri > 100 pound	
Isı eşanjörleri c 100 pound	
Elektrikli bileşenler > 100 pound	
Elektrikli bileşenler c 100 pound	
Çeşitli bileşenler > 100 pound	
Çeşitli bileşenler c 100 pound	
Çapı 4 inç > borular için büyük boru askısı	
C 4 inç çapındaki borular için küçük boru askısı	

(*) *Burada gösterilen ekipman kategorileri örnek olarak gösterilmiştir. Herhangi bir makul kategorizasyon yöntemi kabul edilebilir.*

Kaynak: (NRC, 2001, s.23)

Tablo 2.13'te dekontamine olmuş beton ve metal yüzeyler sunularak kirlenmenin olduğu materyallerin miktarı raporlanmaktadır. Bu tablodan elde edilen veriler maliyet tahmininde ve atık yönetiminde kullanılmaktadır.

Tablo 2.13

Radyolojik Arındırma veya Kaldırma Gerektiren Beton ve Metal Yüzeylerin Listelenmesi İçin Önerilen Format

Bina veya Konum	**Dekontamine Beton Alanı (ft^2)**	**Çıkarılan Beton Hacmi (ft^3)**	**Dekontamine Metal Yüzeylerin Alanı (ft^2)**	**Çıkarılan Metal Yüzeylerin Hacmi (ft^3)**

Kaynak: (NRC, 2001, s.23)

Basınçlı su tipi reaktörler ile kaynar su tipi reaktörlerin bileşenleri birbirinden farklı olduğu için detaylı raporlarda farklılaşma söz konusudur. Basınçlı su tipi reaktörler için

işletmeden çıkarma maliyetlerinin detaylı bir şekilde işletmeden çıkarma dönemlerine göre düzenlendiği rapor Tablo 2.14'te yer almaktadır.

Tablo 2.14

PWR İşletmeden Çıkarma Maliyetlerini Dönemsel Tablolaştırmak İçin Önerilen Biçim

İşletmeden Çıkarma Faaliyeti	**İşletmeden Çıkarma Maliyeti (Tahmini Yıllık Milyon Dolar)**				
	Dönem 1 (X.X Yıl)	**Dönem 2 (X.X Yıl)**	**Dönem 3 (X.X Yıl)**	**Dönem 4 (X.X Yıl)**	**Cari Yıl (X.X Yıl)**
	Planlama ve Hazırlık	**Tesis Devre Dışı Bırakma**	**Güvenli Depolama İşlemleri**	**Sökme**	**Toplam Maliyet**
Radyoaktif Bileşen Çıkarma					
RPV İçlerinin Kaldırılması					
Reaktör Basınçlı Kaplarının Çıkarılması					
Buhar Jeneratörü-Doğrudan Kaldırma					
Buhar Jeneratörü-Basamaklı Maliyetler					
RCS Boru Tesisatı					
Büyük Çeşitli RCS Boruları					
Küçük Çeşitli RCS Boruları					
RCS İzolasyon					
Basınçlandırıcı					
Pressürizatör Tahliye Tankı					
Birincil Pompalar					
Kullanılmış Yakıt Rafları					
Biyolojik Kalkan					
Ara toplam					
Arındırma ve Sökme					
Site Binalarının Arındırılması					
Kirlenmiş Tesisin Uzaklaştırılması					
Ara toplam					

Tablo 2.14 (Devam) *PWR İşletmeden Çıkarma Maliyetlerini Dönemsel Tablolaştırmak için Önerilen Biçim*

Yönetim ve Destek					
Destek Personeli					
Yüklenici Personeli					
Danışman/Diğer Personel					
Fesih Anketi Maliyetleri					
Düzenleyici Maliyetler					
Özel Alet ve Ekipmanlar					
Çevresel İzleme Maliyetleri					
Çamaşırhane Hizmetleri					
Küçük Aletler ve Küçük Ekipmanlar					
Nükleer Sorumluluk Sigortası					
Emlak Vergileri					
Yüklenici Mobilizasyon/Demobilizasyon Maliyetleri					
Buhar Jeneratörü - Dağıtılmamış Maliyetler					
Kimyasal Decon/Deborasyon Enerjisi					
Tesis Gücü Kullanımı					
Ara toplam					
LLW* Paketleme					
LLW Nakliye					
LLW Gömü / Atık Satıcısı					
Toplam					

* LLW: Düşük seviyeli atık

Kaynak: (NRC, 2001, s.24)

Kaynar su tipi reaktörler için işletmeden çıkarma maliyetlerinin detaylı bir şekilde işletmeden çıkarma dönemlerine göre düzenlendiği rapor Tablo 2.15'te yer almaktadır.

Tablo 2.15

BWR İşletmeden Çıkarma Maliyetlerini Döneme Göre Tablolaştırmak İçin Önerilen Biçim

İşletmeden Çıkarma Faaliyeti	İşletmeden Çıkarma Maliyeti (Tahmini Yıllık Milyon Dolar)				
	Dönem 1 (X.X Yıl)	Dönem 2 (X.X Yıl)	Dönem 3 (X.X Yıl)	Dönem 4 (X.X Yıl)	Cari Yıl (X.X Yıl)
	Planlama ve Hazırlık	Tesis Devre Dışı Bırakma	Güvenli Depolama İşlemleri	Sökme	Toplam Maliyet
Radyoaktif Bileşen Çıkarma					
RPV İç Kısımları					
Reaktör Basınçlı Kap ve					
Kurban Kalkanı					
Resirkülasyon Pompaları					
RCS Boru Tesisatı					
RCS Boru İzolasyonu					
Ana Türbin					
Ana Türbin Kondenseri					
Nem Ayırıcı Yeniden Isıtıcılar					
Besi Suyu Isıtıcıları					
Türbin Besleme Pompaları					
Yapısal Kirişler, Plakalar ve Kablo					
Kullanılmış Yakıt Rafları					
Ara toplam					
Arındırma ve Sökme					
Saha Binalarının Arındırılması					
Kirlenmiş Tesisin Uzaklaştırılması					
Ara toplam					
Yönetim ve Destek					
Destek Personeli					
Yüklenici Personeli					
Danışman/Diğer Personel					
Fesih Anketi Maliyetleri					
Düzenleyici Maliyetler					
Özel Alet ve Ekipmanlar					
Çevresel İzleme Maliyetleri					
Çamaşırhane Hizmetleri					
Küçük Aletler ve Küçük Ekipmanlar					
Nükleer Sorumluluk Sigortası					
Yüklenici Mobilizasyon/Demobilizasyon Maliyetleri					
Kimyasal Arındırma Enerjisi					
Tesis Gücü Kullanımı					
Ara toplam					
LLW* Paketleme					
LLW Nakliye					
LLW Gömü / Atık Satıcısı					
Toplam					

* LLW: Düşük seviyeli atık

Kaynak: (NRC, 2001, s.25)

İşletmeden çıkarma maliyetlerinde yüksek bir paya sahip olan atık yönetiminde doğruya en yakın tahminleri gerçekleştirebilmek için faaliyet ve çeşit bazında raporlanması gerekir. Atık yönetimi ile ilgili maliyetlerin sunulduğu rapor Tablo 2.16'da yer almaktadır.

Tablo 2.16

Tipik Atık Gömme Maliyeti ve Hacimleri

İşletmeden Çıkarma Faaliyeti	**Atık Hacmi (ft^3)**	**Ambalaj Maliyeti (Tahmini Yıllık Milyon Dolar)**	**Nakliye Maliyeti (Tahmini Yıllık Milyon Dolar)**	**Gömme Maliyeti (Tahmini Yıllık Milyon Dolar)**
Nükleer Buhar Besleme Sisteminin Kaldırılması				
Kirlenmiş Tesis Sistemlerinin Giderilmesi				
Saha Binalarının Radyolojik Arındırılması				
Kuru Aktif Atık				
Toplam				

Kaynak: (NRC, 2001, s.26)

Tablo 2.17'de işletmeden çıkarma sırasında üretilen atıkların detayları sınıfsal olarak raporlanmaktadır.

Tablo 2.17

Atık Sınıfına Göre Gömü Hacimleri

Atık Sınıfı	**Hacim**	**Yüzde**
Sınıf A		
Sınıf B&C		
C Sınıfından Daha Büyük		
Toplam		

Kaynak: (NRC, 2001, s.26)

Bir diğer önemli işletmeden çıkarma maliyeti kalemi olan işçilik maliyetleri ve personel sayıları Tablo 2.18'de raporlanmaktadır.

Tablo 2.18

İşçilik Gereksinimleri ve İşçilik Maliyetleri

	İşçilik Gereksinimleri (kişi-yıl) ve İşçilik Maliyetleri (Tahmini Yıllık Milyon Dolar)									
	1. Aşama		**2. Aşama**		**3. Aşama**		**4. Aşama**		**Toplam**	
	İşgücü İhtiyacı	**İşçilik Maliyeti**	**İşgücü İhtiyacı**	**İşçilik Maliyeti**	**İşgücü İhtiyacı**	**İşçilik Maliyeti**	**İşgücü İhtiyacı**	**İşçilik Maliyeti**	**İşgücü İhtiyacı**	**İşçilik Maliyeti**
İşletmeden Çıkarma Personeli										
Yönetim / Destek Personeli										
Toplam										

Kaynak: (NRC, 2001, s.26)

2.3 Yenilenebilir Enerji ve Diğer Enerji Tesislerinde İşletmeden Çıkarma

Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel enerji arzındaki payının hızla artması, bu tesislerin yaşam döngüsü yönetimini ve dolayısıyla işletmeden çıkarma kavramını önemli bir gündem maddesi haline getirmiştir. Her ne kadar bu tesislerin söküm süreçleri, nükleer santrallerde karşılaşılan radyoaktif kontaminasyon gibi yüksek düzeyli teknik ve radyolojik riskler içermese de çevresel sürdürülebilirlik ve atık yönetimi açısından benzer sorumluluklar taşımaktadır.

2.3.1 İşletmeden çıkarma stratejileri

Yenilenebilir enerji kaynakları (deniz üstü ve karasal rüzgâr/güneş gibi) ile fosil yakıt tesisleri (açık deniz ve karasal petrol/gaz, baraj gibi) yapısal ve konumsal özellikleri nedeniyle nükleer tesislerden farklı stratejik yaklaşımlar gerektirir. Özellikle açık deniz (offshore) tesislerinde, denizaltı ve yüzer yapıların her biri için duruma özel teknik çözümler geliştirilmelidir. Müdahale alanı sadece tesis çevresiyle sınırlı tutulmayıp, etkilerin zamanla bölgesel ölçeğe yayılma potansiyeli dikkate alınmalıdır (Du ve Zhu, 2022, s.287).

Enerji tesislerinde optimum işletmeden çıkarma stratejisinin belirlenmesinde şu kriterler belirleyici rol oynamaktadır:

- *Fiziksel Durum:* Tesisin yapısal bütünlüğü ve açık deniz tesislerinde deniz altındaki yüksekliği.
- *Teknik Kapasite:* Mevcut uzmanlık, teknoloji ve bertaraf seçenekleri.
- *Yasal ve Finansal Çerçeve:* Ulusal/uluslararası düzenlemeler ve finansman şartları.
- *Çevresel Duyarlılık:* Habitatın hassasiyeti ve kamuoyunun çevresel talepleri.

Örneğin, ABD uygulamasında açık deniz tesislerinin sökümü için teknik ve çevresel inceleme süreçleri işletilmekte ve yapıların yerinde bırakılması, kısmi kaldırma veya resifleme gibi alternatiflere bu incelemeler sonucunda karar verilmektedir (Kaiser ve Snyder, 2010, s.44).

Nükleer dışı tesislerde radyolojik arındırma ihtiyacı bulunmasa da çevresel ve kimyasal kirliliğin giderilmesi esastır. Karasal tesislerde (rüzgâr, güneş, petrol/gaz) işletmeden çıkarma sonrası arazi kullanımı iki farklı şekilde derecelendirilmektedir:

- *Kahverengi Alan (Brownfield):* Alanın yeniden sanayi kullanımına uygun hale getirilmesi. Eğer saha yeni bir enerji tesisi için kullanılacaksa altyapı yerinde bırakılarak kısmi söküm yapılabilir (Raimi, 2017, s.8).
- *Yeşil Alan (Greenfield):* Alanın konut kullanımı veya doğal habitat olarak tamamen serbest bırakılmasıdır.

İşletmeden çıkarma stratejisinin belirlenmesinde sadece maliyet verileri değil; çevreci kuruluşların değerlendirmeleri, paydaş beklentileri, potansiyel riskler ve düzenleyici mevzuat belirleyici rol oynamaktadır. Açık deniz tesislerinde istenen nihai deniz altı durumuna göre stratejiler; tam kaldırma, kısmi kaldırma ve resifleme olmak üzere üç başlıkta sınıflandırılmaktadır (Ove Arup & Partners Ltd, 2018, s.11):

2.3.1.1 Tam Kaldırma

Mevzuatın deniz tabanının tamamen temizlenmesini öngördüğü durumlarda uygulanır. Tüm bileşenler taşınabilir boyutlarda kesilerek mavnalarla kıyıya nakledilir veya büyük kule yapıları devrilerek çekilir.

Karasal petrol ve gaz kuyularında ise genel kabul görmüş son durum; toprak üstü tüm sistemlerin kaldırılması, kuyunun güvenlik riski oluşturmayacak şekilde kapatılması ve arazinin rehabilitasyonunu içeren tam söküm gerçekleştirilir.

2.3.1.2 Kısmi Kaldırma

Deniz trafiği ve balıkçılık faaliyetlerine engel teşkil etmeyecek derinlikteki yapıların yerinde bırakılmasına izin verildiği durumlarda uygulanır. Belirlenmiş emniyet derinliğinin üzerindeki yapılar kesilerek sahadan uzaklaştırılır. Deniz altında belirli bir yüksekliğe kadar kule yapıları kaldığı için kısmi kaldırma sonrası güvenlik uygulamaları gerçekleştirilmeye devam edilir.

2.3.1.3 Resifleme

Uzun yıllar denizde kalan yapıların çevresinde oluşan habitatı korumak amacıyla temellerin yerinde bırakılmasıdır. Meksika Körfezi'nde yaygın olan bu uygulama, ekosistemi desteklediği gerekçesiyle Kuzey Denizi için de tavsiye edilmektedir (Smyth vd., 2015, s.255). Resifleme tam bir eylemsizlik değildir. Eylemsizlik durumunda hiçbir işletmeden çıkarma faaliyeti gerçekleştirmeden ve güvenlik önlemleri alınmadan sahanın terk edilmesi durumu söz konusudur. Resifleme yapılmasında ise temellere kadar tüm üst yapının kaldırılarak atık yönetim faaliyetleri gerçekleştirilir.

2.3.2 İşletmeden çıkarma aşamaları

Yenilenebilir ve diğer tesislerde işletmeden çıkarma süreçleri, nükleer tesislerle benzer bir kategorik yapıda olsa da uygulama detayları ve özellikle söküm aşamasındaki arındırma gereksinimleri bakımından farklılaşmaktadır. Bu süreçler, Raimi tarafından tanımlanan beş temel aşamada özetlenebilir (Raimi, 2017, s.15):

1. Aşama: Planlama ve Düzenleyici Onay: Tarihsel verilerin toplandığı, yerinde değerlendirmelerin yapıldığı, paydaş iletişiminin sağlandığı ve yasal izinlerin alındığı başlangıç aşamasıdır.

2. Aşama: Hazırlık: İşletmeden çıkarma planının gözden geçirildiği, ihale süreçlerinin yürütüldüğü ve yüklenicilerin belirlendiği operasyonel hazırlık evresidir.

3. Aşama: Söküm: Ekipmanların kaldırılması, yıkım, kurtarma ve atık bertarafının gerçekleştirildiği, nükleer tesislerin aksine sadece kimyasal/kirletici arındırmanın uygulandığı ana faaliyet aşamasıdır.

Söküm aşamasında izlenecek yöntem ve dikkate alınacak bileşenler, santralin teknolojisine ve konumuna göre özelleşmektedir:

- *Güneş Enerji Santralleri (GES):* Paneller, eviriciler (inverter), trafolar, kablolama sistemleri ve panel taşıyıcı konstrüksiyonların yanı sıra; saha yolları ve binaları içeren inşaat işlerinin sökümünü kapsamaktadır. Söküm işlemi, arazi düzenlemesi ve peyzaj çalışmalarıyla tamamlanır.
- *Rüzgâr Enerji Santralleri (RES):* Temel yapısı, kanatlar, rotor ve nacelle gibi ana bileşenlerin kaldırılmasını gerektirir. Kara ve deniz uygulamaları farklı zorluklar barındırır. Açık deniz rüzgâr çiftliklerinde söküm, türbinlerin kaldırılmasını, trafo merkezi platformlarının sökülmesini, aşınma korumasının kaldırılmasını kapsayan bir süreçtir (Kaiser ve Snyder, 2010, s.179-186).
- *Yüzer Platformlar:* Kuyu tıkanması ve terki, boru ve akış hatlarının kaldırılması, yapı kaldırma aşamalarından oluşur (Hongtao, 2022, s.272).

4. Aşama: *Saha Restorasyonu ve Çevre Düzenleme:* İyileştirme çalışmalarıyla sahanın rehabilite edildiği evredir.

5. Aşama: *İzleme:* Süreç çıktılarının ve çevresel etkilerin uzun vadeli değerlendirildiği final aşamasıdır.

2.3.3 Olağandışı durumlarda işletmeden çıkarma

Tesisin öngörülen ekonomik ömründen önce kapanmasını gerektiren olağandışı durumlarda, santral türünden bağımsız olarak öncelikle acil durum protokolleri işletilerek, insan sağlığı, yaban hayatı ve çevre üzerindeki doğrudan tehditlerin bertaraf edilmesi için gerekli güvenlik önlemleri alınır. Akabinde, mevcut işletmeden çıkarma planı doğrultusunda söküm ve rehabilitasyon süreci başlatılır. Ancak planlanandan daha erken gerçekleşen bu tür kapanışlarda, birikmiş fon tutarının toplam maliyeti karşılamada yetersiz kalması, finansal sürdürülebilirlik açısından riskleri ve ek maliyetleri beraberinde getirebilmektedir.

2.3.4 İşletmeden çıkarma planı

Bir tesisin işletme ömrü boyunca, başlangıçta hazırlanan işletmeden çıkarma planının periyodik olarak gözden geçirilmesi ve güncellenmesi stratejik bir zorunluluktur. Bu revizyonlar, planın güncelliğini korumak, söküm faaliyetlerinin teknik olarak uygulanabilirliğini sürdürmek ve finansman stratejilerini güvenilir verilere dayandırmak amacıyla yapılır. Düzenleyici gerekliliklerdeki değişimler, teknolojik gelişmeler ve benzer projelerden edinilen tecrübeler güncellemelerin sebepleri arasındadır. Periyodik güncellemeler sayesinde, tesis kapanma aşamasına geldiğinde teknik detaylar netleşmiş ve maliyet tahminlerindeki belirsizlikler minimuma indirilmiş olur (Kaulard, 2017, s.35).

Farklı tesisler için hazırlanan işletmeden çıkarma planları, sektörel dinamiklere göre belirli asgari bilgileri içermek zorundadır.

DRES'lerde hazırlanan işletmeden çıkarma planı arka plan bilgisi, işletmeden çıkarılacak öğelerin tanımı, önerilen işletmeden çıkarma önlemleri, çevresel etki değerlendirmesi, paydaşlarla görüşmeler, proje yönetimi ve zamanlaması, işletmeden çıkarma maliyet hesaplamaları, deniz yatağı temizliği, saha restorasyonu ve işletmeden çıkarma sonrası izleme gibi başlıkları içermelidir (Ove Arup & Partners Ltd, 2018, s.57).

Güneş enerjisi işletmeden çıkarma planlarında; güneş enerjisi projesinin öngörülen ömrü, restorasyon planı, güneş enerjisi projesi ekipmanının ve altyapısının taşınması, kurtarılması ve imhasına ilişkin planlar, maliyet tahminleri, ekipman ve altyapı için kurtarma değeri tahminleri, doğal kaynaklar üzerinde beklenen etkilerin açıklaması, zaman çizelgeleri yer almalıdır (NYSERDA, 2023, s.163-164).

Petrol ve gaz tesislerinin işletmeden çıkarma planları; yönetici özeti, işletmeden çıkarılacak öğelerin açıklaması, temizleme ve imha yöntemleri, çevresel değerlendirme, paydaşlarla görüşme raporları, program yönetimi, destekleyici belgeler, ortak destek mektupları, ayrıntılı maliyet dökümü başlıklarını kapsamalıdır (Department for Business, 2018, s.26; Offshore Petroleum Regulator for Environmental&Decommissioning, 2018).

Açık deniz yenilenebilir enerji tesislerinin işletmeden çıkarma planlarında yönetici özeti, giriş, arka plan bilgisi, işletmeden çıkarılacak öğelerin açıklaması önerilen işletmeden çıkarma tedbirlerinin açıklaması, önerilen kaldırma yöntemi, önerilen atık yönetim

çözümleri, işletmeden çıkarma sonrasında yerinde bırakılabilecek öğelerin ayrıntıları, kalıntıların tahmini bozulması, hareketi ve stabilitesi, çevresel etki değerlendirmesi, paydaşlarla görüşme raporları, maliyetler, finansal güvenlik, takvim, proje yönetimi ve onay, deniz yatağı temizliği, saha restorasyonu, işletmeden çıkarma sonrası sahanın izlenmesi, bakımı ve yönetimi, destekleyici çalışmalar başlıklarını içermelidir (Department for Business, 2019, s.24).

İşletmeden çıkarma planı başlıkları altında bulunması gereken detaylar şöyledir:

Yönetici Özeti ve Giriş:

Şirket tanımı, projenin kısa tanıtımı, yasal dayanaklar, sorumluluk beyanı ve planın revizyon sıklığı bu bölümde yer alır.

Arka Plan ve Saha Karakterizasyonu:

Santralin proje bilgileri, ilerleme durumu ile sahanın fiziksel, biyolojik ve sosyal çevre özelliklerini içerir.

Teknik Envanter ve Metot Açıklaması:

Tesis bileşenlerinin teknik özellikleri sunulur. Söküm yöntemleri ile varsa yerinde bırakılacak öğelerin stabilitesi ve bozulma tahminleri burada temellendirilir.

Atık Yönetimi ve Çevresel Etki:

Mevzuata uygun bertaraf çözümleri ve tesisin nihai aşamada oluşturacağı çevresel etkiler ile hedefler değerlendirilir.

Paydaş Görüşmeleri:

Süreçten etkilenen ve süreci etkileyen kişi ve kurumlarla yapılan görüşme raporlarını kapsar.

Maliyet ve Finansal Güvenlik:

Başlangıçta tahmini verilerle sunulan, ancak zamanla sistematik hesaplamalara dönüşen maliyet tahminleri ile sökümü garanti altına alacak fon teminat araçları açıklanır.

Takvim ve Proje Yönetimi:

İşletmeden çıkarma işlemlerinin kimin sorumluluğunda yürütüleceği ve onay mekanizmalarının işleyişine dair proje takvimi sunulur.

Saha Restorasyonu ve İzleme:

Deniz yatağı temizliği hedefleri, karasal restorasyon çalışmaları ve söküm sonrası sahanın uzun dönemli bakımı ile izleme faaliyetlerini kapsayan sorumluluk beyanlarını içerir.

Destekleyici Çalışmalar:

Plan hazırlık sürecinde yararlanılan tüm teknik belgeler ve danışmanlık verileri bu başlıkta toplanır.

2.3.5 İşletmeden çıkarma maliyeti ve fon yönetimi

İşletmeden çıkarma maliyetlerinin ekonomik ölçeği, endüstrinin toplam rezerv ve kâr marjına göre değişkenlik gösterse de mutlak değer bakımından yüksek finansal yükümlülükler doğurmaktadır. Petrol ve gaz endüstrisi özelinde yapılan tahminler, yaklaşık 40 yıla yayılacak faaliyetlerin maliyetinin 10 milyar ABD doları seviyesinde gerçekleşeceğini öngörmektedir. Bu rakam, yaklaşık 10 milyar varil petrol rezervine eşdeğer bir ekonomik büyüklüğü temsil etmektedir. Varil fiyatının ortalama 40 dolar, toplam rezervin ise 300 milyar varil olduğu bir senaryoda işletmeden çıkarma maliyetleri toplam rezerv değerinin %3,3'üne tekabül etmektedir (Hongtao, 2022, s.278).

Ancak bu oransal görünüm, finansal riskin boyutunu gölgelememelidir. İşletmeden çıkarma maliyetlerinin saha ömrünün sonunda ortaya çıkması nedeniyle uygulanan yıllık %5'lik indirim oranı, paranın bugünkü değerini %2,5 seviyelerine çekse de nominal rakamlar milyarlarca dolarlık bir fon ihtiyacına işaret etmektedir. Örneğin, 100 milyar dolarlık bir gelir tahmininde net kârın paylaşımı (ABD örneğinde %60 hükümet, %40 yatırımcı) dikkate alındığında, %3,3'lük maliyet payı oransal olarak küçük görünse de yatırımın genel büyüklüğü içerisinde yönetilmesi gereken kritik bir bütçe kalemi oluşturmaktadır. Bu durum, her sektörde maliyetlerin sistematik bir fon yönetimi ile garanti altına alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Rüzgâr çiftliklerinin işletmeden çıkarma maliyet tahmini ve süreç yönetimi için kullanılan İş Kırılım Yapısı (WBS), petrol ve gaz endüstrisi ile büyük oranda benzerlik göstermektedir. Bu süreç; varlıkların hazırlanması, türbin ve jeneratörlerin sökümü,

temellerin ve trafo merkezlerinin kaldırılması, deniz yatağı temizliği, geri dönüşüm ve izleme faaliyetlerini kapsamaktadır (Ove Arup & Partners Ltd, 2018, s.13).

DRES projelerinde maliyetler temel olarak iki ana kategoride incelenmektedir (Kaiser ve Snyder, 2010, s.127):

Sermaye Maliyetleri (CAPEX): Geliştirme, mühendislik, tedarik ve inşaat harcamalarını kapsar.

İşletme Maliyetleri (OPEX): Tesisin enerji üretimi süresince operasyonel sürekliliği için yapılan harcamaları kapsar.

İşletmeden çıkarma aşamasında (DECEX) her bir bileşenin (türbin, kule, temel, kablo) söküm maliyeti, beklenen çalışma süresi ve gemi gün oranlarına göre tekil olarak hesaplanır. Özellikle deniz araçlarının kiralama süreleri, tesisin büyüklüğü, konumu ve meteorolojik koşullardan doğrudan etkilendiği için maliyet tahminlerindeki en büyük belirsizlik kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca, sökülen malzemelerin hurda değeri işletme için bir gelir unsuru oluştururken, geri dönüştürülemeyen kısımların bertarafı ek bir maliyet kalemidir.

Açık deniz rüzgâr santrallerinde işletmeden çıkarma faaliyetleri için kullanılacak deniz araçlarının kiralamaları süre bazlı olduğu için en belirsiz maliyet kalemini oluşturur. Süre, santralin büyüklüğünden, konumundan ve hava koşullarından etkilenir.

Enerji tesislerinin işletmeden çıkarma maliyetlerinin tahmininde, benzer özelliklere sahip tesis verilerinden yararlanılmaktadır. Tablo 2.20, 2.21 ve 2.22'de sunulan BVG Associates verileri; türbin sınıfları, saha derinliği ve limana uzaklık gibi parametrelerin CAPEX, OPEX ve DECEX üzerindeki etkisini sayısal olarak ortaya koymaktadır. Bu veriler incelendiğinde, su derinliği ve kıyıdan uzaklık arttıkça (Örn: Saha Tipi D), lojistik zorluklar nedeniyle işletmeden çıkarma maliyetlerinin belirgin şekilde yükseldiği görülmektedir.

Türbinlerin sınıflandırılması Tablo 2.19'da yer almaktadır.

Tablo 2.19

Türbin Sınıfları

Türbin MW Sınıfı	Nominal Güç Değeri Aralığı (MW)	Tipik Rotor Çapı Aralığı (m)
4MW	3 – 5	145'e kadar
6MW	5 – 7	145 - 162
8MW	7 – 9	162 - 180
10MW	9 – 12	180 üstü

Kaynak: (BVG Associates, 2012, s.7)

Saha türlerinin sınıflandırılması Tablo 2.20'de yer almaktadır.

Tablo 2.20

Saha Türleri

Saha Türü	Ortalama Su Derinliği (MSL)	En Yakın İnşaat ve İşletme Limanına Uzaklık	MSL'nin 100 m Üzerinde Ortalama Rüzgâr Hızı
A	25 metre	40 km	9,0 m/s
B	35 metre	40 km	9,4 m/s
C	45 metre	40 km	9,7 m/s
D	35 metre	125 km	10,0 m/s

Kaynak: (BVG Associates, 2012, s.7)

Temel parametrelerle yapılan karşılaştırma Tablo 2.21'de yer almaktadır.

Tablo 2.21

Temel Parametreler

Maliyet Tipi	Parametreler	Birim	4-A	4-B	4-C	4-D	6-A	6-B	6-C	6-D	8-A	8-B	8-C	8-D
CAPEX (Sermaye Maliyeti)	Nihai yatırım kararına kadar proje	£k/MW	47	47	48	50	44	44	44	47	42	42	43	44
	Nihai yatırım kararından işlerin tamamlanma tarihine kadar proje		37	37	38	39	34	35	35	37	33	33	34	35
	İnşaat aşaması sigortası		40	40	44	44	40	40	45	45	38	38	43	43
	Türbin gövdesi		632	632	632	632	671	671	671	671	733	733	733	733
	Türbin rotoru		393	393	393	393	465	465	465	465	518	518	518	518
	Destek yapısı (Kule dahil)		551	690	795	693	551	622	692	624	558	612	665	615
	İç dizi kabloları		80	81	83	81	78	80	82	80	75	76	78	76
	Temel montajı		232	371	389	497	251	260	277	350	212	213	228	271
	Türbin montajı		102	102	103	136	89	89	90	103	75	76	77	88
	İç dizi kablo montajı		138	138	138	159	97	97	97	112	77	77	77	88
	Beklenmedik durum		219	247	259	266	225	233	243	246	229	235	242	244
	Toplam (Beklenmedik durum dahil)		2.473	2.781	2.924	2.993	2.548	2.638	2.744	2.782	2.595	2.659	2.741	2.759
OPEX (Operasyon Maliyeti) (Garanti dışı)	İşletme ve planlanmış bakım	£k/MW/yr	26	27	28	31	21	22	23	26	20	20	21	24
	Planlanmamış servis		53	55	57	64	44	45	46	53	41	42	43	49
	Diğer		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	İşletme aşaması sigortası		14	14	18	18	16	16	20	20	17	17	18	18
	İletim ücretleri		69	69	69	133	69	69	69	133	69	69	69	133
	Toplam		164	167	173	249	151	153	159	233	147	149	152	226
AEP (Yıllık Üretim Maliyeti)	Brüt yıllık enerji üretimi	MWh/yr / MW	4.288	4.52	4.683	4.834	4.384	4.613	4.772	4.92	4.453	4.679	4.836	4.981
	Rüzgâr çiftliği kullanılabilirliği	%	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
	Aerodinamik dizgi kayıpları		95	90	85	80	90	85	80	75	85	80	75	70
	Elektrik dizgi kayıpları		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Diğer kayıplar		46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	Net enerji üretimi	MWh/yr / MW	3.482	3.691	3.844	3.991	3.58	3.787	3.939	4.084	3.656	3.862	4.013	4.156
	Net kapasite faktörü	%	40	42	44	46	41	43	45	47	42	44	46	47
DECEX (İşletmeden Çıkarma Maliyeti)	İşletmeden çıkarma	£k/MW	355	458	473	595	328	334	348	424	273	275	287	335

Kaynak: (BVG Associates, 2012, s.28)

GES projelerinde ise işletmeden çıkarma maliyetleri dört ana grupta sınıflandırılmaktadır (Boelens vd., 2022, s.15):

İmha: Bileşenlerin sökümü, lojistiği ve bertarafını kapsar.

Kurtarma: Geri kazanılan parçaların satışından elde edilen gelirdir.

İşçilik: Söküm sürecinde harcanan işgücü maliyetidir.

Diğer: Sigorta, idari giderler ve saha restorasyonu gibi ek harcamalardır.

GES projelerinde, panellerin verimlilik kaybı nedeniyle ömürlerini tamamlamasından ziyade, teknolojik yenileme ihtiyaçları nedeniyle işletme maliyetlerinin daha baskın olduğu görülmektedir. Ancak, kullanım dışı kalan panellerin konut tipi düşük tüketimli alanlarda yeniden kullanılabilmesi, geri kazanım değerini artırarak net işletmeden çıkarma maliyetlerini düşürebilmektedir.

Fon yönetimi tarafında ise nükleer endüstrinin katı kuralları diğer enerji türlerine de rol model olmaktadır. Ancak yenilenebilir enerjiye geçişi hızlandırmak amacıyla bazı bölgelerde esnek finansal araçlar geliştirilmiştir. Örneğin, Colorado eyaletindeki Enerji Etki Tahvili Yasası (SB19-236), fosil yakıtlı santrallerin kapatılma ve restorasyon maliyetlerini karşılamak amacıyla düşük maliyetli tahvil ihracına izin vererek hem sosyal geçişi hem de temiz enerji yatırımlarını desteklemektedir (Righetti vd., 2021, s.971).

2.4 Madenlerde İşletmeden Çıkarma

Maden Yönetmeliği uyarınca; yer kabuğunda ve su kaynaklarında doğal olarak bulunan, ekonomik değere sahip olan ancak petrol, doğal gaz, jeotermal ve su kaynakları dışında kalan tüm maddeler maden olarak tanımlanmaktadır (Maden Yönetmeliği, 2022, m. 2). Günümüzde çevresel kaygılarla yenilenebilir enerjiye geçiş küresel bir hedef olsa da kömür gibi geleneksel kaynaklardan geçişin maliyet baskıları ve iklimsel faktörler nedeniyle öngörüldüğü kadar hızlı gerçekleşemeyeceği değerlendirilmektedir (Dumlao ve Ishihara, 2021, s. 20). Bu durum, madenlerin hem ekonomik ömürlerinin sonunda hem de enerji dönüşüm süreçlerinde işletmeden çıkarılma aşamasının yönetimini daha kritik bir hale getirmektedir.

Hükümetlerin bu geçişin çevresel ve sosyoekonomik öneminin farkında olmalarına rağmen, işletmeden çıkarma süreçlerini yönetecek politika ve denetim kapasitelerinde ciddi eksiklikler bulunmaktadır (IGF, 2021, s. 1).

Türkiye'de madencilik faaliyetleri, ön arama, genel arama, detay arama ve fizibilite dönemlerinden oluşmaktadır. Mevzuat gereği, üretim veya işletme izni alınan sahalarda her yıl çevre ile uyum teminatı ödenmesi ve faaliyet sürecinde veya sonrasında bir çevre ile uyum planı uygulanması zorunludur (Maden Yönetmeliği, 2022; Madencilik Faaliyetleri Uygulama Yönetmeliği, 2010, m. 15).

Küresel ölçekte ise farklı yasal yaklaşımlar mevcuttur. Avustralya'da eyalet bazlı (Yeni Güney Galler, Queensland vb.) farklı ilkeler uygulanmaktadır. Özellikle Queensland bölgesinde aşamalı rehabilitasyon planları talep edilmektedir (Coaltech Research Association, 2023, s. 15). Kanada ve Güney Afrika'da ise mevzuat bulunmasına rağmen, başarı kriterlerinin net tanımlanmaması veya kurumlar arası iletişim sorunları nedeniyle uygulama aşamasında sorunlar yaşanmaktadır (Coaltech Research Association, 2023, s. 18,20).

Maden projelerinde başarılı bir kapanış yönetimi için planlama süreci tasarım aşamasından itibaren başlamalı ve şirketin stratejik planının ayrılmaz bir parçası olmalıdır. İşletmeden çıkarma planının hazırlanmasında; Maden Kapatma Planlama Rehberi adlı temel başvuru kaynağının yayıncısı ve sektörel geliştiricisi olan Brezilya Madencilik Enstitüsü (IBRAM) ve madencilik endüstrisinde güvenli, adil ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik eden küresel bir sektörel kuruluş olan ve maden kapatma konusunu temel vizyonunun ayrılmaz bir parçası olarak gören Uluslararası Madencilik ve Metaller Konseyi (ICMM) rehberliğinde belirlenen temel prensipler şunlardır (IBRAM, 2014, s. 17-52; ICMM, 2025, s. 9):

Bütünleşik Tasarım: Kapanış hedefleri (gelecekteki arazi kullanımı dahil), maden daha geliştirilme aşamasındayken planlanmalı ve ÇED (çevresel etki değerlendirme) raporlarıyla uygun hale getirilmelidir.

Paydaş Katılımı: İç ve dış paydaşlarla (çalışanlar, yerel halk, kurumlar vb.) sürekli diyalog kurulmalı, şikâyet ve uzlaşma sistemleri oluşturulmalıdır.

Maliyet Tahmini ve Fonlama: İşletmeden çıkarma maliyetleri düzenli olarak güncellenmeli ve bu maliyetleri garanti altına alacak fonlar oluşturulmalıdır.

Teknik Sorunların Yönetimi: Asit ve metal içeren drenajlar, radyoaktivite riski ve maden ocağı gölleri gibi belirli çevresel sorunlar uzmanlar eşliğinde yönetilmelidir (DEMIRS, 2025, s. 56).

Atık Yönetimi: Ekonomik değeri olmayan atıklar uygun şekilde muhafaza edilmelidir. Ekonomik değeri olanlar ise belirli yasal süreler içinde ekonomiye kazandırılmalıdır (Maden Yönetmeliği, 2022, m. 40).

Dünya Bankası ve ICMM raporları, özellikle kömür madenlerinin kapatılmasında sosyal yönetimin önemine vurgu yapmaktadır. Başarılı bir sosyal geçiş için ön plana çıkan uygulamalar şunlardır (World Bank Group, 2018, s. 28-47; ICMM, 2025, s. 9):

Aktif İşgücü Politikaları: İşten çıkarmalar yaşanmadan önce planlama yapılmalıdır. Çalışanlara yeniden istihdam teşvikleri, beceri eğitimleri ve geçici gelir desteği sunulmalıdır.

Kademeli Yükümlülük Azaltma: Rehabilitasyonun maden ömrü boyunca aşamalı yapılması, kapanış anındaki yüksek maliyet yükünü ve çevresel riski azaltmaktadır.

Finansal Güvence: Kısa vadeli yüksek maliyetleri karşılamak adına, fonların kullanılabilirliğini garanti eden sistemlerin en baştan kurulması hayati önemdedir.

Sonuç olarak, etkili bir işletmeden çıkarma planı; sadece çevresel iyileştirmeyi değil, aynı zamanda maliyetlerin doğruluğunu, risklerin erken tespitini ve maden sonrası toplumsal kabulü sağlayan ortak bir hedefi temsil etmektedir.

Nükleer enerjinin yanı sıra madencilik faaliyetleri de işletmeden çıkarma ve sonrasındaki süreçler açısından önemli bir örnek oluşturmaktadır. Çin ekonomisinde madencilik önemli bir faaliyettir. Çin'de madencilik faaliyetleri, genel olarak iki temel aşama üzerinden ele alınmaktadır. İlk aşama, cevherin yer kabuğundan fiziksel olarak çıkarılması; ikinci aşama ise çıkarılan cevherin işlenerek değerli bileşenlerinin ayrıştırılmasıdır. Fiziksel çıkarma süreçlerinde son yıllarda üç temel yaklaşım öne çıkmaktadır: derin madencilik, çevre odaklı uygulamalar ve akıllı/insansız sistemler. Yüzeye yakın rezervlerin azalmasıyla birlikte madencilik faaliyetleri daha derin katmanlara yönelmiş, bu durum da artan basınç ve sıcaklık gibi zorlu koşulları

beraberinde getirmiştir (Dong vd, 2023). Bu tür ortamlarda özellikle kaya patlaması (rock burst) gibi riskler önemli bir sorun haline gelmiş ve derin madencilikte güvenlik riskini artıran temel faktörlerden biri olmuştur (Shan vd., 2024; Cheng vd., 2024). Bu risklerin azaltılması amacıyla kaya davranışları mikro-sismik izleme sistemleri ve gelişmiş modelleme yaklaşımları ile analiz edilmekte ve erken uyarı sistemleri geliştirilmektedir (Chen vd., 2024; Wu vd., 2025).

Bunun yanında, çevresel etkilerin sınırlandırılması amacıyla geliştirilen yeşil madencilik yaklaşımları kapsamında, maden çıkarımı sonrasında oluşan yer altı boşluklarının atık malzemelerle doldurulması yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Bu yöntem hem yüzey çökmesini azaltmakta hem de çevresel etkilerin kontrol altına alınmasına katkı sağlamaktadır (Cacciuttolo ve Marinovic, 2023; Liu vd., 2025; Deon vd., 2024; Zhu vd., 2024). Ayrıca, özellikle yüksek risk içeren sahalarda çalışan güvenliğini artırmak için yapay zekâ ve dijital teknolojilere dayalı izleme ve otomasyon sistemlerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Zhang, 2024).

Metalürjik ayrıştırma süreçlerinde ise temel hedef, değerli elementlerin mümkün olan en yüksek verimle elde edilmesi ve kullanılan kimyasalların daha kontrollü şekilde yönetilmesidir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar genel olarak ayrıştırma verimliliğini artırma ve süreç optimizasyonuna odaklanmaktadır. Özellikle derin ve karmaşık cevherlerin işlenmesi ile birlikte daha verimli ve sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Bunun yanında, birincil kaynakların sınırlı olması nedeniyle, lityum gibi kritik metallerin geri kazanımına yönelik çalışmalar da artış göstermektedir. Bu tür geri kazanım uygulamaları, kaynak verimliliğini artıran ve sürdürülebilir madencilik yaklaşımını destekleyen önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Çin'in madencilik alanındaki yaklaşımı yalnızca üretim miktarını artırmaya odaklanmamaktadır. Aynı zamanda güvenlik, verimlilik ve çevresel sürdürülebilirlik arasında denge kurmayı hedeflemektedir. Bu durum, sektörde daha nitelikli ve sürdürülebilir bir üretim anlayışına geçişin göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Çin Halk Cumhuriyeti'nde madencilik faaliyetlerinin uzun yıllara yayılan yoğunluğu, çok sayıda terk edilmiş maden sahasının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu durum, madenlerin

kapatılması ve sonrasında yeniden değerlendirilmesini yalnızca teknik bir süreç olmaktan çıkararak çevresel politika ve sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin önemli bir parçası haline getirmiştir. Özellikle "ekolojik uygarlık" yaklaşımı, doğa ile ekonomik gelişim arasında denge kurulmasını hedefleyen temel bir politika çerçevesi olarak öne çıkmaktadır (Song vd., 2023; Xiao vd., 2023).

Madencilik sonrası süreçler literatürde yalnızca bir "kapatma" işlemi olarak değil, çevresel iyileştirme, arazi geri kazanımı ve uzun vadeli kullanım planlamasını içeren çok boyutlu bir dönüşüm süreci olarak ele alınmaktadır. Çin'de madencilik faaliyetleri sonucu oluşan geniş ölçekli arazi bozulmaları, su kirliliği ve ekosistem kayıpları, bu süreçlerin planlı şekilde yönetilmesini zorunlu kılmıştır (Li, 2006).

Bu kapsamda, özellikle son yıllarda Çin'de maden sahalarının ekolojik restorasyonu önemli bir araştırma ve politika alanı haline gelmiştir. Çalışmalar, bozulan arazilerin yeniden bitkilendirilmesi, toprak kalitesinin iyileştirilmesi ve ekosistem fonksiyonlarının geri kazandırılması üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu süreç, sadece çevresel iyileşmeyi değil aynı zamanda bölgesel kalkınmayı ve arazi kullanımının yeniden düzenlenmesini de içermektedir (Hu vd., 2012; Xu vd., 2023).

Son olarak, terk edilmiş maden alanlarının yeniden işlevlendirilmesi (repurposing) konusu Çin'de giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu alanlar, ekonomik dönüşüm yaşayan madencilik şehirlerinde yeni kullanım biçimleri (örneğin sürdürülebilir arazi kullanımı ve kentsel dönüşüm projeleri) için değerlendirilmektedir. Bu yaklaşım hem çevresel zararların azaltılmasına hem de yerel ekonomilerin yeniden canlandırılmasına katkı sağlamaktadır (Jiao vd., 2021; Zhou ve Wang, 2014).

2.4.1 İşletmeden çıkarma stratejileri

Madencilik projelerinde başarılı bir kapanış yönetimi, maden sonrası arazi kullanımı, net işletmeden çıkarma hedefleri, ölçülebilir tamamlama kriterleri, kapsamlı veri toplama süreçleri ve malzeme karakterizasyonu gibi kilit bileşenlerin entegrasyonuna dayanmaktadır (Department of Mines and Petroleum, 2015, s. 14).

Literatürde işletmeden çıkarma stratejileri, geleneksel ve güncel yaklaşımlar olmak üzere iki ana perspektifte değerlendirilmektedir. Geleneksel yaklaşımlarda süreç; maden ömrü

sonunda gerçekleştirilen nihai işletmeden çıkarma veya operasyonel kesintilerde uygulanan geçici işletmeden çıkarma olarak gruplandırılmıştır. Bu süreçte herhangi bir iyileştirme faaliyeti yapmadan sahayı terk etmek ise günümüzde etik ve yasal olarak kabul görmeyen, "yetim sahaların" oluşmasına yol açan bir eylemsizlik stratejisi olarak tanımlanmaktadır. Güncel ve yaklaşımlarda madencilik sektörü, artık statik bir kapanış yerine dinamik bir süreci benimsemiştir. Literatürde "işletmeden çıkarma için madencilik", "progresif/ilerlemeci işletmeden çıkarma" ve "aşamalı rehabilitasyon" gibi kavramlarla ifade edilen bu modeller, entegre işletmeden çıkarma disiplini altında toplanmaktadır.

Entegre işletmeden çıkarma; maden sahasının henüz geliştirilme aşamasından itibaren çevresel, sosyal ve ekonomik boyutların tasarımın bir parçası olarak ele alındığı, dinamik ve tekrarlı bir süreçtir (ICMM, 2025, s.6). Bu yaklaşım, rehabilitasyonun maden ömrü boyunca operasyonla eş zamanlı yürütülmesini (aşamalı rehabilitasyon) savunur.

Bütünleşik bir işletmeden çıkarma stratejisinin uygulanması; iş sağlığı ve güvenliğinden çevresel sürdürülebilirliğe, yasal uyumdan yerel topluluklarla olan ilişkilere ve insan kaynakları yönetimine kadar geniş bir spektrumda optimize edilmiş sonuçlar elde edilmesine olanak tanır (ICMM, 2025, s.9).

2.4.2 İşletmeden çıkarma aşamaları

Madencilik faaliyetlerinde işletmeden çıkarma süreci, hammadde üretim izni sahibinin sahadaki emniyet tedbirlerini alması ve alanı çevreyle uyumlu hale getirmesiyle başlayan yasal bir sorumluluk döngüsüdür. Maden Yönetmeliği uyarınca, tüm izinler ve verilen taahhütler yerine getirilinceye dek işletmecinin hukuki sorumluluğu devam etmektedir (Maden Yönetmeliği, 2022, m. 66).

Bir sahanın yasal olarak terk edilebilmesi için Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'ne (MAPEG) kapsamlı bir raporlama ve teknik dokümantasyon sunulması zorunludur. İşletme türüne göre sunulması gereken belgeler şunlardır:

- *Açık İşletmeler:* Emniyet tedbirlerini ve sahanın son durumunu gösteren imalat haritaları, maden jeoloji haritası, işletme faaliyet raporu ve çevre ile uyum planının uygulandığını teyit eden belgeler.

- *Yeraltı İşletmeleri:* Yukarıdaki belgelere ek olarak yer üstü bağlantılarının sızdırmaz şekilde kapatılması, yüzey sularının yeraltına sızmasının engellenmesi ve gaz/su drenaj sistemlerinin güvenliğinin sağlanması.

Mevzuat, çevre ile uyum planını uygulamayan veya emniyet tedbirlerini almayan ruhsat sahiplerine bir yılı aşmayan ek süre tanımaktadır. Yükümlülüklerin yerine getirilmemesi durumunda ise bu işlemler devlet tarafından gerçekleştirilerek maliyeti çevre ile uyum teminatından tahsil edilmektedir (Maden Yönetmeliği, 2022, m. 82).

İşletmeden çıkarma faaliyetlerinin sadece üretim sonuna bırakılması, ciddi finansal ve çevresel riskler oluşturmaktadır. Bu risklerin yönetimi için savunulan aşamalı rehabilitasyon, yükümlülüklerin zaman içine yayılarak kademeli olarak azaltılmasını sağlar. BHP (Broken Hill Proprietary) tarafından vurgulandığı üzere aşamalı rehabilitasyonun temel faydaları şunlardır (BHP, 2020, s. 36):

- *Risk Minimizasyonu:* Bozulan arazinin yarattığı çevresel ve fiziksel risklerin operasyon sırasında bertaraf edilmesi.
- *Bilgi Birikimi:* Saha özelinde rehabilitasyon verilerinin toplanarak deneyime dönüştürülmesi.
- *Maliyet Yönetimi:* Kapanış sonrası gerçekleşecek iş yükünün ve beklenen finansal zorluğun azaltılması.
- *Kurumsal İtibar:* İşletmenin çevresel taahhütlerini yerine getirme konusundaki güvenilirliğinin artması.

Modern bir maden işletmeden çıkarma planı, işletme, söküm ve söküm sonrası programları kapsayan bütünleşik bir yapıya sahiptir (Sanchez vd., 2014, s.149). Bu doğrultuda süreç şu işlem adımlarından oluşmaktadır:

- Hazırlık ve Planlama
- Arındırma ve Temizlik: Kirlenmiş birimlerin arındırılması.
- Güvenli Depolama: Gerekli durumlarda atıkların kontrol altına alınması.
- Atık Bertarafı: Atıkların uygun yöntemlerle bertaraf edilmesi.
- Yapı Kaldırma ve Söküm: Fiziksel tesislerin sökülerek kaldırılması.
- Değerlendirme: Ekipmanların satışı, yeniden kullanımı veya geri dönüşümü.

- Saha Rehabilitasyonu: Topoğrafyanın ve ekosistemin geri kazandırılması.
- Düzenleyici Kontrolden Çıkış: Yasal yükümlülüklerin tamamlanarak sahanın terki.

Bu adımlar, özellikle ilerlemeci işletmeden çıkarma modelinde birbirini takip eden doğrusal bir çizgi yerine, iç içe geçmiş dinamik bir süreç olarak yürütülür. Rehabilitasyon faaliyetleri üretimle eş zamanlı başlar ve düzenleyici kontrolden çıkma aşamasından önce nihayete erdirilir.

2.4.3 Olağandışı durumlarda işletmeden çıkarma

Saha işletmeden çıkarma planının olağan akışında uygulanması ile terk edilebileceği gibi bazı beklenmedik durumlar da gerçekleşebilir. Erken işletmeden çıkarmanın başlıca nedenleri şunlardır (IBRAM, 2014, s.45):

- Maden emtia fiyatlarının düşmesi
- Pazar kısıtlaması, diğer malzemelerle rekabet veya teknolojik değişiklikler
- İşletme kazaları
- Ticari kararlar
- Jeolojik veya atmosferik aşırı dış olaylar
- Politika, kanun veya tutum değişiklikleri
- Alanda jeolojik bilgi yetersizliği
- Tasarım hataları
- Geçici durdurma sürecinde yapılacak acil durum planı ve bakım-onarım maliyetlerinde artış

Beklenmedik durumların gerçekleşmesi halinde eğer kaza veya doğal afet gibi bir durum varsa öncelikle sahanın güvenliği sağlanır, sonrasında işletmeden çıkarma planı uygulanır. Ancak ticari kararlar söz konusu ise yine güvenlik önlemleri alınarak duruma göre ya işletmeden çıkarma planı uygulanır ya da saha sonradan değerlendirilmek üzere bekletilir.

2.4.4 İşletmeden çıkarma planı

Madencilik sektöründe işletmeden çıkarma planlamasının temel amacı, madencilik faaliyetlerinin fiziksel olarak insanlar ve hayvanlar için güvenli, jeoteknik açıdan istikrarlı ve çevresel olarak kirletici olmayan bir yapıda sonlandırılmasıdır. Bu süreç, kültürel değerleri dikkate alarak ve devlete karşı kabul edilemez bir yükümlülük oluşturmadan, sahanın madencilik sonrası sürdürülebilir bir arazi kullanımına dönüştürülmesi hedeflenmektedir (DEMIRS, 2025, s. 5).

Hem fiziksel hem de sosyoekonomik rehabilitasyonu içeren bu planların, halk sağlığını tehlikeye atmaması, etkilenen topluluklar için uzun vadeli fayda sağlaması gerekir. Ayrıca olumsuz sosyoekonomik etkileri minimize ederken faydaları maksimize etmesi beklenmektedir (IFC, 2007, s. 24). İşletmeden çıkarma planlaması, maden geliştirme ve operasyonun ayrılmaz bir parçasıdır ve faaliyetlerin başlangıcında başlatılmalıdır. Başlangıçtaki bilgi boşluklarının ise süreç içerisinde giderileceği varsayılır (DEMIRS, 2025, s. 5).

ICMM tarafından tavsiye edilen ilerlemeci işletmeden çıkarma planı hazırlama süreci, temel bilgi toplama, vizyon ve hedeflerin belirlenmesi, risk analizi, faaliyet tanımlama, başarı kriterlerinin oluşturulması, maliyet tahmini, uygulama ve izleme adımlarını kapsamaktadır (ICMM, 2025, s. 11).

Uluslararası standartlar (DEMIRS ve IBRAM), bir işletmeden çıkarma planının aşağıdaki temel bileşenleri içermesini zorunlu kılar:

Maden Operasyonunun Tanımı:

Geçmiş ve güncel tanımlamalar, bozulmuş/bozulacak arazinin konumu ve saha özellikleri (DEMIRS, 2025, s. 6).

Yasal Yükümlülükler ve Taahhütler:

Güvenlik gereklilikleri ile hukuken bağlayıcı olan ve olmayan tüm rehabilitasyon yükümlülükleri (DEMIRS, 2025, s. 7).

Çevresel ve Sosyal Veri Analizi:

Temel çevresel veriler, malzeme karakterizasyonu ve kirlenmiş alanların analizi. Bu analizlerde alıcı ortamın ve maruz kalma yollarının madencilik faaliyetlerinden nasıl etkilendiği detaylandırılmalıdır (DEMIRS, 2025, s. 10-13).

Risk Değerlendirmesi:

Su kullanımı, atıklar, biyoçeşitlilik, gürültü ve görsel etkiler gibi tüm çevresel risk kategorilerinin bir risk çerçevesine göre değerlendirilmesi (International Finance Corporation, 2007, s. 2; DEMIRS, 2025, s. 17).

Tamamlanma Kriterleri ve İzleme:

Başarıyı gösterecek kriterler, izleme yöntemleri ve bakım aşaması için gerekli destek sistemleri (ICMM, 2025, s. 18-26).

Bilgi ve Veri Yönetimi:

Kapanış verilerini kontrol etmek ve sürdürmek için gerekli yönetim sistemleri ile güncelleme tabloları (DEMIRS, 2025, s.29-30).

Madencilikte paydaş katılımı, faaliyetlerin geniş bir fiziksel alanı kapsaması ve yerel halkın hareket kabiliyetini kısıtlaması nedeniyle kritik bir öneme sahiptir. Katılımın amacı, madencilik sonrası oluşacak görüntü değişikliğinin ve sosyoekonomik dönüşümün gelecekteki etkilerine karşı toplumsal kabul oluşturmaktır (DEMIRS, 2025, s. 13).

Başarılı bir paydaş yönetimi, toplum, işgücü, devlet ve akademi gibi gruplarla dürüst, dengeli ve anlaşılabilir bir iletişim kurulmasını gerektirir. Bilgilendirmelerin düzenli olması ve programın ilerleme seviyesinin paylaşılması paydaşlardaki güven duygusunu artırır. Maden kapatmanın sosyal boyutu, sadece fiziksel kapanışı değil, sosyoekonomik, kültürel ve kurumsal etkilerin yönetimini ve madencilik sonrası geleceğe yönelik sürdürülebilir bir vizyonu kapsar (Bainton ve Holcombe, 2018, s. 468).

Maden kapatma süreci, yerel sermayeyi azaltmak yerine yeni fırsatlar yaratma potansiyeline sahiptir. Altyapının yeniden işlevlendirilmesi, işgücünün yeniden eğitilmesi ve alternatif ekonomik alanların oluşturulması, sürdürülebilir bir madencilik sonrası gelecek için temel teşkil eder (Bainton ve Holcombe, 2018, s. 469). Bu süreç ani bir olay değil, personelin ve yerel halkın dahil edildiği bir geçiş süreci olarak planlanmalıdır.

Sosyoekonomik planlama ve uygulama faaliyetlerinin madencilik yaşam döngüsü içindeki dağılımı Tablo 2.22'de özetlenmiştir:

Tablo 2.22

Sosyoekonomik Planlama ve Uygulamalarının Gerçekleştirileceği Madencilik Aşamaları

Madencilik Aşaması	Sosyoekonomik Planlama ve Uygulama
Keşif	Geniş kapsamlı sosyoekonomik politika doğrultusunda bağlamın oluşturulması ve yasal gerekliliklerin incelenmesi beklenir. Paydaş iletişimi minimum seviyede gerçekleşir.
Ön fizibilite	İşletmeden çıkarma planının sosyoekonomik boyutu kavramsal olarak hazırlanmalıdır. Stratejik paydaşlarla üst düzey etkileşim mevcuttur.
Fizibilite	İşletmeden çıkarma planının sosyoekonomik boyutunda sonuç ve kapanış hedefleri genel olarak tanımlanmalıdır. Stratejik paydaşlarla üst düzey etkileşim mevcuttur.
İnşaat	İşletmeden çıkarma planının sosyoekonomik boyutu tamamlanmalıdır. Ayrıca paydaşların profilleri ve iletişim yöntemleri de belirlenmelidir.
Operasyon	İşletmeden çıkarma planının sosyoekonomik boyutu yoğun paydaş katılımı ile ayrıntılandırılmalıdır. Bu aşamada paydaşların beklentileri netleştirilir. Riskler ve fırsatlar belirlenerek faaliyetler ve başarı kriterleri oluşturulur.
İşletmeden Çıkarma	İşletmeden çıkarmaya geçiş için belirlenen faaliyetler önceliklendirilmelidir. Ayrıca planda belirtilen hedeflere doğru ilerlendiği teyit edilmelidir.
Kapatma	İşletmeden çıkarma planının sosyoekonomik boyutundaki uygulama faaliyetlerine planlar doğrultusunda devam edilmelidir.
Kapatma Sonrası	İşletmeden çıkarma planının sosyoekonomik boyutundaki hedeflere ulaşıldığı teyit edilmelidir.

Kaynak: (Stacey vd., 2010, s. 397)

Haggerty ve diğerleri kömür santrallerinin işletmeden çıkarma sonrasında kaybedilen yerel gelirleri ele almak için etkili stratejilerin eksik olduğu ve çevresel kalite ile uzun vadeli ekonomik dayanıklılık arasındaki bağlantıların yetersiz olduğu sonucuna varmışlardır (Haggerty vd., 2018, s. 69). İşletmeden çıkarma planlarının bu sorunlara çözüm üretmesi beklenmektedir.

2.4.5 İşletmeden çıkarma maliyeti ve fon yönetimi

İşletmelerin çevresel yükümlülüklerini karşılamak, yasal karşılıkları ayırmak ve uzun vadeli bütçeleme yapabilmek adına işletmeden çıkarma maliyetlerini hassasiyetle hesaplamaları gerekmektedir. İşletmeden çıkarma aşaması için oluşturulan maliyet tahmini, finansal sorumluluğun bir risk olarak yönetildiğinin somut bir göstergesidir.

Projelendirme aşamasındaki ilk tahminlerde belirli sapmaların (örneğin +/- %30) olması doğal kabul edilir. Ancak planın periyodik olarak gözden geçirilmesi ve verilerin netleşmesiyle bu sapma payının (örneğin +/- %20) azalması esastır (DEMIRS, 2025, s. 28). Maliyet tahminlerindeki temel belirsizlikler genellikle personel deneyimindeki yetersizliklerden veya temel verilerdeki bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Australian Government, 2016, s. 77).

İşletmeden çıkarma planlarının düzenli olarak incelenmesi gerekir. Ayrıca planlarda önemli değişiklikler olduğunda paydaş katılımı ile birlikte ek inceleme yapılmalıdır. Yapılan değişiklikler doğrultusunda maliyet tahmininin ve finansal güvencenin de güncellenmesi gerekir (World Bank Group, 2021, s. 23).

İşletmeden çıkarma maliyetlerinin erken tespit edilmesi, işletmenin maliyet azaltma tedbirleri alabilmesine fırsat verir. Böylece mümkün olan rehabilitasyon faaliyetlerinin işletme sürecinde yürütülerek maliyetin zamana yayılmasına olanak sağlar.

Risk değerlendirmesinde öncelikle yöneticilerin kendi uzmanlık alanında eğitimli ve yetkin olması, yönetici ve çalışanların şirket politikalarına uygun davranması ve ilgili mevzuata uyulması esastır. Risk değerlendirme süreci bağlamın oluşturulması, risk tanımlaması, risk analizi, risk değerlendirmesi ve risk yönetimi aşamalarından oluşur. Madencilikte yaygın olarak sağlık, güvenlik, çevre, toplum, itibar, yasal ve finans konuları değerlendirilen risk türleridir (BHP, 2020, s.30).

Madencilik sektörü için maliyetler, önceki eylemler, tipik eylemler ve izleme ve bakım olarak bilinen işletmeden çıkarmanın üç aşaması için tahmin edilmelidir. İşletmeden çıkarmanın bu üç aşaması, proje hazırlama, uygulama ve izlemeye karşılık gelir (Sanchez vd., 2014, s.152).

İşletmeden çıkarma fonları, sadece bir teminat aracı değil, maliyetler ortaya çıktıkça ödenmesini sağlayacak bir fon kaynağıdır. Özellikle uzun vadeli güven fonları, işletmeci tarafından yürütülen faaliyetlerin finansmanını sağlar (World Bank Group, 2021, s. 28). Fonların oluşturulmasında nakit tahakkuk sistemleri (emanet hesapları veya amortisman fonları) veya finansal garantiler kullanılabilir. İlerlemeci planlama sayesinde rehabilitasyon faaliyetlerinin bir kısmının operasyon sürecinde gerçekleştirilmesi, nihai

kapanış anında ihtiyaç duyulacak fon miktarını önemli ölçüde azaltır (International Finance Corporation, 2007, s. 24).

Literatürde ve uygulamada, işletmeden çıkarma maliyetleri tek bir rakamdan ibaret olmayıp, kullanım amacına göre üç farklı bakış açısıyla hesaplanmaktadır (Australian Government, 2016, s. 79):

1. Finansal Güvence Tahminleri (Düzenleyici Kurum Odaklı): Devlet ve düzenleyici kurumlar tarafından talep edilen, genellikle standart bir içeriğe sahip hesaplamalardır. Çevresel etki değerlendirmesi, doğaya yeniden kazandırma ve kapanış sonrası izleme maliyetlerini kapsayan yasal teminat rakamını belirlemeyi amaçlar.

2. Maden Ömrü Maliyet Tahminleri (İşletme ve Planlama Odaklı): İşletmenin iç bütçeleme ve stratejik planlamasında kullanılır. Mevcut ve gelecekte gerçekleşecek bozulmaları, piyasa fiyatları üzerinden ve hem yasal hem de yasal olmayan yükümlülükleri dahil ederek hesaplar.

3. Varlık Emeklilik Yükümlülüğü (ARO) Tahmini (Muhasebe ve Raporlama Odaklı): Bilanço tarihindeki gerçek yükümlülüğü göstermek amacıyla muhasebe standartlarına göre hesaplanır. İhtiyatlılık kavramı gereği, maliyet azaltıcı kalemler (kurtarma değeri/hurda geliri gibi) bu hesaba dahil edilmez. Sadece gerçekleşmesi muhtemel borç yükümlülüğüne odaklanılır.

İşletmeden çıkarma maliyetlerinin doğru tespiti, nihai ocak sınırını, üretim programını ve dolayısıyla projenin değerini doğrudan etkiler (Nehring ve Cheng, 2016, s. 238). Entegre bir risk yönetimi anlayışı ve aşamalı rehabilitasyon uygulamaları, sadece çevresel başarıyı artırmakla kalmaz, aynı zamanda toplam işletmeden çıkarma maliyetlerinin optimize edilmesine de olanak sağlar. Başarı kriterlerinin aşamalandırılması, fonların bu kriterlere göre serbest bırakılmasına imkân tanıyarak finansal denetimi güçlendirir (Srikanth ve Nathan, 2018, s. 40).

Avustralya maden kapatma rehberinde işletmeden çıkarmanın tam olarak uygulanması ile sosyal ve çevresel sonuçların tatmin edici olacağı ve bununla birlikte işletmeden çıkarma maliyetlerinin azaltılabileceği ifade edilmektedir. Aynı rehberde işletmeden çıkarma planıyla sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda hareket edilirken

madencilik ve işletmeden çıkarma planlarında entegre bir risk yönetimi anlayışının, aşamalı rehabilitasyon uygulamalarının, yerel toplum ve düzenleyicilerle iletişimin dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Australian Goverment Department of Industry, Tourism and Resources, 2006, s. 49).

2.5 İşletmeden Çıkarmada Süreç, Proje, Risk ve Fon Yönetimi

Seçilecek işletmeden çıkarma stratejisi süreç yönetimini etkileyen en önemli tercihlerden biridir. 1980'lerde İngiltere ve bazı Avrupa ülkeleri nükleer santrallerde radyoaktif bozunmaya izin vererek ve maliyetleri düşürmeyi hedefleyerek ertelemeli işletmeden çıkarmayı tercih etmişlerdir. Ancak değişen koşullarla bunun daha az riskli olmadığına karar verilmesi sonucu nükleer tesisin bir an önce işletmeden çıkarılmasına yönelmişlerdir. Japonya'da yine benzer şekilde kamuoyunun desteği ile birlikte anında işletmeden çıkarma stratejisini tercih etmektedir (Shimada, 2015, s.50). Diğer enerji santrallerinde tam ve en kısa sürede işletmeden çıkarmanın gerçekleşmesi için yasal teşviklerin olduğu gözlemlenmektedir.

Bu doğrultuda genel kabul gören strateji anında ve tam işletmeden çıkarma yönündedir. Strateji belirlendikten sonra süreçte kullanılacak söküm yöntemlerinin belirlenmesi gerekecektir.

İşletmeden çıkarma sürecinde seçilen söküm yöntemine bağlı olarak ikincil atık miktarı ve atıkların bertaraf yöntemi değişebilir. Bu sebeple işletmeden çıkarma planı geliştirirken analitik değerlendirme, işletme geçmişi araştırmaları, ölçüm değerlendirmesi ve diğer ileri araştırmalarla birlikte en son söküm teknolojilerinin de değerlendirilmesi önemlidir (Shimada, 2015, s.48).

Geniş bir endüstri olarak işletmeden çıkarma özellikle kültürel etkilere açık bir yapıya sahiptir. Bu bağlamda, tesisin yaşam döngüsünün tasarım, inşaat veya işletme gibi diğer iyi düzenlenmiş aşamalarından farklıdır. Bunun nedeni, sürekli değişen koşullar ve bilinmeyenlere, beklenmedik olaylara ve planlanmamış koşullarda doğaçlama kararlara sebep olan yapısıdır. Ayrıca, işletmeden çıkarmanın çok disiplinli doğası, tüm bu disiplinlerin kültürel bir noktada birleşerek bütüncül bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir (Laraia, 2018, s.14).

Bu çok yönlülük yönetilmesi gereken çok fazla alan ve dolayısıyla verilmesi gereken çok fazla karar demektir. Sonuç olarak değerlendirilmesi gereken çok fazla kriter olması anlamına gelmektedir. Ancak pozitif bir etki olarak bütün tesisin daha küçük alanlara bölünerek

yönetilmesi imkânı da ortaya çıkmaktadır. Bu alanların kesişme noktalarının ve birbirlerini etkilediği kararların daha dikkatli değerlendirilmesi yönetime gerekli kolaylığı sağlayacaktır.

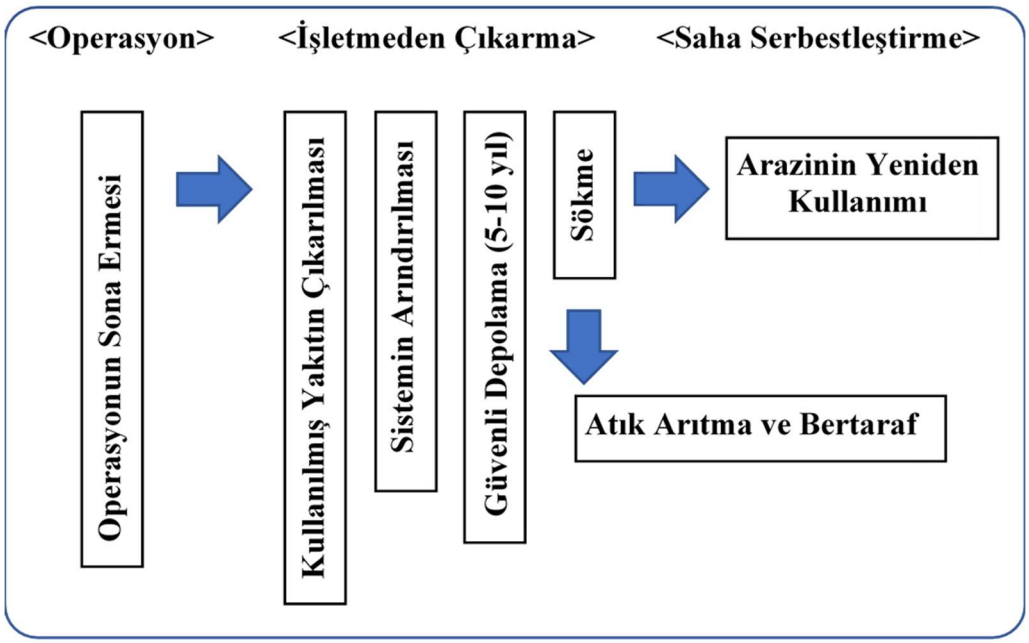
İşletmeden çıkarma sürecinde hem yönetimsel hem de teknik açıdan bakıldığında birikimli bir ilerleme söz konusudur. İşletmeden çıkarma ile ilgili deneyimler arttıkça süreç yönetimi, proje yönetimi ve risk yönetimi daha net tanımlanarak o anki şartlar için optimize edilmektedir. İşletmeden çıkarma devam ettikçe bu optimizasyon da yeni şartlara ve değerlendirmelere göre devam edecektir. İyileşmelerin devam etmesi için bilgi paylaşımının sağlanması gereklidir.

Nükleer endüstri için 1980'li yıllar büyük Ar-Ge programları ile tanımlanmaktadır. O zamana kadar edinilen deneyimler, hâkim olan işletmeden çıkarma yöntem ve tekniklerinin etkinliğini ve verimliliğini artırmak ve yenilikçi süreçler oluşturmak için daha fazla çabaya ihtiyaç duyulduğunu göstermiştir. Ancak nükleer endüstriden elde edilen deneyimlerle diğer enerji sektörlerindeki işletmeden çıkarmanın süreç, proje ve risk yönetimi başlıkları daha kolay değerlendirilmeye başlanmıştır. Farklılıklar daha çok teknik konularda oluşmaktadır. İşletmeden çıkarma ihtiyacının tüm ülkelerde var olduğu göz önünde bulundurulduğunda deneyimin yayılması uluslararası öneme sahiptir. Bilgi ve rehberliği yaymak için kullanılabilecek üç uluslararası iş birliği şekli bulunmaktadır: Birincisi, ülkeler ve/veya kuruluşlar arasındaki ikili anlaşmalar yoluyladır. İkincisi, bölgesel düzeyde iş birliğidir. Üçüncüsü ise uluslararası örgütlerin ağları aracılığıyladır. Ortak araştırma-geliştirme ve gösteri projeleri de dâhil olmak üzere ikinci iş birliği biçimi, işletmeden çıkarma alanında çok başarılı olmuştur (Laraia, 2018, s.47).

İşletmeden çıkarmanın süreç yönetiminde bilgi yönetimi çok önemlidir. Bir tesisin yaşam döngüsü boyunca ve işletmeden çıkarma aşamasında etkili ve kesintisiz bir kayıt yönetim sisteminin önemi genel olarak kabul edilmektedir. Bu, işletmeden çıkarmanın sona ermesinden çok sonra bile devam edecek olan bilgi yönetiminin daha geniş bir tanımının parçasıdır. Yalnızca kayıtların okunabilirliğini değil, aynı zamanda sağlanan bilgileri kullanma yeteneğini de içerir (Laraia, 2017, s.20). Bilgi yönetiminin başarılı olması sayesinde iş birliklerinin ve yeni projelerin başarı şansı artacaktır. Nükleer santraller için standart bir işletmeden çıkarma süreci Şekil 2.1'de gösterilmektedir.

Şekil 2.1

Nükleer Santrallerde Standart İşletmeden Çıkarma Süreci



Kaynak: (Shimada,2015, s.50)

Diğer enerji tesislerinde benzer bir süreç akışı izlenmektedir. Farklı olarak diğer enerji türlerinde kullanılmış yakıtın çıkarılması ve güvenli depolama söz konusu değildir. Diğer enerji santrallerinde operasyon sona erdikten sonra gerekli güvenlik önlemleri alınarak arındırma, sonrasında söküm faaliyetleri gerçekleştirilir.

Enerji tesislerinde tasarımdan saha serbest bırakmaya kadar devam eden uzun bir sürecin yönetilmesi için yönetilecek adımların belirlenmesi kolaylık sağlayacaktır. Enerji tesislerinde iyileştirme ve işletmeden çıkarma projelerinin başarılı bir şekilde tasarlanması ve uygulanması, şu görevleri içerir (IAEA, 2009, s.12):

- Proje yönetimi
- Saha ve tesis karakterizasyonu
- Risk değerlendirmesi
- Malzemeler ve atık yönetimi
- Kayıt yönetimi
- Kalite yönetim programı
- İş sağlığı ve güvenliğini sağlamaya yönelik tedbirler

- Çevresel bozulmayı önlemek için önlemler
- Mevzuata uyumu sağlamak için idari önlemler
- Paydaş katılımını sağlamaya yönelik önlemler

İşletmeden çıkarma işlemi tamamlanmış bir sahanın birkaç olası kullanımı vardır. Nükleer santrallerin birçoğunun bir sahada inşa edilmiş birden fazla ünitesi vardır. Hatta bir ünite işletmeden çıkarılırsa, işletmeden çıkarılan ünite ve çevre alanı bir izleme alanı olarak belirlenirken saha muhtemelen bir nükleer santral olarak kullanılmaya devam edebilir. Küçük ölçekli deney tesisleri ve araştırma reaktörleri söz konusu olduğunda, büyük ölçüde bir tesis söküldükten sonra, bina ve/veya arazinin nükleer düzenleyici kontrolün dışında tutulabileceği ve kısıtlama olmadan genel kullanıma açılabileceği görülmektedir (Shimada, 2015, s.71-72).

Farklı son durumlara ulaşılacak olsa da ciddi bir planlama ile işletmeden çıkarma planının hazırlanması ve tüm yönleriyle değerlendirilerek uygulanması önemlidir. Ulaşılmak istenen son durumlar farklı olabileceği gibi işletmeden çıkarma sebepleri de farklı olabilir.

Nükleer santrallerin işletmeden çıkarılma sebebi sadece işletme ömürlerini tamamlaması değildir. Nükleer santral kâr edemiyorsa da işletmeden çıkarılabilir. Nükleer yakıt maliyetleri düşük olsa da işletme ve bakım maliyetleri ve sermaye maliyetleri yüksektir. Bir reaktör yaşlandıkça işletme maliyetleri artar ve büyük onarımlara ya da güvenlik güçlendirmelerine ihtiyaç duyabilir. Bu gibi durumlarda nükleer santral kolaylıkla kârsızlık noktasına geçebilir (Laraia, 2017, s.2).

Her şart ve durumda her açıdan hazırlıklı olabilmek için tüm sürecin titizlikle yönetilmesi gerekir. Bunun için işletmeden çıkarmanın bütün yönleriyle değerlendirilerek işletmeden çıkarma planının hazırlanması gerekir.

İşletmeden çıkarma için nihai planlama, düzenleyici kurum tarafından onaylandıktan sonra tesisin işletmeden çıkarılmasına başlanabilecek şekilde hazırlamaya hizmet eder. İşletmeden çıkarma için nihai planlamanın önemli hedefleri şunlardır (Kaulard, 2017, s.35-36):

- Strateji ve nihai son durum da dahil olmak üzere işletmeden çıkarmanın hedeflerini tanımlamak.
- İşletmeden çıkarma faaliyetlerini ve atık yönetimi stratejilerini tanımlamak ve faaliyetlerin nasıl gerçekleştirileceğine ilişkin yapıyı tanımlamak.
- İşletmeden çıkarmaya başlamak için düzenleyici kurum tarafından onay alınmasını desteklemek için nihai işletmeden çıkarma planını hazırlamak.
- Nihai işletmeden çıkarma planına dayanarak, düzenleyici kurum tarafından onaylandıktan sonra başlatılacak ilk işletmeden çıkarma faaliyetlerine ilişkin çalışma dokümanlarını hazırlamak ve işletmeden çıkarma organizasyonunu düzenlemek.

İşletmeden çıkarma projelerinde WBS kritik öneme sahiptir. Çünkü projenin tanımı, faaliyetlerin organizasyonu, temel çizelge ve maliyetlerin geliştirilmesi için kullanılır. Ayrıca iş akışını faaliyetlere veya görevlere bölerek projenin kontrolünü sağlar. İşletmeden çıkarma planlarındaki güncellemeler genel olarak WBS'de meydana gelen değişiklikleri yansıtır (Devgun, 2013, s.15).

2.5.1 Süreç yönetimi

Uluslararası düzenlemelerde olduğu gibi Japonya'da da bir tesisi işletmeden çıkarmak isteyen nükleer tesis lisans sahibinin, ilgili kanun uyarınca bir işletmeden çıkarma planı hazırlaması ve düzenleyici otoritenin onayına sunması yasal bir zorunluluktur. Bu planın; söküm yöntemlerini, nükleer yakıt malzemelerinin neden olduğu kirlenmenin giderilmesini, nükleer yakıt malzemesinin veya bu malzemelerle kirlenmiş diğer unsurların imhasını ve tüm işletmeden çıkarma sürecini içermesi gerekir. Ayrıca ana işletmeden çıkarma planına; radyasyona maruz kalma yönetiminin açıklanması, kaza senaryolarının sonuçları, nükleer yakıt maddelerinin neden olduğu kirliliğin dağılımı ile değerlendirme yöntemi, işletmeden çıkarma sırasında işlevlerini sürdürmesi gereken tesisler, performans göstergeleri ve bu işlevler için gereken süre gibi ek belgelerin de dahil edilmesi zorunludur (Shimada, 2015, s. 51-52).

İşletmeden çıkarma planının onaylanması için kabul edilecek kriterlerin net bir şekilde belirlenmiş olması, süreç yönetiminde olumlu bir etki oluşturacaktır. Plan onaylandıktan sonraki adım, planda yer alan her bir bölümün detaylandırılması ve işlem basamaklarının belirlenmesi olacaktır. Bu aşamada, kullanılacak söküm yönteminin işlem basamakları,

kirlenmenin giderilmesinde yürütülecek faaliyetler, atık yönetiminin detayları ve sonuç hedef kriterleri netleştirilmelidir.

Bir söküm planının formüle edilmesi, gereken işçi sayısının tahmin edilmesi ve işe başlamadan önce gerekli maliyetlerin değerlendirilmesi sürecin önemli adımları arasındadır. Söküm planı hazırlanırken gerekli bilgilerin verimli bir şekilde alınması amacıyla tesiste bulunan ekipman ve yapıların özelliklerinin (ağırlık, şekil, malzeme, radyoaktivite miktarı, konum vb.) önceden değerlendirilmesi ve bir veri tabanı oluşturulması tavsiye edilir. Bir nükleer tesis için söküm işi, konvansiyonel yöntemlerle söküm, uzaktan söküm, binalarda arındırma ile radyoaktivite ölçümü ve binaların sökülmesi gibi çeşitli adımların bir kombinasyonundan oluşur. Diğer enerji santrallerinde de benzer bir kombinasyon oluşturma söz konusudur; ancak nükleer santrallerden farklı olarak binaların arındırılması ve radyoaktivite ölçümleri gibi aktiviteler bu tesislerde yer almaz. İzlenen adımların her biri aynı zamanda hazırlama, kesme, saklama ve temizleme çalışmalarını da içerir. Planlamada, bir WBS formüle etmek için bu iş adımları bölünür. Öncelikle gerekli tüm iş adımları, çalışma koşulları ve prosedürleri belirlenerek bir işletmeden çıkarma planı geliştirilir ve ardından iş adımlarının yeniden yapılandırılması sağlanır. Bu yaklaşım; gerekli personel-saat sayısı, işçilerin maruz kalma dozları (nükleer santraller için), maliyetler ve üretilen atık miktarları dahil olmak üzere ilgili yönetim verilerinin hesaplanmasına olanak tanıyacak ve böylece rasyonel bir planın geliştirilmesini kolaylaştıracaktır (Shimada, 2015, s. 56).

İşletmeden çıkarma planı, tesislerin tasarımı sırasında güvenilir bir işletmeden çıkarma yönteminin dikkate alındığından ve tasarlandığından emin olmak amacıyla henüz projelendirme aşamasında geliştirilmelidir (Hongtao, 2022, s. 278). Ancak değişen teknolojik, sosyal ve yasal şartlar dikkate alınarak bu plan üzerinde belirli aralıklarla güncellemeler yapılmalıdır.

İşletmeden çıkarmada süreç yönetiminin önemli bir ayağını da paydaşlar oluşturur. Bazı yerel paydaşlar, tesisin inşaatından itibaren yerel operasyonla birlikte yaşamışlardır; bu sebeple işletmeden çıkarmanın etkisini anlamak ve kendi ihtiyaçlarının dikkate alınmasını sağlamak adına sürece dahil edilmeyi beklemeleri oldukça makul bir beklentidir. Ayrıca süreçte veya sonuçta çıkarı olan sivil toplum kuruluşları gibi diğer

paydaşların görüşlerinin de dikkate alınması gerekir (Hongtao, 2022, s. 284). Bu doğrultuda ilgi grupları şu şekilde sınıflandırılabilir (Laraia, 2017):

1. Yakın (yasal ve yerel) ilgi grupları
- Medya
- Ziyaretçiler
- Çeşitli baskı grupları
- Alan planlayıcılar ve geliştiriciler
- Ekolojistler ve hayvan hakları savunucuları
- Düzenleyiciler
- Araştırma merkezindeki paydaşlar
2. Uzak ilgi grupları
- Genel olarak nükleer endüstri: Tasarımcılar, satıcılar, işletmeden çıkarma sahalarından çıkarılan malzemeleri/bileşenleri kullanan üreticiler
- Tarihçiler ve arkeologlar
- Uygulama toplulukları
- Araştırmacılar ve bilim adamları
- Tıp ve sağlık uzmanları
- Finansal ilgi grupları
- Öğretmenler ve öğrenciler, üniversiteler
- Uluslararası paydaşlar
- Gelecek nesiller
- Nükleer olmayan endüstri
- Arabulucular

Tüm bu paydaşların iletişim kurma istekleri, süreçte daha sonra yaşanması muhtemel iletişim sorunlarını ve dirençleri engellemek adına planlama aşamasında mutlaka dikkate alınmalıdır.

2.5.2 Proje yönetimi

İşletmeden çıkarma projeleri genellikle işin özel faaliyetlerini tanımlayan belirli aşamalar veya dönemler halinde gerçekleştirilir. Nükleer tesislerde anında işletmeden çıkarma

stratejisi için tipik olarak üç ana aşama tanımlanmaktadır: işletmeden çıkarma planlaması, işletmeden çıkarma ve sökme faaliyetleri ile tesis ve saha restorasyonu (Laguardia, 2017, s. 105). Yapılan bu aşamalandırmada, özellikle en sonda yer alan restorasyon faaliyetlerinin tüm enerji türlerinin işletmeden çıkarılmasında henüz planlama aşamasından itibaren sürece dahil edilmesi gerekmektedir. Böylece başlangıçta yapılacak stratejik düzenlemelerin projenin sonuna bırakılarak zaman kaybına ve maliyet artışına sebep olması engellenebilir.

Geçmiş uygulamalarda ortaya çıkan ve günümüzde işletmeden çıkarma planlaması ile yürütülmesinde önemli bir etken olarak değerlendirilen organizasyonel yönler şu şekilde özetlenebilir (Laraia, 2018, s. 81-82):

- Herhangi bir işletmeden çıkarma projesi dinamiktir ve süreç boyunca sürekli değişen bir yapıya sahiptir.
- Projenin paydaşlarıyla kurulacak sorunsuz ve etkili etkileşimler, projenin başarısı için elzemdir.
- Kesin ve açıkça belirtilmiş bir işletmeden çıkarma son durumu, sürecin sonuna kadar tüm projenin ana hedefi olarak kalmalıdır.
- İşletmeden çıkarma sürecinden önce yeterli finansman sağlanmalı, süreç boyunca ve herhangi bir zamanda fonların mevcudiyetini korumak adına düzenli finansal değerlendirmeler yapılmalıdır.
- İşletmeden çıkarma rolleri ve sorumlulukları, özellikle de en üst düzey proje yönetiminde erken bir dönemde atanmalı ve kilit ekip üyeleri belirlenmelidir.
- İşletmeden çıkarma ekibinin bileşimi proje boyunca değişeceğinden bu yapı projenin anlık ihtiyaçlarına, bireysel becerilere ve ulusal politikalara göre dinamik biçimde düzenlenmelidir.

Proje yönetiminde her projede uygulanması gereken tipik basamaklar mevcut olmakla birlikte, proje alanına özgü yaşanan sorunlar zaman içerisinde yaşandıkça tespit edilecek ve sonraki projeler için iyileştirmeler yapılacaktır. Yine de farklı sektörler için projeyi özel kılan bazı nitelikli alanlardan bahsedilmesi mümkündür. Nükleer projeler özelinde, standart proje yönetimi hususlarına ek olarak planlama aşamalarından itibaren dikkate alınması gereken temel unsurlar şunlardır (Devgun, 2013, s. 8-16):

- Radyasyon korumasının sağlanması ve yasal gerekliliklerin tam olarak karşılanması,
- Proje ekibinin fiziksel sağlık ve radyasyondan korunma uzmanlarını da içerecek şekilde yapılandırılması,
- İşletmeden çıkarmanın başlangıç aşamasında nükleer tesiste süreçten etkilenebilecek veya hizmetlerine ihtiyaç duyulabilecek diğer paydaşların sürece dahil edilmesi,
- Nükleer projelerin benzersiz doğası gereği güvenliğin tüm yönleriyle önceliklendirilmesi, iş prosedürlerine ve politikalara tam uyumun sağlanması,
- Nükleer kayıtların büyük bir kısmının uzun bir süre boyunca veya lisans düzenleyici kurum tarafından feshedilene kadar (tesis tamamen işletmeden çıkarıldıktan sonra bile) muhafaza edilmesi.

Nükleer tesislerdeki çalışma ortamı, gerektiğinde hızlı iyileştirmeler ve düzenlemeler yapabilmek adına bir nükleer güvenlik kültürü geliştirilmesini, bunun devamlılığının sağlanmasını ve sürekli olarak izlenmesini zorunlu kılar. Nükleer saha operasyonları, herhangi bir büyük ölçekli operasyonun barındırdığı geleneksel endüstriyel tehlikelere ek olarak, radyoaktif malzemeler ve radyasyonla ilgili spesifik riskleri de içerir. Bu nedenle süreçteki hiçbir faaliyet rutin bir uygulama olarak kabul edilemez ve risklere karşı sürekli bir farkındalık düzeyinin korunması gerekir (Devgun, 2013, s. 10). Benzer şekilde nükleer kalite güvencesi, bir yapının, sistemin veya bileşenin faaliyetteyken tatmin edici bir performans göstereceğine dair kesin bir güvence sunmalı ve uygulanan program, kaliteyi etkileyen tüm faaliyetler üzerinde mutlak bir kontrol sağlamalıdır. Özel olarak nükleer santrallerde kalite güvenliğinin sağlanamamasının çok daha yıkıcı çevresel ve fiziksel sonuçları olabileceğinden, proje yönetiminde gerekli güvenlik ve sağlık tedbirlerinin en üst düzeyde alınması esastır (Devgun, 2013, s. 11).

İşletmeden çıkarmada proje yönetiminin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için öncelikle kapsamlı bir bilgi setinin oluşturulması gerekir. Fiziksel, sosyal, sosyoekonomik, çevresel ve hukuksal alanları kapsayan bu bilgi setinin sağladığı stratejik faydalar şu şekilde özetlenebilir (ICMM, 2025, s. 18):

- Çevresel ve sosyal ortamın karmaşıklık düzeyinin doğru algılanmasını sağlar.

- İşletmeden çıkarma ile ilgili risk ve fırsatların zamanında belirlenmesine ve değerlendirilmesine imkân tanır.
- Mevcut verilerdeki eksikliklerin ve bilgi boşluklarının tespit edilmesini sağlar.
- İşletmeden çıkarma sonrası arazi kullanımına yönelik alternatiflerin belirlenmesine ve rasyonel değerlendirmeler yapılmasına zemin hazırlar.
- İşletmeden çıkarmanın başarı ve tamamlanma kriterlerinin belirlenmesini destekler.
- Çevresel ve sosyoekonomik verilerdeki uzun vadeli eğilimleri tespit etmeyi kolaylaştırır.
- İşletmeden çıkarma faaliyetleri neticesinde diğer sektörlerin olumlu veya olumsuz olarak etkilenme derecelerini ortaya koyar.
- İşletmeden çıkarmanın olası etkilerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesine katkı sağlar.
- Yürütülecek olan saha faaliyetlerinden kaynaklanabilecek risklerin hafifletilmesine ve öngörülü olarak yönetilmesine yardımcı olur.

2.5.3 Risk yönetimi

Nükleer tesislerde işletmeden çıkarma finansmanı 40 yılı, hatta yeni nesil reaktörlerde 60 yılı bulan uzun bir zaman dilimini kapsadığından öngörülemeyen olayların meydana gelmesi muhtemeldir. Bu tür olayların gerçekleşmesi kesin olmadığı için yaratacakları maliyet etkisini önceden tahmin etmek de mümkün değildir. Söz konusu belirsizlikler, maliyet tahmininde kullanılacak ölçülebilir olasılık hesaplarına dayanan risk analizleri ile belirlenir. Risk analizi, proje kapsamının ötesine uzanan işletmeden çıkarma problemlerini, potansiyel olarak maliyette bir artışa neden olan tehditleri veya maliyetlerde bir düşüş sağlayan fırsatları tespit etmenin en etkin yoludur ve son yıllarda maliyet ve program tahmininin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Laguardia, 2017, s. 109).

Her proje doğası gereği bünyesinde muhakkak çeşitli riskler barındırır. Proje ölçeği büyüdükçe ve alt projelere ayrıldıkça hem mevcut riskler artar hem de bir alt projede oluşan riskin veya uygulanan yönetim stratejisinin diğer projeleri etkileme riski ortaya çıkar. Bir reaktör işletmeden çıkarma projesinin başlangıç aşamasında bilgi seviyesi oldukça düşüktür. Proje ekibi zamanla kapsam belirleme, seçenek oluşturma, fizibilite

çalışmaları veya veri toplama gibi ek faaliyetlerle bilgi düzeyini artırır. Ancak projedeki bilgi seviyesi arttıkça, proje üzerinde esnek hareket etme ve değişiklik yapma olasılığı azalır. Projenin sonunda tesisle ilgili her şey bilinse de artık hiçbir şeyi değiştirmek mümkün değildir. Bir işletmeden çıkarma projesinde, bir bileşen fiilen sökülmeden o bileşenin kontaminasyon veya tehlikeli maddelerle ilgili içeriği tespit edilemez. Bu sebeple beklenmedik durumlar her zaman mümkündür. Dolayısıyla, bir reaktör işletmeden çıkarma projesinde karar vermek, mevcut risklerin kritik seviyelere ulaşmayacağına dair yeterli güvenin bulunması koşuluyla göze alınabilir riskleri yönetmek anlamına gelir (Grenovillet, 2013, s. 204).

Enerji sektöründe ele alınması gereken başlıca riskler arasında halkın kabulü, ilk verilerin güvenliği, yönetmelik değişiklikleri ve atık yönetimi sayılabilir (Grenovillet, 2013, s. 205-206). Nükleer endüstrisinde risk yönetimi düşünüldüğünde sağlık, emniyet ve güvenlik riskleri ile teknolojik gelişmelerden sağlanan fırsatlar öncelikli olarak değerlendirilir. Bu unsurların yanı sıra, maliyet risklerinin ve finansal fırsatların da risk yönetimi sürecine dahil edilmesi zorunludur. Güvenlik değerlendirmeleri, ilk işletmeden çıkarma planının geliştirilmesinde bir gereklilik olduğu gibi, halkın projeye olan güveni için de temel teşkil edecektir. Ancak risk yönetimi, güvenliğe kıyasla daha dinamik ve belirsiz bir kavramdır. Risk yönetiminin ilk işletmeden çıkarma planından itibaren özenle değerlendirilmesi, planın proje sonuna kadar geçerli kalmasını ve projenin gelecekte başarıyla uygulanmasını sağlamaya katkıda bulunacaktır (Kaulard, 2017, s. 33). Riski tespit etmenin ilk basamağı doğru veri girişidir. Veriler ne kadar doğru ise risk tespiti de o kadar başarılı olacaktır. Dolayısıyla, risk yönetiminin etkili bir şekilde yürütülebilmesi, bilgi yönetiminin de aynı etkililikte yapılmasına bağlıdır.

Nükleer santrallerin işletilmesinde oldukça kapsamlı politika ve prosedür setleri mevcuttur. İşçinin ilgili görevleri yapmaya uygunluğunun değerlendirilmesi, operasyonlar özelinde verilen eğitimler, radyasyondan korunma, insan kaynakları performansı, bakım faaliyetleri, mühendislik değişiklikleri ve acil durum prosedürleri bunlara örnek olarak gösterilebilir. Tesisteki genel risk yönetimi yasal gerekliliklerin yanı sıra bu politika ve prosedürlere sıkı sıkıya bağlıdır. Riski azaltmak adına işe en uygun personelin istihdam edilmesi ve yine iş için mevcut en iyi teknolojinin kullanılması

gerekir. En büyük öncelik olan işçi güvenliğinin sağlanabilmesi için tüm paydaşların doğru zamanda doğru bilgiye sahip olması esastır (Devgun, 2013, s. 22).

Tüm yönetim disiplinlerinde olduğu gibi risk yönetiminde de sürekli bir süreç söz konusudur. Risklerin tespit edilerek tamamen yok edilmesi her zaman mümkün olmayabilir. Ayrıca bir riskin ortadan kaldırılması zaman içerisinde başka bir riskin oluşmayacağı anlamına da gelmez. Bu yüzden risk yönetiminde de belirli aralıklarla değerlendirme ve güncellemelerin yapılması gereklidir. Risk yönetimi, riskin değerlendirilmesini, risk azaltma stratejilerini ve eylem planı hakkında karar vermeyi içerir. Risk değerlendirmesinde önlenebilir riskler tespit edildiğinde önleme faaliyetleri uygulanır. Riskin etkisi düşük veya yönetilebilir olarak tespit edilirse risk kabul edilir. Diğer durumlarda ise risk azaltma teknikleri kullanılır. Bazı durumlarda riski üçüncü taraflara aktarmak söz konusu olabilir. Örneğin finansal risklerde işin yüklenicilere/taşeronlara devredilmesi veya sigortalanması bu bağlamda değerlendirilebilir. Proje riskleri projenin ilerlemesiyle birlikte değişebileceğinden, Risk Kaydı gibi araçlar kullanılarak projenin risk profili düzenli olarak değerlendirilmeli ve güncellenmelidir (Devgun, 2013, s. 20).

İşletmeden çıkarmanın nihai planlaması, dinamik bir risk yönetimi süreci yürütmeyi de içerir. Buradaki temel amaç, işletmeden çıkarmanın başarısını engelleyebilecek riskleri belirlemek ve bir izleme ve kontrol sistemi oluşturmaktır. Etkileri veya oluşma sıklığı nedeniyle kabul edilemez bulunan tehditler veya sürece dahil edilmeye değer fırsatlar söz konusu olduğunda, planlanan işletmeden çıkarma faaliyetlerinin değiştirilmesi ve risk değerlendirme sürecinin tekrarlanması gerekmektedir. Bu süreç, kalan riskler kabul edilebilir seviyeye çekilene kadar devam eder. Planlanan işletmeden çıkarma faaliyetleri her değiştirildiğinde, yapılan değişikliklerin emniyet veya kalan risk üzerindeki etkisi yeni bir emniyet veya risk değerlendirmesi ile analiz edilmelidir. Dolayısıyla planlama süreci, güvenlik değerlendirmesi ve risk yönetimi, birbiriyle yakından bağlantılı üç yinelemeli süreç oluşturur (Kaulard, 2017, s. 43).

Risk faktörlerinin belirli başlıklar altında gruplandırılarak belirlenmesi, risk yönetimini kolaylaştırıcı bir etki oluşturacaktır. Bu doğrultuda risk faktörlerini, çevresel, güvenlik ve sağlık, toplumsal ve sosyal, nihai arazi kullanımı, yasal ve finansal ve teknik riskler olarak sınıflandırmak mümkündür. Alt sorunlar ise işletmeden çıkarma nesnesine göre farklılık

gösterecektir. Örnek olarak maden sahalarının risk faktörleri ve alt sorunları Tablo 2.23'te gösterilmiştir.

Tablo 2.23

Madencilik Sahalarının Risk Faktörleri

Risk Faktörleri	Alt Sorunlar
Çevresel Riskler	Su Hava Toprak Atık Miras sahaları
Güvenlik ve Sağlık Riskleri	Açıklıklar Çökme Altyapı Güvenlik Acil durum müdahale hazırlığı Radyasyon kaynağının bertarafı
Toplumsal ve Sosyal Riskler	Çalışanlar Yönetişim Sendikalar Arazi sahipleri Etkilenen toplum Yeni yerleşenler Yerel yönetim Genel toplum etkisi
Nihai Arazi Kullanım Riskleri	Yüksek değer Orta değer Düşük değer
Yasal ve Finansal Riskler	Devlet Kredi kuruluşları Tedarik zinciri Kurtarma değeri Olumsuz izlenim
Teknik Riskler	İşletmeden çıkarma planı Plana aykırı rehabilitasyon ilerlemesi Kapanış ekibi Rezerv

Kaynak: (Laurence, 2006, s. 288)

2.5.4 Fon yönetimi

Devletlerin, işletmeden çıkarma faaliyetlerinin finansmanını güvence altına almak amacıyla kapsamlı bir mali güvence sistemi oluşturması gerekmektedir. Bu sistemin kapsamı ve yükümlülük düzeyi, faaliyet gösterilen sektörün risk profiline ve işletmeden çıkarma sürecinin karmaşıklığına bağlı olarak artırılabilir veya azaltılabilir. Etkin bir mali güvence mekanizmasının varlığı, işletmeden çıkarma faaliyetlerinin finansmanında ortaya çıkabilecek kaynak yetersizliklerinin giderilmesine katkı sağlayacak ve sürecin sürdürülebilirliğini destekleyecektir.

Mali güvence sistemi; teminatlar, fonlar ve sigorta mekanizmaları gibi çeşitli araçları içerebilir. Bununla birlikte, mali güvence bedelinin hesaplanma yöntemi, kullanılabilecek güvence araçlarının niteliği, oluşturulacak fonların yapısı, toplanan kaynakların kullanım esasları ve zamanı ile sigorta uygulamalarının kapsamı ve başvuru süreçleri mevzuatta ayrıntılı şekilde düzenlenmelidir. Mali güvence bedelinin belirlenmesinde sabit bir tutar veya önceden tanımlanmış bir hesaplama yöntemi kullanılabileceği gibi işletmeden çıkarma maliyet tahminleri de esas alınabilir. Ancak maliyet tahminlerinin esas alınması durumunda, bu tahminlerin kim tarafından ve hangi yöntemlerle hazırlandığı önemli bir husus hâline gelmektedir. Zira işletme ile doğrudan veya dolaylı çıkar ilişkisi bulunan ve kötü niyetli hareket eden kişi ya da kuruluşlar, güvence bedelinin düşük belirlenmesini sağlamak amacıyla işletmeden çıkarma maliyetlerini gerçeğinden düşük gösterebilirler. Benzer şekilde, maliyet hesaplamalarında kurtarma değerinin dikkate alındığı durumlarda, söz konusu değerin gerçeğinden yüksek tahmin edilmesi de güvence tutarının olması gerekenden düşük belirlenmesine yol açabilir. Bu nedenle maliyet tahminlerinin bağımsız ve yetkin uzmanlar tarafından hazırlanması, düzenli olarak gözden geçirilmesi ve kamu otoriteleri tarafından denetlenmesi gibi ilave güvence mekanizmalarının oluşturulması önem arz etmektedir.

Fon biriktirme sürecinin tesisin operasyonel faaliyete geçmesiyle birlikte başlatılmasına izin verilmesi, mali güvencenin bir sermaye maliyeti yerine işletme maliyeti olarak değerlendirilmesine ve yatırımcının finansal olarak rahatlamasına fırsat tanır. Ancak bu finansal kolaylıkların uygulanabilmesi için, işletmeden çıkarma planına ve maliyet hesabına dahil edilecek iş kalemlerinin net bir şekilde tanımlanması ve uluslararası düzeyde bir uygulama birliğinin sağlanması şarttır.

Güven fonlarının haricinde, işletmeden çıkarmayı güvence altına almak için projelendirme aşamasında talep edilen teminat sistemleri de mevcuttur. Bu teminat sisteminin gerekliliği sektörel olarak değerlendirilmelidir. Güneş enerji santralleri gibi işletmeden çıkarma maliyetleri nispeten düşük, kurtarma bedelleri yüksek sektörler için teminat sistemine gerek duyulmayabilir. İşletmeden çıkarma maliyeti nispeten yüksek olan nükleer, madencilik gibi sektörlerde tesisin projelendirme aşamasındaki yüksek belirsizlikler altında, onlarca yıl sonra gerçekleşecek olan işletmeden çıkarma güvence bedelinin net bir şekilde belirlenmesi oldukça güçtür. Bu belirsizliği aşmak adına düzenleyici kurumlar basitleştirilmiş standart formüller geliştirmektedir. Örneğin, NRC "Nükleer Güç Reaktörleri İçin İşletmeden Çıkarma Maliyet Tahminleri İçin Standart İnceleme Planı" kılavuzunda *minimum mali güvence tutarını (MFA)* şu şekilde formüle etmektedir (NRC, 2004, s.2-3):

PWR (basınçlı su reaktörü tipi) için: MFA = (75 + 0,0088P)	(2.5)

BWR (kaynar su reaktörü tipi) için: MFA = (104 + O.009P)	(2.6)

Burada kullanılan değişkenler ve sınır koşulları şu şekildedir:

MFA: Ocak 1986 döneminde ABD Doları cinsinden minimum mali güvence tutarı.

P: megavat (MWt) cinsinden bir reaktörün termal gücü.

Reaktörün ısıl gücü 1200 MWt'den az ise PWR ve BWR denkleminde kullanılacak P değeri 1200 iken, eğer ısıl güç 3400 MWt'den büyük ise o zaman P değeri 3400 olarak kullanılır. Yani P hiçbir zaman 1200'den küçük veya 3400'den büyük olamaz. PWR ve BWR denklemlerinde hesaplanan mali güvence tutarları Ocak 1986 verilerine dayandırılmaktadır. Hesaplanan güvence bedelinin cari yıla getirilmesi için bir yükseltme faktörü kullanılır.

PWR ve BWR denkleminin *yükseltme faktörü (ESC)* aşağıdaki şekilde hesaplanır:

ESC (cari yıl) = (0.65L + 0.13E + 0.22B)	(2.7)

L: İş gücü (ABD Çalışma Bakanlığı, Çalışma İstatistikleri Bürosu'nun bölgesel verilerinden alınacaktır.)

E: Enerji (ABD Çalışma Bakanlığı, Çalışma İstatistikleri Bürosu'nun bölgesel verilerinden alınacaktır.)

B: Atık gömme (NUREG-1307'nin en son revizyonu olan "Atık Bertaraf Ücretleri Raporu: Düşük Seviyeli Atık Gömme Tesislerinde İşletmeden çıkarma Atık Bertaraf Maliyetlerindeki Değişiklikler" belgesinden elde edilmektedir.)

NRC tarafından geliştirilen bu formüller, lisans sahibinin temel düzeyde yeterli fona sahip olup olmadığını belirlemeye yönelik basitleştirilmiş genel bir yaklaşım sunar. Ancak uygulamada, sahaya özgü faktörler genellikle bu formüllerle öngörülenden çok daha yüksek maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu nedenle, gerçekçi bir işletmeden çıkarma projesi hazırlanırken, kurulu sistem ve yapıların envanteri, tesisin kapanış anındaki radyolojik karakterizasyonu, yüklenicinin yönetim yapısı, kamusal/yasal gereklilikler, bölgesel işçilik maliyetleri ile işin yürütülmesi için gerekli olan özel ekipman ve malzemeler gibi sahaya özgü değişkenler mutlaka hesaplamalara dahil edilmelidir (Laguardia, 2017, s. 95).

Talep edilecek mali güvence araçları bunlarla sınırlı olmamak üzere Tablo 2.4'teki gibi sınıflandırılabilir.

Tablo 2.24

Mali Güvence Araçları

Araç Tipi	Araç Açıklaması
Kefalet Senetleri ve Akreditifler	Üçüncü bir tarafın (örn. banka, sigorta şirketi), proje sahibinin projeyi iflas ettirmesi veya projeden vazgeçmesi durumunda, proje sahibinin mali yükümlülüklerini yerine getirmeyi kabul ettiği bir anlaşmadır.
Ana Şirket Garantileri	Proje sahibinin (bağlı şirket) projeyi iflas ettirmesi veya projeden vazgeçmesi durumunda mali ve yasal yükümlülüklerinin yerine getirilmesini güvence altına almak amacıyla, bir ana şirket tarafından verilen sözleşmeye dayalı bir sözdür.
Emanet Hesapları	Projenin işletmeden çıkarılmasına kadar işletmeden çıkarmayı garanti altına alacak gerekli fonun banka gibi bir aracıda bulundurulmasıdır.

Kaynak: (Curtis vd., 2021, s. 4)

Türkiye uygulamasında ise teminat olarak aşağıdaki araçların yatırılması kabul edilmektedir (Radyoaktif Atık Yönetimi Özel Hesabı ve İşletmeden Çıkarma Özel Hesabı ile Hesaplar Yönetim Kuruluna İlişkin Yönetmelik, 2023):

- Türk Lirası, konvertibl döviz veya altın cinsinden nakit olarak değer.

- Kurula muhatap düzenlenmiş ve herhangi bir kısıtlama içermeksizin ilk talepte derhal ödeme taahhüdünü içeren, Türkiye'de yerleşik bir veya birden fazla bankadan temin edilen banka teminat mektubu.

İşletmeden çıkarmanın finansal risklerinden korunmak için işletmeden çıkarma fonu kurulması esastır. İşletmeden çıkarma fonları işletme bünyesinde kurulabileceği gibi bağımsız bir fon şeklinde de kurulabilir. Ayrıca fonun kontrolü işletme tarafından, devlet tarafından veya ortak idare şeklinde yürütülebilir. İşletmeden çıkarma fonu birikiminde kullanılabilecek beş yaklaşım söz konusudur. Bunlar tek seferde ödeme, sabit ödeme, anüite temelli, birim fiyat temelli ve üretim temelli fon birikim yaklaşımlarıdır (Ekergil ve Uzan, 2025, s. 2286).

Tek seferde ödeme yaklaşımında işletmeden çıkarma maliyetinin bugünkü değerinin tamamının fona yatırılması söz konusudur. Güneş enerji santralleri gibi işletmeden çıkarma maliyetinin nispeten düşük, kurtarma bedelleri gibi maliyet azaltıcı unsurların söz konusu olduğu sektörlerde gündeme alınabilse de yatırım maliyetine yeni katlanmış yatırımcılardan tekrar fon istenmesi kabul görmeyebilir.

Sabit ödeme yaklaşımında her yıl sabit bir rakamın fona aktarılması söz konusudur. Bu yaklaşımda sabit üretimin söz konusu olmadığı durumlarda işletmeler fon temininde zorlanabilir. Üretimin az olduğu dönemlerde gelir de az olacağı için ödemelerin aksama durumu söz konusu olabilir.

Anüite temelli yaklaşım paranın zamansal değerini göz önüne almakla birlikte sabit ödeme yaklaşımında olduğu gibi üretimin az olduğu dönemlerde işletme yönetimini fon temininde zorlayabilir.

Birim fiyat temelli yaklaşımda üretim başına birim fiyat belirlenmektedir. Akkuyu Nükleer Santralinde bu uygulamanın örneğini görmekteyiz. Belirlenen bu birim fiyatın işletmeden çıkarma maliyetindeki değişikliklere göre yıllar içerisinde güncellenmesi söz konusu olacaktır. Bu yaklaşım önceki üç yaklaşımda söz konusu olan üretim miktarına göre düzenlememe kısıtını ortadan kaldırmaktadır.

Üretim temelli yaklaşımda ise işletmeden çıkarma maliyeti ve yıllık üretim miktarı direkt olarak ilişkilendirilmektedir. Yıllık üretimin işletmeden çıkarma maliyetinden aldığı pay yıllık ödenecek fon tutarını belirlemektedir.

İşletmeden çıkarma fonunun etkin ve şeffaf bir şekilde yönetilebilmesi için, fondan yapılacak harcamalara ilişkin usul ve esasların yasal ve idari düzenlemelerde açık biçimde tanımlanması gerekmektedir. Bu kapsamda, işletmeden çıkarma faaliyetlerinin yürütülmesi sırasında fondan karşılanacak giderlerin türleri, ödeme tutarlarının belirlenme yöntemleri ve ödeme zamanlamaları önceden düzenlenmelidir. Ayrıca, fon kaynaklarının kullanımında hesap verebilirliğin sağlanabilmesi amacıyla harcama yetki ve sorumluluklarının net bir şekilde belirlenmesi önem taşımaktadır. Harcamaların hangi makamlar tarafından onaylanacağı, denetleneceği ve raporlanacağı hususlarının da prosedürlerde ayrıntılı olarak yer alması, fonun amaç dışı kullanımını önleyerek işletmeden çıkarma sürecinin güvenilirliğini artıracaktır.

3 YÖNTEM

Bu bölüm, araştırmanın metodolojik çerçevesini, kullanılan deseni, yanıt aranan araştırma sorularını, veri toplama sürecini ve verilerin analizinde izlenen yolu detaylandırmaktadır.

3.1 Araştırma Modeli

Çalışmada maden işletmelerinde işletmeden çıkarma süreçlerinin ve finansal planlamasının derinlemesine incelenmesi amacıyla nicel tekli vaka (durum) analizi deseni benimsenmiştir. Araştırma, teknik veriler üzerinden gelecek projeksiyonları ve maliyet tahminleri içerdiğinden, bu desen nicel araştırma deseni olarak değerlendirilmiştir.

Vaka çalışması; güncel bir olguyu, olayı veya süreci kendi gerçek yaşam bağlamı içinde, araştırmacının değişkenler üzerinde doğrudan kontrolünün olmadığı durumlarda "nasıl" ve "niçin" sorularına odaklanarak incelemeyi mümkün kılar (Yıldırım ve Şimşek, 2013, s. 313). İşletmeden çıkarma planının oluşturulma süreci, üretim tahminleri ile birlikte işletmeden çıkarma maliyeti ve işletmeden çıkarma fonu birikim senaryosu bu araştırmada açıklanmış ve bu kuramsal ilkeler Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) vakası özelinde somut bir modele dönüştürülmüştür.

Çalışma kapsamında aşağıdaki temel sorulara yanıt aranmaktadır:

- İşletmeden çıkarma planının temel bileşenleri ve bölümlenmesi nasıl kurgulanmalıdır?
- İşletmeden çıkarma planı kapsamında maliyet hesaplamaları ve finansal tahminleme süreçleri hangi kriterlere göre yürütülür?
- Maden işletmelerinde işletmeden çıkarma planlarının hazırlanmasına yönelik uluslararası düzeyde kabul görmüş standart bir uygulama mevcut mudur?
- Muhasebe ve finansal raporlama perspektifiyle, Türkiye'de faaliyet gösteren bir maden işletmesi için ideal bir işletmeden çıkarma planı ve fon yapısı nasıl yapılandırılmalıdır?

3.2 Evren ve Örneklem

Araştırmanın teorik evrenini, nükleer, petrol platformu, yenilenebilir enerji ve enerji üretimine katkı sağlayan maden işletmeleri gibi uzun faaliyet ömrüne sahip, işletmeden çıkarma maliyeti belirlemek ve buna ilişkin fonu yönetmek zorunda olan işletmeler oluşturmaktadır.

Bu evren içerisinden, işletmeden çıkarma yükümlülüklerinin finansal etkilerinin ayrıntılı biçimde incelenmesine olanak tanıması ve araştırma problemini temsil etme gücüne sahip olmasına rağmen Türkiye'deki yasal düzenlemelerde işletmeden çıkarma prosedürleri olmaması nedenleriyle, işletmeden çıkarma ve çevresel rehabilitasyon yükümlülüklerinin finansal açıdan önemli büyüklüklere ulaştığı madencilik sektöründe faaliyet gösteren Türkiye Kömür İşletmeleri Genel Müdürlüğüne bağlı Garp Linyitleri İşletme Müdürlüğü (GLİ) araştırmanın örneklemi olarak seçilmiştir.

3.3 Veri Toplama Tekniği ve Aracı

Araştırmanın veri toplama süreci, doküman incelemesi ve saha çalışması olmak üzere iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Veri toplama yöntemleri arasında nitel gözlemler, yazılı dokümanlar, gayri resmi görüşmeler ve işletmeden elde edilen sayısal kanıtlar yer almaktadır.

3.4 Veri Analizi

Verilerin işlenmesi sürecinde şu adımlar izlenmiştir:

İkincil Veri Temini: İşletmeden çıkarma planının temelini oluşturacak olan ham üretim verileri ve operasyonel çıktılar doğrudan GLİ yetkililerinden temin edilmiştir.

Uzman Görüşü ve Doğrulama: Elde edilen ham veriler, işletme bünyesindeki teknik uzmanlarla birlikte değerlendirilerek işlenmiştir.

Projeksiyon ve Hesaplama: Kurumdan alınan onaylı veriler ışığında, madenin kalan ekonomik ömrüne ilişkin üretim tahminleri ve işletmeden çıkarma maliyeti tahminleri yapılmış, ardından bu tahminlere paralel olarak işletmeden çıkarma fonu birikim senaryoları muhasebe standartları ve finansal matematik yöntemleriyle hesaplanmıştır.

Toplanan veriler, maliyet tahminleme ve işletmenin kapanış sonrası yükümlülüklerini karşılayacak finansal modelin oluşturulmasında ana veri seti olarak kullanılmıştır.

Uygulanması tavsiye edilen işletmeden çıkarma planı içeriğinin geliştirilmesi süreci üç temel aşamada yapılandırılmıştır. İlk olarak, madencilik literatüründe kabul görmüş uluslararası iyi uygulama rehberleri ve küresel standartlar ile daha önce başarıyla uygulanmış planlar içerik analizi yöntemine tabi tutulmuştur. İkinci aşamada, işletmeden çıkarmanın gelecekteki yasal, finansal ve çevresel dinamiklerine ilişkin sektörel projeksiyonlar ve akademik tartışmalar sistematik bir değerlendirmeden geçirilmiştir. Son aşamada ise, elde edilen bu veriler ve gelecek senaryoları sentezlenerek; araştırmanın uygulama kısmına temel oluşturacak, dinamik ve esnek bir işletmeden çıkarma planı içeriği tasarlanmıştır.

1940-2024 yılları arası üretim verileri işletmeden ve TKİ yıllık planlarından alınmıştır. Fon ödemelerinin belirlenebilmesi için gelecek yıllara ait üretim verilerinin planlanması gereklidir. Uzun dönem açık ocak üretim planlamasında yer alan teknik ve ekonomik kısıtlar altındaki belirsizlik ocağın kapatılması veya üretime devam edilmesi kararlarının verilmesini etkilemektedir (Osanloo vd., 2008). Jeolojik yapı ve üretim hedeflerindeki belirsizlikler uzun dönem üretim planlamasında risk olarak ele alınmaktadır. Bu sebeple stokastik üretim planlaması madencilikte kullanılan bir uygulamadır (Maleki vd., 2020). Ayrıca açık ocak madenciliğinde çalışma yüzeyi, ilerleme hızı, dekapaj ve bölgenin jeolojik yapısı kapasiteyi etkilemektedir (Liu vd., 2023). Bu tür etkenlerle yapılan tahminler daha fazla belirsizlikle karşılaşmaktadır. Bu belirsizlikler etkisiyle dinamik planlama ve ARIMA (Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama)'ya dayalı planlamalar uygulanmaktadır (Liu vd., 2023). Benzer sebeplerle yeraltı üretim tahmininin hazırlanmasında matematiksel programlama yaklaşımı çok dönemli operasyonel uygulanabilirliğe sahiptir (Khazaei ve Pourrahimian, 2021).

Bu bağlamda işletmenin üretim tahminlerini gerçekleştirmek için 1940-2024 yılları arasındaki açık ocak, yeraltı ve toplam üretim verileri incelenmiş; geçmiş üretim eğilimleri dönemsel olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle farklı üretim rejimlerini temsil etmek üzere dönemsel ortalamalar ve üretim türü payları hesaplanmıştır. Daha sonra 2025-2042 yılları arasında üretileceği varsayılan 147.156.000 ton kalan rezerv, yıllık üretimlere dağıtılmıştır.

İşletmeden çıkarma fonlarının yönetimi işletme tarafından, devlet tarafından veya karma olarak gerçekleştirilebilir. İşletmeden çıkarma maliyetlerinin karşılanması için İşletmeden Çıkarma Özel Hesabı bünyesinde açılacak fon hesabına birim üretim temelli ödeme gerçekleştirilecektir. Üretim temelli ödeme yaklaşımında yıllık üretim miktarının toplam işletmeden çıkarma maliyetinden aldığı pay hesaplanarak fona ödeme yapılacağı yıldaki değere indirgenir.

4 BULGULAR

İşletmeden çıkarma kavramı öncelikle nükleer santraller için kullanılmış, sonrasında ise tüm büyük ve özellikli sistemlere yayılmıştır. Özellikle uzun süre faaliyet gösteren ve sürdürülebilirlik konularına yüksek etkiye sahip işletmeler bu konuda uygulama alanı durumundadır. İşletmeden çıkarma süreci üretim planlamasından işletmeden çıkarma uygulanmasına kadar bütüncül bir bakış açısı gerektirmektedir. Bu kapsamda 1940 yılından bu yana devlet eliyle işletilen bir linyit kömürü havzası olan Tunçbilek linyit üretim havzası uygulama sahası olarak tercih edilmiştir. Havzanın GLİ uhdesindeki ruhsatlandırması 2042 yılında sona erecektir. Kömür havzalarının çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri yüksektir. Öngörülen 103 yıllık faaliyet süresi ise etkilerin katlanmasına sebep olmaktadır.

Madencilik faaliyetleri için çevresel etki değerlendirmesi yapılmasına ve doğaya yeniden kazandırma projeleri uygulanmasına rağmen işletmenin üretim ve işletmeden çıkarma sürecine bütüncül bir bakış açısı gerçekleştirilmemektedir. İşletmeden çıkarma planları üretim aşamasından itibaren işletmenin ömrünün sonu ve hatta sonrasını içerecek planlama sayesinde hem teknik destek sağlamakta hem de oluşacak olumsuz çevresel, sosyal ve ekonomik etkileri geri almayı amaçlamakta ve hatta eski durumuna göre daha iyi bir duruma getirmeye çalışmaktadır.

Bu başlıkta yürütülen literatür çalışmasının sonucunda elde edilen bulgular ve uygulamaya yönelik olarak yer alan maliyet tahminleri ve işletmeden çıkarma fon yapısı yer almaktadır.

4.1 Garp Linyitleri İşletme Müdürlüğü (GLİ) Tanıtımı

Tunçbilek havzası, Türkiye linyit kömürü rezervi açısından önemli bir yere sahiptir. Tunçbilek havzasında hem resmi hem de özel açık ve yeraltı linyit kömürü ocakları mevcuttur. Çok uzun süredir devam eden bir sektör olarak madencilik faaliyetlerinin önümüzdeki uzun yıllar boyunca da devam etmesi öngörülmektedir. Ancak zamanla değişen çevresel, sosyal, ekonomik algılar ve beklentiler özellikle çevresel ve sosyal boyuta etkisi yüksek olan madencilik faaliyetlerini ve madencilik sonrası düzenlemeleri

önemli ölçüde etkilemektedir. 1995 yılından itibaren TKİ Garp Linyitleri İşletme Müdürlüğü tarafından işletilen Tunçbilek linyit üretim havzası da bu etkileri yaşamıştır.

Önceleri madencilik faaliyetlerinde amaç yeraltındaki cevhere ulaşmak ve bu cevherin ekonomiye kazandırılmasını sağlamaktı. Bu sebeple madencilik faaliyetlerinden sonra bulunulan toplumun ve çevrenin nasıl etkilendiği göz önünde bulundurulmamıştır. Ancak gelişen teknoloji ve değişen algılarla madenciliğin amacı değişmiştir. Madencilik faaliyetlerinde amaç insan ve çevre sağlığı açısından en optimum düzeyleri sağlayarak cevheri ekonomiye kazandırmaktır. Ayrıca gerek ulusal gerekse uluslararası düzenlemelerle topluma ve çevreye olan etkiler değerlendirilmektedir. Hatta hem maliyet azaltıcı etkisi hem de paydaş kabulünü artırması sebebiyle olumsuz etkileri minimize etmek için madencilik faaliyetleri devam ederken gerekli işletmeden çıkarma uygulamalarını yapmak tercih edilmektedir. İlerlemeci işletmeden çıkarma faaliyetleri olarak adlandırılan bu faaliyetlerin daha maden işletme planları yapılırken planlanması süreç ve proje yönetimi açısından artı bir değer olarak değerlendirilmektedir.

Tunçbilek imtiyaz sahası Bursa ili, Tavşanlı ilçesi ve Tunçbilek beldesi sınırları içerisinde, 13.477 hektarlık alanda yer almaktadır. Kütahya ilinin 50 km kuzeydoğu yönünde, Tavşanlı ilçesinin 9 km kuzeyinde, Domaniç ilçesinin 16 km güneybatısında ve Bursa ili sınırına 7,5 km mesafede yer almaktadır.

Tunçbilek havzası 18.05.1939 tarihinde Yunus Nadi Şirketi'nden devralınarak devlet eliyle işletilmeye başlanmıştır. 1940 yılından bu yana devlet eliyle üretim gerçekleştirilen imtiyaz sahasında açık ocaklar ve yeraltı ocakları özel ve kamu sahipli ruhsatlar ile işletilmektedir. 01.09.1995 tarihinden itibaren ise 4364 ve 36111 ruhsat numarası ile Garp Linyitleri İşletme Müdürlüğü, TKİ bünyesinde madencilik faaliyetlerini sürdürmektedir. İmtiyaz sahasında lavvar tesisi ve hümik asit tesisi ile yeraltı ocağının faaliyetlerine destek sağlayan yapılar yer almaktadır. Üretilen linyit kömürü piyasaya, devlet kurumlarına ve Tunçbilek Termik Santrali'ne satılmaktadır.

Tunçbilek imtiyaz sahasında açık ocak, yeraltı ocağı, lavvar tesisi, hümik asit tesisi, acil durum, arama ve kurtarma faaliyetleri iş kolları yürütülmektedir. Yeraltı ocağında yüzeyin yaklaşık 250 metre altında faaliyet gösterilmektedir. Ocak 1997 yılından itibaren şilt tipi tahkimatların kullanıldığı, tam mekanize blok göçertmeli uzun ayak üretim

yöntemi ile üretim gerçekleştirilmektedir. 1993 yılında faaliyete başlayan Ömerler lavvarı ağır ortam yıkama sistemi ile çalışmaktadır. Lavvarda iki ayrı yoğunlukta yıkama yapılarak elde edilen birinci tip ürün termik santrale satılmaktadır. İkinci tip ürün paketlenerek piyasaya satılmaktadır.

Tunçbilek linyit üretim havzasında 1940 yılından itibaren yeraltı ocağında, 1943 yılından itibaren açık ocakta 2025 yılında kadar 320.211.726 ton tüvenan üretimi gerçekleşmiştir. Ayrıca 147.156.000 ton görünür linyit rezervi bulunmaktadır. Havzanın toplam rezervi 467.367.726 tondur. Tunçbilek havzasında 1940 – 2024 yılları arasında toplam görünen rezervin %68,51'i işlenmiştir. Kalan %31,49 rezervin ruhsat süresinin sonu olan 2042 yılına kadar çıkarılması planlanmaktadır.

4.1.1 İşletmeden çıkarma planı şablonu

Madencilik faaliyetleri yarattığı ekonomik değer ile birlikte faaliyetleri sonucunda çevresel, ekonomik ve toplumsal etki oluşturmaktadır. İşletmeden çıkarma planlaması ile çevresel, ekonomik ve toplumsal etkinin çok yönlü değerlendirilerek oluşacak olumsuz etkilerin azaltılması ve mümkün olan durumlarda olumsuz etki oluşturulmaması amaçlanmaktadır. İşletmeden çıkarma, maden ömrünü tamamladığında ve/veya ilerlemeci işletmeden çıkarma çalışmaları ile madencilik faaliyetleri devam ederken gerçekleştirilen ilerlemeci işletmeden çıkarma yaklaşımı ile gerçekleştirilebilir. Her iki şekilde de işletmeden çıkarma planlaması istenen işletmeden çıkarma sonrası duruma ulaşılması için yol haritası oluşturmaktadır. Bu sayede üretim sürecinde ve sonrasında hangi adımların izleneceği, hangi alanların geliştirileceği, ne kadar ekonomik kaynağa ihtiyaç duyulacağı gibi pek çok veri sağlanır. Bu veriler belirli aralıklarla değerlendirilerek olumsuz durumlara karşı veya geliştirilebilecek alanlarda erken tedbir alınması mümkün olacaktır. Tavsiye edilen işletmeden çıkarma planının şablonu ve içeriği aşağıda yer almaktadır:

4.1.1.1 Giriş

Bu bölüm işletmeden çıkarma planının çerçevesinin çizildiği ve işletmeden çıkarmaya karşı geliştirilen yaklaşımların temellendirildiği bölümdür.

- *Yönetici Özeti:* İşletme yöneticileri bu bölümde sektöre ve işletmeden çıkarmaya karşı geliştirdikleri yaklaşımları açıklar.
- *Organizasyon şeması:* İşletmenin organizasyon şeması bu bölümde yer alır.
- *Lokasyon ve coğrafi bilgiler:* İşletmenin lokasyon ve coğrafi bilgileri bu bölümde yer alır.
- *Sahaya ait izinler ve ruhsat bilgileri:* İşletme sahasında ait izinler ve ruhsatlar bu bölümde yer alır.
- *Faaliyet süresi ve üretim özeti:* İşletmenin planlanan faaliyet süresi ve üretim özeti bu bölümde yer alır.
- *Planın amacı ve önemi:* Bu bölümde işletmelerin işletmeden çıkarma planının amacını ve önemini açıklamaları gerekir.
- *Yasal dayanaklar ve mevzuatlar:* Bu bölümde yasal inceleme yapmadan uygulanması zorunlu olan ulusal ve uluslararası belgelere yer verilir. Ayrıca uygulanması zorunlu olmasa da işletmeden çıkarma sonuçlarını olumlu etkileyeceği düşünülen ve uygulanması tercih edilen belgeler de yer almalıdır.
- *Kapsam:* Bu bölümde saha sınırları, sahada yürütülen faaliyet türleri, üretim yöntemi gibi işletmeden çıkarma faaliyetlerini etkileyecek bilgiler ve sahada yer alan birimlerin işletmeden çıkarma planındaki durumları yer almalıdır.
- *Önceki çalışmalarda belirlenen zorluklar:* Bu bölümde işletmecinin kendi işletmeden çıkarma süreçlerinde yaşadığı veya sektörde gözlemlenmiş zorlukları belirtmesi ve benzer zorluklar için alınabilecek önlemleri tartışması beklenir.

4.1.1.2 Çevresel Değerlendirme

Bu bölümde madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü sahada faaliyetler öncesi ve işletmeden çıkarma sonrası için planlanan durum arasındaki farklar belirtilir. Bunun için arazinin madencilik faaliyetleri öncesindeki durumu, faaliyetler sonucunda oluşan değişiklikler ve oluşturulan çevresel etkiler belirtilir. Yanı sıra uzun vadeli çevresel hedefler ve çevresel izleme ve kontroller başlıkları değerlendirilmelidir.

- *Mevcut arazi kullanımı:* Bu bölümde arazinin madencilik faaliyetleri öncesinde ve sırasında nasıl değerlendirildiği detaylı bir şekilde belirtilir. Krokiler ve planlar ekler kısmında yer alır.

- *Faaliyet sonucu oluşan değişiklikler:* Bu bölüm işletmecinin yeraltında ve yerüstünde meydana gelen değişikliklerle birlikte oluşan atık alanları ve altyapı hatlarını tanımladığı bölümdür. Tesislerin tanıtımları da bu bölümde yer alır. Bu tanımlamalar oluşacak çevresel etkilerin belirlenmesine yardımcı olur.
- *Çevresel etkiler:* Bu bölümde tesisin ve yürütülen madencilik faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Bu kapsamda öncelikle sahanın faaliyetler başlamadan önceki durumu; toprak, su kaynakları, flora, fauna ve yerleşim özellikleri açısından ortaya konulmaktadır. Ardından faaliyetler sonucunda meydana gelen değişiklikler incelenmekte ve bu değişimlerin giderilmesi ya da çevresel koşulların iyileştirilmesi amacıyla alınması gereken önlemler ve uygulanması planlanan çalışmalar ele alınmaktadır.
- *Uzun vadeli çevresel hedefler:* Bu bölümde uzun vadede ulaşılması hedeflenen çevresel amaçlar ortaya konulmaktadır. Belirlenen çevresel hedeflere ulaşabilmek için gerçekleştirilecek faaliyetlerin ayrıntılı biçimde açıklanması ve bu faaliyetlerin paydaşların beklentilerine yanıt verecek nitelikte olması gerekmektedir. Ayrıca uzun vadeli çevresel hedeflerin; toprak, su ve hava yönetimini kapsayacak şekilde ele alınması beklenmektedir.
- *Çevresel İzleme ve Kontroller:* Bu bölümde güvenlik ile toprak, su, flora ve fauna üzerinde meydana gelen etkilerin izlenmesine yönelik politika ve kontrol sıklığı ele alınmaktadır. Ayrıca izleme çalışmalarında kullanılacak referans değerlerin belirlenmesi ve ulaşılması hedeflenen değerlerin açıklanması da bu kapsamda değerlendirilmektedir.

4.1.1.3 Sosyal Değerlendirme

Bu bölümde işletmenin madencilik ve işletmeden çıkarma faaliyetlerinden etkilenen ya da bu faaliyetleri etkileyen paydaşlar tanımlanmaktadır. İşletme ile paydaşlar arasındaki ilişkiler organizasyon şeması aracılığıyla ortaya konulmakta ve paydaşlarla yürütülen iletişim süreçleri açıklanmaktadır. Ayrıca söz konusu faaliyetlerin yerel halk üzerindeki etkileri değerlendirilmekte ve bu etkilerin azaltılmasına yönelik olarak işletme tarafından geliştirilen sosyoekonomik rehabilitasyon planları ele alınmaktadır.

- *Madencilik paydaşları:* Madencilik faaliyetlerini etkileyen ve madencilik faaliyetlerinden etkilenen kişi, kurum ve kuruluşlar bu bölümde açıklanır.

- *Paydaşlar ve belgenin potansiyel kullanımı:* Bu bölümde paydaşlar ile işletme birimleri arasında iletişimin nasıl ve hangi kanallar aracılığıyla yürütüleceği açıklanmaktadır.
- *Yerel halk üzerindeki etkiler:* Bu bölümde yerel halkın işletme faaliyetlerinden nasıl etkilendiği ve işletmeden çıkarma gerçekleştikten sonra nasıl etkileneceği açıklanır.
- *Sosyoekonomik rehabilitasyon planları:* Bu bölümde yerel halk üzerinde oluşan sosyoekonomik etkilerin iyileştirilmesi için geliştirilen planlar açıklanmaktadır.

4.1.1.4 Ekonomik Değerlendirme

Bu bölümde işletmeden çıkarma maliyet tahmini, finansal teminatlar ve fon birikim stratejisi yer almaktadır.

- *İşletmeden çıkarma maliyetleri:* Bu bölümde işletmeden çıkarma maliyetleri WBS temelinde hazırlanarak birinci seviye düzeyinde sunulmaktadır.
- *Finansal teminat yöntemleri:* İşletmeden çıkarmanın garanti altına alınması için sunulan teminatlar bu bölümde açıklanmaktadır.
- *İşletmeden çıkarma fonu yapısı:* Bu bölümde işletmeden çıkarma fonunun yapısı, fon toplama zamanları ve miktarları, fonların nasıl değerlendirileceği ve fondan yapılacak ödemelerin prosedürü açıklanmaktadır.
- *Madencilik sonrası ekonomik etkinin değerlendirmesi:* Bu bölümde madencilik faaliyetleri ile yıllar içerisinde değişime uğrayan ekonomik iklimin madencilik faaliyetlerinden sonra dengede kalması için nasıl bir yol izleneceği açıklanmaktadır.

4.1.1.5 İlerlemeci İşletmeden Çıkarma Çalışmalarının Gerekçesi

Bu bölümde madencilik ve işletmeden çıkarma faaliyetlerinin daha etkili ve daha az maliyetle gerçekleştirilmesi ve geliştirilmesi için sahip olunan vizyon değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra bu vizyonu gerçekleştirmek için işletmenin yürüttüğü faaliyetler açıklanmalıdır. Bu bölümün amacı özellikle paydaş katılımına ve kabulüne zemin hazırlamaktır. Bu bölüm işletmenin iyi niyetini kanıtlayacağı kısım olarak değerlendirilir. Ayrıca bu bölüm işletmenin dünyadaki uygulamaları araştırdığını,

incelediğini ve faaliyet yürüttüğü saha ve topluluk için en iyisini yapmaya çalıştığını anlatmasına fırsat vermektedir.

- *En iyi çevresel uygulama madenciliğinin beraberinde getirdiği fırsatlar:* Bu bölümde işletmenin en iyi uygulamaları ve ilerlemeci madencilik ile gördüğü veya yakaladığı fırsatları değerlendirmesi beklenmektedir.
- *En iyi madencilik uygulamalarına yatırım:* Bu bölümde işletme en iyi madencilik uygulamaları için yaptığı yatırımları açıklamaktadır. Bu sayede işletme çevresel ve sosyal hassasiyetlerini açıklama fırsatı bulmaktadır.
- *En iyi çevresel uygulama madenciliğinin temel dış etkenleri:* Bu bölümde işletme en iyi çevresel uygulamaları gerçekleştirmesini kolaylaştıran ve zorlaştıran dış etkenleri değerlendirmektedir.

4.1.1.6 İşletmeden Çıkarma Stratejisi ve Hedefler

Bu bölümde işletmeden çıkarma stratejisi ve işletmeden çıkarma sonrasında ulaşılmak istenen hedefler net bir şekilde ifade edilmektedir. Bunun için işletmeden çıkarmanın amacı, işletmeden çıkarmanın türü, paydaş beklentileri ve bu beklentilerin nasıl karşılandığı açıklanmaktadır.

- *İşletmeden çıkarmanın amacı:* Bu bölümde işletmeden çıkarmanın amacı ve işletmeden çıkarma türü açıklanmaktadır. Bu kapsamda yapılacak olan faaliyetlere de kısaca değinilmelidir.
- *Paydaş beklentileri:* Bu bölümde işletmeden çıkarma hedefleri ile ilgili paydaş beklentilerinin nasıl öğrenildiği ve bu beklentilerin neden hedef haline geldiği veya gelmediği anlatılmaktadır.

4.1.1.7 İşletmeden Çıkarma Yöntemleri

Bu bölümde işletmeden çıkarma kapsamında yürütülecek faaliyetler açıklanmaktadır. Bu kapsamda yeraltı ve yerüstü açıklarının kapatılması, atık alanlarının stabilize edilmesi, maden alanının yeniden şekillendirilmesi, bitkilendirme ve peyzaj çalışmaları değerlendirilmektedir.

- *Yeraltı/yerüstü açıklıkların kapatılması:* Bu bölümde yeraltı ve yer üstü açıklarının nasıl kapatılacağı ve işletmeden çıkarma faaliyetlerinin neler olacağı açıklanmaktadır.
- *Atık alanlarının stabilize edilmesi:* Bu bölümde madencilik faaliyetleri sırasında oluşan atık alanlarının nasıl stabilize edileceği açıklanmaktadır.
- *Maden alanının yeniden şekillendirilmesi:* Bu bölümde madencilik faaliyetleri sırasında meydana gelen topografik değişimlerin nasıl ele alınacağı yer almaktadır.
- *Bitkilendirme ve peyzaj:* Bu bölümde uzun vadeli çevresel hedefler dahilinde bitkilendirme ve peyzaj çalışmalarının neler olduğu açıklanmaktadır.

4.1.1.8 Zaman Çizelgesi

Bu bölümde işletmeden çıkarma planının zaman çizelgesi ve aşamaları yer almaktadır.

- *İşletmeden çıkarma süreci için takvim:* Bu bölümde tarihsel bir sıralama söz konusudur. Bu bölümde yaşanan değişiklikler işletmeden çıkarma planları revizyonlarında sebepleri ile açıklanmaktadır
- *İşletmeden çıkarma aşamaları:* Bu bölümde işletmeden çıkarma aşamalarının kısa bir tanıtımı yapılmaktadır.

4.1.1.9 Acil Durum ve Risk Yönetimi

Bu bölümde olası riskler ve müdahale planları yer almaktadır. Bunlar arasında göçük, gaz patlaması, yangın, deprem, su baskını gibi kazalar sayılabilir. Bu bölümde ayrıca tehlikeli gazlar ve havalandırma ile ilgili algılanan riskler ve risk yönetim faaliyetleri açıklanmaktadır.

4.1.1.10 Sonlandırma ve Alanın Devri

Bu bölümde işletmeden çıkarma faaliyetlerinin tamamlandığını gösteren başarı kriterleri ve sahanın düzenleyici kontrolden çıkması için yapılması gerekenler açıklanmaktadır.

- *Başarı kriterleri:* Bu bölümde işletmeden çıkarma faaliyetlerinin hangi kriterler tamamlandığında sona ereceği yer almaktadır.
- *Alanın kamuya ya da doğaya devri için yapılacaklar:* Bu bölümde yasal sürecin tamamlanma aşamaları yer almaktadır.

4.1.1.11 Ekler

Bu bölümde yukarıdaki bölümlerde yer alan, ancak okuma zorluğu oluşturacak belge ve bilgiler sunulmaktadır. Bunlar arasında haritalar, alan çizimleri ve krokileri, ÇED ve izin belgeleri, ruhsatlar, üretim planları, analiz raporları, gaz ölçümleri, su analizleri vb. sayılabilir.

4.1.1.12 Sözlük

Bu bölümde işletmeden çıkarma planında geçen veya madencilik ve çevre açısından bilinmesi gereken terimlerin tanımları yer alır.

4.1.2 Çevresel değerlendirme

İşletmenin faaliyetleri sonucunda oluşan çevresel faktörler aşağıdaki şekildedir:

Yeraltı yapıları: 54 adet tahkimat, 6 adet anayol tahkimat, kesici makine, kırıcı makine (motor kasnak dahil), ön afc (motor-şanzıman oluk ve zincirleri dahil), arka afc (motor-şanzıman oluk ve zincirleri dahil), sabit konveyör (motor-şanzıman oluk ve zincirleri dahil), matilda, şalterler, kulikar yolları, 3. bant konveyör ve malzemeleri, pompa istasyonu ve tekneler mevcuttur.

Lavvar tesisi: Lavvar, madencilik sektöründe ham taş kömürünün çıkarıldıktan sonra taş, toprak ve diğer yabancı maddelerden arındırıldığı ve boyutlarına göre ayrıştırıldığı kömür yıkama ve zenginleştirme tesisidir. İşletmede, Ömerler ve 1/B lavvar tesisleri mevcuttur. Ömerler lavvar tesisi GLİ bünyesinde faaliyet gösterirken 1/B lavvar tesisi özel mülkiyettir. Lavvar tesisinde kömürler yıkanır ve ardından zenginleştirme işlemine tabi tutulurlar. Zenginleştirme işleminden sonra kömürler elenerek +18 mm, 10-18 mm ve 0,5-10 mm ebatlarında sınıflandırılırlar. Analizleri işletme bünyesindeki akredite laboratuvar tesisinde yapılmaktadır.

Torbalama tesisi: Tunçbilek torbalama tesisi mevcuttur. Bu tesiste eleme yapılarak 25 kg (50x70) ağırlığında torbalama yapılmaktadır. Kamyonlara yükleme işlemi yükleme bandı ile gerçekleştirilmektedir.

Diğer yüzey yapıları: Atölye binası, portal vinç, azot tesisi, kül tesisi, 4 adet ana vantilatör, trafo binası, dört adet jeneratör, idari bina, 10 adet harici karo atölye binası bulunmaktadır.

Atık alanları: Lavvar şlamı ve hurda malzeme depolama alanları mevcuttur. Hurda makine ve ekipman Makine Kimya Enstitüsü'ne gönderilmektedir. Teknolojik yenilikler sayesinde şlam değerlendirilmek üzere özel sektör tarafından satın alınmaktadır.

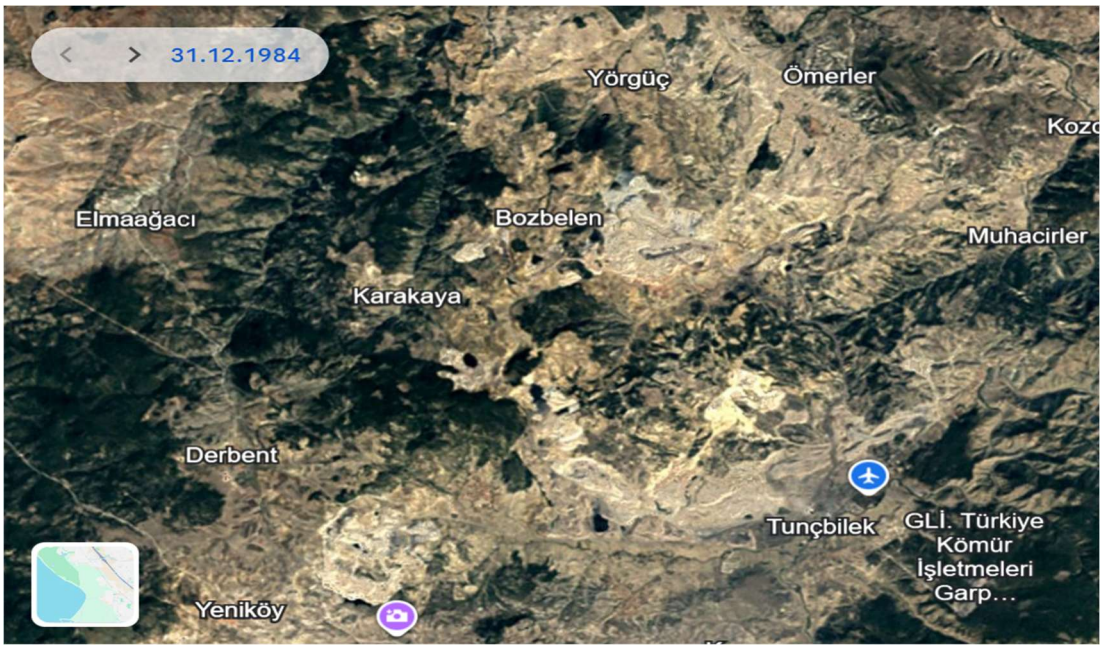
Yüzey bozulmaları: Tasmanlardan dolayı yüzey bozulmaları mevcuttur. Dere yatağı zamanla yer değiştirmiştir. Dere yatağının uygun şekilde ıslah edilmemesi sebebiyle işletme süreci olumsuz etkilenmektedir.

Altyapı: Panodan çıkan sular yeryüzüne pompalanıp arıtma tesisinde arıtılarak işletme içerisindeki yapı ve tesislerde kullanılmaktadır. Yeraltı kanalizasyon sistemi mevcut değildir. Yerüstünde var olan kanalizasyon sistemi evsel atık tesisine ulaştırılmaktadır. Orada arıtılan atıklar deşarj kriterleri sağlanarak çevreye salınmaktadır. Stabilize yollar ve elektrik hatları ile trafolar diğer faaliyetlerde kullanılacağı için yerinde bırakılacaktır.

Tunçbilek havzasında yürütülen madencilik faaliyetleri özellikle açık ocak madenciliği sebebiyle topografyada değişikliğe sebep olmaktadır. Yaşanan değişimlerin bazı tarihlerdeki uydu görüntüleri Görsel 4.1 - Görsel 4.6 arasında verilmektedir.

Görsel 4.1

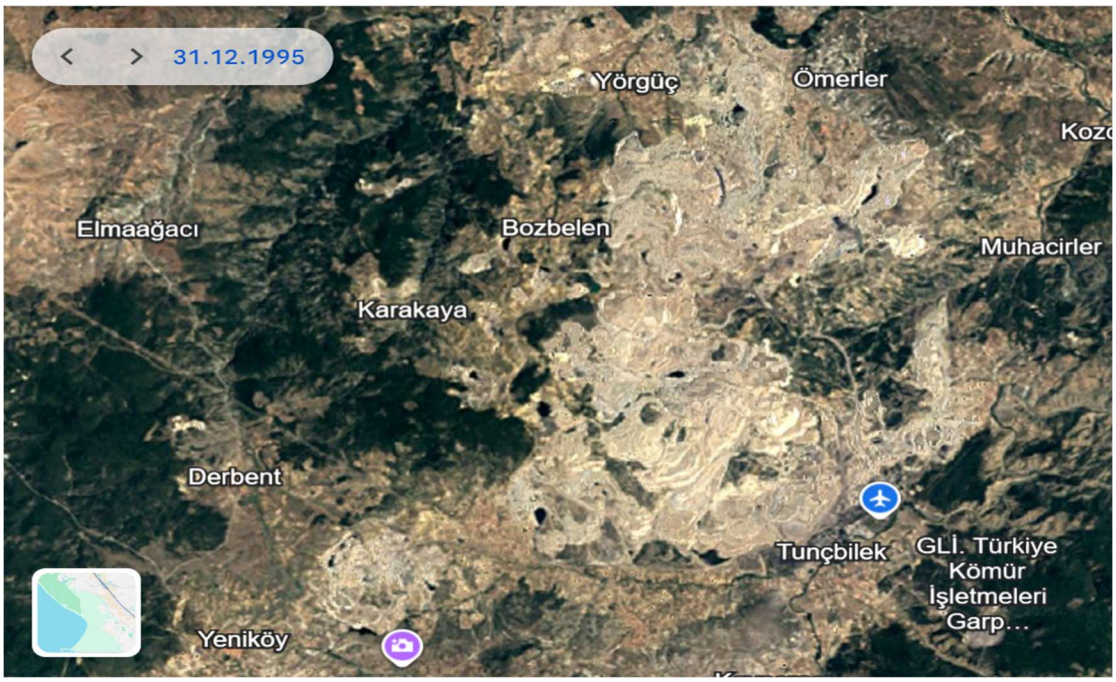
31.12.1984 Tarihli Uydu Görüntüsü



Kaynak: (https://earth.google.com, 2026)

Görsel 4.2

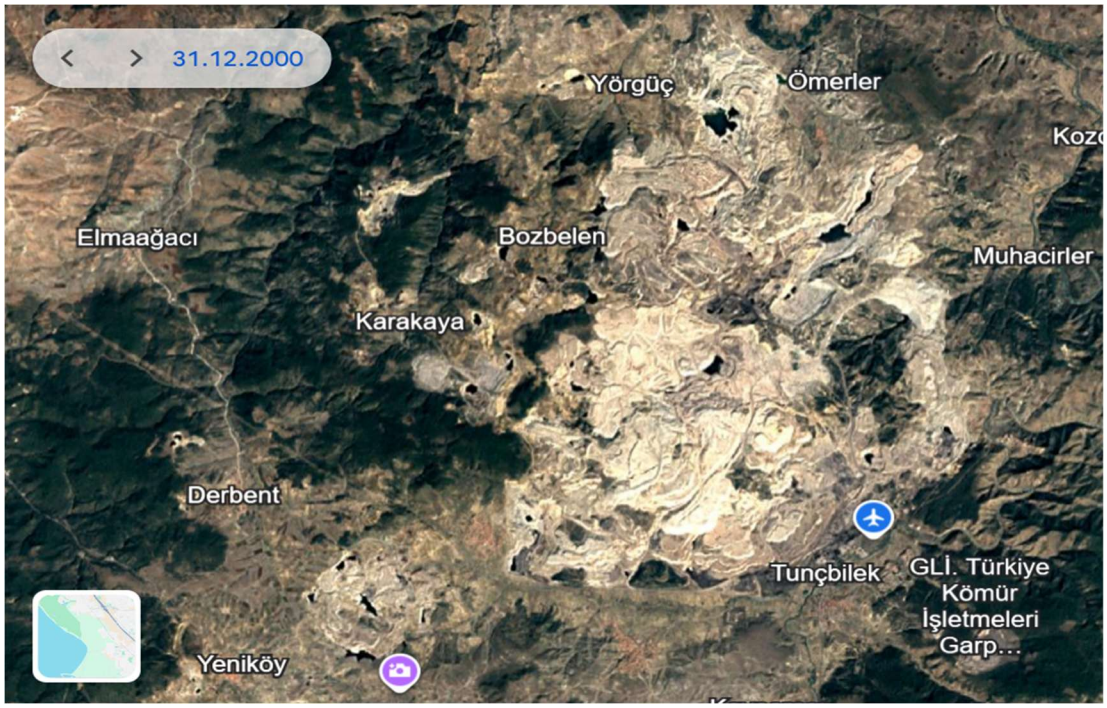
31.12.1995 Tarihli Uydu Görüntüsü



Kaynak: (https://earth.google.com, 2026)

Görsel 4.3

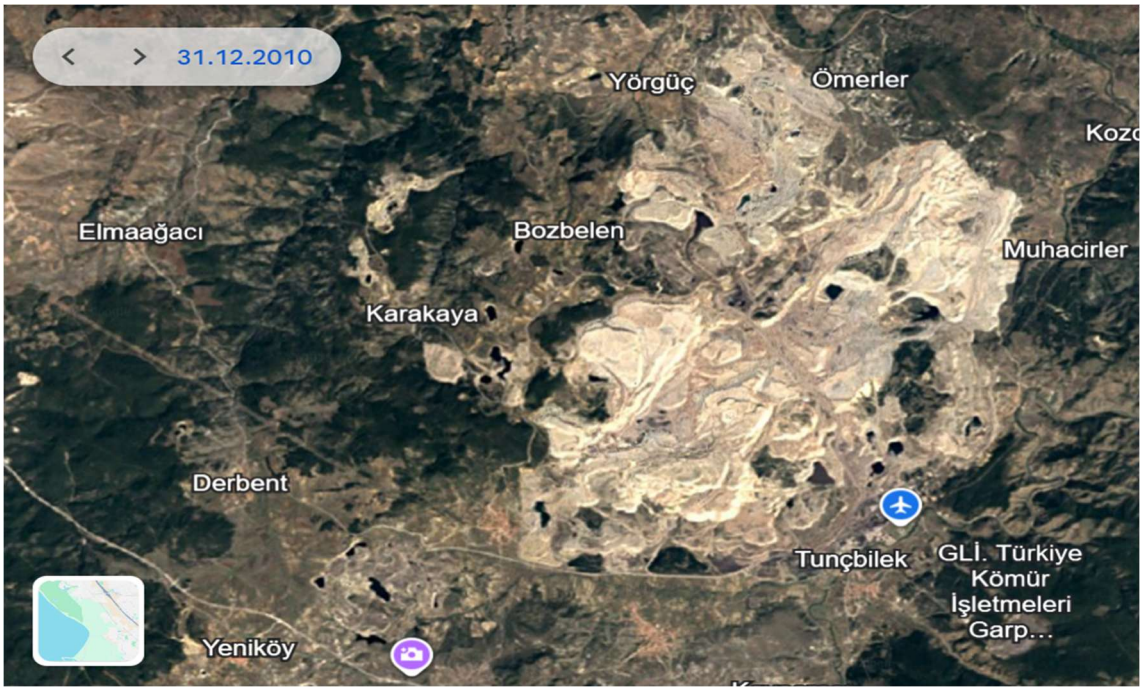
31.12.2000 Tarihli Uydu Görüntüsü



Kaynak: (https://earth.google.com, 2026)

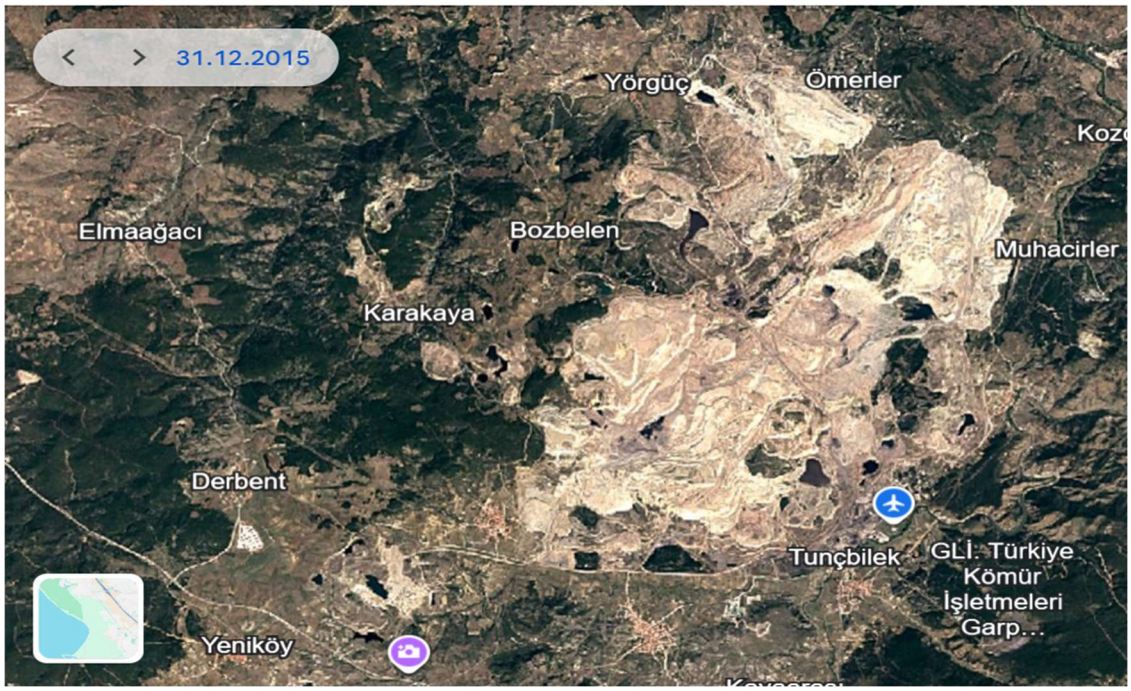
Görsel 4.4

31.12.2010 Tarihli Uydu Görüntüsü



Kaynak: (https://earth.google.com, 2026)

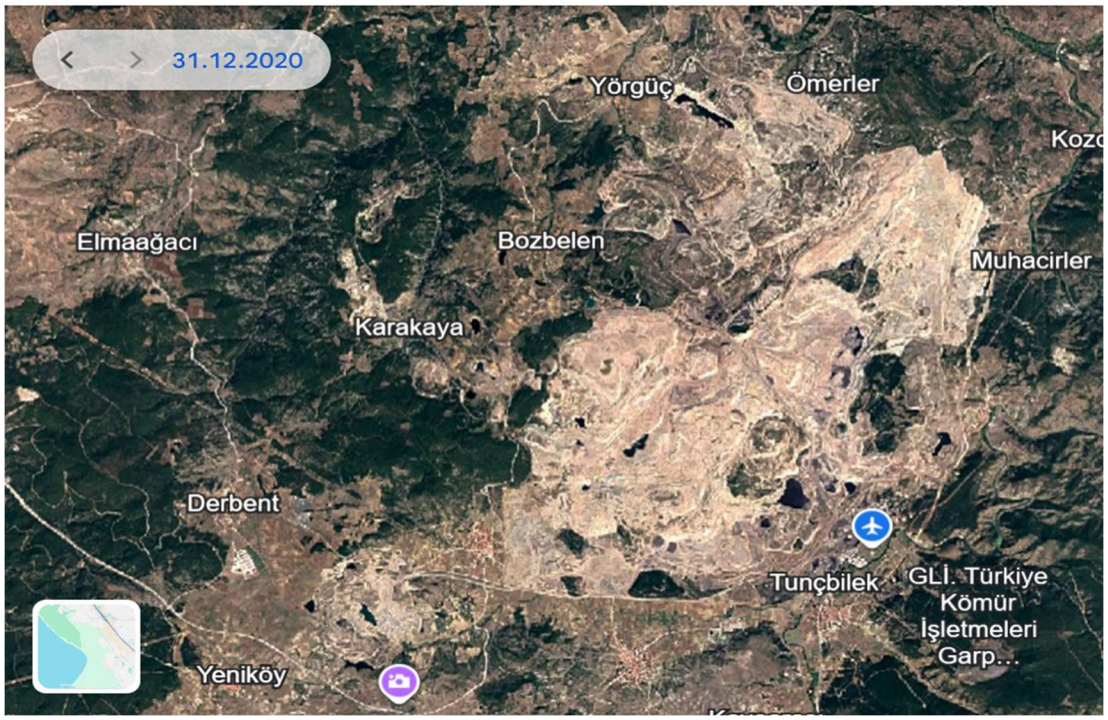
Görsel 4.5 *31.12.2015 Tarihli Uydu Görüntüsü*



Kaynak: (https://earth.google.com, 2026)

Görsel 4.6

31.12.2020 Tarihli Uydu Görüntüsü



Kaynak: (https://earth.google.com, 2026)

İşletmenin doğaya yeniden kazandırma projesi mevcuttur. Bu proje içeriğinde faaliyet öncesi mevcut durum, sağlık ve güvenlik, faaliyet sahasının yeniden düzenlenmesi, arazinin duyarlığının sağlanması, toprak, su ve hava yönetimi, peyzaj çalışmaları, faaliyet alanlarının kapatılması ve terk edilmesi, izleme ve denetim başlıkları değerlendirilmektedir.

4.1.3 Sosyal değerlendirme

İşletmede işletmeden çıkarma zamanı çalışanların emeklilik planlarına göre değerlendirilmektedir. Emeklilik aşamasında olmayan çalışanlar için alternatif sahalarda yapılacak görevlendirmeler planlanmaktadır. Ancak söz konusu planlama, uygulamaya yönelik somut bir eylem planından ve zaman çizelgesinden yoksundur. Alternatif iş imkânı olarak orman ve mera alanları ile çiftçilik ve ormancılık faaliyetleri desteklenmektedir. TKİ bünyesinde pilot uygulama olarak susuz tarım ve arıcılık faaliyetleri projelendirilmektedir.

Paydaşlar ile iletişim bir kamu kurumu olarak gerçekleştirilmektedir. Dilekçe hakkı çerçevesinde işletmeye dilekçe yazılması ve bu dilekçeye cevap almak mümkündür. Ancak özellikle yerel halkın üretim ve işletmeden çıkarma faaliyetlerine dahil olma imkânı bulunmamaktadır.

4.1.4 Ekonomik değerlendirme

Bir kamu kurumu olan GLİ bünyesinde ileriye dönük maliyet tahminleme uygulaması mevcut değildir. Kamu bütçesinden karşılanan masraflar olarak bir değerlendirme söz konusudur. Ayrıca WBS gibi kırılımlı bir iş ve maliyet yapısı da söz konusu değildir.

4.2 Uygulama

İşletmeden çıkarmanın çevresel boyutu doğaya yeniden kazandırma projesi ile değerlendirilmektedir. Ancak finansal boyut varlık gösterememektedir. Bu bölümde işletmeden çıkarmanın finansal boyutu değerlendirilerek işletmeden çıkarma maliyeti tahmini yapılarak işletmeden çıkarma fonu birikim senaryosu oluşturulacaktır.

4.2.1 Üretim tahmini

Tunçbilek linyit üretim havzasında 1940 yılından itibaren yeraltı ocağında, 1943 yılından itibaren açık ocakta 2025 yılında kadar 320.211.726 ton tüvenan üretimi gerçekleşmiştir.

Ayrıca 147.156.000 ton görünür linyit rezervi bulunmaktadır. Havzanın toplam rezervi 467.367.726 tondur. Gerçekleşen tüvenan üretim miktarları Tablo 4.1'de yer almaktadır.

Tablo 4.1

Tunçbilek Linyit Üretim Havzası Tüvenan Üretim Miktarları

Yıllar	Tüvenan Üretimi (ton)			Rezerv Kullanım Yüzdesi (%)	Yıllar	Tüvenan Üretimi (ton)			Rezerv Kullanım Yüzdesi (%)
	Açık Ocak	Yeraltı	Toplam			Açık Ocak	Yeraltı	Toplam	
1940	0	53.885	53.885	0,01	**1984**	4.386.000	1.411.000	5.797.000	1,24
1941	0	48.632	48.632	0,01	**1985**	4.777.000	1.755.000	6.532.000	1,40
1942	0	87.494	87.494	0,02	**1986**	4.307.000	1.995.000	6.302.000	1,35
1943	15.000	114.893	129.893	0,03	**1987**	3.798.000	2.016.000	5.814.000	1,24
1944	32.879	201.162	234.041	0,05	**1988**	4.553.000	1.621.000	6.174.000	1,32
1945	66.427	125.959	192.386	0,04	**1989**	4.379.000	1.743.000	6.122.000	1,31
1946	36.252	121.230	157.482	0,03	**1990**	4.521.000	1.530.000	6.051.000	1,29
1947	94.407	158.458	252.865	0,05	**1991**	4.432.000	1.079.000	5.511.000	1,18
1948	81.465	227.580	309.045	0,07	**1992**	4.907.017	966.000	5.873.017	1,26
1949	81.869	263.757	345.626	0,07	**1993**	4.584.000	853.000	5.437.000	1,16
1950	78.416	315.079	393.495	0,08	**1994**	4.022.000	774.000	4.796.000	1,03
1951	44.034	357.815	401.849	0,09	**1995**	4.380.000	785.000	5.165.000	1,11
1952	70.300	322.650	392.950	0,08	**1996**	5.487.000	741.000	6.228.000	1,33
1953	91.508	349.056	440.564	0,09	**1997**	4.812.000	789.000	5.601.000	1,20
1954	132.395	438.748	571.143	0,12	**1998**	5.060.000	576.000	5.636.000	1,21
1955	223.611	483.364	706.975	0,15	**1999**	3.696.000	734.000	4.430.000	0,95
1956	402.573	543.237	945.810	0,20	**2000**	5.170.000	580.000	5.750.000	1,23
1957	591.743	685.907	1.277.650	0,27	**2001**	4.811.000	705.000	5.516.000	1,18
1958	732.000	728.000	1.460.000	0,31	**2002**	4.648.000	633.000	5.281.000	1,13
1959	837.000	714.000	1.551.000	0,33	**2003**	4.124.000	771.000	4.895.000	1,05
1960	790.000	764.000	1.554.000	0,33	**2004**	4.524.000	683.000	5.207.000	1,11
1961	731.000	724.000	1.455.000	0,31	**2005**	4.438.000	768.505	5.206.505	1,11
1962	1.050.000	717.000	1.767.000	0,38	**2006**	4.726.000	1.037.802	5.763.802	1,23
1963	1.333.000	865.000	2.198.000	0,47	**2007**	4.568.000	1.348.105	5.916.105	1,27
1964	1.420.000	985.000	2.405.000	0,51	**2008**	5.650.000	1.350.674	7.000.674	1,50
1965	1.453.000	982.000	2.435.000	0,52	**2009**	5.218.000	1.182.621	6.400.621	1,37
1966	1.535.000	928.000	2.463.000	0,53	**2010**	4.848.000	1.349.748	6.197.748	1,33
1967	1.910.000	874.000	2.784.000	0,60	**2011**	5.440.000	1.240.471	6.680.471	1,43
1968	2.830.000	952.000	3.782.000	0,81	**2012**	5.296.000	1.038.773	6.334.773	1,36
1969	2.783.000	1.040.000	3.823.000	0,82	**2013**	4.776.607	1.231.551	6.008.158	1,29
1970	2.990.000	960.000	3.950.000	0,85	**2014**	5.202.000	1.188.344	6.390.344	1,37
1971	3.166.000	914.000	4.080.000	0,87	**2015**	4.519.586	652.479	5.172.065	1,11
1972	3.293.000	876.000	4.169.000	0,89	**2016**	3.627.436	1.226.966	4.854.402	1,04
1973	2.941.000	980.000	3.921.000	0,84	**2017**	3.698.717	1.189.230	4.887.947	1,05
1974	2.966.000	978.000	3.944.000	0,84	**2018**	4.035.382	1.227.547	5.262.929	1,13
1975	2.939.000	995.000	3.934.000	0,84	**2019**	3.475.361	1.245.022	4.720.383	1,01
1976	3.035.000	1.037.000	4.072.000	0,87	**2020**	2.215.081	829.014	3.044.095	0,65
1977	3.141.000	1.249.000	4.390.000	0,94	**2021**	2.228.007	830.699	3.058.706	0,65
1978	3.868.010	1.121.000	4.989.010	1,07	**2022**	3.303.167	761.469	4.064.636	0,87
1979	4.544.651	851.000	5.395.651	1,15	**2023**	1.730.201	1.118.436	2.848.637	0,61
1980	4.581.549	1.026.000	5.607.549	1,20	**2024**	1.552.654	306.779	1.859.433	0,40
1981	4.476.280	1.262.000	5.738.280	1,23	**Toplam**	**246.228.585**	**73.983.141**	**320.211.726**	**68,51**
1982	4.620.000	1.178.000	5.798.000	1,24	**Kalan Görünür Rezerv**			**147.156.000**	**31,49**
1983	4.294.000	1.520.000	5.814.000	1,24	**Toplam Rezerv**			**467.367.726**	**100,00**

Kaynak: (TKİ, 2008-2024)

Tunçbilek havzasında 1940 – 2024 yılları arasında toplam görünen rezervin %68,51'i işlenmiştir. Kalan %31,49 rezervin ruhsat süresinin sonu olan 2042 yılına kadar çıkarılması planlanmaktadır.

Fon ödemelerinin belirlenebilmesi için gelecek yıllara ait üretim verilerinin planlanması gereklidir. Uzun dönem açık ocak üretim planlamasında yer alan teknik ve ekonomik kısıtlar altındaki belirsizlik ocağın kapatılması veya üretime devam edilmesi kararlarının verilmesini etkilemektedir (Osanloo vd., 2008). Jeolojik yapı ve üretim hedeflerindeki belirsizlikler uzun dönem üretim planlamasında risk olarak ele alınmaktadır. Bu sebeple stokastik üretim planlaması madencilikte kullanılan bir uygulamadır (Maleki vd., 2020). Ayrıca açık ocak madenciliğinde çalışma yüzeyi, ilerleme hızı, dekapaj ve bölgenin jeolojik yapısı kapasiteyi etkilemektedir (Liu vd., 2023). Bu tür etkenlerle yapılan tahminler daha fazla belirsizlikle karşılaşmaktadır. Bu belirsizlikler etkisiyle dinamik planlama ve ARIMA (Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama)'ya dayalı planlamalar uygulanmaktadır (Liu vd., 2023). Benzer sebeplerle yeraltı üretim tahmininin hazırlanmasında matematiksel programlama yaklaşımı çok dönemli operasyonel uygulanabilirliğe sahiptir (Khazaei ve Pourrahimian, 2021).

Bu bağlamda işletmenin üretim tahminlerini gerçekleştirmek için 1940-2024 yılları arasındaki açık ocak, yeraltı ve toplam üretim verileri incelenmiş; geçmiş üretim eğilimleri dönemsel olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle farklı üretim rejimlerini temsil etmek üzere dönemsel ortalamalar ve üretim türü payları hesaplanmıştır. Daha sonra 2025-2042 yılları arasında üretileceği varsayılan 147.156.000 ton kalan rezerv, yıllık üretimlere dağıtılmıştır.

1940-2024 yılları arasında üretim miktarları arasında bir ilişki tespit edilemediği için 2025-2042 yılları arasındaki üretim miktarları regresyon analizi ile tahmin edilememiştir. Bu sebeple üretim verileri tahmininde üç fazlı dağılım yapılarak üretim tahmini gerçekleştirilmiştir. Üretim yapılan yıllar ve üretim miktarı dikkate alındığında kalan rezervin 18 yılda üretilmesi için yıllık ortalama 8.175.333 ton üretim gerçekleştirilmesi gerekmektedir. 2020-2024 yılları arasındaki düşük üretim göz önüne alındığında üretimde bir artış olması gerektiği görülmektedir. Bu sebeple 2025-2028 yılları kapasite artışının gerçekleştirileceği toparlanma dönemi olarak nitelendirilmiştir. 2029-2035 yılları ise daha istikrarlı üretim gerçekleştirileceği plato üretim dönemi olarak

değerlendirilmiştir. Madenin son yıllarında üretimin azaltılarak kapanışın sosyal yönlerinin değerlendirilmesi olağandır. Bu sebeple 2036-2042 yılları arası üretimde kademeli düşüşün gerçekleşeceği kapanış dönemi olarak tanımlanmıştır.

Geçmiş dönem üretim paylarında açık ocağın payının nispeten düzenli olması sebebiyle açık ocak payları geçmiş dönem verilerinden türetilmiştir. Açık ocakta kapanış döneminde restorasyon çalışmaları ağırlık kazanacağı için son dönemde yeraltı ocağının katkısı artırılmıştır. Geçmiş üretim verilerinin dönemsel ortalamaları ve açık ocak/yeraltı ocağı payları Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2

Gerçekleşen Üretim Özeti

Dönem	1940-1979	1980-1999	2000-2009	2010-2019	2020-2024	2015-2024	2005-2024
Yıl Sayısı	40 yıl	20 yıl	10 yıl	10 yıl	5 yıl	10 yıl	20 yıl
Açık Ocak (ton)	52.330.540	90.072.846	47.877.000	44.919.089	11.029.110	30.385.592	80.548.199
Yeraltı (ton)	25.132.906	24.354.000	9.059.707	11.590.131	3.846.397	9.387.641	21.124.235
Toplam (ton)	77.463.446	114.426.846	56.936.707	56.509.220	14.875.507	39.773.233	101.672.434
Ortalama (ton)	1.936.586	5.721.342	5.693.671	5.650.922	2.975.101	3.977.323	5.083.622
Medyan (ton)	1.505.500	5.797.500	5.633.000	5.635.544	3.044.095	4.392.510	5.234.717
Minimum (ton)	48.632	4.430.000	4.895.000	4.720.383	1.859.433	1.859.433	1.859.433
Maksimum (ton)	5.395.651	6.532.000	7.000.674	6.680.471	4.064.636	5.262.929	7.000.674
Açık Ocak Payı (%)	%67,56	%78,72	%84,09	%79,49	%74,14	%76,40	%79,22
Yeraltı Payı (%)	%32,44	%21,28	%15,91	%20,51	%25,86	%23,60	%20,78

Özetle 2025-2042 dönemi üretim tahmini, yalnızca geçmiş üretim verisinin istatistiksel uzantısı olarak değil, kalan rezerv kısıtı altında oluşturulan uzun dönem üretim planlaması yaklaşımıyla ele alınmıştır. 1940-2024 yılları arasındaki açık ocak, yeraltı ve toplam üretim verileri dönemsel olarak analiz edilmiş; üretim düzeyleri, üretim türü payları ve son yıllardaki değişimler değerlendirilmiştir. 2025-2042 döneminde üretilecek toplam miktarın 147.156.000 ton olacağı kabul edilerek yıllık üretim miktarları bu toplamı sağlayacak şekilde dağıtılmıştır. Dağıtımda kapasite artışı, plato üretim ve kapanışa doğru

kademeli azalış olmak üzere üç fazlı bir üretim profili benimsenmiştir. Açık ocak ve yeraltı üretim payları ise geçmiş dönemlerde gözlenen üretim türü oranları dikkate alınarak belirlenmiştir. İşletmenin 2025-2042 yılları arası, kalan rezerv kısıtı altında oluşturulan uzun dönem üretim planlaması Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3

2025-2024 Yılları Arası Üretim Tahmini

Yıllar	Açık Ocak (ton)	Yeraltı (ton)	Toplam (ton)	Açık Ocak Payı (%)	Yeraltı Payı (%)	Kümülatif (ton)	Kalan Rezerv (ton)	Faz
2025	4.290.000	1.210.000	5.500.000	78,00	22,00	5.500.000	141.656.000	Toparlanma
2026	5.360.000	1.340.000	6.700.000	80,00	20,00	12.200.000	134.956.000	Toparlanma
2027	6.396.000	1.404.000	7.800.000	82,00	18,00	20.000.000	127.156.000	Toparlanma
2028	7.140.000	1.360.000	8.500.000	84,00	16,00	28.500.000	118.656.000	Toparlanma
2029	7.650.000	1.350.000	9.000.000	85,00	15,00	37.500.000	109.656.000	Plato
2030	7.990.000	1.410.000	9.400.000	85,00	15,00	46.900.000	100.256.000	Plato
2031	8.160.000	1.440.000	9.600.000	85,00	15,00	56.500.000	90.656.000	Plato
2032	8.196.000	1.504.000	9.700.000	84,49	15,51	66.200.000	80.956.000	Plato
2033	8.190.000	1.560.000	9.750.000	84,00	16,00	75.950.000	71.206.000	Plato
2034	8.010.000	1.640.000	9.650.000	83,01	16,99	85.600.000	61.556.000	Plato
2035	7.708.000	1.692.000	9.400.000	82,00	18,00	95.000.000	52.156.000	Plato
2036	7.326.000	1.774.000	9.100.000	80,51	19,49	104.100.000	43.056.000	Kapanış
2037	6.952.000	1.848.000	8.800.000	79,00	21,00	112.900.000	34.256.000	Kapanış
2038	6.468.000	1.932.000	8.400.000	77,00	23,00	121.300.000	25.856.000	Kapanış
2039	5.925.000	1.975.000	7.900.000	75,00	25,00	129.200.000	17.956.000	Kapanış
2040	5.256.000	2.044.000	7.300.000	72,00	28,00	136.500.000	10.656.000	Kapanış
2041	4.554.000	2.046.000	6.600.000	69,00	31,00	143.100.000	4.056.000	Kapanış
2042	2.636.000	1.420.000	4.056.000	64,99	35,01	147.156.000	0	Kapanış

4.2.2 Maliyet tahmini

Yeraltı ocağında işletmeden çıkarma faaliyetleri planlamadan sonra gerçekleştirilecek olan hazırlık ve söküm faaliyetleri ile başlamaktadır. Hazırlık aşamasında üretimi tamamlanan panoda makine ve teçhizatın elektrik bağlantıları kesilerek taşıma sistemine yüklenecek ebatlarda parçalarına ayrılmaktadır. Bu sırada elektrik, işçilik, yakıt ve amortisman giderleri söz konusudur. Örnek olarak A6 panosunun işletmeden çıkarma hazırlık ve söküm maliyetleri Tablo 4.4'te verilmektedir.

Tablo 4.4

A6 Panosu Hazırlık ve Söküm Maliyetleri ($)*

Maliyetler	Hazırlık	Demontaj	Toplam
Elektrik	268.856	78.924	347.780
İşçilik	1.091.309	411.339	1.502.648
Yakıt	1.359	307	1.666
Amortisman	1.588.262	598.653	2.186.915
Genel toplam	**2.949.786**	**1.089.223**	**4.039.009**

***** 31.12.2024 Tarihli Merkez Bankası ABD Doları Kuru Esas Alınmıştır. https://tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html

Elektrik maliyetleri belirlenen tarihlerde GLİ'nin elektrik tüketim verileridir. Üretim faaliyeti ilgili tarihlerde devam etmediği için tüm tüketim işletmeden çıkarma maliyeti olarak değerlendirilmiştir.

İşçilik maliyeti üç vardiya halinde gerçekleşen süreçte çalışan personel ve yöneticiler için ödenen ücretleri içermektedir.

Yakıt maliyeti işletmeden çıkarma faaliyetlerinde kullanılan dizel kulikarın akaryakıt tüketim maliyetini içermektedir.

Amortisman maliyeti ise işletmeden çıkarma sırasında kullanılamayan makinelerin kıst amortisman yöntemine göre amortisman tutarını göstermektedir. Bu makineler ayak içi şilt tahkimatı, anayol tahkimatı, geçiş tahkimatı, kesici yükleyici makine, ayak içi ayna konveyörü, ayak içi arka konveyörü, toplayıcı konveyör, panzerli kırıcı, hidrolik pompa istasyonu, elektrikli manevra vinci, elektrikli delik makinesi, merkezi haberleşme ve sinyalizasyon sistemidir.

1997-2025 yılları arasında dokuz adet panonun sökümü gerçekleşmiştir. 2026-2042 yılları arasında sekiz adet panoda üretim yapılarak sökümünün gerçekleştirileceği öngörülmektedir. Toplam işletmeden çıkarma maliyeti hesaplanırken bu ayırım dikkate alınmıştır.

İşletmeden çıkarmanın bir diğer yönü çevresel rehabilitasyon, sosyal yaşamı destekleme ve işletmeden çıkarma sonrası izleme faaliyetleridir. Çevresel rehabilitasyonu arazinin restorasyonu ve bitkilendirme olarak iki bölüme ayırmak mümkündür. Sosyal yaşamı destekleme faaliyetleri de özellikle işletmeden çıkarma sonrasındaki olumsuz etkileri azaltmak veya ortadan kaldırmak için yürütülen faaliyetlerdir. Ancak çevresel rehabilitasyon,

sosyal yaşamı destek faaliyetleri ve izleme faaliyetleri madenin işletilme planları ile birlikte planlanan, üretim sürecinde uygulanan ve geliştirilen ve işletmeden çıkarma sonrasında da devam ettirilen uzun vadeli projelerdir. Sahada hem açık hem de kapalı maden ocaklarının bulunması sebebiyle düzenlemelerde çeşitlilik görülmektedir. Yeraltı ocağının giriş ve çıkışları barajlama (galerinin sızdırmaz malzemeler ile kapatılması) yapılarak kapatılacaktır. Ancak oluşan tasmanların rehabilitesi açık ocak dekapajı ile doldurularak faaliyet döneminde gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte eş zamanlı veya eş zamansız olarak bitkilendirme ve ağaçlandırma çalışmaları saha genelinde devam etmektedir. Bu sebeple açık ve kapalı ocağın çevresel ve sosyal yaşam rehabilitasyon faaliyetlerini birbirinden bağımsız değerlendirmek söz konusu değildir. İşletmeden çıkarmanın çevresel ve sosyal rehabilitasyon maliyetleri Tablo 4.5'te sunulmuştur.

Tablo 4.5

Çevresel ve Sosyal Rehabilitasyon Maliyetleri ($)*

Maliyetler	1943-1996	1997-2024	2025-2042	2042 Sonrası	Toplam
Restorasyon	8.597.215.293	7.833.675.492	7.887.980.622	0	24.318.871.407
Bitkilendirme	0	1.259.955	8.959.885	0	10.219.840
Sosyal Yaşam	0	0	0	0	0
İzleme	0	0	0	0	0
Genel toplam	**8.597.215.293**	**7.834.935.447**	**7.896.940.507**	**0**	**24.329.091.247**

İşletmede restorasyon, sosyal rehabilitasyon ve izleme maliyetleri takip edilmemektedir. Restorasyon hesabında işletmenin baz aldığı örtü/kazı oranı (20/1) ile üretilen tüvenan miktarından çıkarılan dekapaj miktarı hesaplanmıştır. İşletmede dekapaj birim maliyeti 250 TL/m^3 olarak beyan edilmiştir. Bu birim fiyat dekapajın çıkartılması için gerçekleştirilen delme, patlatma ve yükleme faaliyetlerini ve dekapajın boşaltılacağı alana taşınması maliyetlerini içermektedir. Delme, patlatma ve yükleme maliyetleri madencilik faaliyeti olarak değerlendirilirken dekapajın taşınması ilerlemeci işletmeden çıkarma kapsamında işletmeden çıkarma maliyeti olarak değerlendirilmektedir. Arazi şartları, taşıma mesafesi, zemin özellikleri, teknoloji gibi faktörlerle yakından ilgili olan dekapaj işlerinin ayrılmasında, %47,17 işletmeden çıkarma faaliyeti kapsamına giren taşıma birim maliyeti oranı olarak kabul edilmiştir (Taherkhani ve Doostmohammadi, 2016, s. 178; Nilsson, 1996, s. 2061). Yıllık dekapaj miktarının birim maliyet ile çarpılması ile restorasyon maliyeti hesaplanmıştır. Arazinin restorasyonu için sonrasında bir faaliyet yürütülmemektedir. Tüm düzenleme ve açılandırmalar dekapajın dökülmesi sırasında düzenlenmektedir.

Bitkilendirme ise ağaç dikimini içermektedir. 2026 yılına kadar 1.366 hektarlık alana 3.111.153 adet ağaç dikilmiştir. 2025-2042 yılları arasında kalan tüm alanın (9.664 hektar) ağaçlandırılacağı varsayılmıştır. Maliyet hesabında 2025 yılında yapılan ağaçlandırma faaliyetlerinin maliyeti esas alınmıştır.

Sosyal yaşamı destekleme ve izleme faaliyetleri belirli olmadığı için maliyet tahmininde yer almamaktadır.

Tüm işletmeden çıkarma projesinin yukarıdaki maliyetlerinin yanı sıra proje yönetimi ve işletme maliyetleri söz konusu olacaktır. Proje yönetim maliyetinin toplam işletmeden çıkarma maliyetinin %10'u (Leite ve Turner, 2017, s. 146; Brodie Consulting Ltd, 2017, s. 10), işletme maliyetlerinin ise toplam işletmeden çıkarma maliyetlerinin %1'i kadar gerçekleşeceği varsayılmıştır. İşletmeden çıkarmanın toplam maliyetleri Tablo 4.6'da sunulmuştur.

Tablo 4.6

Toplam İşletmeden Çıkarma Maliyetleri ($)

Maliyetler		**1943-1996**	**1997-2024**	**2025-2042**	**2042 Sonrası**	**Toplam**
Hazırlık ve Söküm Maliyetleri			36.351.083	32.312.074	0	68.663.157
Çevresel ve Sosyal Rehabilitasyon Maliyetleri		8.597.215.293	7.834.935.447	7.896.940.507	0	24.329.091.247
Ara toplam		***8.597.215.293***	***7.871.286.530***	***7.929.252.581***	***0***	***24.397.754.404***
Proje Yönetimi	(%10)	859.721.529	787.128.653	792.925.258	0	2.439.775.440
İşletme Maliyetleri	(%1)	85.972.153	78.712.865	79.292.526	0	243.977.544
Genel toplam		**9.542.908.975**	**8.737.128.048**	**8.801.470.365**	**0**	**27.081.507.388**

4.2.3 Fon birikim senaryosu

İşletmeden çıkarma fonları işletme bünyesinde veya bir devlet kuruluşu bünyesinde kurulabilir. Yönetiminde sadece işletmenin, sadece devletin veya ortak yönetim söz konusu olabilir. Özellikle denetim faktörü sebebiyle nükleer ve maden gibi işletmeden çıkarma maliyeti yüksek olan sektörler için işletme bünyesinde ve işletme kontrolünde bir fon kurulması tercih edilmemektedir. Türkiye uygulamasında nükleer santraller için Hesaplar Yönetim Kurulu kurularak İşletmeden Çıkarma Özel Hesabının oluşturulması söz konusudur. Bu uygulamamız için gerek fon büyüklüğü gerekse faaliyet yıl sayısı düşünüldüğünde sadece işletme uhdesinde olacak bir fonun güven ve yönetim sorunları yaşayacağı düşünülmektedir. Ayrıca yeterli fonun gerek duyulan zamanda hazır olmaması

durumunda işletmeden çıkarma maliyetinin ve çevresel etkilerin kaynaklardan faydalanan nesilden sonraki nesle bırakılması söz konusu olacaktır.

Tablo 4.7'de yer alan fon birikim tahmini tablosunda *üretim temelli yaklaşım* tercih edilmiştir. Bu sayede üretimin daha yüksek olduğu diğer bir ifadeyle gelirin daha yüksek olduğu yıllarda fona daha fazla ödeme yapılmakta, üretimin daha az olduğu yıllarda ise daha az ödeme yapılmaktadır.

Toplam ulaşılması gereken fon bakiyesi hesaplanmış olan işletmeden çıkarma maliyetine 2025-2042 yılları arasındaki enflasyon farkı ilave edilerek hesaplanmıştır. Yıllık üretim başına maliyet payında toplam işletmeden çıkarma maliyeti toplam üretim miktarına bölünmüş ve her yıl gerçekleşen üretim miktarı ile çarpılmıştır. Maliyet payı bugünkü değerinin hesaplanmasında bugünkü değer formülü kullanılarak geçmiş yılın değeri hesaplanmıştır. Fonun yönetim maliyeti %1 olarak kabul edilmiş ve maliyet payı bugünkü değeri üzerinden hesaplanmıştır. Ancak bu yönetim maliyeti yıllık olarak tahsil edilip ödenen bir değer olduğu için fon getirisi hesabında kullanılmamış, fona yatırılacak tutarın hesaplanmasında kullanılmıştır. Fonun getirisi, maliyet payı bugünkü değeri ve fon bakiyesinin toplamına %1,5 oranında reel getiri oranı uygulanarak hesaplanmıştır. Bu reel getiri oranı risk alma kapasitesine, ihtiyatlı davranma esasına, yöneticilerin ileri görüşlülüğüne, ulusal ve uluslararası ekonomik konjonktüre göre değişecektir. Hazırlanan tabloda yıllar itibariyle farklı oranların girilmesine imkân sağlanmaktadır. Fon bakiyesi önceki yıl fon bakiyesine cari yılda yapılacak ödemenin ve fon getirisinin eklenmesi ile hesaplanmıştır. Fonun tamamlanma yüzdesi yıllık fon bakiyesinin toplam fon tutarına bölünmesi ile hesaplanmıştır. 2024 yılı örnek hesaplaması şu şekildedir:

$bm_{2024}=(ü_{2024})x(içm)÷(tü)$ = 1.859.433ton × 30.113.987.974$ ÷ 467.367.726 ton = 119.809.178$

$bd_{2024}=(bm_{2024})÷(1+rg)^{n}$= 119.809.178$ ÷ (1+%1,50)^{19} = 90.289.092 $

$ym_{2024}=(bd_{2024})-((bd_{2024})÷(1+ymo))$= 90.289.092$ – ((90.289.092$) ÷ (1+%1,00)) = 902.891 $

$f_{2024}=(bd_{2024}+ym_{2024})$ = 90.289.092$ + 902.891 $ = 91.191.983 $

$ng_{2024}=(b_{2023}+bd_{2024})x(rg)$ = (15.458.335.659 $ + 90.289.092 $) × %1,50 = 233.229.371 $

$b_{2024}=(b_{2023}+bd_{2024}+ng_{2024})$ = (15.458.335.659$ + 90.289.092$ + 233.229.371$) = 15.781.854.123$

$fty_{2024}=(b_{2024})÷(içm)$ = 15.781.854.123$ ÷ 30.113.987.974$ = %52,41

Tablo 4.7

Üretim Temelli Fon Birikim Tahmini Tablosu

Toplam Üretim Miktarı (tü)	467.367.726	*Üretim Birimi*	ton
Tahmini İşletmeden Çıkarma Maliyeti (içm)	27.081.507.388	*Maliyet Birimi*	ABD $
2025-2042 Arası Maliyetlerin Gelecek Değeri	3.032.480.586		
Toplam Fon Bakiyesi	30.113.987.974		

(ü x içm / tü) | *(bm / (1+rg)^n* | bd - (bd / (1 + ymo)) | (bd + ym) | (b + bd) x rg | (b + bd + ng) | (b / içm)

ÜRETİM TEMELLİ FON BİRİKİM TAHMİNİ TABLOSU ($)

Yıl	*Yıllık Üretim Miktarı (ü)*	*Üretim Başına Maliyet Payı (bm)*	*Maliyet Payı Bugünkü Değeri (bd)*	*Reel Getiri Oranı (%) (rg)*	*Yönetim Maliyeti Oranı (%) (ymo)*	*Yönetim Maliyeti (ym)*	*Fona Yatırılacak Tutar (f)*	*Fonun Net Getirisi (ng)*	*Fon Bakiyesi (b)*	*Fonun Tamamlanma Oranı (%)*
1940	53.885	3.471.982	749.161	%1,50	%1,00	7.492	756.652	11.237	760.398	%0,00
1941	48.632	3.133.514	686.271	%1,50	%1,00	6.863	693.133	21.700	1.468.369	%0,00
1942	87.494	5.637.516	1.253.192	%1,50	%1,00	12.532	1.265.724	40.823	2.762.384	%0,01
1943	129.893	8.369.419	1.888.387	%1,50	%1,00	18.884	1.907.271	69.762	4.720.533	%0,02
1944	234.041	15.080.005	3.453.531	%1,50	%1,00	34.535	3.488.066	122.611	8.296.675	%0,03
1945	192.386	12.396.041	2.881.449	%1,50	%1,00	28.814	2.910.263	167.672	11.345.795	%0,04
1946	157.482	10.147.066	2.394.056	%1,50	%1,00	23.941	2.417.997	206.098	13.945.949	%0,05
1947	252.865	16.292.896	3.901.739	%1,50	%1,00	39.017	3.940.756	267.715	18.115.404	%0,06
1948	309.045	19.912.752	4.840.133	%1,50	%1,00	48.401	4.888.534	344.333	23.299.869	%0,08
1949	345.626	22.269.782	5.494.245	%1,50	%1,00	54.942	5.549.187	431.912	29.226.026	%0,10
1950	393.495	25.354.133	6.349.022	%1,50	%1,00	63.490	6.412.512	533.626	36.108.673	%0,12
1951	401.849	25.892.408	6.581.071	%1,50	%1,00	65.811	6.646.881	640.346	43.330.090	%0,14
1952	392.950	25.319.017	6.531.862	%1,50	%1,00	65.319	6.597.181	747.929	50.609.882	%0,17
1953	440.564	28.386.939	7.433.182	%1,50	%1,00	74.332	7.507.514	870.646	58.913.709	%0,20
1954	571.143	36.800.559	9.780.851	%1,50	%1,00	97.809	9.878.660	1.030.418	69.724.979	%0,23
1955	706.975	45.552.646	12.288.585	%1,50	%1,00	122.886	12.411.471	1.230.203	83.243.768	%0,28
1956	945.810	60.941.544	16.686.597	%1,50	%1,00	166.866	16.853.463	1.498.955	101.429.321	%0,34
1957	1.277.650	82.323.050	22.879.252	%1,50	%1,00	228.793	23.108.044	1.864.629	126.173.201	%0,42
1958	1.460.000	94.072.440	26.536.816	%1,50	%1,00	265.368	26.802.184	2.290.650	155.000.668	%0,51
1959	1.551.000	99.935.859	28.613.686	%1,50	%1,00	286.137	28.899.823	2.754.215	186.368.569	%0,62
1960	1.554.000	100.129.159	29.099.067	%1,50	%1,00	290.991	29.390.057	3.232.015	218.699.650	%0,73
1961	1.455.000	93.750.274	27.653.944	%1,50	%1,00	276.539	27.930.484	3.695.304	250.048.898	%0,83

Tablo 4.7 (Devam) *Üretim Temelli Fon Birikim Tahmini Tablosu*

Yıl	*Yıllık Üretim Miktarı (ü)*	*Üretim Başına Maliyet Payı (bm)*	*Maliyet Payı Bugünkü Değeri (bd)*	*Reel Getiri Oranı (%) (rg)*	*Yönetim Maliyeti Oranı (%) (ymo)*	*Yönetim Maliyeti (ym)*	*Fona Yatırılacak Tutar (f)*	*Fonun Net Getirisi (ng)*	*Fon Bakiyesi (b)*	*Fonun Tamamlanma Oranı (%)*
1962	1.767.000	113.853.426	34.087.620	%1,50	%1,00	340.876	34.428.496	4.262.048	288.398.566	%0,96
1963	2.198.000	141.624.126	43.038.176	%1,50	%1,00	430.382	43.468.558	4.971.551	336.408.293	%1,12
1964	2.405.000	154.961.794	47.797.733	%1,50	%1,00	477.977	48.275.710	5.763.090	389.969.117	%1,29
1965	2.435.000	156.894.789	49.119.872	%1,50	%1,00	491.199	49.611.070	6.586.335	445.675.323	%1,48
1966	2.463.000	158.698.918	50.429.970	%1,50	%1,00	504.300	50.934.270	7.441.579	503.546.873	%1,67
1967	2.784.000	179.381.968	57.857.488	%1,50	%1,00	578.575	58.436.063	8.421.065	569.825.426	%1,89
1968	3.782.000	243.686.280	79.777.038	%1,50	%1,00	797.770	80.574.809	9.744.037	659.346.502	%2,19
1969	3.823.000	246.328.040	81.851.516	%1,50	%1,00	818.515	82.670.031	11.117.970	752.315.987	%2,50
1970	3.950.000	254.511.054	85.839.181	%1,50	%1,00	858.392	86.697.573	12.572.328	850.727.496	%2,83
1971	4.080.000	262.887.367	89.994.232	%1,50	%1,00	899.942	90.894.174	14.110.826	954.832.554	%3,17
1972	4.169.000	268.621.920	93.336.702	%1,50	%1,00	933.367	94.270.069	15.722.539	1.063.891.794	%3,53
1973	3.921.000	252.642.492	89.101.176	%1,50	%1,00	891.012	89.992.188	17.294.895	1.170.287.865	%3,89
1974	3.944.000	254.124.455	90.968.188	%1,50	%1,00	909.682	91.877.870	18.918.841	1.280.174.894	%4,25
1975	3.934.000	253.480.123	92.098.602	%1,50	%1,00	920.986	93.019.588	20.584.102	1.392.857.598	%4,63
1976	4.072.000	262.371.902	96.759.250	%1,50	%1,00	967.592	97.726.842	22.344.253	1.511.961.101	%5,02
1977	4.390.000	282.861.652	105.880.330	%1,50	%1,00	1.058.803	106.939.133	24.267.621	1.642.109.052	%5,45
1978	4.989.010	321.457.770	122.132.482	%1,50	%1,00	1.221.325	123.353.807	26.463.623	1.790.705.157	%5,95
1979	5.395.651	347.658.942	134.068.485	%1,50	%1,00	1.340.685	135.409.170	28.871.605	1.953.645.246	%6,49
1980	5.607.549	361.312.204	141.423.626	%1,50	%1,00	1.414.236	142.837.863	31.426.033	2.126.494.905	%7,06
1981	5.738.280	369.735.618	146.891.501	%1,50	%1,00	1.468.915	148.360.417	34.100.796	2.307.487.203	%7,66
1982	5.798.000	373.583.567	150.646.549	%1,50	%1,00	1.506.465	152.153.015	36.872.006	2.495.005.758	%8,29
1983	5.814.000	374.614.498	153.328.203	%1,50	%1,00	1.533.282	154.861.485	39.725.009	2.688.058.971	%8,93
1984	5.797.000	373.519.134	155.173.073	%1,50	%1,00	1.551.731	156.724.804	42.648.481	2.885.880.525	%9,58
1985	6.532.000	420.877.520	177.470.135	%1,50	%1,00	1.774.701	179.244.836	45.950.260	3.109.300.919	%10,33
1986	6.302.000	406.057.889	173.789.504	%1,50	%1,00	1.737.895	175.527.399	49.246.356	3.332.336.780	%11,07
1987	5.814.000	374.614.498	162.736.966	%1,50	%1,00	1.627.370	164.364.336	52.426.106	3.547.499.852	%11,78
1988	6.174.000	397.810.442	175.405.762	%1,50	%1,00	1.754.058	177.159.819	55.843.584	3.778.749.198	%12,55
1989	6.122.000	394.459.917	176.537.348	%1,50	%1,00	1.765.373	178.302.721	59.329.298	4.014.615.844	%13,33

Tablo 4.7 (Devam) *Üretim Temelli Fon Birikim Tahmini Tablosu*

Yıl	*Yıllık Üretim Miktarı (ü)*	*Üretim Başına Maliyet Payı (bm)*	*Maliyet Payı Bugünkü Değeri (bd)*	*Reel Getiri Oranı (%) (rg)*	*Yönetim Maliyeti Oranı (%) (ymo)*	*Yönetim Maliyeti (ym)*	*Fona Yatırılacak Tutar (f)*	*Fonun Net Getirisi (ng)*	*Fon Bakiyesi (b)*	*Fonun Tamamlanma Oranı (%)*
1990	6.051.000	389.885.161	177.107.302	%1,50	%1,00	1.771.073	178.878.375	62.875.847	4.254.598.993	%14,13
1991	5.511.000	355.091.245	163.721.520	%1,50	%1,00	1.637.215	165.358.735	66.274.808	4.484.595.321	%14,89
1992	5.873.017	378.417.151	177.093.515	%1,50	%1,00	1.770.935	178.864.450	69.925.333	4.731.614.168	%15,71
1993	5.437.000	350.323.190	166.405.154	%1,50	%1,00	1.664.052	168.069.206	73.470.290	4.971.489.612	%16,51
1994	4.796.000	309.021.523	148.988.469	%1,50	%1,00	1.489.885	150.478.354	76.807.171	5.197.285.253	%17,26
1995	5.165.000	332.797.365	162.858.283	%1,50	%1,00	1.628.583	164.486.866	80.402.153	5.440.545.689	%18,07
1996	6.228.000	401.289.834	199.321.511	%1,50	%1,00	1.993.215	201.314.727	84.598.008	5.724.465.208	%19,01
1997	5.601.000	360.890.231	181.943.767	%1,50	%1,00	1.819.438	183.763.205	88.596.135	5.995.005.110	%19,91
1998	5.636.000	363.145.392	185.826.924	%1,50	%1,00	1.858.269	187.685.193	92.712.481	6.273.544.514	%20,83
1999	4.430.000	285.438.979	148.254.342	%1,50	%1,00	1.482.543	149.736.885	96.326.983	6.518.125.839	%21,64
2000	5.750.000	370.490.775	195.315.892	%1,50	%1,00	1.953.159	197.269.051	100.701.626	6.814.143.357	%22,63
2001	5.516.000	355.413.411	190.177.895	%1,50	%1,00	1.901.779	192.079.674	105.064.819	7.109.386.071	%23,61
2002	5.281.000	340.271.614	184.806.818	%1,50	%1,00	1.848.068	186.654.886	109.412.893	7.403.605.782	%24,59
2003	4.895.000	315.400.407	173.868.361	%1,50	%1,00	1.738.684	175.607.044	113.662.112	7.691.136.255	%25,54
2004	5.207.000	335.503.559	187.724.728	%1,50	%1,00	1.877.247	189.601.975	118.182.915	7.997.043.898	%26,56
2005	5.206.505	335.471.664	190.522.485	%1,50	%1,00	1.905.225	192.427.710	122.813.496	8.310.379.879	%27,60
2006	5.763.802	371.380.081	214.079.481	%1,50	%1,00	2.140.795	216.220.276	127.866.890	8.652.326.250	%28,73
2007	5.916.105	381.193.448	223.032.373	%1,50	%1,00	2.230.324	225.262.697	133.130.379	9.008.489.003	%29,91
2008	7.000.674	451.075.675	267.878.544	%1,50	%1,00	2.678.785	270.557.329	139.145.513	9.415.513.060	%31,27
2009	6.400.621	412.412.353	248.591.474	%1,50	%1,00	2.485.915	251.077.389	144.961.568	9.809.066.102	%32,57
2010	6.197.748	399.340.601	244.322.843	%1,50	%1,00	2.443.228	246.766.071	150.800.834	10.204.189.779	%33,89
2011	6.680.471	430.443.978	267.302.663	%1,50	%1,00	2.673.027	269.975.689	157.072.387	10.628.564.828	%35,29
2012	6.334.773	408.169.558	257.272.461	%1,50	%1,00	2.572.725	259.845.186	163.287.559	11.049.124.849	%36,69
2013	6.008.158	387.124.715	247.667.848	%1,50	%1,00	2.476.678	250.144.527	169.451.890	11.466.244.588	%38,08
2014	6.390.344	411.750.174	267.373.626	%1,50	%1,00	2.673.736	270.047.362	176.004.273	11.909.622.487	%39,55
2015	5.172.065	333.252.586	219.646.529	%1,50	%1,00	2.196.465	221.842.994	181.939.035	12.311.208.051	%40,88
2016	4.854.402	312.784.549	209.248.402	%1,50	%1,00	2.092.484	211.340.886	187.806.847	12.708.263.301	%42,20

Tablo 4.7 (Devam) *Üretim Temelli Fon Birikim Tahmini Tablosu*

Yıl	*Yıllık Üretim Miktarı (ü)*	*Üretim Başına Maliyet Payı (bm)*	*Maliyet Payı Bugünkü Değeri (bd)*	*Reel Getiri Oranı (%) (rg)*	*Yönetim Maliyeti Oranı (%) (ymo)*	*Yönetim Maliyeti (ym)*	*Fona Yatırılacak Tutar (f)*	*Fonun Net Getirisi (ng)*	*Fon Bakiyesi (b)*	*Fonun Tamamlanma Oranı (%)*
2017	4.887.947	314.945.960	213.854.771	%1,50	%1,00	2.138.548	215.993.319	193.831.771	13.115.949.843	%43,55
2018	5.262.929	339.107.242	233.714.689	%1,50	%1,00	2.337.147	236.051.836	200.244.968	13.549.909.499	%45,00
2019	4.720.383	304.149.279	212.765.779	%1,50	%1,00	2.127.658	214.893.437	206.440.129	13.969.115.407	%46,39
2020	3.044.095	196.140.716	139.267.181	%1,50	%1,00	1.392.672	140.659.852	211.625.739	14.320.008.327	%47,55
2021	3.058.706	197.082.149	142.034.668	%1,50	%1,00	1.420.347	143.455.014	216.930.645	14.678.973.639	%48,74
2022	4.064.636	261.897.416	191.577.422	%1,50	%1,00	1.915.774	193.493.197	223.058.266	15.093.609.328	%50,12
2023	2.848.637	183.546.735	136.278.021	%1,50	%1,00	1.362.780	137.640.802	228.448.310	15.458.335.659	%51,33
2024	1.859.433	119.809.178	90.289.092	%1,50	%1,00	902.891	91.191.983	233.229.371	15.781.854.123	%52,41

Tablo 4.7 (Devam) *Üretim Temelli Fon Birikim Tahmini Tablosu*

2025 – 2042 yılları arasında yapılan hesaplamalar tahmini üretim verilerine dayanmaktadır.

Yıl	*Yıllık Üretim Miktarı (ü)*	*Üretim Başına Maliyet Payı (bm)*	*Maliyet Payı Bugünkü Değeri (bd)*	*Reel Getiri Oranı (%) (rg)*	*Yönetim Maliyeti Oranı (%) (ymo)*	*Yönetim Maliyeti (ym)*	*Fona Yatırılacak Tutar (f)*	*Fonun Net Getirisi (ng)*	*Fon Bakiyesi (b)*	*Fonun Tamamlanma Oranı (%)*
2025	*5.500.000*	*354.382.480*	*271.071.265*	*%1,50*	*%1,00*	*2.710.713*	*273.781.978*	*240.793.881*	*16.293.719.268*	*%54,11*
2026	*6.700.000*	*431.702.294*	*335.167.298*	*%1,50*	*%1,00*	*3.351.673*	*338.518.971*	*249.433.298*	*16.878.319.865*	*%56,05*
2027	*7.800.000*	*502.578.790*	*396.047.686*	*%1,50*	*%1,00*	*3.960.477*	*400.008.163*	*259.115.513*	*17.533.483.064*	*%58,22*
2028	*8.500.000*	*547.682.015*	*438.064.284*	*%1,50*	*%1,00*	*4.380.643*	*442.444.927*	*269.573.210*	*18.241.120.558*	*%60,57*
2029	*9.000.000*	*579.898.604*	*470.790.263*	*%1,50*	*%1,00*	*4.707.903*	*475.498.165*	*280.678.662*	*18.992.589.483*	*%63,07*
2030	*9.400.000*	*605.671.875*	*499.089.988*	*%1,50*	*%1,00*	*4.990.900*	*504.080.888*	*292.375.192*	*19.784.054.663*	*%65,70*
2031	*9.600.000*	*618.558.511*	*517.354.558*	*%1,50*	*%1,00*	*5.173.546*	*522.528.104*	*304.521.138*	*20.605.930.360*	*%68,43*
2032	*9.700.000*	*625.001.829*	*530.584.823*	*%1,50*	*%1,00*	*5.305.848*	*535.890.671*	*317.047.728*	*21.453.562.911*	*%71,24*
2033	*9.750.000*	*628.223.487*	*541.319.593*	*%1,50*	*%1,00*	*5.413.196*	*546.732.789*	*329.923.238*	*22.324.805.742*	*%74,13*
2034	*9.650.000*	*621.780.170*	*543.804.111*	*%1,50*	*%1,00*	*5.438.041*	*549.242.153*	*343.029.148*	*23.211.639.001*	*%77,08*
2035	*9.400.000*	*605.671.875*	*537.661.661*	*%1,50*	*%1,00*	*5.376.617*	*543.038.277*	*356.239.510*	*24.105.540.172*	*%80,05*
2036	*9.100.000*	*586.341.922*	*528.309.780*	*%1,50*	*%1,00*	*5.283.098*	*533.592.878*	*369.507.749*	*25.003.357.701*	*%83,03*
2037	*8.800.000*	*567.011.968*	*518.556.369*	*%1,50*	*%1,00*	*5.185.564*	*523.741.932*	*382.828.711*	*25.904.742.780*	*%86,02*
2038	*8.400.000*	*541.238.697*	*502.410.409*	*%1,50*	*%1,00*	*5.024.104*	*507.434.513*	*396.107.298*	*26.803.260.487*	*%89,01*
2039	*7.900.000*	*509.022.108*	*479.592.603*	*%1,50*	*%1,00*	*4.795.926*	*484.388.529*	*409.242.796*	*27.692.095.886*	*%91,96*
2040	*7.300.000*	*470.362.201*	*449.815.366*	*%1,50*	*%1,00*	*4.498.154*	*454.313.520*	*422.128.669*	*28.564.039.921*	*%94,85*
2041	*6.600.000*	*425.258.976*	*412.782.621*	*%1,50*	*%1,00*	*4.127.826*	*416.910.448*	*434.652.338*	*29.411.474.880*	*%97,67*
2042	*4.056.000*	*261.340.971*	*257.478.789*	*%1,50*	*%1,00*	*2.574.788*	*260.053.577*	*445.034.305*	*30.113.987.974*	*%100,00*
	467.367.726	**30.113.987.974**	**18.375.553.106**			**183.755.531**	**18.559.308.638**	**11.738.434.868**		

Üretilen veriler doğrultusunda Tunçbilek maden üretim sahasında 2025 yılına kadar (85 yıllık süreçte) toplam rezervin %68'i çıkarılmıştır. Kalan %32'lik rezervin ise 18 yılda çıkarılması beklenmektedir. Bu üretim artışı ile birlikte özellikle yeraltı ocağının hazırlık ve söküm maliyetlerinin de artacağı görülmektedir. Toplam hazırlık ve söküm maliyetlerinin %53'ü 2025 yılına kadar gerçekleşmiştir. 2025 yılından 2042 yılına kadar ise toplam hazırlık ve söküm maliyetlerinin üretim artışına paralel olarak %47'sinin gerçekleşmesi beklenmektedir. Çevresel ve sosyal rehabilitasyon maliyetlerinin ise 2025 yılına kadar %68'i gerçekleşmiştir. 2025 yılından 2042 yılına kadar ise %32'sinin gerçekleşmesi beklenmektedir. Üretim miktarları ile işletmeden çıkarma maliyeti tahminlerinin karşılaştırması Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8.

Üretim Miktarı ve İşletmeden Çıkarma Maliyeti Karşılaştırması

	1943-1996	**1997-2024**	**2025-2042**	**Toplam**
Üretim Miktarı (ton)	176.223.292	143.988.434	147.156.000	467.367.726
Üretim Oranı (%)	%38	%31	%31	%100
İşletmeden Çıkarma Maliyeti ($)	9.542.908.975	8.737.128.048	8.801.470.365	27.081.507.388
İşletmeden Çıkarma Maliyeti Oranı (%)	%35	%32	%32	%100

Tablodan anlaşılacağı üzere üretim miktarlarının oranları ile işletmeden çıkarma maliyetlerinin oranları paralellik göstermektedir. Bu durumun birincil sebebi olarak işletmeden çıkarmanın üretim faaliyetlerinden kaynaklanması gösterilebilir.

5 SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu bölümde çalışmanın sonucu, tartışma ve öneriler bölümleri yer almaktadır.

5.1 Sonuç

İşletmeden çıkarma süreci yalnızca bir teknik zorunluluk değildir. Etik ve kültürel bir sorumluluk olarak da işletmeden çıkarmanın benimsenmesi gereklidir. Nesiller arası adalet, çevresel felaketlerin engellenmesi, döngüsel ekonomi, kaynak verimliliği ve kirleten öder ilkesi gereği işletmeden çıkarma kültürünün geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Nesiller arası adalet ilkesi gereği bugün enerji ve hammadde ihtiyaçları için kurulan, ekonomik fayda sağlanan tesislerin çevresel ve finansal risklerinin gelecek nesillere bırakılmaması gerekir. Terk edilmiş maden sahaları, radyasyon riski taşıyan nükleer santraller veya sızıntı riski taşıyan fosil yakıt tesisleri doğa ve insan sağlığı açısından yüksek risk içermektedir. Bu risklerin oluşmaması için işletmeden çıkarma kültürüne ihtiyaç duyulmaktadır. İşletmeden çıkarmanın atık yönetimi bölümü elde edilen atıklardan maksimum fayda sağlanmasını öngörür. Bu bağlamda geri ve ileri dönüşüm faaliyetlerini destekler. Kaynakların verimli kullanılması ve döngüsel ekonomiye katkı sağlanması açısından işletmeden çıkarma kültürüne ihtiyaç vardır. Kirleten öder ilkesinin uygulanması işletmeden çıkarma kültüründe yer alan işletmeden çıkarma için fon oluşturulması ile mümkündür. İşletmeden çıkarma fonu ile işletme aşamasında gelir elde edilirken işletmeden çıkarma fonu biriktirilir. Böylece işletmeden çıkarma zamanı geldiğinde işletmelerin sorumluluktan kaçınma ihtimalleri oluşmayacaktır.

İşletmeden çıkarma projeleri süreç yönetimi gerektiren büyük projelerdir. İşletmeden çıkarma sürecinin planlanması tesisin tasarım aşamasında başlayan ve işletmeden çıkarma zamanına kadar aralıklarla güncellenen bir yapıdadır. Temelde bu ön planlamanın ardından faaliyetlerin durdurulduğu ve geçiş sürecinin yaşandığı bir dönem gelir. Geçişin ardından işletmeden çıkarma faaliyetleri başlar. Bu faaliyetler arasında arındırma, söküm ve atık yönetimi yer alır. Arazinin boşaltılmasının ardından restorasyon ve istenen nihai duruma (rekreasyon alanı, doğaya yeniden kazandırma, sanayi tesisi, yaşam alanı gibi) göre yürütülecek faaliyetler gerçekleştirilir. İzleme faaliyetleri ile işletmeden çıkarma tamamlanmış olur ve arazi terk edilir. Bu sürecin yönetiminde belirli

proje ve risk yönetimi metodolojisi kullanılmalıdır. Bu metodoloji ile iş sağlığı ve güvenliği, çevresel etki, mevzuat uyumu, sosyoekonomik rehabilitasyon, finansal istikrar, paydaşlarla olumlu iletişim gibi pek çok fayda sağlanır. İşletmeden çıkarmanın özellikle restorasyon aşaması sadece işletmeden çıkarma sürecinde gerçekleşmemektedir. İlerlemeci işletmeden çıkarma ile açık ocak madenciliği gibi sektörlerde işletme faaliyetleri devam ederken işin bittiği alanların kapatılarak restore edilmesi mümkündür. İlerlemeci işletmeden çıkarma ile iş ve maliyetlerin faaliyetler devam ederken zamana sâri şekilde gerçekleşmesi mümkündür.

İşletmeden çıkarma maliyetleri temelde arındırma, söküm, atık yönetimi, saha restorasyonu, izleme ve bakım maliyetlerinden oluşur. Bu maliyetlere ilave olarak sürecin yönetimi için proje yönetim maliyetleri oluşur. Ayrıca beklenmedik durumlar için bir risk marjı hesaplanması uygun görülmektedir. Bu maliyetlerin toplam maliyetler içerisindeki payı işletme türüne göre değişiklik göstermektedir. Projenin WBS gibi kırılımlı bir yapıyla oluşturulması maliyet hesaplamasında etkinlik sağlamaktadır. İşler bazında hesaplanan maliyetlerden toplam proje maliyetine ulaşılabilir.

İşletmeden çıkarma sürecinde en büyük finansal risk işletmenin işletmeden çıkarma zamanı geldiğinde gerekli finansal güce sahip olmamasıdır. Bu sebeple işletme daha faaliyetine başlamadan güvence bedeli talep edilmektedir. Buna ilave olarak işletmenin faaliyetleri sırasında ödeme yapacağı bağımsız bir işletmeden çıkarma fonu oluşturulmalıdır. Fondan yapılacak ödemelerin de kesin şartlarla belirlenmesi fonun güvencesi olacaktır. Gerek fonda gerekse güvence bedelinde kullanılacak finansal araçların çeşitlendirilmesi riskin dağıtılmasını sağlayacaktır. Ayrıca işletmeden çıkarma planı ile birlikte maliyetlerin ve fonun gözden geçirilmesi gerekir. Gerek maliyetlerdeki artış sebebiyle gerek fonda oluşan bakiyenin yetersizliği durumunda fona yapılacak ödemelerin yeniden düzenlenmesi söz konusu olacaktır.

5.2 Tartışma

- İşletmeden çıkarma stratejilerinin sektörel karşılaştırması

İşletmeden çıkarma stratejileri açısından sektörel farklılıklar bulunmaktadır. Nükleer tesislerin işletmeden çıkarma stratejileri işletmeden çıkarmanın başlama zamanına göre

değerlendirilmektedir. Bu kapsamda hazırlık süresinden hemen sonra işletmeden çıkarılmaya başlanabileceği gibi nükleer bozunmayı beklemek için birkaç on yıl beklenmesi tercih edilebilir. Özellikle uzun süreli atık depolama tesisi olmaması gibi durumlarda tesisin kendisi geçici bir atık depolama tesisine dönüştürülebilir. Açık deniz enerji tesislerinde ise işletmeden çıkarma stratejisi deniz altının temizlenme yüksekliğine göre değerlendirilmektedir. Kuleler ve temeller tamamen kaldırılabileceği gibi deniz trafiği için tehlike oluşturmayacak bir yükseklikten kuleler kesilerek işletmeden çıkarma gerçekleştirilebilir. Ayrıca oluşan habitatın korunması için temellerin ve yeraltı kablolarının yerinde bırakılması da söz konusu olabilir. Karasal tesisler için ise açıkların güvenli bir şekilde kapatılarak çevresel rehabilitasyon faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi söz konusudur.

Bu çalışma kapsamında nükleer enerji, yenilenebilir enerji ve madencilik sektörlerine ilişkin gerçekleştirilen analizler, işletmeden çıkarma yükümlülüklerinin yalnızca operasyonel faaliyetlerin sonlandırılmasına ilişkin teknik bir konu olmadığını, aynı zamanda sürdürülebilirlik, finans ve muhasebe uygulamalarının kesişim noktasında yer alan stratejik bir konu olduğunu ortaya koymaktadır. İncelenen sektörler arasında düzenleyici çerçeve, yükümlülüklerin büyüklüğü ve finansman yöntemleri açısından farklılıklar bulunmasına karşın tüm sektörlerde faaliyetlerin sona erdirilmesine ilişkin maliyetlerin uzun vadeli planlama gerektirdiği görülmektedir. İşletmeden çıkarma yükümlülüklerinin TMS 37 kapsamında karşılık olarak muhasebeleştirilmesinin ötesinde, bu yükümlülükleri karşılayacak fonların oluşturulması ve etkin biçimde yönetilmesini de önemli hâle getirmektedir. Özellikle işletmeden çıkarma fonlarının yatırım performansı, risk profili ve fonlama yeterliliği, işletmelerin gelecekteki çevresel ve finansal sorumluluklarını yerine getirme kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Bu çerçevede muhasebe, yükümlülüklerin ölçülmesi, izlenmesi ve raporlanmasına yönelik güvenilir bilgi üretirken; finans fonksiyonu fon yönetimi, kaynak tahsisi ve risk yönetimi süreçleri aracılığıyla söz konusu yükümlülüklerin sürdürülebilir biçimde finanse edilmesine katkı sağlamaktadır. Entegre raporlama yaklaşımı ise finansal ve finansal olmayan bilgileri bütünleştirerek işletmeden çıkarma yükümlülüklerinin ve bunlara ilişkin fon yönetimi uygulamalarının paydaşlara şeffaf biçimde aktarılmasına olanak tanımaktadır. Sonuç olarak, etkin işletmeden çıkarma planlaması ve fon yönetimi uygulamalarının sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesi, kurumsal hesap verebilirliğin

güçlendirilmesi ve uzun vadeli değer yaratmanın desteklenmesi açısından kritik öneme sahip olduğu değerlendirilmektedir.

- İşletmeden çıkarma aşamalarının sektörel karşılaştırması

İşletmeden çıkarma aşamaları açısından sektörel bir ayırım bulunmamaktadır. Tüm işletmeden çıkarma programları planlama ve onay aşaması ile başlamaktadır. Sonrasında sırası ile hazırlık, uygulama, restorasyon ve çevresel düzenleme aşamaları ile devam etmektedir. İzleme aşaması ile sona ermektedir. Ancak uygulama ve restorasyon ve çevre düzenleme aşamalarında sektörel olarak içerik farklılığı bulunmaktadır. Uygulama aşamasında gerçekleştirilen arındırma her sektörde farklı yoğunlukta veya çeşitte gerçekleşmektedir. Örneğin nükleer enerji santralleri söz konusu olduğunda radyasyon arındırılması söz konusudur. Diğer sektörlerde bu söz konusu değildir. Madencilikte asit drenajı arındırma için dikkate alınması gereken bir durumdur. Petrol ve gaz kuyularında petrolle veya çeşitli yağlarla kirlenmiş yüzeylerin arındırılması söz konusudur. Tüm bu kirlilik çeşitlerinin riskleri farklıdır ve arındırmaları farklı operasyonel süreçler gerektirir. Restorasyon ve çevre düzenleme aşamasında ise sahanın yeşil alan olarak değerlendirileceği varsayımı ile en fazla aktivite gerektiren sektör açık madenciliktir. Açık madencilik topografyanın en çok değiştiği madencilik türüdür. Hem toprak yapısına hem de bitki örtüsüne müdahale söz konusudur. Bu sebeple rehabilitasyon için en çok düzenleme gerektiren sektör de madencilik sektörü olmuştur.

- İşletmeden çıkarma planlarının sektörel karşılaştırması

İşletmeden çıkarma planlarının içeriği açısından değerlendirildiğinde tüm sektörlerde ayırt edici bir farklılık olmamakla beraber sosyal ve çevresel rehabilitasyon başlıklarında madencilik sektörü daha fazla hassasiyete sahiptir. Bu sebeple literatürde sosyal rehabilitasyonun en fazla tartışıldığı sektör de madencilik sektörüdür. Bu ayırımın dışında temel olarak tüm sektörler için işletmeden çıkarma planlarında planın, işletmenin ve sahanın tanıtımı, işletmeden çıkarma öğelerinin, alınacak tedbirlerin ve işletmeden çıkarma, atık yönetim ve izleme faaliyetlerinin açıklanması; sosyal, çevresel, finansal etki ile maliyetlerin tahmin verilerinin hesaplanması; paydaşlarla iletişimin ve plan güncellemelerinin raporlanması beklenmektedir.

- İşletmeden çıkarma maliyetinin ve fon yönetiminin sektörel karşılaştırması

İşletmeden çıkarma maliyetleri açısından değerlendirildiğinde işletmeden çıkarma kavramına öncülük eden nükleer santrallerde işletmeden çıkarma maliyetlerinin de yüksek olması sebebiyle daha kapsamlı bir sistem görülmektedir. Nükleer santrallerde maliyet tahmin yapısı, tahmin temeli, tahmin metodolojisi, WBS ve belirsizlik analizi başlıklarıyla oluşturulmaktadır. Bu yapı tüm sektörler için uygulanabilir. Ancak literatürde böyle bir ayrım görülmemiştir. Maliyet tahminlerinde sapmaya sebep olan en etkili faktör belirsizliklerdir. Sektörel olarak bu belirsizlik kaynaklarında farklılıklar mevcuttur. Nükleer tesisler için belirsizlik daha çok radyasyon kontaminasyonundan kaynaklanmaktadır. Açık deniz tesislerinde operasyonel riskler, deniz ve hava şartları daha fazla belirsizlik içermektedir. Ayrıca yenilenebilir ve diğer enerji tesislerinde kurtarma değeri, maliyet azaltıcı bir unsur olarak daha çok dikkat çekmektedir. Madencilik faaliyetlerinde çevresel ve sosyal rehabilitasyon faaliyetleri işletmeden çıkarma maliyetleri üzerinde daha fazla etkilidir.

Fon yönetiminde bir sisteme ihtiyaç duyulmasının gerekliliği işletmeden çıkarma maliyetinin büyüklüğüne bağlıdır. Güneş enerji santralleri gibi nispeten düşük tutarlarda işletmeden çıkarma fonu ihtiyacı olan tesislerde bağımsız bir fon kurulması zorunlu olmayabilir. Ancak milyar dolarla ifade edilen işletmeden çıkarma maliyetleri için finansal yükün devlete bırakılmaması açısından bağımsız bir fondan karşılanması kaçınılmaz olarak bir gerekliliktir. Tesislerin uzun faaliyet dönemlerinde elde ettikleri gelirlerden pay ayrılması ise yaygın bir uygulamadır. Fon gelirlerinin desteklenmesi açısından enerji tüketim bedellerine cüz'i sayılabilecek bir bedel eklenmesi de mümkündür. Bu uygulama ile tesisten istifade eden halkın da işletmeden çıkarma faaliyetlerine bir katkı sağlaması söz konusudur. Fonun yönetiminde ise şeffaflığın sağlanması açısından devlet otoritesi tarafından yönetilen bir fonun varlığı kabul görmektedir.

Yapılan sektörel karşılaştırmalar işletmeden çıkarma kültürünün sektörel dinamiklerden etkilendiğini ortaya koymaktadır. Madencilik sektörünün köklü temsilcilerinden olan ve hem açık ocak hem de yeraltı ocağı faaliyetleri söz konusu olan GLİ bünyesindeki

uygulamamızdan elde edilen sonuçlar doğrultusunda elde edilen sahaya özgü verilerin sonuçları aşağıda yer almaktadır.

Çevresel Boyut: Çevresel uyum planlarının temel amacı, madencilik faaliyetlerinden kaynaklanabilecek olası çevresel zararların minimize edilmesi veya kritik ekosistem alanlarında kalıcı hasar oluşumunun engellenmesidir. Bu doğrultuda, sahanın topografik yapısına uygun arazi rehabilitasyonu ve bölgenin flora-fauna özellikleriyle uyumlu bitkilendirme çalışmaları yürütülmektedir. Ayrıca susuz tarım uygulamaları ve buna entegre arıcılık faaliyetleri teşvik edilmektedir. Söz konusu uygulamalar halihazırda Soma ve Çan sahalarında pilot ölçekli olarak sürdürülmektedir. Bununla birlikte toprak, su ve hava ölçümleri yapılarak uygun aralıkta olması sağlanmaktadır.

Sosyoekonomik Boyut: Çevresel önlemlerin aksine, sosyal ve ekonomik etkilerin aynı kapsamda değerlendirilmediği gözlemlenmektedir. Özellikle maden sahalarının kapatılma aşamasında ciddi bir istihdam kaybı riski bulunmaktadır. İş gücünün nesiller boyu madencilik sektöründe yer alması, yerel halkın kariyer yönelimlerini bu alana sabitlemiştir. Maden sahalarının kapatılması, özellikle yeniden eğitim veya kariyer değişikliği için kısıtlı zamana sahip olan belirli bir yaş grubundaki bireyler için uyum sorunlarını beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, yerel ekonomi için kritik bir istihdam kaynağı olan madenlerin kapanış sonrası süreçte yaratacağı boşluğu dolduracak yeni istihdam alanlarının planlanması stratejik bir gerekliliktir.

Yönetimsel ve Kurumsal Zorluklar: Mevcut yasal prosedürlerin çevre bilinciyle oluşturulmasına rağmen, farklı bakanlıklar tarafından yayımlanan yönetmeliklerin çokluğu, uygulayıcılar açısından yönetimsel karmaşıklıklara yol açmaktadır. İşletmeden çıkarma planının eksikliği, özellikle ilerlemeci işletmeden çıkarma süreçlerinde kurumsallaşma sorunlarına ve personel nezdinde farkındalık eksikliğine neden olmaktadır. Personel, yürütülen faaliyetleri rutin operasyonel görevler olarak algılamakta; bu eylemlerin çevresel ve uzun vadeli sonuçlarını değerlendirmekte güçlük çekmektedir.

Maliyet Boyutu: Kamu kurumu niteliğinde olan GLİ için işletmeden çıkarma faaliyetleri için yapılan harcamalar bir bütçe harcaması niteliği taşımaktadır. Ancak bu bütçenin toplamda ulaştığı rakam 2024 yılı verileri ile 27.081.507.388,44 $'dır. Ortaya çıkan bu

tablo, işletmeden çıkarma maliyetlerinin kamu bütçesi üzerinde yaratacağı yükün tek seferde ya da kısa vadeli bütçe ödenekleriyle karşılanamayacak kadar muazzam bir boyutta olduğunu göstermektedir.

Mevcut yapıda GLİ bünyesinde bu faaliyetlere yönelik bağımsız bir fon mekanizması bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu durum gelecekteki mali sürdürülebilirlik açısından ciddi bir risk unsurudur. Muhasebe uygulamalarında karşılık ayrılması teorik olarak bir yükümlülük tanımlar. Ancak nakit akışı ve kaynak güvencesi sağlama noktasında tek başına yetersiz kalmaktadır. Madencilik faaliyetlerinde projenin ömrüne yayılan ilerlemeci işletmeden çıkarma ve restorasyon süreçleri, söz konusu devasa maliyetlerin operasyon süresince finanse edilmesini gerektirmektedir.

Bu doğrultuda, rakamların büyüklüğü ve faaliyetlerin zamana yayılan yapısı gereği yalnızca bilanço içi düzenlemelerle yetinilmemelidir. Üretim bazlı ve bağımsız bir işletmeden çıkarma fonu oluşturulmalıdır. Böylece mali yük tek bir döneme yığılmayarak operasyonel süreçte eritilecek ve kamu kaynakları üzerindeki ani ve riskli finansal baskıların önüne geçilecektir.

5.3 Öneriler

Çalışma kapsamında geliştirilen işletmeden çıkarma planı, uluslararası literatürdeki maden kapatma standartları ile Türkiye'deki çeşitli yasal gereklilikleri tek bir çatı altında toplamaktadır. Bu yönüyle çalışma, ulusal mevzuattaki dağınık yapıyı tek çatı altında toplayarak uygulamadaki boşlukları doldurmaktadır.

Bu çalışma, ulusal mevzuattaki dağınık yapıyı tek bir çatı altında toplamanın yanı sıra, stratejik sektörler olan nükleer, yenilenebilir enerji ve madencilik sektörlerinin işletmeden çıkarma süreçlerindeki yapısal farklılıkları da ortaya koymaktadır. Araştırma boyunca nükleer, yenilenebilir enerji ve maden sektörleri; kendilerine özgü teknik riskler, geleceğe yönelik maliyet yapıları ve finansman gereksinimleri açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Böylece çalışma, sadece yasal bir boşluğu doldurmakla kalmamış söz konusu sektörlerdeki işletmeden çıkarma süreçlerinin ekonomik, sosyal ve operasyonel boyutlarını da içerecek şekilde, daha geniş bir çerçevede ele alınmıştır.

Yenilenebilir enerji yatırımlarının ve ülkemiz özelinde ikinci nükleer enerji santralinin gündemde olduğu günümüzde bu çalışmanın verilerinin ve oluşturduğu bütüncül yaklaşımın yeni düzenlemelere ve geliştirmelere kaynak olacağı düşünülmektedir.

Uygulayıcılara yönelik öneriler aşağıda yer almaktadır:

Sektörel Rekabet: Maden işletmecilerinin bu modeli benimsemesi, uluslararası pazardaki kurumsal imajlarını güçlendirecek ve sürdürülebilirlik vizyonlarını somutlaştıracaktır. Şirket bünyesinde kurulacak bir "İşletmeden Çıkarma Birimi", süreçlerin raporlanması ve denetlenmesinde operasyonel etkinlik sağlayacaktır.

Kamu Yönetimi ve Mevzuat: Devlet otoritelerinin bu modeli dikkate alması durumunda, tüm denetim birimlerinin veri ihtiyacı tek bir standart belge ve ekleri üzerinden karşılanabilecektir. Bu durum, veri akışını sağlıklı hale getirecek ve bürokratik süreçleri kısaltarak standardize edecektir.

Kurumsal Entegrasyon: Farklı bakanlıkların gerekliliklerini tek bir prosedür setinde birleştirecek yetkili bir birimin oluşturulması hem uygulayıcılar hem de denetçiler için süreci optimize edecektir.

Yönetim Çerçevesi: Önerilen yönetim çerçevesi; süreç, veri ve insan kaynağı bileşenlerini entegre eden üç temel katmandan oluşmalıdır:

Veri Entegrasyon Katmanı: Dağınık halde bulunan maliyet, çevresel etki, sosyoekonomik, finansal, teknik vb verilerin uluslararası standartlarda sınıflandırılması.

Süreç Yönetim Katmanı: Arındırma, söküm, rehabilitasyon ve izleme gibi işletmeden çıkarma adımlarının literatürle uyumlu olarak standardize edilmesi; görev tanımlarının ve zaman çizelgelerinin belirlenmesi.

Karar Destek ve Politika Katmanı: Elde edilen verilerin gelecekteki projeler için stratejik kararlara dönüştürülmesi ve personel eğitim modüllerinin bu veriler ışığında güncellenmesi.

Bu yönetim çerçevesinin uygulanması durumunda öncelikle ilgili bakanlıkların katılımıyla standartlaşmanın sağlanması, ardından personel eğitimlerinin gerçekleştirilerek uygulamaya geçilmesi etkili bir süreç yönetimini sağlayacaktır.

Bu çalışma, işletmeden çıkarma süreçleri için genel bir çerçeve sunmaktadır. Gelecek araştırmalarda, alt sektörlere özgü düzenlemelerin yapılması ve içeriğin sektörel dinamiklere göre derinleştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca, teknik detayların olgunlaştırılması aşamasında ilgili bakanlıkların raporlama ihtiyaçlarının modele entegre edilmesi ve multidisipliner uzman desteğinin alınması, modelin uygulama kabiliyetini artıracaktır.

KAYNAKÇA

(2026, 01 13). https://earth.google.com: https://earth.google.com/web/search/tun%c3%a7bilek+maden+sahas%c4%b1,+k%c3%bctahya/@39.62924984,29.46709986,799.77278197a,17903.30356823d,35y,0h,0t,0r/data=CjQiJgokCS1umz220kNAERDbDddezkNAGc7G4e7jgz1AIY4unWJCaz1AKgYIARIAGAFCAggBOgMKATBCAggASg0I_____ adresinden alındı

Acar, V., & Boz, M. F. (2018). IFRS ve FASB-ASC Açısından Nükleer Güç Santrali Elektrik Üretim İşletmelerinde Uygulanan Özellikli Muhasebe Konuları. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İİBF Dergisi, 11*(1), 78-92.

Adedipe, T., & Shafiee, M. (2021). An Economic Assessment Framework for Decommissioning of Offshore Wind Farms Using a Cost Breakdown Structure. *The International Journal of Life Cycle Assessment*(26), s. 344-370.

Australian Goverment. (2016). *Mine Closure.*

Australian Goverment Department of Industry, Tourism and Resources. (2006). *Mine Closure and Completion.* Australian Goverment Department of Industry, Tourism and Resources.

Avrupa Parlamentosu. (2013). *Nuclear Decommissioning: Management of Cost and Risks.* Brüksel: Avrupa Parlamentosu.

Bainton, N., & Holcombe, S. (2018). A Critical Review of the Social Aspects of Mine Closure. *Resources Policy*(59), s. 468-478. doi:https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.08.020

Bayliss, C., & Langley, K. (2003). *Nuclear Decommissioning, Waste Management, and Environmental Site Remediation.* Elsevier Science&Technology.

BHP. (2020). Closure Management and Rehabilitation Plan: Olympic Dam.

Boelens, M., Koch, C., Pastoria, C., & Woodle, N. (2022). *Decommissioning Trends, Circular Economy Policy Incentives, and Secondary Markets for Solar Photovoltaics.* Michigan: University of Michigan. doi:https://dx.doi.org/10.7302/4305

Borrmann, F. (2017). Knowledge Management Toward, During, and After Decommissioning. M. Laraia içinde, *Advances and Innovations in Nuclear Decommissioning* (s. 73-90). Elsevier.

Brodie Consulting Ltd. (2017). *Reclaim 7.0 User Manual Mining Version.* Government of the Northwest Territories.

BVG Associates . (2012, Mayıs). Offshore Wind Cost Reduction Pathways: Technology Work Stream. BVG Associates .

Cacciuttolo, C., & Marinovic, A. (2023). Experiences of Underground Mine Backfilling Using Mine Tailings Developed in the Andean Region of Peru: A Green Mining Solution to

Reduce Socio-Environmental Impacts. *Sustainability, 15*(12912). doi:https://doi.org/10.3390/su151712912

Chen, G., Liu, X., Song, D., Wang, E., & Zhang, R. (2024). Rockburst Early Warning Based on Microseism and Critical Point Theory. *Measurement, 232*(114715). doi:https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.114715

Cheng, S., Yin, X., Gao, F., & Pan, Y. (2024). Microseismic Data-Driven Short-Term Rockburst Evaluation in Underground Engineering with Strategic Data Augmentation and Extremely Randomized Forest. *Mathematics, 12*(3502). doi:https://doi.org/10.3390/math12223502

Coaltech Research Association. (2023). *Agreed Relinquishment Criteria for Mine Closure in South Africa Guideline Document.*

Curtis, T. L., Smith, L. E., Buchanan, H., & Heath, G. (2021). *A Survey of Federal and State-Level Solar System Decommissioning Policies in the United States.* Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/79650.pdf adresinden alındı

DEMIRS. (2025). *Guideline for Preparing Mine Closure Plans.* Western Australia: Department of Energy, Mines, Industry Regulation and Safety.

Deon, M. G., Zhang, Q., Li, M., Huang, P., Wu, Z., & Francisco, C. S. (2024). Analysis of Solid Backfilling Effects on Strata and Ground Subsidence in a Longwall Coal Mine Beneath a City. *Applied Sciences, 14*(6924). doi:https://doi.org/10.3390/app14166924

Department for Business, Energy and Industrial Strategy. (2018). *Guidance Notes Decommissioning of Offshore Oil and Gas Installations and Pipelines.* Department for Business, Energy and Industrial Strategy.

Department for Business, Energy and Industrial Strategy. (2019). *Decommissioning of Offshore Renewable Energy Installations Under The Energy Act 2004.* Department for Business, Energy and Industrial Startegy.

Department of Mines and Petroleum. (2015). *Guidelines for Preparing Mine Closure Plans.* 02 02, 2026 tarihinde https://www.epa.wa.gov.au/sites/default/files/Policies_and_Guidance/DMP-EPA-Guidelines-Mine-Closure-Plans-080515.pdf adresinden alındı

Devgun, J. (2013). Basic Principles for Managing Nuclear Projects. J. Devgun içinde, *Managing Nuclear Projects* (s. 3-26). Woodhead.

Dong, L., Zhu, H., Yan, F., & Bi, S. (2023). Risk Field of Rock Instability using Microseismic Monitoringdata in Deep Mining. *Sensors, 23*(1300). doi:https://doi.org/10.3390/s23031300

Drucker, P. F. (1994). Theory of The Business. *Harvard Business Revies, 72*(5), s. 95-106.

Du, Z., & Zhu, H. (2022). Decommissioning of Subsea Facilities. W. Cui, S. Fu, & Z. Hu içinde, *Encyclopedia of Ocean Engineering* (s. 287-291). Springer Nature.

Dumlao, S. M., & Ishihara, K. N. (2021). Weather-Driven Scenario Analysis for Decommissioning Coal Power Plants in High PV Penetration Grids. *Energies, 14*(2389). doi:10.3390/en14092389

Ekergil, V., & Uzan, G. (2025). Sürdürülebilirlik İçin İşletmeden Çıkarma Fonu ve Yönetimi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14*(5), s. 2271-2295. doi:https://doi.org/10.15869/itobiad.1735194

Glencore Plc. (2024). 2024-2026 Climate Action Transition Plan .

Glencore Plc. (2026). 2025 Annual Report.

Greenberg, M. R. (2013). *Nuclear Waste Management, Nuclear Power, and Energy Choices.* Londra: Springer-Verlag.

Grenovillet, J.-J. (2013). Managing Nuclear Decontamination and Decommissioning Projects. J. Devgun içinde, *Managing Nuclear Projects* (s. 196-213). Woodhead.

Haggerty, J. H., Haggerty, M. N., Roemer, K., & Rose, J. (2018). Planning for the Local Impacts of Coal Facility Closure: Emerging Strategies in the U.S. West. *Resources Policy*(57), s. 69-80. doi:https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.01.010

Hongtao, L. (2022). Decommissioning of Floating Platforms. W. Cui, S. Fu, & Z. Hu içinde, *Encyclopedia of Ocean Engineering* (s. 272-287). Springer Nature.

Hu, Z., Wang, P., & Li, J. (2012). Ecological Restoration of Abandoned Mine Land in China. *Journal of Resources and Ecology, 3*(4), s. 289-296.

IAEA. (1975). *Decommissioning of Nuclear Facilities.* Viyana: IAEA.

IAEA. (1979). *Decommissioning of nuclear facilities. In: Proceedings of an International Symposium Jointly Organized by the IAEA and the OECD NEA and Held in Vienna.* Viyana: IAEA.

IAEA. (2009). *Integrated Approach to Planning the Remediation of Sites Undergoing Decommissioning.* Viyana: IAEA.

IBRAM. (2014). *Guide for Mine Closure Planning.*

ICMM. (2025). *Integrated Mine Closure Good Practice Guide, 3rd Edition.*

IFC. (2007). *Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining.* World Bank Group.

IFRS Sustainability. (2023). *Coal Operations Sustainability Accounting Standard.* IFRS Foundation.

IGF. (2021). *Current Status of Mine Closure Readiness: Are Governments Prepared?* International Institute for Sustainable Development. https://www.iisd.org/publications/status-mine-closure-readiness?gad_source=1&gad_campaignid=22208053183&gbraid=0AAAADQ3eTAmUJCUiQZSKs26qKytusOrf&gclid=CjwKCAjwspPOBhB9EiwATFbi5FSz3xi0jGqDZRLcSsvv7stSnXHSjIYiwWPLdp1L10Nmd3j9s98ACRoCBlkQAvD_BwE adresinden alındı

Integrated Reporting. (2021). *Uluslararası ER Çerçevesi.* International Integrated Reporting Council.

Integrated Reporting. (2024). *Transition to Integrated Reporting: A Guide to Getting Started.* IFRS Foundation.

International Finance Corporation. (2007). *Environmental, Health and Safety Guidelines for Mining.* World Bank.

Invernizzi, D. C., Locatelli, G., Velenturf, A., Love, P. E., Purnell, P., & Brookes, N. J. (2020). Developing Policies for the End-of-Life of Energy Infrastructure: Coming to Terms with the Challenges of Decommissioning. *Energy Policy, 144*.

Jiao, W., Zhang, X., Li, C., & Guo, J. (2021). Sustainable Transition of Mining Cities in China: Literature Review and Policy Analysis. *Resources Policy, 74*(101867). doi:https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101867

Kaiser, M. J., & Snyder, B. (2010). Offshore Wind Energy Installation and Decommissioning Cost Estimation in the US Outer Continental Shelf. *(TA&R Study 648)*. Virjinya: US Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement.

Kaulard, J. (2017). Safety and Radiation Protection. M. Laraia içinde, *Advances and Innovations in Nuclear Decommissioning* (s. 25-52). Elsevier.

Khazaei, S., & Pourrahimian, Y. (2021). Mathematical Programming Application in Sublevel Caving Production Scheduling. *Mining*(1), s. 180-191. doi:https://doi.org/10.3390/

KGK, (2024). Eğitim Materyali: TSRS 1 Hükümlerini Yerine Getirmek İçin SASB Standartları'nın Kullanılması. KGK. https://www.kgk.gov.tr/Portalv2Uploads/files/Sustainability/educationcenter/TSRS1HukumleriniYerineGetirmekIcinSASBStandartlarininKullanilmasi.pdf adresinden alındı

Laguardia, T. S. (2017). The Real Costs of Decommissioning. M. Laraia, & M. LARAIA (Dü.) içinde, *Advances and Innovations in Nuclear Decommissioning* (s. 91-129). Elsevier.

Laraia, M. (2017). Decommissioning in a Multifacility Site. M. Laraia içinde, *Advances and Innovations in Nuclear Decommissioning* (s. 345-370). Elsevier.

Laraia, M. (2017). Introduction. M. Laraia içinde, *Advances and Innavations in Nuclear Decommissioning* (s. 1-22). Elsevier.

Laraia, M. (2017). New and Unexpected Stakeholders in Decommissioning Projects. M. Laraia içinde, *Advances and Innovations in Nuclear Decommissioning* (s. 131-151). Elsevier.

Laraia, M. (2017). The Cultural Aspects of Decommissioning. M. Laraia içinde, *Advances and Innovations in Nuclear Decommissioning* (s. 54-72). Elsevier.

Laraia, M. (2018). Nuclear Decommissioning. *Lecture Notes in Energy 66.* içinde Switzerland: Springer International Publishing. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-75916-6

Laurence, D. (2006). Optimisation of the Mine Closure Process. *Journal of Cleaner Production*(14), s. 285-289. doi:10.1016/j.jclepro.2004.04.011

Lauridsen, K. (2017). Recent Experience in Decommissioning Research Reactors. M. Laraia içinde, *Advances and Innovations in Nuclear Decommissioning* (s. 315-343). Elsevier.

Leeuwen, J. W. (2022, 11 22). *https://www.stormsmith.nl.* https://www.stormsmith.nl: https://www.stormsmith.nl/Resources/m04decom%2Bdism20190724F.pdf adresinden alındı

Leite, L., & Turner, R. (2017). *NI 43-101 Tecnical Report on the Mantos Blancos Mine.* Golder Associates.

Li, M. (2006). Ecological Restoration of Mineland with Particular Reference to the Metalliferous Mine Wasteland in China: A Review of Research and Practice. *Science of the Total Environment, 357*, s. 38-53. doi:doi:10.1016/j.scitotenv.2005.05.003

Liu, G., Guo, W., Chai, S., & Li, J. (2023). Research on Production Capacity Planning Method of Open-pit Coal Mine. *Scientific Reports, 13*(8676). doi:https://doi.org/10.1038/s41598-023-35967-y

Liu, G., Guo, W., Fu, E., Yang, C., & Li, J. (2023). Dynamic Optimization of Open-pit Coal Mine Production Scheduling Based on ARIMA and Fuzzy Structured Element. *Earth Science*. doi:10.3389/feart.2022.1040464

Liu, S., Li, M., Linlin, X., Huang, P., Guo, Q., & Zhangjie, Y. (2025). Study on the Alleviation of Mining-Induced Surface Deformation via Goaf Solid Waste Backfill Mining in a Deep Coal Mine. *Applied Sciences, 15*(8823). doi:https://doi.org/10.3390/app15168823

Maden Yönetmeliği. (2022, Aralık 11). Resmi Gazete (Sayı: 32040). Erişim Adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/12/20221211-1.htm.

Madencilik Faaliyetleri Uygulama Yönetmeliği. (2010, Kasım 06). Resmi Gazete (Sayı: 27751). Erişim Adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/11/20101106-6.htm.

Maleki, M., Jélvez, E., Emery, X., & Morales, N. (2020). Stochastic Open-Pit Mine Production Scheduling: A Case Study of an Iron Deposit. *Minerals, 10*(585). doi:doi:10.3390/min10070585

McWhirter, A. (2017). Lessons Learned from Decommissioning: What Went Wrong? M. Laraia içinde, *Advances and Innovations in Nuclear Decommissioning* (s. 155-199). Elsevier.

Merriam-Webster. (2023, 03 08). *Decommission*. Merriam-Webster.com dictionary: https://www.merriam-webster.com/dictionary/decommissioning#word-history adresinden alındı

National Archives and Records Administration. (2023). 30 CFR Part 285. *Code of Federal Regulations*. https://www.ecfr.gov/current/title-30/part-285 adresinden alındı

NDA. (2015). *Nuclear Provision - explaining the cost of cleaning up Britain's nuclear legacy.* UK: Nuclear Decommissioning Authority. 12 28, 2022 tarihinde http://qna.files.parliament.uk/qna-attachments/389203/original/nuclear-provision-explaining-the-cost-of-Britains-nuclear-clean-up-2015.pdf adresinden alındı

Nehring, M., & Cheng, X. (2016). An Investigation into the Impact of Mine Closure and Its Associated Cost on Life of Mine Planning and Resource Recovery. *Journal of Cleaner Production*(127), s. 228-239.

News, W. N. (2023, 01 31). *World Nuclear News*. World Nuclear News: https://www.world-nuclear-news.org/NN-Core-catcher-for-Akkuyu-3009201401.html adresinden alındı

Nilsson, D. (1996). Chapter 23.2-Surface vs. Underground Methods. H. L. ed. Hartman içinde, *SME Mining Engineering Handbook 2nd Edition Volume 2.* Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc.

NRC. (2001). *Standart Format and Content of Decommissioning Cost Estimates for Nuclear Power Reactor.* Washington, D.C.: US NRC.

NRC. (2004). *Standard Review Plan for Decommissioning Cost Estimates for Nuclear Power Reactor.* Washington, D.C.: US NRC.

Nükleer Tesislerde Serbestleştirme ve Sahanın Düzenleyici Kontrolden Çıkarılmasına İlişkin Yönetmelik. (2013, Mart 9). Resmi Gazete (Sayı: 28582). Erişim Adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03/20130309-5.htm.

NYSERDA. (2023). *New York Solar Guidebook for Local Governments.* New York: NYSERDA. https://www.nyserda.ny.gov/All-Programs/NY-Sun/Communities-and-Local-Governments/Solar-Guidebook-for-Local-Governments adresinden alındı

OECD NEA. (2012). *Cost Control Guide for Decommissioning of Nuclear Installations.* Paris: OECD.

OECD NEA. (2015). *The Practice of Cost Estimation for Decommissioning of Nuclear Facilities.* Paris: OECD.

OECD NEA. (2016a). *Costs of Decommissioning Nuclear Power Plants.* Paris: OECD.

OECD NEA. (2016b). *Financing the Decommissioning of Nuclear Facilities.* Paris: OECD.

OECD NEA, IAEA, EC. (2012). *International Structure for Decommissioning Costing (ISDC) of Nuclear Installations.* Paris: OECD.

Offshore Petroleum Regulator for Environmental&Decommissioning. (2018). *Standard Decommissioning Programmes Template.* Aberdeen, İngiltere: Offshore Petroleum Regulator for Environmental&Decommissioning.

Osanloo, M., Gholamnejad, J., & Karimi, B. (2008). Long-term Open Pit Mine Production Planning: A Review of Models and Algorithms. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 22*(1), s. 3-35. doi:10.1080/17480930601118947

Ove Arup & Partners Ltd . (2018). *Review of Approaches and Costs of Decommissioning Offshore Wind Installations* . Edinburgh: Ove Arup & Partners Ltd .

Radyoaktif Atık Yönetimi Özel Hesabı ve İşletmeden Çıkarma Özel Hesabı ile Hesaplar Yönetim Kuruluna İlişkin Yönetmelik. (2023, Şubat 14). Resmi Gazete (Sayı: 32104). Erişim Adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/02/20230214-1.htm.

Raimi, D. (2017). *Decommissioning US Power Plants Decisions, Costs, and Key Issues.* Washington, D.C.: Resources for the Future.

Righetti, T., Stoellinger, T., & Godby, R. (2021). Adapting to Coal Plant Closures. *Environmental Law, 51*(4), s. 957-990.

Sanchez, L. E., Silva-Sanchez, S. S., & Neri, A. C. (2014). *Guide for Mine Closure Planning.* Birezilya: IBRAM.

Schneider, J., Gaul, A. J., Neumann, C., Hografer, J., Wellßow, W., Schwan, M., & Schnettler, A. (2006). Asset Management Techniques. *Electrical Power and Energy Systems*(28), 643-654.

Shan, P., Yan, Z., Xingping, L., Xu, H., Hu, Q., & Guo, Z. (2024). An Analytical Methodology of Rock Burst With Fully Mechanized Top-coal Caving Mining in Steeply Inclined Thick Coal Seam. *Scientific Reports, 14*(651). doi:https://doi.org/10.1038/s41598-024-51207-3

Shimada, T. (2015). Chapter 3 Decommissioning of Nuclear Facilities. S. Nagasaki, & S. Nakayama içinde, *Radioactive Waste Engineering and Management, An Advanced Course in Nuclear Engineering* (s. 47-77). Springer. doi:DOI 10.1007/978-4-431-55417-2

Smyth, K., Christie, N., Burdon, D., Atkins, J. P., Barnes, R., & Elliott, M. (2015). Renewables-to-Reefs?–Decommissioning Options for the Offshore Wind Power Industry. *Marine Pollution Bulletin*(90), s. 247-258.

Song, M., Hu, C., Yuan, J., Zhang, A., & Liu, X. (2023). Toward an Ecological Civilization: Exploring Changes in China's Land Use Policy Over the Past 35 Years Using Text Mining. *Journal of Cleaner Production, 427*(139265). doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139265

Srikanth, R., & Nathan, H. S. (2018). Towards Sustainable Development: Planning Surface Coal Mine Closures in India. *Contemporary Social Science, 13*(1), s. 30-43. doi:10.1080/21582041.2017.1394484

Stacey, J., Naude, A., Hermanus, M., & Frankel, P. (2010). The Socio-economic Aspects of Mine Closure and Sustainable Development—Guideline for the Socio-economic Aspects of Closure: Report 2. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 110*(7), s. 395-413. https://www.scielo.org.za/pdf/jsaimm/v110n7/09.pdf adresinden alındı

Taherkhani, H., & Doostmohammadi, R. (2016). Investigation of Geotechnical Parameters Effect on Open Pit Mining Operation Cost (Case Study: Angouran Mine). *Archives of Mining Sciences, 61*(1), s. 169-182. doi:10.1515/amsc-2016-0013

TKİ. (2008-2024). *Yıllık Faaliyet Raporları.*

Value Reporting Foundation. (2022). *Transition to Integrated Thinking: A Guide to Getting Started.*

World Bank Group. (2018). *Managing Coal Mine Closure Achieving a Just Transition for All.*

World Bank Group. (2021). *Mine Closure: A Toolbox for Goverments.* 02 05, 2026 tarihinde https://documents1.worldbank.org/curated/en/278831617774355047/pdf/Mine-Closure-A-Toolbox-for-Governments.pdf adresinden alındı

Wu, Y., Zhu, Z., Chen, K., & Lv, F. (2025). Early-warning Method for Rock Bursts Based on the Fractal Characteristics of Microseismic Source. *Scientific Reports, 15*(38871). doi:https://doi.org/10.1038/s41598-025-22737-1

Xiao, R., Hao, H., Zhang, H., Liu, Y., & Liu, M. (2023). The Development of Ecological Civilization in China Based on the Economic–Social–Natural Complex System. *Ambio, 52*, s. 1910-1927. doi:https://doi.org/10.1007/s13280-023-01937-x

Xu, H., Xu, F., Lin, T., Xu, Q., Yu, P., Wang, C., . . . Yuan, K. (2023). A Systematic Review and Comprehensive Analysis on Ecological Restoration of Mining Areas in the Arid Region of China: Challenge, Capability and Reconsideration. *Ecological Indicators, 154*(110630). doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110630

Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (9. b.). Ankara: Seçkin.

Zhang, W. (2024). Research On the Application of Intelligent Technology in Mining Safety Monitoring. *Highlights in Science, Engineering and Technology, 106*, s. 565-569. doi:https://doi.org/10.54097/ct50qe50

Zhu, X., Zha, F., Guo, G., Qingliang, C., Liu, H., & Yang, X. (2024). Mechanical Prediction Method of Strata Movement and Surface Subsidence in Backfill-strip Mining. *Scientific Reports, 14*(31331). doi:https://doi.org/10.1038/s41598-024-82761-5

EKLER

EK 1 İşletmeden Çıkarmayı Etkileyebilecek Kanun ve Yönetmelikler

RG Tarih	RG Sayı	Yayınlayan Kurum ve Yönetmelik	Amaç	Kapsam
2023	32104	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Radyoaktif Atık Yönetimi Özel Hesabı ve İşletmeden Çıkarma Özel Hesabı ile Hesaplar Yönetim Kuruluna İlişkin Yönetmelik	Bu Yönetmeliğin amacı; özel hesap gelirlerinin elde edilmesi, takibi, tahsili, nemalandırılması, giderleştirilmesi, muhasebeleştirilmesi, denetimi, özel hesapların işleyişi, işletmeden çıkarmaya ilişkin maliyet planı, radyoaktif atık yönetimine ilişkin maliyet planının hazırlanması ve sunulmasına ilişkin hususlar ve Hesaplar Yönetim Kurulunun çalışma usul ve esaslarına ilişkin hususlar ile kamu temsilcileri dışındaki temsilcilerin seçilmelerine ilişkin usul ve esasları belirlemektir.	Bu Yönetmelik, Türkiye Cumhuriyeti egemenlik alanı içinde nükleer santral ve nükleer santral dışındaki tesisleri işletmek ile radyoaktif atık üretilen radyasyon uygulamalarını yürütmek üzere yetkilendirme için başvuru yapan ve yetkilendirilen kişileri kapsar.
2022	32040	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; Türkiye Cumhuriyeti Devletinin hüküm ve tasarrufu altında olan maden kaynaklarının, milli menfaatlere uygun olarak aranması, işletilmesi, geliştirilmesi ve üretilmesi amacıyla gerçek ve tüzel kişilere belli bir süreyle hak verilmesi için 4/6/1985 tarihli ve 3213 sayılı Maden Kanununun uygulanması ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.	(1) Yer kabuğunda ve su kaynaklarında tabii olarak bulunan, ekonomik ve ticarî değeri olan petrol, doğal gaz, jeotermal ve su kaynakları dışında kalan her türlü madde maden sayılır. (2) Bu Yönetmelik; a) Ruhsat verme, arama ve işletme dönemleri işlemlerine, ruhsat alanlarının değiştirilmesine, faaliyetlerin denetim ve kontrolüne, buluculuk hakkına, görünür rezerv geliştirme hakkına, terk, iptal, devir ve intikal işlerine, arama ile işletme ruhsatı aşamalarında Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğüne ibraz edilecek rapor, proje ve belgelere, ödenecek bedellere, faaliyette bulunmak için alınacak izinlere, maden siciline, kamu yararı ve kamulaştırma işlemlerine, b) Maden arama ve işletme faaliyeti ile kamu yararı niteliği taşıyan kamu veya gerçek/tüzel kişilere ait yatırımların birbirlerini engellemesi, kamu kurum ve kuruluşlarının uygulamalarından dolayı maden arama ve işletme faaliyetinin yapılamaz hale gelmesi, kamu veya gerçek/tüzel kişilere ait yatırım için başka alternatif alanların bulunamaması durumunda yapılacak işlemlere, c) Kamu kurum ve kuruluşlarınca veya yap-işlet-devret modeli ile yapılan kamu yatırımları için görevli şirketçe projelerde kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için izin verilmesine, ilişkin usul ve esasları kapsar.
2022	32030	Nükleer Düzenleme Kurumu Nükleer Tesislerde Organizasyon Yapısı ve Personel Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; nükleer tesislerde çalışan personelin yetkinliği, eğitimi ve yeterliği ile Kuruluşun organizasyon yapısına ilişkin gerekleri ve işletici personelin yetkilendirilmesine ilişkin usul ve esasları belirlemektir.	(1) Bu Yönetmelik, nükleer tesisleri kapsar. (2) Bulundurduğu nükleer maddenin güvenlik açısından önemli bir ekipman kullanılmasını gerektirmediği Kurum tarafından değerlendirilen üniversite veya araştırma merkezi laboratuvarları gibi yerler bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.
2022	31822	Nükleer Düzenleme Kurumu Nükleer Tesisler, Radyasyon Tesisleri ve Radyoaktif Atık Tesislerinde Yönetim Sistemi Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; bir tesis kuran, işleten, işletmeden çıkaran veya kapatan Kuruluşların kendi bünyesinde oluşturacağı, sürdüreceği ve sürekli iyileştireceği, güvenliğe öncelik veren ve güvenlik kültürünü destekleyen bir yönetim sistemine ilişkin hususları düzenlemektir.	Bu Yönetmelik; nükleer tesis, radyasyon tesisi veya radyoaktif atık tesislerine ilişkin faaliyetlerde bulunan veya bulunacak olan Kuruluşları ve bu Kuruluşların tesise ilişkin faaliyetlerini kapsar.

RG Tarih	RG Sayı	Yayınlayan Kurum ve Yönetmelik	Amaç	Kapsam
2022	32018	Nükleer Düzenleme Kurumu Nükleer Güvence Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; Türkiye Cumhuriyeti sınırları içinde barışçıl amaçlı kullanılan nükleer maddeler ile nükleer yakıt çevrimi için özel olarak tasarımlanmış veya hazırlanmış ekipman ve malzemelerin envanterinin bildirimine, tespitine ve takibine ilişkin hususları düzenlemek ve bu madde, ekipman ve malzemelerin yetkisiz olarak kullanılmasının, nükleer silah veya diğer nükleer patlayıcı aygıtlara dönüştürülmesinin önlenmesini ve bu yöndeki girişimlerin zamanında saptanmasını sağlamak üzere Kurum tarafından kurulan ulusal nükleer madde sayım ve kontrol sistemi çerçevesinde uyulacak usul ve esasları belirlemektir.	(1) Bu Yönetmelik, 20/8/1981 tarihli ve 8/3527 sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla onaylanan Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Arasında Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Andlaşmasına İlişkin Olarak Güvenlik Denetimi Uygulamasına Dair Anlaşma ve 7/6/2001 tarihli ve2001/2643 sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla onaylanan Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Andlaşmasına İlişkin Olarak Güvenlik Denetiminin Uygulanmasına Dair Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Arasındaki Anlaşmaya Ek Protokol çerçevesinde; tesisleri ve tesis dışı yerleri; nükleer maddeleri; nükleer yakıt çevrimi için özel olarak tasarımlanmış veya hazırlanmış ekipman ve malzemeleri; nükleer yakıt çevrimine yönelik planları ve araştırma geliştirme faaliyetlerini; kaynak madde çıkarma ve işleme faaliyetleri yapan, nükleer madde bulunduran, kullanan, depolayan, işleyen, üreten, devreden, ithal veya ihraç eden, nükleer yakıt çevrimi için özel olarak tasarımlanmış veya hazırlanmış ekipman ve malzemelerle ilgili faaliyet yürüten gerçek veya tüzelkişileri kapsar. (2) Türkiye Cumhuriyeti sınırlarından transit geçirilen; a) Nükleer maddeler, b) Nükleer yakıt çevrimi için özel olarak tasarımlanmış veya hazırlanmış ekipman ve malzemeler, bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.
2022	31772	Nükleer Düzenleme Kanunu	Bu Kanunun amacı, barışçıl kullanım ilkesi esas alınarak, nükleer enerji ve iyonlaştırıcı radyasyona ilişkin faaliyetlerin yürütülmesi sırasında çalışanların, halkın, çevrenin ve gelecek nesillerin iyonlaştırıcı radyasyonun olası zararlı etkilerinden korunmasına yönelik uygulanması gereken ilke ve esaslar ile tarafların sorumluluklarını, bu faaliyetler üzerinde düzenleyici kontrol yetkisini haiz Nükleer Düzenleme Kurumunun yetki ve sorumluluklarını ve nükleer hadiselerden kaynaklanan nükleer zararlar hakkındaki hukuki sorumluluğu belirlemektir.	Nükleer enerji ve iyonlaştırıcı radyasyona ilişkin faaliyetler ve bu faaliyetlerle ilgili kişi, tesis, cihaz ve maddeler bu Kanun kapsamındadır.
2020	31304	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Elektrik Piyasasında Yenilenebilir Enerji Kaynak Garanti Belgesi Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; elektrik üretimi ve tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ve çevrenin korunması amaçlarıyla tüketicilere tedarik edilen elektrik enerjisinin belirli bir miktarının veya oranının, lisans sahibi tüzel kişiler tarafından yenilenebilir enerji kaynaklarından üretildiğinin takip, ispat ve ifşa edilmesi ile tüketicilere yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin belgelendirilmek suretiyle tedarik edilmesine imkân sağlayan bir yenilenebilir enerji kaynak garanti sisteminin oluşturulması ve bu sistemin ayrım gözetmeyen, objektif, şeffaf bir şekilde işletilmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.	(1) Bu Yönetmelik; üretim ve tedarik lisansı sahibi tüzel kişilerin yenilenebilir enerji kaynak garanti sistemine katılımına ilişkin hükümleri, yenilenebilir enerji kaynak garanti sistemi ile organize yenilenebilir enerji kaynak garanti piyasasının oluşturulması ve işletilmesine ilişkin esasları, Piyasa İşletmecisinin görev ve yetkileri ile lisans sahibi tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerini kapsar. (2) Bu Yönetmelik, 12/5/2019 tarihli ve 30772 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği kapsamındaki üreticileri kapsamaz.

RG Tarih	RG Sayı	Yayınlayan Kurum ve Yönetmelik	Amaç	Kapsam
2020	31019	Nükleer Düzenleme Kurumu Nükleer Güvence Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, Türkiye Cumhuriyeti sınırları içinde barışçıl amaçlı kullanılan nükleer maddeler ile nükleer yakıt çevrimi için özel olarak tasarımlanmış veya hazırlanmış ekipman ve malzemelerin envanterinin bildirimi, tespiti ve takibi ile bu madde, ekipman ve malzemelerin yetkisiz olarak kullanılmasını, nükleer silah veya diğer nükleer patlayıcı aygıtlara dönüştürülmesini önlemek ve bu yöndeki girişimlerin zamanında saptanmasını sağlamak üzere Kurum tarafından kurulan ulusal nükleer madde sayım ve kontrol sistemi çerçevesinde uyulacak usul ve esasları düzenlemektir.	(1) Bu Yönetmelik, 20/8/1981 tarihli ve 8/3527 sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla onaylanan Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Arasında Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Andlaşmasına İlişkin Olarak Güvenlik Denetimi Uygulamasına Dair Anlaşma ve 7/6/2001 tarihli ve2001/2643 sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla onaylanan Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Andlaşmasına İlişkin Olarak Güvenlik Denetiminin Uygulanmasına Dair Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Arasındaki Anlaşmaya Ek Protokol çerçevesinde; tesisleri ve tesis dışı yerleri; nükleer maddeleri; nükleer yakıt çevrimi için özel olarak tasarımlanmış veya hazırlanmış ekipman ve malzemeleri; nükleer yakıt çevrimine yönelik planları ve araştırma geliştirme faaliyetlerini; kaynak madde çıkarma ve işleme faaliyetleri yapan, nükleer madde bulunduran, kullanan, depolayan, işleyen, üreten, devreden, ithal veya ihraç eden, nükleer yakıt çevrimi için özel olarak tasarımlanmış veya hazırlanmış ekipman ve malzemeler ile ilgili faaliyet yürüten gerçek veya tüzelkişileri kapsar. (2) Türkiye'den transit geçirilen ve yabancı ülkelere ait; nükleer maddeler ile nükleer yakıt çevrimi için özel olarak tasarımlanmış veya hazırlanmış ekipman ve malzemeler bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.
2019	30659	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Nükleer Güç Santrallerinin Proje ve Kabul Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; nükleer güç santrallerinin modern teknolojiye uygun tesis edilebilmesi için proje onay ve tesis kabul işlemlerinin, ilgili mevzuat, standart ve şartnamelere uygun olarak yapılması veya yaptırılması, söz konusu tesislerin iletim veya dağıtım şebekelerine uyumlu olarak bağlanması, can, mal ve çevre emniyetinin sağlanması ile proje onaylarını, projelerine göre yapılan tesislerin test, kontrol ve kabul işlemlerini yürütecek kurum/kuruluşların yetkilendirilmesine ilişkin usul ve esasların belirlenmesidir.	(1) Bu Yönetmelik, nükleer güç santrallerine ilişkin test, kontrol, kabul süreçleri ve işletme döneminde uyulması gereken hususlar ve bu faaliyetleri yapacak kurum/kuruluşların yetkilendirilmesine ilişkin esasları kapsar. (2) Kamu kurum ve kuruluşlarınca yatırım programına alınarak yapılan ya da yaptırılan nükleer güç santrallerinin kabul işlemleri yürütülürken kamu kurum ve kuruluşları tarafından düzenlenen sözleşmeler, şartnameler, usul ve esaslar ile kamu ihale mevzuatı hükümleri bu Yönetmelik hükümleriyle birlikte uygulanır.
2018	300435	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Tesislerde Radyasyondan Korunma Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, nükleer tesislerde iyonlaştırıcı radyasyondan korunmaya ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.	(1) Bu Yönetmelik; nükleer tesislerin yer değerlendirme, tasarım, inşaat, işletmeye alma, işletme, işletmeden çıkarma ve sahanın düzenleyici kontrolden çıkarılması aşamalarında ve acil durumlarda çalışanların, halkın ve çevrenin iyonlaştırıcı radyasyonun zararlı etkilerinden korunmasına ilişkin uyulması gereken hususları kapsar. (2) İyonlaştırıcı olmayan radyasyon ve doğal radyasyon bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.
2017	30029	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Santrallerde İşletme Organizasyonu, İşletme Personeli Nitelikleri ve Eğitimi ile İşletici Personel Lisanslarına İlişkin Yönetmelik	Bu Yönetmeliğin amacı, nükleer santrallerde işletme organizasyonu, işletme personeli nitelikleri ve eğitimi ile işletici personel lisanslarına ilişkin usul ve esasları belirlemektir.	Bu Yönetmelikle belirlenen usul ve esaslar nükleer santrallerde uygulanır.

RG Tarih	RG Sayı	Yayınlayan Kurum ve Yönetmelik	Amaç	Kapsam
2017	30187	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, Türkiye Cumhuriyeti Devletinin hüküm ve tasarrufu altında olan ve içerisinde bulundukları arzın mülkiyetine tabi olmayıp Devletin mülkiyetinde olan maden kaynaklarının, milli menfaatlere uygun olarak aranması, işletilmesi, geliştirilmesi ve üretilmesi amacıyla gerçek ve tüzel kişilere Bakanlık tarafından belli bir süreyle hak verilmesi için 4/6/1985 tarihli ve 3213 sayılı Maden Kanunun uygulanması ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.	(1) Yer kabuğunda ve su kaynaklarında tabii olarak bulunan, ekonomik ve ticarî değeri olan petrol, doğal gaz, jeotermal ve su kaynakları dışında kalan her türlü madde maden sayılır. (2) Bu Yönetmelik; a) Ruhsat ve sertifika verme, maden arama, işletme dönemleri işlemlerine, ruhsat alanlarının değiştirilmesine, faaliyetlerin denetim ve kontrolüne, buluculuk hakkına, terk, iptal, devir ve intikal işlerine, arama ile işletme ruhsatı aşamalarında maden arama ve üretim esaslarına, Genel Müdürlüğe ibraz edilecek rapor, proje ve belgelere, ödenecek bedellere, faaliyette bulunmak için alınacak izinlere, maden siciline, kamu yararı ve kamulaştırma işlemlerine, b) Maden arama ve işletme faaliyeti ile kamu yararı niteliği taşıyan kamu veya gerçek/tüzel kişilere ait yatırımların birbirlerini engellemesi, kamu kurum ve kuruluşlarının uygulamalarından dolayı maden arama ve işletme faaliyetinin yapılamaz hale gelmesi, kamu veya gerçek/tüzel kişilere ait yatırım için başka alternatif alanların bulunamaması durumunda yapılacak işlemlere, c) Kamu kurum ve kuruluşlarınca veya yap-işlet-devret modeli ile yapılan kamu yatırımları için görevli şirketçe projelerde kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için izin verilmesine, ilişkin usul ve esasları kapsar.
2017	30024	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Santrallerin Yapı Denetimi Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; nükleer santrallerin nükleer güvenlik ilkeleriyle uyumlu ve ilgili mevzuat ve standartlara uygun olarak kurulması amacıyla Kurucu tarafından yaptırılacak denetimler ve bu denetimleri yürütecek nükleer yapı denetimi kuruluşlarının yetkilendirilmesine ilişkin usul ve esaslar ile tarafların görev ve sorumluluklarını ve nükleer yapı denetimi kuruluşu ile Kurucu arasında akdedilecek hizmet sözleşmesinin kapsamını belirlemektir.	(1) Bu Yönetmelik; kurulacak veya tadil edilecek nükleer santrallerin sahalarında bulunan tüm yapı, sistem ve bileşenlerin saha içi ve dışındaki imalat, inşaat ve montaj faaliyetlerine uygulanır. (2) Bu Yönetmelik; nükleer santrallere yönelik olarak hazırlanmış olup diğer nükleer tesislere dereceli yaklaşım esas alınarak uygulanır.
2016	29852	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) oluşturularak yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, bu alanların yatırımcılara tahsisiyle yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretim tesislerinde kullanılan ileri teknoloji içeren aksamın yurt içinde üretilmesi ya da yurt içinden temin edilmesinin sağlanması, teknoloji transferinin teminine katkı sağlanmasıdır.	Bu Yönetmeliğin kapsamı; YEKA'ların belirlenmesi, bu alanlar için bağlantı görüşünün verilmesi ve kapasite tahsisinin yapılması, tahsis edilen bağlantı kapasitesinin yurt içinde üretim ve/veya yerli malı kullanım şartı ile kullandırılması ve bu amaçla yapılacak yarışmaya katılacak tüzel kişilerde aranacak koşulların belirlenmesi, yarışmanın yapılması, teminat alınması, yükümlülüklerin yerine getirilmemesi halinde teminatın irat kaydedilmesi, yarışmayı kazanan tüzel kişiler tarafından YEKA'da kurulacak elektrik enerjisi üretim tesislerinin lisans müracaatları ve elektrik enerjisi satışına ilişkin usul ve esaslardır.
2015	29417	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Maden Atıkları Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; madenlerin aranması, çıkarılması, hazırlanması/zenginleştirilmesi veya depolanması sonucunda ortaya çıkan atıkların üretiminden nihai bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde yönetilmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.	1) Bu Yönetmelik; madenlerin aranması, çıkarılması, hazırlanması/zenginleştirilmesi veya depolanması sonucunda ortaya çıkan atıkların yönetimi için gerekli olan işlemleri kapsar. (2) Bu Yönetmelik; a) Maden sahalarında doğrudan madencilik faaliyetlerinden kaynaklanmayan atıkları, b) Maden galerilerine ve sondaj çukurlarına su basılmasını veya yeraltı suyunun reenjeksiyonunu, kapsamaz.

RG Tarih	RG Sayı	Yayınlayan Kurum ve Yönetmelik	Amaç	Kapsam
2013	28834	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarının Belirlenmesi, Derecelendirmesi, Korunması ve Kullanılmasına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik	Bu Yönetmeliğin amacı; kamu ve hazine arazilerinde elektrik enerjisi üretimine uygun yenilenebilir enerji kaynak alanlarının belirlenmesi, derecelendirilmesi, korunması ve kullanılmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.	Bu Yönetmelik, kamu ve hazine arazilerinde elektrik enerjisi üretimine uygun yenilenebilir enerji kaynak alanlarının belirlenmesi, derecelendirilmesi, korunması ve kullanımını kapsar.
2013	28782	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik	Bu Yönetmelik, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretiminin teşvik edilmesi amacıyla; üretim lisansı sahibi tüzel kişilere yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesi ile 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında işletilecek YEK Destekleme Mekanizmasının kuruluşu ve işleyişini düzenlemek amacıyla kamu tüzel kişilerinin görev ve yetkileri ile ilgili gerçek ve tüzel kişilerin hak ve sorumluluklarına ilişkin usul ve esasları kapsar.	Bu Yönetmelik, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunun 5, 6, 6/A, 6/B ve 11 inci maddeleri ile 14/3/2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 14 üncü maddesi hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır.
2013	28770	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; sondajla maden çıkarılan işlerin yapıldığı işyerleri ile yeraltı ve yerüstü maden işlerinin yapıldığı işyerlerinde çalışanların sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gerekli asgari şartları belirlemektir.	Bu Yönetmelik; 20/6/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamına giren maden işyerlerini kapsar.
2013	28582	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Tesislerde Serbestleştirme ve Sahanın Düzenleyici Kontrolden Çıkarılmasına İlişkin Yönetmelik	Bu Yönetmeliğin amacı; nükleer tesislerin işletilmesi ve işletmeden çıkarılmasında açığa çıkan radyoaktif madde ve atıkların serbestleştirilmesi ve sahanın düzenleyici kontrolden çıkarılmasına dair usul ve esasların belirlenmesidir.	Bu Yönetmelik, nükleer tesislerin işletilmesi ve işletmeden çıkarılması nedeniyle açığa çıkan katı radyoaktif atık ve radyoaktif maddeler ile nükleer tesis sahalarını kapsar.
2011	28001	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik	Bu Yönetmelik; üretim lisansı sahibi tüzel kişilere yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri için Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi verilmesi ile 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında işletilecek YEK Destekleme Mekanizmasının kuruluşu ve işleyişini düzenlemek amacıyla kamu tüzel kişilerinin görev ve yetkileri ile ilgili gerçek ve tüzel kişilerin hak ve sorumluluklarına ilişkin usul ve esasları kapsar.	Bu Yönetmelik, 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunun 5, 6,6/A, 6/B ve 11 inci maddeleri ile 20/2/2001 tarihli ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 5 inci maddesi hükümlerine dayanılarak hazırlanmıştır.

RG Tarih	RG Sayı	Yayınlayan Kurum ve Yönetmelik	Amaç	Kapsam
2010	27751	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Madencilik Faaliyetleri Uygulama Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, 4/6/1985 tarihli ve 3213 sayılı Maden Kanununun uygulanması ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.	(1) Bu Yönetmelik; a) Ruhsat ve sertifika verme, maden arama, işletme dönemleri işlemlerine, ruhsat alanlarının değiştirilmesine, faaliyetlerin denetim ve kontrolüne, buluculuk hakkına, terk, devir ve intikal işlerine, arama ve işletmede maden üretim esaslarına, ruhsat sahipleri tarafından düzenlenecek belgelere, ödenecek bedellere, faaliyette bulunmak için alınacak izinlere, maden siciline ve kamulaştırma işlemlerine, b) Maden arama ve işletme faaliyeti ile Devlet ve il yolları, otoyollar, demiryolları, hava limanı, liman, baraj, enerji tesisleri, petrol ve doğal gaz, jeotermal boru hatları ve tesisleri, su isale hatları gibi benzeri kamu yatırımlarının birbirlerini engellemesi, kamu kurum ve kuruluşlarının uygulamalarından dolayı maden arama ve işletme faaliyetinin yapılamaz hale gelmesi, kamu ve özel yatırım için başka alternatif alanların bulunamaması durumunda yapılacak işlemlere, c) Kamu kurum ve kuruluşlarınca yol, köprü, baraj, gölet, liman gibi projelerde kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için izin verilmesine, ç) Kanun hükümlerine göre herhangi bir sebeple hükümden düşmüş, terk edilmiş ruhsatlı sahalar ile bu sahalardan taksir edilmiş alanların, Kanunun ilgili maddeleri gereğince ihale edilmesine, ilişkin usul ve esasları kapsar.
2010	27471	Çevre ve Orman Bakanlığı Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı; madencilik faaliyetleri, malzeme ve toprak temini için arazide yapılan kazılar, dökümler ve doğaya bırakılan atıklarla bozulan doğal yapının yeniden kazanılmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir.	Bu Yönetmelik, orman sayılan alanlar, tarım veya mera alanları, 17/7/2008 tarihli ve 26939 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği kapsamı dışında olan madencilik faaliyetleri, su kaynaklarının korunması ile ilgili mevzuata uyulması şartı ile baraj ve gölet projelerinde rezervuar altında kalacak alanlar dışındaki madencilik faaliyetleri, malzeme ve toprak temini için arazide yapılan kazılar, dökümler ve doğaya bırakılan atıklarla bozulan doğal yapının yeniden kazanılmasına ilişkin usul ve esasları kapsar.
2008	27049	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Rüzgâr Enerjisine Dayalı Lisans Başvurularının Teknik Değerlendirilmesi Hakkında Yönetmelik	Bu Yönetmeliğin amacı; elektrik enerjisi üretiminde rüzgâr enerjisinin etkin ve verimli kullanımını sağlamak amacıyla kaynak alanlarının belirlenmesi ve kullanımı ile, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından lisans başvuruları hakkında verilecek teknik görüşün oluşturulmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir.	Bu Yönetmelik; rüzgâr enerjisi kaynak alanlarının belirlenmesini ve bu alanlara yapılacak başvuruları, lisans başvurularının teknik değerlendirmesini, proje kontrolünü, inşaat dönemi denetimini ve destek hizmetlerini kapsar.
2007	26730	Çevre ve Orman Bakanlığı Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, orman sayılan alanlar dışındaki madencilik faaliyetleri, malzeme ve toprak temini için arazide yapılan kazılar, dökümler ve doğaya bırakılan atıklarla bozulan doğal yapının, doğaya yeniden kazandırılmasına ilişkin usul ve esasları belirlemektir.	Bu Yönetmelik, orman sayılan alanlar dışındaki maden işletmeleri kazı faaliyetleri ile bozulan alanlar, araziye bırakılmış olan dekapaj atık ve artıklarının çevreye olabilecek olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi ve bozulan arazinin doğaya yeniden kazandırılması çalışmaları ile ilgili idari, hukuki ve teknik esasları kapsar.
2009	27176	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik	Bu Yönetmeliğin amacı, bir sahada nükleer güç santrali kurulabilmesi için nükleer güvenliğe ilişkin olarak uyulması gereken esasların belirlenmesidir.	Bu Yönetmelik hükümleri nükleer güç santrali kurulması öngörülen sahalara ve bu sahalardaki ayrıntılı yer etütlerine uygulanır.

RG Tarih	RG Sayı	Yayınlayan Kurum ve Yönetmelik	Amaç	Kapsam
2005	25716	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, 4/6/1985 tarihli ve 3213 sayılı Maden Kanununun uygulanması ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.	Bu Yönetmelik; Ruhsat ve sertifika verme, maden arama, işletme dönemleri işlemlerine, ruhsat alanlarının değiştirilmesine, faaliyetlerin denetim ve kontrolüne, buluculuk hakkına, terk, devir ve intikal işlerine, arama ve işletmede cevher üretim esaslarına, ruhsat sahipleri tarafından düzenlenecek belgelere, ödenecek bedellere, faaliyette bulunmak için alınacak izinlere, maden sicili, kamulaştırma işlemlerine, Maden işletme faaliyeti ile Devlet ve il yolları, havaalanı, liman, baraj, petrol ve doğal gaz boru hattı gibi benzeri kamu yatırımlarının birbirlerini engellemesi, kamu kurum ve kuruluşlarının uygulamalarından dolayı maden işletme faaliyetinin yapılamaz hale gelmesi, kamu ve özel yatırım için başka alternatif alanların bulunamaması durumunda yapılacak işlemlere, Kamu kurum ve kuruluşlarınca yol, köprü, baraj, gölet, liman gibi projelerde kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için izin verilmesine, Kanun hükümlerine göre herhangi bir sebeple hükümden düşmüş, terk edilmiş ruhsatlı sahalar ile bu sahalardan taksir edilmiş alanların, Kanunun ilgili maddeleri gereğince ihale edilmesine, ilişkin usul ve esasları kapsar.
2005	25716	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Maden Kanunun I (A) Grubu Madenleri ile İlgili Uygulama Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, 3213 sayılı Maden Kanununun I (a) Grubu madenleri ile ilgili yapılacak işlemlere ait usul ve esasları düzenlemektir.	Bu Yönetmelik; 4/6/1985 tarihli ve 3213 sayılı Maden Kanunu hükümlerine göre I (a) Grubu kapsamındaki inşaat ile yol yapımında kullanılan ve tabiatta doğal olarak bulunan kum ve çakıl, %80'nin altında SiO2içeren kum, SiO2 oranına bakılmaksızın denizlerdeki kum, çakıl ve ariyet malzemesi alanlarının ihale edilmesini, faaliyete başlamak için alınacak izinleri, bu madenlerin işletilmesini, üretim esaslarını, işletme dönemleri işlemlerini, faaliyetlerin denetim ve kontrolünü, terk, devir ve intikal işlerini, ruhsat sahipleri tarafından düzenlenecek belgeleri, ödenecek bedelleri, maden sicili ile ilgili yapılacak usul ve esasları kapsar.
2004	25381	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Sondajla Maden Çıkarılan İşletmelerde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, sondajla maden çıkarılan işyerlerinde çalışan işçilerin sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gerekli asgari şartları belirlemektir.	Bu Yönetmelik, 22/5/2003 tarihli ve 4857 sayılı İş Kanunu kapsamına giren sondajla maden çıkarılan tüm iş yerlerini kapsar.
2004	25380	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği	Bu Yönetmeliğin amacı, yeraltı ve yerüstü maden işyerlerinde çalışan işçilerin sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gerekli asgari şartları belirlemektir.	Bu Yönetmelik, 22/5/2003 tarihli ve 4857 sayılı İş Kanunu kapsamına giren tüm yeraltı ve yerüstü maden işyerlerini kapsar.
1985	18758	Maden Kanunu	Bu Kanun madenlerin aranması, işletilmesi, üzerinde hak sahibi olunması ve terk edilmesi ile ilgili esas ve usulleri düzenler.	
1954	8655	Maden Kanunu		

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Gülbahar UZAN

Yabancı Dil: İngilizce

Doğum Yeri ve Yılı: Bursa / 1986

E-Posta: gulbaharuzan@anadolu.edu.tr / gulbaharuzan@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

 2004-2008, Gazi Üniversitesi, Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi, Muhasebe ve Finansman Öğretmenliği

 2008-2011, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Muhasebe ve Finansman, Tezli Yüksek Lisans Programı

 2020-2026, Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Muhasebe, Doktora Programı

 2009-2016, Muhasebe Sorumlusu, Çeşitli Özel Sektör İşletmeleri

 2016- , Öğretmen, Millî Eğitim Bakanlığı

Yayınları ve/veya Bilimsel Faaliyetleri:

 Elmacı, O., Sevim, Ş. ve Keklik, G. (2013). Bankaların Sürdürülebilir Rekabet Gücünün Ölçümlenmesine Yönelik Ampirik Bir Çalışma (Kredi Riski Yönetimi Etkinlik Analizi). Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Özel sayı, 555-575. https://izlik.org/JA94EM85MJ

 Ekergil, V., Uzan, G. (2025). Sürdürülebilirlik İçin İşletmeden Çıkarma Fonu ve Yönetimi. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14(5), 2271-2295. https://doi.org/10.15869/itobiad.1735194