



**ELEKTRİKLİ OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ISO VE
WCM ÇEVRE & ENERJİ YÖNETİM SİSTEMLERİ İLE
ENTEĞRE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YÖNETİM
SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI: BuS YÖNETİM
SİSTEMİ**

Özcan YAVAŞ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİKLİ OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ISO ve WCM ÇEVRE & ENERJİ
YÖNETİM SİSTEMLERİ ile ENTEGRE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YÖNETİM
SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI: BuS YÖNETİM SİSTEMİ**

Özcan YAVAŞ
0000-0001-8679-0485

Dr. Öğr. Üyesi Berrak EROL NALBUR
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2024
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

ELEKTRİKLİ OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE ISO ve WCM ÇEVRE&ENERJİ YÖNETİM SİSTEMLERİ ile ENTEGRE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YÖNETİM SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI: BuS YÖNETİM SİSTEMİ

Özcan YAVAŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Berrak EROL NALBUR

Sürdürülebilirlik faaliyetleri Avrupa Birliği (AB) Yeşil Mutabakat ve ülkemizin karbon nötr hedefleri doğrultusunda değerlendirildiğinde son yıllarda kurumlar tarafından hızlı bir şekilde benimsenmeye başlamıştır. Kurumlar sürdürülebilirlik faaliyetlerini hızlandırmaya yönelirken, sürdürülebilirlik yönetim modelleri konusunda ise uygulamada önemli bir boşluk bulunmaktadır. Özellikle çevre ve enerji yönetim sistemleri ile entegre sürdürülebilirlik yönetim modelleri hızlıca yaygınlaşmalı ve kurumlara yol göstermelidir.

Bu tez çalışması kapsamında ISO 14001&ISO 50001 ve Dünya Klasında Üretim (WCM) Yönetim sistemleri ile entegre yeni bir Sürdürülebilirlik Yönetim yaklaşımı oluşturulmuş ve üretim sistemleri ile Endüstri 4.0 ile ilişkisi tanımlanmıştır. Ayrıca oluşturulan yönetim sistemi elektrikli ve hidrojen yakıtlı araç üreten bir firmada uygulanmış ve şirketin sürdürülebilirlik stratejilerine etkisi incelenmiştir. Tez çalışmasının entegre edilmesi sürecinde Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al (PUKÖ) modeli ile çevresel, sosyal ve yönetim (ÇSG) faaliyetleri yaklaşımı ile sürdürülebilirlik yaklaşımına entegre edilmiştir. Daha sonra entegre edilen bu parametreler hammadde aşaması, üretim aşaması, ürün aşaması ve ömrünü tamamlamış ürün aşamasında uygulanmıştır. Çalışma sonunda ISO 50001 sertifikasyonu, WCM 3 puan, Sürdürülebilirlik raporunun yayınlanması, ISO 14064 sertifikasyonu, Karbon Saydamlık Beyanı (CDP) B- puanı ve Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik İndeksi (BIST) 62 puan alınarak önemli anahtar performans göstergelerine (KPI) ulaşılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında hammadde tedarik aşamasında oluşan emisyonların %22 oranında azaltılması sağlanmış, üretim ve satın alma aşamasında ise Kapsam 1 emisyonlarında %11, Kapsam 2 emisyonlarında ise %37 oranında bir azaltım çalışması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca AB Sınırda Karbon Denetleme Mekanizması (SKDM) ve 2024 yılında ülkemizde devreye alınması planlanan Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) kapsamında yıllık 212 k€ karbon vergisinden muafiyet sağlanabileceği öngörülmüştür. Çalışma sonucunda kurumun sürdürülebilirlik göstergelerine bakıldığında ise stratejik gösterelede %67 uyum elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Yönetim Modeli, Emisyon Ticaret Sistemi, Yeşil Tedarik, Elektrikli Araçlar, Ürün Bazlı Sürdürülebilirlik

2024, xiv + 133 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

CREATING A NEW SUSTAINABILITY MANAGEMENT SYSTEM INTEGRATED
WITH ISO and WCM ENVIRONMENT & ENERGY MANAGEMENT SYSTEM at
ELECTRICITY AUTOMOTIVE SECTOR: BuS MANAGEMENT SYSTEM

Özcan YAVAŞ

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Berrak EROL NALBUR

In recent years, institutions have begun rapidly adopting sustainability activities when assessed in line with the European Union's (EU) Green Partnership and our country's carbon-neutral targets. While institutions aim to accelerate sustainability activities, significant gaps exist in implementing sustainability management models. In particular, integrated with environmental and energy management systems, sustainability management models should rapidly spread and lead institutions.

As part of this study, a new sustainability management approach, integrated with ISO 14001 and ISO 50001 and world-class production management (WCM) systems, was developed, and the relationship between production systems and Industry 4.0 was defined. The management system has also been implemented in a company that produces electric and hydrogen-fueled vehicles, and the impact on the company's sustainability strategies has been studied. In the process of integrating the thesis, it has been incorporated into the Plan, Do, Check, and Act (PDCA) model and the sustainability approach to environmental, social, and governance (ESG) activities. These integrated parameters were then applied to the raw material, production, product, and end-of-life stages. Important key performance indicators (KPIs) achieved by obtaining ISO 50001 certification, WCM 3 points, the publication of the Sustainability Report, ISO 14064, the Carbon Dignity Declaration (CDP) B-point, and the Borsa Istanbul Sustainability Index (BIST) 62 points. In addition, the study achieved a reduction of 22% in emissions from the raw material supply phase, the production and procurement phase by 11%, and coverage 2 by 37%. It is also envisaged that an exemption from an annual carbon tax of €212k could be granted under the EU Border Carbon Control Mechanism (SKDM) and the Emissions Trading System (ETS), which is planned to be launched in our country in 2024. As a result of the study, when looking at the sustainability indicators of the institution, 67% compliance was achieved in strategic indicators.

Key words: Sustainability, Sustainable Management Model, Emission Trading System, Green Procurement, Electric Vehicles, Product Based Sustainability
2024, xiv + 133 pages.

TEŞEKKÜR

Akademik hayatımın bu en önemli virajını tamamlarken karşılaştığım engelleri aşmak için kendi bilgi ve tecrübelerini benden hiçbir şekilde esirgemeyen, ihtiyaç duyduğum bilgi ve öneriden daha fazlasını benimle paylaşan ve akademik hayata hazırlamak için yol gösteren ve hayatımın bundan sonraki döneminde de örnek alacağım danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Berrak Erol Nalbur'a sonsuz saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarında verileri paylaşıp birlikte beyin fırtınası yaparak çalışma gerçekleştirdiğimiz kurumun çevre&enerji faaliyetlerini başka bir boyuta taşımayı hedeflediğimiz BuS Management çalışmasını uygulayan/uygulatan ve önümüze çıkan engellerde bana teknik ve davranışsal anlamda yol gösteren kurumun WCM müdürü Sayın Samet Türker'e ve doğrudan organizasyonel olarak bağlı bulunduğum Endüstriyel Operasyonlar Genel Müdür Yardımcımız Sayın Alper Bulucu'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma kapsamında yazdığımız projelerde ve makalelerde yazım aşamasında ve iş paketlerinin gerçekleştirilmesinde çeşitli görevler alan Yüksek Lisans öğrencisi Semanur Öztürk ve doktora öğrencisi arkadaşlarım Efe Savran ve Sermin Günaslan'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, bana verdiği manevi destekler ile motivasyonumu her zaman en üst seviyede tutmamı sağlayan, bu çalışmalarda beni destekleyen ve teknik anlamda yorumlarını esirgemeyen sevgili eşim Çevre Yüksek Mühendisi Ebru Yavaş ve son 7 ayında geceleri beni ayakta tutarak çalışmalarımı raporlamamı hızlandıran canım oğlum Alper Tuna Yavaş'a duyduğum minnetin bilinmesini isterim.

Son olarak, bu tez çalışmasını başarıyla bitirmem için 1002-Hızlı Destek programı ve 123Y043 numaralı proje ile kaynak sağlayan ve proje yürütücüsü olarak tecrübe kazanmama sebep olan TÜBİTAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özcan Yavaş
.././.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1 Elektrikli ve Çevreci Araçlar.....	6
2.2 Çevre ve Enerji Yönetim Sistemleri.....	8
2.2.1. ISO Standartları.....	8
2.2.2 DKÜ Standartları.....	13
2.2.3 Diğer Yönetim Sistemleri.....	22
2.3 Sürdürülebilir Modeller ve İnisiyatifler.....	23
2.3.1 Sürdürülebilirlik Yaklaşımları.....	25
2.3.2 Değer Yaratma Modeli.....	26
2.3.3 Çevresel, Sosyal ve Yönetişimsel (ESG) Kriterler ve Yönetimi.....	27
2.3.4 Sürdürülebilirlik Raporları (SR).....	28
2.3.5 Küresel İnisiyatifler.....	29
2.3.6 Ülkemizdeki İnisiyatifler.....	31
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	32
3.1 Sektör İhtiyaçları ve Önemlilik Matrisi.....	36
3.2 Kaza Yönetim Sistemi Metodolojisi.....	37
3.3 Risk Belirleme Yöntemi.....	39
3.4 Çevre ve Enerji Kayıp Sistemi.....	43
3.4.1 Çevre Kayıp Sistemi.....	43
3.4.2 Enerji Kayıp Sistemi.....	44
3.5 Karbon Kayıp Sistemi ve İç Karbon Süreci.....	46
3.6 Aksiyon Takip Metodolojisi.....	53
3.7 İç Denetim Metodolojisi.....	54
3.8 Yeşil Satınalma Sistemi.....	55
3.9 Yeşil Tedarik Sistemi.....	57
3.9.1 Milk-run Çalışmaları.....	57
3.9.2 Tersine Lojistik Çalışmaları.....	58
3.10 Ömrünü Tamamlamış Ürün Süreçleri.....	58
3.11 Beşikten Beşiğe Ürün Bazlı Sürdürülebilirlik.....	59
4. BULGULAR.....	64
4.1 Yönetim Sistemi Uygulamaları.....	67
4.1.1 Hazırlık Aşaması.....	67
4.1.2 Birimlerin Dahiliyeti.....	72
4.1.3 Kaza ve Yakın Kaza Yönetimi.....	74
4.1.4 Risk Yönetimi.....	77
4.1.5 Kayıp Yönetimi.....	79
4.1.6 Aksiyon Takibi ve Yönetimi.....	86
4.1.7 Eğitim ve İç Denetim Yönetimi.....	92

4.1.8 Entegrasyon Yönetimi (Dijitalizasyon ve ESG Entegrasyonu)	95
4.1.9 Hammaddde & Tedarik Aşaması Karbon Yönetimi	98
4.1.10 İç Karbon Yönetimi	102
4.1.11 Ürün Sürdürülebilirliği.....	106
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	109
KAYNAKLAR	119
EKLER.....	127
ÖZGEÇMİŞ	128



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
SKA	Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları
OSD	Otomotiv Sanayicileri Derneği
UN	Birleşmiş Milletler
WCM	World Class Manufacturing
DKÜ	Dünya Klasında Üretim
KPI	Anahtar Başarı Faktörü Key Performance Indicator
FCA	Fiat Chrysler Automotive
CDP	Karbon Saydamlık Projesi
BIST	Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik İndeksi
AB	Avrupa Birliği
ISO	International Standardization Organization
ÇSG	Çevresel, Sosyal ve Yönetimsel
SR	Sürdürülebilirlik Raporlaması
SKDM	Sınırdaki Karbon Denetleme Mekanizması
BuS	Bursa Sürdürülebilirlik Yönetim Sistemi
NPV	Net Bugünkü Değer
IFRS	Uluslararası Finansal Raporlama Standartları
PUKÖ	Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al
ETS	Emisyon Ticaret Sistemi
CSRD	Kurumsal Sürdürülebilirlik Direktifi
IFRS	Küresel Finansal Raporlama Standardı
GRI	Küresel Raporlama İnsiyatifi
SASB	Sürdürülebilirlik Muhasebe İnsiyatifi
SBTi	Bilimsel Temelli Yaklaşım İnsiyatifi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. ISO 14001 standardının kronolojik sıralaması (Gülsoy, 2019).....	9
ISO 14001 Çevre Yönetim sisteminin en yaygın özellikleri; (Gülsoy 2019);.....	10
Şekil 2.2. Enerji Yönetim Sistemi Genel Süreci (ISO 50001).....	12
Şekil 2.3. Sektörlere Göre Enerji Tahmin Sonuçları (Kavrar, 2018).....	13
Şekil 2.4. Schonberger'in DKÜ Modeli (Felice ve ark., 2013, Sari, 2016).....	14
Şekil 2.5. Yeni DKÜ Üretim Yapısı (Midor, 2012)	16
Şekil 2.6. DKÜ Teknik ve Yönetimsel Birimler.....	18
Şekil 2.7. DKÜ Modelinde Operasyonel Birimlerin 7 Adım ve Yaklaşımları (Djordjevic vd., 2010; Sari, 2016).....	21
Şekil 2.8. DKÜ Çevre&Enerji 7 Adım Yaklaşımı.....	22
Şekil 2.9. Beşikten Beşiğe Sürdürülebilirlik Yaklaşımı	25
Şekil 2.10. Sürdürülebilirlik Bakış Açısı ile Değer Yaratma Modeli.....	26
Şekil 3.1. Kaynak (a), Boyahane (b), Montaj (c) ve Bakım (d) Birimleri Çevresel Etki ve İş Akış Şemaları	33
Şekil 3.2. Tez Çalışması Yapılan Kuruluş İçin Oluşturulan Çevresel Kütle-Denge Analizi	34
Şekil 3.3. Kaza İnceleme Formu Planlama Metodları	38
Şekil 3.4. Kaza İnceleme Formu Uygula, Kontrol Et ve Önlem Al İçin Kullanılan Metodlar.....	38
Şekil 3.5. Risk Değerlendirme Matrisi (Olasılık ve Şiddet Metodu).....	40
Şekil 3.6. Risk Değerlendirme Matrisi	41
Şekil 3.7. M-Files Sistemi Yönetim Sistemi Modülleri.....	42
Şekil 3.8. Yönetim Sistemlerin Kayıp Metodu (Yavas vd., 2022)	43
Şekil 3.9. Sahadaki Pompa/Motor Ölçümleri	49
Şekil 3.10. Pompa/Motor Sistemlerinin Ölçüm Yöntemi.....	51
Şekil 3.11. Aksiyon Kalitesi Puanlama Metodu	54
Şekil 3.12. Risk Puanı – Aksiyon Seviyesi Korelasyonu	54
Şekil 3.13. EMAT İç Denetim Form Örneği	55
Şekil 4.1 Kurumun (Elektrikli & Hidrojen Yakıtlı Otobüs Sektörü) ESG Önceliklendirme Analizi.....	64
Şekil 4.2 Yeni Sürdürülebilirlik Yapısına Göre Oluşturulmuş Yalın Yönetim, Maliyet Analizi ve Eğitim-Gelişim Organizasyonu	66
Şekil 4.3 Önceliklendirme Analizi Sürdürülebilirlik Yönetimi Bulguları.....	68
Şekil 4.4 Önceliklendirme Analizi Çevresel Risk Yönetimi Bulguları	68
Şekil 4.5 İklim ve Çevre Yönetiminin Uygulanmasında En Önemli Engeller	70
Şekil 4.6 Kısa, Orta ve Uzun Vadeli Planlar	71
Şekil 4.7. Çalışma Yapılan Kurumun Organizasyon Yapısı.....	73
Şekil 4.8. Son 4 Yıla Ait Kaza Yoğunlukları	75
Şekil 4.9. Son 4 yıla Ait Kaza Trendi (a) ve Kaza Adetleri (b).....	76
Şekil 4.10. Çevresel Etki Değerlendirme Grafikleri.....	77
Şekil 4.11. Elektrikli Araç Sektöründe Risk Analiz Sonuçları Ortalama Puanları....	78
Şekil 4.12. Kategorilerine Göre Risk Analiz Sonuçları Karşılaştırma Grafiği.....	79
Şekil 4.13. Kayıp Türlerine Göre Çevresel Kayıp Oranları.....	80
Şekil 4.14. Çevre Kayıpları Regresyon Analizi Sonuçları; 2020 Değerleri (a), 2021 Değerleri (b) ve 2022 Değerleri (c)	81

Şekil 4.15. Enerji Kayıp Kategorilerine Göre Enerji Kayıpları.....	82
Şekil 4.16. Kayıp Kategorileri (solda) ve Birimlere Göre (sağda) Enerji Kayıpları .	83
Şekil 4.17. Enerji Projeksiyon 5 Yıl Öngörüsü	84
Şekil 4.18. Enerji Regresyon Analizleri; 2020 ve 2021 Değerleri (a), 2022 Değerleri (b)	85
Şekil 4.19. Kaza Örneği ve EWO Formu	87
Şekil 4.20. Risk analizi / Aksiyon Örneği	88
Şekil 4.21. Risk Analizi Bulguları (solda), Tespit Edilen Risklerin Birimlere Kırılımı (%)	89
Şekil 4.22. Kayıp Analizi Örneği.....	90
Şekil 4.23. Birimlerin Çevre ve Enerji Aksiyon Kalite Puanları.....	91
Şekil 4.24. Çevre ve Sürdürülebilirlik Eğitim Verileri.....	93
Şekil 4.25. İç Denetim Sonucu Elde Edilen Risk Bulguları a), Güvensiz Davranış b) ve Güvensiz Koşul c) Oranları	94
Şekil 4.26. Üretim Performans Göstergeleri; Tehlikeli Atık (a), Geri Dönüştürülmüş Atık (b), Su Tüketimi (c), Kimyasal Tüketimi (d).....	95
Şekil 4.27. BuS Management Sürdürülebilirlik Modeli ve Yalın Yönetim Entegrasyonu Şematik Gösterimi	97
Şekil 4.28. Milk-run Simülasyon Çalışmaları Önce ve Sonra Kapsam 3 Emisyon Değerleri	99
Şekil 4.29. Milk-Run Çalışması Senaryo 2 Simülasyon Sonuçları	100
Şekil 4.30. Tersine Lojistik Çalışmalarının Kapsam 3 Emisyonlarına Etkisi.....	100
Şekil 4.31. Elektrikli Araç Sektörü Karbon Emisyonlarına (a) ve Kapsam 3 Emisyonlarına (b) Yeşil Lojistik Faaliyetlerinin Etkisi.....	101
Şekil 4.32. İç Karbon Analizinde Gerçekleştirilen Projelerin Kapsam 1 ve Kapsam 2 Emisyonlarına Etkisi (ton CO ₂ /yıl).....	104
Şekil 4.33. Proje Bazlı İç Karbon Maliyetleri (€/ton CO ₂)	105
Şekil 4.34. İç Karbon Fiyatlama Maliyeti Dahil Edilen ve Edilmeyen Projelerin Geri Ödeme Süresi (NPV) Değerleri.....	106
Şekil 4.35. 12m Elektrikli Otobüsün Hammadde ve Üretim Kaynaklı Ürün Bazlı Karbon Ayakizi Sonuçları	107
Şekil 4.36. Ürün Geri Dönüşüm Oranı (%)	108

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Dünya Klasında Üretim Sisteminin Geleneksel Üretim Sistemleri ile Karşılaştırılması (Al-Tahat ve Bataineh, 2012; Erozan ve Muminoglu, 2020).....	15
Çizelge 2.2. DKÜ Yapısının Avantajları ve Dezavantajları (Erozan ve Muminoglu, 2020).....	17
Çizelge 3.1 Çalışma Yapılacak Kuruluşun Mevcut Durum Anahtar Göstergeleri....	35
Çizelge 3.2. Mevcut Sistem ve İdeal (Tez Uygulamasından Sonra) Sistem İhtiyaçları.....	37
Çizelge 3.3. Elektrik Motorları Verim Standartları Tablosu	50
Çizelge 3.4. Aydınlatma Analiz Tablosu (EN 12464-1:2011)	51
Çizelge 3.5. Verimlilik Ölçümü İçin Kullanılan Cihazlar	53
Çizelge 3.6. Tedarikçi Seçim Kriterleri Metodolojisi -Örnek	56
Çizelge 4.1 Uygulanacak Yeni Yaklaşımın Adım Matrisi ve Yönetim Sistemleri ile İlişkisi	65
Çizelge 4.2 Şirketin Sürdürülebilirlik Performans Göstergeleri.....	72
Çizelge 4.3. Sürdürülebilirlik Kapsamında Planlanan Akademi Eğitimleri	92
Çizelge 4.4. Çevresel Göstergeler (Yıl bazlı)	96
Çizelge 4.5. Enerji Projeleri Fizibilite Analizi.....	103
Çizelge 5.1. BuS Yönetim Sistemi Öncesi (Mevcut Durum), Tez Sonu Durum ve İdeal Durum.....	109

1. GİRİŞ

Otomotiv ana ve yan sanayii günümüzde ülkemizin temel lokomotifi kabul edilen sektörlerin başında gelmektedir. Türkiye’de otomotiv endüstrisi 1960’lı yıllarda malzeme ithalatı ile başlarken 1990’lı yılların sonlarına doğru Avrupa ve Dünya pazarı ile rekabet edebilecek ve ürün ihraç edebilecek düzeylere ulaşmıştır. Günümüzde ise Türkiye’de otomotiv sektörü yıllık yaklaşık 2 milyon adetlere varan üretim kapasitesine ulaşmış ve hala hem kapasitesini arttırmaya yönelik hem de yeni ürün tiplerine yönelik araştırmaları ve çalışmaları devam etmektedir. Türkiye günümüzde Dünya’da 14. büyük araç üreticisi konumunda olup Avrupa-28 ülkeleri arasında ise 4. konumdadır. Ticari araç sektörüne bakıldığında ise Avrupa-28 ülkeleri arasında 3. sırada bulunmaktadır (UİB, 2019). Tüm bu olumlu gelişmelerin doğrultusunda otomotiv sektörü çevreye etkisi ve doğal kaynak tüketimi yoğun olan sektörlerin başında gelmektedir. Bu kapsamda özellikle çevre ve enerji yönetim sistem faaliyetleri hem otomotiv ana sanayii hem de yan sanayii kuruluşları açısından önemli bir süreç iyileştirmesi sağlamaktadır. Sektörün ihtiyaçlarına bakıldığında çevre ve enerji yönetim sistemleri ile paralel yürüyen sürdürülebilirlik faaliyetleri günümüzde otomotiv sektörünü ilgilendiren en önemli konuların başında gelmektedir (OSD, 2021).

2016 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulunda kabul edilen ve Sürdürülebilirlik Kalkınma Amaçları (SKA) adı verilen 17 hedef tüm üretim sektörlerinde yönetim sistemlerine hızlıca entegre edilmeye başlanmıştır. Türkiye üretim sektörü SKA uyum raporu incelendiğinde 165 ülke arasında 70,4 endeks puanı ile 70. ülke olarak yerini almıştır (OSD, 2021). Türkiye Otomotiv Sanayicileri tarafından 2021 yılında hazırlanan Sürdürülebilirlik Raporu ve Sürdürülebilirlik Yönetim faaliyetleri kapsamında otomotiv ana sanayisinin sürdürülebilir kalkınma ilkeleri çerçevesinde hem küresel rekabet ilkelerini korumak hem de sürdürülebilirlik faaliyetlerini geliştirmek amacıyla ortak çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda, 2021 yılında otomotiv sektörünü sürdürülebilirlik açısından değerlendirmek ve öncelik ihtiyaçları belirlemek amacıyla paydaş önceliklendirme analizi gerçekleştirilmiş ve 7 adet öncelik (sırasıyla İklim Değişikliği, Ar-Ge & İnovasyon, İş Sağlığı ve Güvenliği, Türkiye Ekonomisine Katkı, Düşük Karbon Odaklı Üretim, Dijitalleşme, Elektrikli Araçlar, Batarya ve Alternatif

Yakıtlar) tespit edilmiştir (OSD, 2021). Rapor bize göstermektedir ki çevre ve enerji yönetim sistemlerinin sürdürülebilirlik yönetim sistemleri ile entegre edilmesinin zorunluluğu ilk 5 öncelikten biridir (OSD, 2021).

Çevre ve enerji yönetim sistemleri, doğal kaynaklardan kullanılan enerjinin ve sektördeki çevresel etkilerin sistematik olarak farklı metodlar kullanılarak azaltılması için tasarlanmış ve uygulayıcılar %60 ve üzeri bir iyileşme sağlanabileceğini bildirmiştir (Marimon ve Casedus, 2017; Nalbur ve Yavas, 2023). Otomotiv sektörünün iklim değişikliği ve sürdürülebilirlik hedefleri değerlendirildiğinde çevresel etkisi ve enerji yoğunluğu yüksek sektörler arasında değerlendirilmektedir. (UN, 2019; Nakhton ve Kubaha, 2020).

Ulaştırma sektörü küresel karbon emisyonlarının %33'ünü oluşturarak özellikle küresel ısınmaya etkisi yüksek sektörlerin başında gelmektedir (Picatoste vd., 2022). Bir aracın karbon ayakizi incelendiğinde ise bu katkının %67'si araç yakıtı kaynaklı emisyonlardan oluştuğu görülmektedir (OSD, 2021). Bu sebeple elektrikli araçlar karbon emisyonların azaltılması ve 21. yüzyılın iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması nedeniyle son 10 yıldır büyük ilgi görmektedir (Tie ve Tan, 2013). Elektrikli araçlar küresel ısınma kaynaklı emisyonları azaltmak için en önemli çözümlerin başında gelmektedir. Ancak sürdürülebilirlik döngüsü incelendiğinde tedarik aşaması, üretim aşaması, ürünün yaşam boyu ve ömrünü tamamladıktan sonraki aşamaları düşünüldüğünde sadece ürünün üretim aşamasına odaklanıldığı bilinmektedir (Tie ve Tan, 2023). Bu çalışma elektrikli ve hidrojen yakıtlı araç üreten bir firmada kullanılmakta olan çevre ve enerji yönetim sistemlerini tüm sürdürülebilirlik aşamalarına uygulayarak literatürdeki bu eksikliği gidermeyi hedeflemektedir.

Otomotiv sektöründe en yaygın kullanılan yönetim sistemleri ISO 14001 ve ISO 50001 yönetim sistemi olup özellikle son yıllarda otomotiv ana ve yan sanayiiler World Class Manufacturing (WCM) ismiyle Dünya Klasında Üretimi (DKÜ) amaçlayan yönetim sistemlerini kullanmaya başlamışlardır (Yavas vd., 2022). Yönetim sistemleri her ne kadar verimli olsa da ayrı ayrı yönetilmesi kurumlarda üst yönetimin dahiliyeti, farklı odak kaynaklı düşük verimlilik, çalışan kültür gelişiminde yavaşlık gibi zorluklara sebep

olmaktadır (Humberto vd., 2014). Bu sebeple bu sistemlerin entegre edilmesi zorunluluğu oluşmuştur. ISO standartlarının amacı sektör fark etmeksizin kuruluşlarına çevre ve enerji anahtar başarı göstergelerine (KPI) ulaşmalarını, iyileştirmeleri genişletmesini ve sürdürmesini sağlamaktır. İşletmeler çevre ve enerji yönetimini tedarikçi gelişimlerine ve kurumsal sürdürülebilirlik hedeflerine entegre ederek yönetim sistemlerinin gelişmesinin hızlanması beklenmektedir (Perkins ve Neumayer, 2010; Curkovic ve Sroufe, 2011; Fuchs vd., 2020).

DKÜ yönetim sistemi üretim sistemindeki en iyi uygulamaları kullanmak için tasarlanmış bir araç olup ilk defa 1984 yılında Hayes ve Wheelwright tarafından kullanılmıştır (Sarı, 2016). DKÜ yönetim sisteminin bir yönetim sistemi modeli olarak kullanılması ise 2006 yılında Fiat Chrysler Automotive (FCA) Grup tarafından üretim verimliliğini sağlamak ve içinde bulunduğu krizden çıkmak için gerçekleşmiştir (Sarı, 2016). DKÜ modeli, işletmelerin faaliyetlerinde kullandıkları en iyi uygulamaları entegre etme ve sürekli geliştirilmesini içeren sistematik bir yapı üzerinde 10 yönetsel 10 adet teknik bölümden (pillar) oluşmaktadır. On teknik bölümün sonuncusu Çevre & Enerji faaliyetlerini temsil eder ve tüm üretim sistemine entegre olan bir yapısı mevcuttur (Sarı, 2016). Özellikle kayıpları önceliklendirmesi ve üretim verimliliği ile ilişkisi düşünüldüğünde bu yönetim sistemi çevre ve enerji kayıplarının belirlenerek kayıpların azalmasını ve yaygınlaştırmasını önemsemektedir (Yavas vd., 2022). DKÜ yönetim sisteminin temel prensiplerine bakıldığında;

- Dünya klasına ulaşmak için Dünya Klasında İş Güvenliği sisteminin kurulması,
- Standartlardan sapmayan DKÜ liderleri yetiştirmek,
- Dünya Klasında bir şirkette müşterinin sesini her yerden duymak,
- Tüm kayıpların sıfırlanması (sıfır kaza, sıfır stok, sıfır kayıp, sıfır kalite hatası, sıfır arıza),
- DKÜ yöntemlerinin titiz bir şekilde uygulanması,
- Dünya klasında bir şirkette tüm olası anormal durumların anında görülmesi,
- DKÜ yönetim sisteminin sahada uygulanması ve yaygınlaştırılması,
- DKÜ tüm fabrikada ve tüm çalışanlarda yaygınlaştırılması,

- DKÜ yönetim sisteminin gücünün çalışanlardan gelmesi (Yamashina, 2006; Bozağaç, 2010).

Yaygınlaştırma faaliyetlerinin önemi, tedarikçilerini sürece dahil etme, sürdürülebilirlik faaliyetleri ve üretim ile tüm pillarların ilişkisi düşünüldüğünde sürdürülebilir bir yönetim sistemi oluşturmak isteyen firmalar için yol gösterici olmaktadır.

Sürdürülebilir bir yaklaşım özellikle firmaların çevre ve enerji yönetim sistemlerinden en verimli şekilde yararlanmak ve günümüz SKA'larına ulaşmak için artık firmalar için zorunluluktur. Bu sebeple son yıllarda özellikle sektörlere göre sürdürülebilir yönetim sistemi altyapısını ve standardını oluşturan literatür çalışmaları (Souza ve Alves, 2018; D'adamo ve Rosa, 2019; Billedeau ve Moreno-Cruz, 2022; Goli ve Mohammadi, 2022; Kılıç ve Atilla; 2023) başlamıştır. Sürdürülebilirlik yönetim sistemleri ise paydaşların ve bölgesel toplulukların firmalar üzerinde ekolojik ve sosyal bir baskı oluşturması ile başlamıştır. Firmalar sürdürülebilir yönetim sistemlerini kullanarak rekabet avantajı sağlamak istemektedir (RobecoSAM, 2014; Garcia vd., 2016; Souza ve Alves, 2018). Sürdürülebilir yönetim sistemleri ekonomik (yönetimsel), sosyal ve çevresel altyapıları temel almaktadır ve son yıllarda sürdürülebilir yönetim modellerine özel sektörden ciddi bir talep bulunmaktadır (Fonseca vd., 2015; Fonseca vd., 2016). Sürdürülebilir modellerin en önemli avantajı ise yalın yönetim metodlarını kullanmak ve yönetim sistemlerini bu modellere entegre etmekten geçmektedir (Souza ve Alves 2018). Ancak yeni bir yönetimsel model altyapısı gerekliliği, yönetim sistemlerinin eksiksiz uygulamasındaki zorluk ve karışıklıkların çözülmemesi, nitelikli insan ve finansal kaynak ihtiyacı yönetim sistemlerin bütünleşmiş bir sürdürülebilir model oluşturmadaki sorunların başında gelmektedir (Nunhes vd., 2017; Souza ve Alves, 2018). Buna rağmen bazı literatür çalışmaları yönetim sistemlerini entegre etmenin şirketleri sürdürülebilir bir başarıya götüreceğini ortaya koymuştur (Kurdve, 2014; Holm vd., 2015; Rebelo vd., 2016; Siva vd., 2016; Witjes vd., 2017; Souza ve Alves, 2018). Bununla birlikte kurumsal sürdürülebilirlik yönetim sistemi ile entegre edilen çok az yönetim sistemi bulunmakta olup bu konuda literatür çalışmalarının sınırlı kaldığı görülmektedir (Burritt ve Schaltegger, 2010; Hansen ve Schaltegger, 2014).

Bu tez çalışması kapsamında, elektrikli & hidrojen yakıtlı hafif/ağır ticari araç üreten bir otomotiv endüstrisinde çevre ve enerji yönetim sistemleri ile DKÜ yönetim sistemi entegre edilerek Sürdürülebilirlik Yönetim Modeli oluşturulacaktır. İkinci aşamada ise bu model elektrikli & hidrojen yakıtlı bir araç sektöründe uygulanarak firma başarı göstergelerine ve sürdürülebilirlik yolculuğuna etkisi araştırılacaktır. Tez çalışması gerçekleştirilecek otomotiv sektörü Bölüm 2’de detaylandırılmıştır. Tez çalışmasının özgün katkısını görebilmek için firma seçim kriteri olarak, çevre ve/veya enerji yönetim sistemi kurulmamış olması, DKÜ süreçlerine başlamamış olması ve sürdürülebilirlik rapor ve inisiyatiflerine bildirim yapmamış olması tercih edilmiştir. Bu sebeple çalışmanın sonuçları arasında enerji yönetim sistemi belgesi alınması, DKÜ Bronz Seviyeye ulaşması (Çevre & Enerji puanı 3), sürdürülebilirlik raporu çıkarılması, karbon saydamlık projesi (CDP) ve Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Indexlerinde (BIST) değerlendirmeye alınması ve yönetsel seviyede (B seviyede) skorlanması bulunmaktadır. Bu çalışma sürdürülebilirlik faaliyetlerini en temel noktadan başlayarak küresel inisiyatiflerde skorlanabilecek bir çevre & enerji yönetimini sürdürülebilirlik yöntemi ile entegre edecek yeni bir yönetim sisteminin adım adım yol haritasına ulaştırmayı hedeflemektedir.

Çalışma iki ana bölümden oluşacaktır. İlk bölümde DKÜ ve ISO Çevre ve Enerji Yönetim Sistemleri (14001, 50001 ve 14068) sürdürülebilirlik yaklaşımları ile entegre edilerek yeni bir Sürdürülebilirlik Yönetim Yaklaşımı oluşturulacaktır. İkinci bölümde ise bu yaklaşımın elektrikli ve hidrojen yakıtlı otobüs üreten bir kuruluşa uygulanması sağlanarak kurumun stratejik performansına etkisi incelenecektir. Bu tez çalışması gerek son yıllardaki literatür çalışmaları incelendiğinde gerekse karşılaşılan sektör bazlı AB Yeşil Mutabakat isterleri dikkate alındığında sektörlerin entegre bir sürdürülebilirlik modeli uygulamaları zorunluluğuna bir çözüm olacaktır. Bu çalışmanın çıktısı, elde edilecek çevre ve enerji yönetim sistemleri ile bütünleşmiş yeni bir sürdürülebilirlik modeli olacaktır. Bu model hem ülkemizdeki Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) ve Sınırdaki Karbon Denetleme Mekanizmasına (SKDM) öncü kuruluşlara hem de AB’deki Yeşil Mutabakat isterlerine uyum sağlaması zorunlu sektörlerle yol gösterici özgün bir çalışmadır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çalışma kapsamında bir elektrikli otobüs sektörünün çevre & enerji yönetim sistemleri geliştirilerek sürdürülebilir ve yalın bir yönetim modeli oluşturulacaktır. Bu başlık altında öncelikle elektrikli otobüs ve araçlar konusunda güncel bilgiler derlenecek, daha sonra çevre ve enerji yönetim sistemleri ve otomotiv sektöründe en sık kullanılan yönetim sistemleri ve literatür çalışmalarından bahsedilecek ve son olarak sürdürülebilir modeller ile yenilikçi yaklaşımlar hakkında bilgi verilecektir.

2.1 Elektrikli ve Çevreci Araçlar

Elektrikli Araçlar, son dönemde büyük bir atılım yapmış ve içten yanmalı motorlu araçlar kadar popüler olmaya başlamıştır. Bu araçların tercih edilmesinin de başlıca kaynağı küresel iklim değişikliği ve küresel sera gazı emisyonlarını azaltması olarak görülmektedir (Kley vd., 2011). Artan çevre bilinci ve sürdürülebilirlik algısı otomobil üreticilerini daha çevreci üretim yöntemlerini kullanmaya sevk etmektedir. Günümüzde de bilinçli tüketici algısı bu araçların içten yanmalı motorlu araçlara göre tercih edilmesinin ana nedeni olarak gösterilmektedir (Secinaro vd., 2020). Matzen ve arkadaşları 2005 yılında yaptıkları bir çalışmada iş modellerinin daha yenilikçi ve tüketicinin faydasına nasıl geliştirebileceklerini çalışmışlardır. Czinkota ve arkadaşları da 2015 yılında iş modellerinin sürdürülebilirliğe odaklanmasının avantajlarını incelemişlerdir. Bu çalışmalar sonucunda ise 2015 yılından itibaren iş modelleri, sürdürülebilir bir iş yapma modeli olarak tanımlanmıştır (Czinkota vd., 2015; Nielsen ve Morten, 2015; Secinaro vd., 2020).

Elektrikli araç bataryalarının tarihi 19. Yüzyılın ortalarında başlamaktadır. 1859 yılında Belçika Gaston fabrikası elektrikli araçlar ve daha sonradan içten yanmalı motorlu araçlar için ilk kurşun asitli aküleri üretmişlerdir (Hoyer, 2008; Martines vd., 2021). Ancak bu araçlar şarj edilemiyor ve kullanım ömürleri çok düşük olmaktan öteye gidememiştir (Guarnieri, 2012, Agbesi ve ark., 2023). 19. yüzyılın başlarında üç farklı araç türü küresel pazarda rekabet ediyordu; elektrikli, buharlı ve benzinli motora sahip arabalar (Hoyer 2008; Angeline ve Rajkumar, 2020; Martines vd., 2021). Ancak 1900 lü yılların

başlarında Ford T modelinin üretilmesi ile benzinli ve gazlı araçların fiyatları ucuzlatılmış ve elektrikli araçların fiyat dezavantajı ve şarj & elektrik altyapı yetersizliği nedeniyle tercih edilmekten çıkmıştır (Yong et al., 2015).

Elektrikli araçların bu kadar hızlı ilerlemesindeki en önemli faktör küresel iklim değişikliğine olumlu katkılar sunmasıdır. Geleneksel içten yanmalı motorlu araçlar atmosferi kirleten ve çevreye zararlı karbo oksitler, hidrokarbonlar ve nitrojen oksitler gibi zehirli gazlar yayan fosil yakıt kullanmaktadırlar (Li vd., 2019). Özellikle ulaşım ve toplu taşıma kaynaklı araç emisyonları günümüzde küresel karbon emisyonunun %33'üne eşdeğerdir. Ulaşım sektörü AB karbon emisyonları 828 Mega ton olup bu oranın 2050 yılında 1500 Mega tona ulaşması öngörülmektedir (Picoteste vd., 2022; Nalbur ve Yavas, 2024). Çin, Türkiye ve AB ülkeleri bu sebeple 2050 yılına kadar içten yanmalı motorların durdurulması konusunda taahhütte bulunmuşlardır (Agbesi ve ark., 2023). Tüm bu sebepler dünya genelinde elektrikli araç satışlarının hızlanmasını sebep olmuştur. 2021 yılında elektrikli araç satışları küresel pazarın %9'una ulaşmıştır (Paoli ve Gul, 2022).

Elektrikli araçlar dünyayı karbondan arındırmak için en iyi teknolojilerin başında gelirken bu büyümeyi engelleyen bir takım finansal ve yasal düzenlemeler de hala mevcuttur. Genel olarak bu engelleri bilgi eksikliği, potansiyel tüketicilerin temkinli yaklaşımı ve elektrikli araç altyapısından oluşmakta iken genel olarak bunlardan da bağımsız olarak ilerlemektedir (Agbesi vd., 2023).

Elektrikli araçların üretim aşamaları iş ve yönetim sistemleri olarak değerlendirildiğinde, çeşitli faktörlerden etkilenen karmaşık sistemler olduğu görülmektedir. Yönetim sistemleri kapsamında yapılan paydaş analizlerinden yola çıkıldığında elektrikli araç üretimi, otomotiv endüstrisi ve çalışanlar, şarj tedarikçileri, şarj altyapısı, yasa koyucular, akademik ve özel araştırmacılar ve araç kiralama şirketlerinden etkilenmektedir (Agbesi vd., 2023). Ancak yine de elektrikli araç sektörünün gelişmesinde bu paydaşlar için önemli avantajlar bulunmaktadır. Elektrikli araçların gelişmesiyle yapay zeka ve dijitalleşme yolunda önemli atılımlar gerçekleştirilecektir. Özel yolcu, toplu taşıma ve okul otobüsleri gibi sistemlerin de elektrifikasyonu kolaylaşacak ve çevresel

parametrelerin iyileşmesine önemli katkılar sağlanacaktır. Sürdürülebilir araçların üretilmesi ile geri dönüşüm oranı yüksek araçlar ve çevreci ürünler kullanımı da artacaktır. Ayrıca artan elektrik ihtiyacına bağlı olarak şebeke sistemlerinin sayısı ve yenilenebilir enerji kullanımı artmış olacaktır (Agbesi vd., 2023).

Trafik sorununu elektrikleştirmek için gereken girişimler genellikle yetersizdir. Devlet desteği olmadan şarj altyapısı vb. konular çözülemeyeceği için bu konuda devlet destekli politikalar önemli yer kapsamaktadır (Bi vd., 2023). Hükümet Avrupa ve Çin gibi ülkelerde elektrifikasyon süreçlerini vergi vb. teşvikler ile desteklemektedir. Ancak devlet politikaları sadece elektrikli araç satışı ile ilgili teşvikler ile çalışma yapmakla kalmamalı, elektrikli araç batarya yönetimi, şarj yönetimi gibi konularda da sürece destek olmalıdır (Lorentzen vd., 2017; Bi vd., 2023).

Son yıllarda elektrikli araçlara artan önem ve sürdürülebilirlik istekleri elektrikli araçlara alternatif yakıtlarında araştırılmasına sebep olmuştur. Bu teknolojilerden en yaygın olarak kullanılan *hidrojen yakıtlı* araçlardır. Hidrojen doğada en bol bulunan doğal bir element olması ve çevreci bir yakıt olması çalışmaları hızlandırmıştır. Temiz hidrojen çeşitli yenilenebilir üretim teknolojileri ile üretilir. Ancak şu an fosil yakıtlardan daha maliyetli olması ve yarattığı depolama risklerinin önemi ve bilinmezliği bu yakıtların gelişimini için önemli engeller arasındadır (Aydın ve Dincer, 2022). Yapılan çalışmalarda hidrojen konusunda yaşanan kazaların %38'i laboratuvarlarda, %10.6'sı akaryakıt istasyonlarında ve %8'i taşıma sırasında olduğu raporlanmıştır. Bu nedenle hidrojen üretiminin taşınması, depolanması ile ilgili yasal mevzuat ve koruyucu çalışmaların da gerçekleştirilmesi önemlidir (Yang vd., 2021; Aydın ve Dincer, 2022).

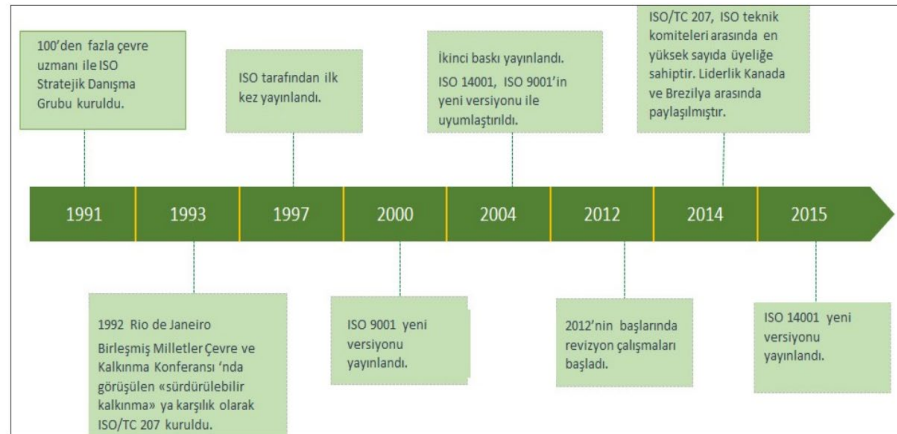
2.2 Çevre ve Enerji Yönetim Sistemleri

2.2.1. ISO Standartları

ISO standartları günümüzde endüstriyel alanda en çok kullanılan yönetim sistemi standartlarıdır. Özellikle kalite, çevre, İSG, enerji, bilgi güvenliği standartları ön plana çıksa da birçok alt yönetim standardını bünyesinde barındırır. Bunlardan en çok rağbet

görenleri; Kalite Yönetim Sistemi (ISO 9001), Çevre Yönetim Sistemi (ISO 14001), Enerji Yönetim Sistemi (ISO 50001), İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi (ISO 45001), Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi (ISO 22001), Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemi (ISO 27001) ve Medikal Cihazlar Kalite Yönetim Sistemi (ISO 13485) olarak bilinmektedir (sertifikaofisi.com, 2023). Bu tez çalışması kapsamında entegre oluşturulmak istenen yönetim sistemleri kapsamında ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemine odaklanılacaktır.

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi standardı, çevreyi korumak ve değişen koşulların çevresel ihtiyaçlarına hızlı tepki vermek amacıyla oluşturulmuş bir standarttır. Özellikle endüstriyel kuruluşların çevresel performanslarını izlemesi, çevreye zararlı etkilerini ve boyutlarını değerlendirmesi, atık ve kimyasal risklerini sürekli iyileştirmesi ve çevresel başarı göstergelerini takip ederek sürekli iyileştirici aksiyonlar alınması amacıyla sistematik bir standart olarak oluşturulmuştur (Çaça, 2016, Yavas 2021). International Standardization Organization (ISO) 1990'lı yılların başında bir çevre standardı oluşturmaya başlamıştır. 1996 yılında ise Dünyada en çok kabul gören çevre yönetim sistemi standardı ISO 14001 devreye alınmış ve kuruluşlar çevre yönetim sistemlerini bu standarda göre kurmaya başlamıştır (Çaça, 2016; Gülsoy, 2019). ISO 14001 çalışmalarının oluşturulması ve yönetiminden ISO/TC 207/SC1 komitesi sorumlu olup 2012 yılında başlanan revizyon çalışmaları Eylül 2015 yılında ISO 14001:2015 versiyonu olarak piyasaya sunulmuştur. ISO 14001 standardının tarihçesi hakkında özet bilgi Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1. ISO 14001 standardının kronolojik sıralaması (Gülsoy, 2019)

ISO 14001 Çevre Yönetim sisteminin en yaygın özellikleri; (Gülsoy 2019);

- Çevresel performans ile finansal performans entegrasyonu,
- Çevre Yönetim Sistemi kurmak isteyen endüstriler ve mühendisler için etkili bir yol göstericidir,
- Sektör farkı gözetmeksizin uygulanabilir,
- Gönüllülük esastır ancak özellikle AB ürün satmak isteyen firmalar için önemli bir avantajdır,
- Proaktif yaklaşım sergilemek isteyen firmalar için yol göstericidir,
- Sistemsel bir yaklaşımdır, prosedür, form ve listeler sistemin sürekli devamlılığını sağlar, kişiye bağlı değildir,
- Sürekli iyileştirme maddesi ve PUKO döngüsü kapsamında çevresel performansın sürekli iyileştirmesini hedefler,
- Mevzuat ve yasal süreçler ile %100 uyumludur,
- Belgelendirme süreci firmaların motivasyon ve çevresel kalitesini belgelemesi açısından önemlidir.

Çevre Yönetim Sistemlerinin en önemli avantajları; (Geyik, 2020);

- Endüstrilerin ihtiyaç ve beklentilerinin anlaşılması,
- Üst yönetim çevre taahhüdü ve politikaların belirlenmesi,
- Çevre mevzuat ve yasalara eksiksiz uyumun desteklenmesi,
- Çevresel risk ve boyutların sistematik bir şekilde takip edilerek minimize edilmesi,
- Kaynakların etkin kullanımı ile kazanç elde edilmesi,
- Satın alma ve tasarım faaliyetlerinde çevresel parametrelerin dikkate alınması,
- Çalışan motivasyonunun artırılması,
- Çevresel başarı göstergelerinin takip edilmesi,
- Çevresel başarı göstergelerinin minimize edilmesidir.

Çalışma kapsamında entegre edilmesi planlanan bir diğer yönetim sistemi ise ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemidir. *Enerji Yönetim Sistemi*, ANSI/MSE 2000 ve EN 2016'nın yerini alan ve son yıllarda en yaygın olarak kullanılan yönetim sistemidir. ISO 50001

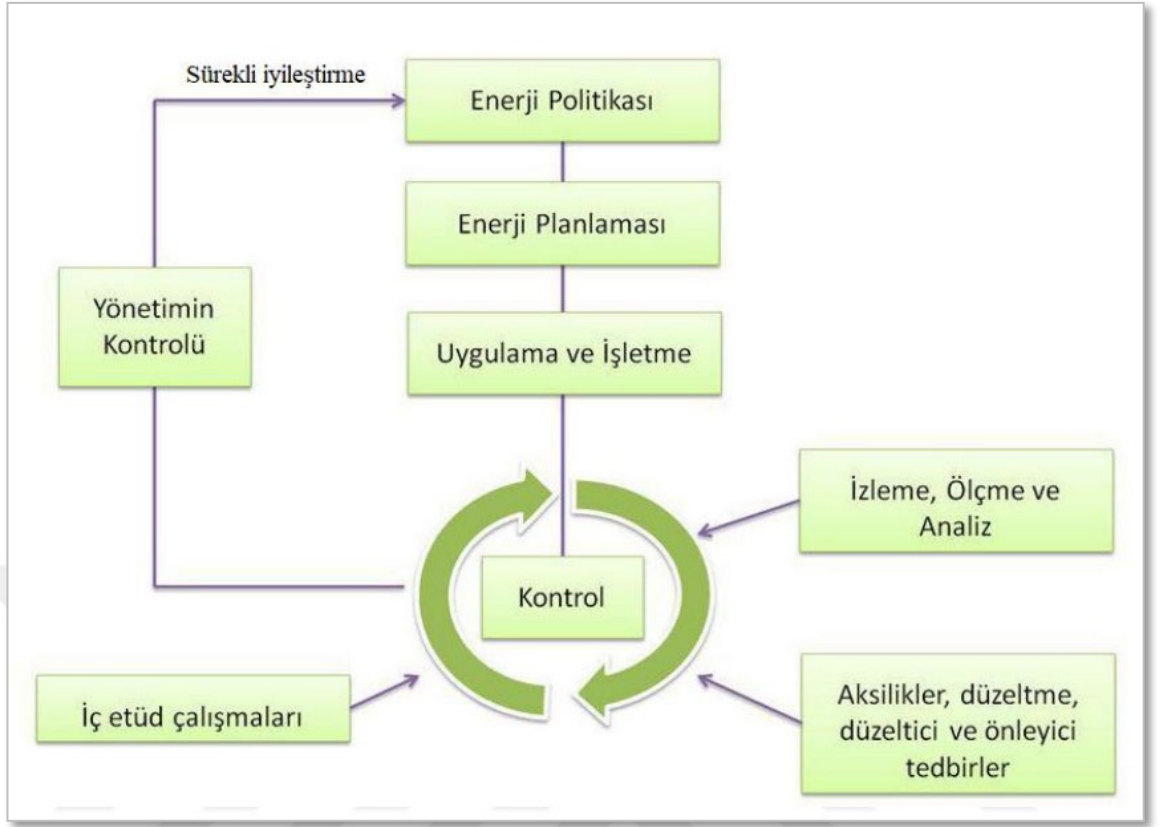
Enerji Yönetim Sistemi 2018 yılında versiyon değiştirmiş ve ISO 9001, ISO 14001 ve ISO 45001 yönetim sistemlerindeki Sürekli İyileştirme prensibi ile tasarlandığı için bu sistemler birbirine entegre edilebilir bir şekilde oluşturulmuştur (Kanneganti vd., 2017; Kavrar, 2018). ISO 14001 ve ISO 50001 yönetim sistemleri PUKO (Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al) metodolojisi üzerine kuruludur ve bu metodoloji diğer tüm sistemlere kolayca entegre edilebilir (Marimon ve Casadesus, 2017).

Planla, Enerji ve çevresel açıdan risklerin ve problemlerin belirlendiği, iyileştirme faaliyetlerinin ve kayıpların tespit edildiği ilk aşamadır. Bu aşamada paydaşların ihtiyaç ve beklentileri, çalışanların önerileri de dikkate alınarak enerji ve çevresel açıdan iyileştirme aşamaları belirlenir.

Uygula, Planlama aşamasında belirlenen risk, fırsat ve kayıpların belirli bir sistematik doğrultusunda ilgili birimlere yönlendirilip aksiyona geçiş aşamasıdır. Bu aşamada kayıpların giderilmesi, risklerin kapatılması için enerji yönetim planlarının uygulanması kritiktir.

Kontrol Et, İhtiyaç ve beklentiler ile politika şartlarına göre uygulamaların kontrolü, risklerin nihai değerlendirmesi, sürekliliğin izlenmesi, ölçülmesi ve sonuçların raporlanması süreçlerini kapsar.

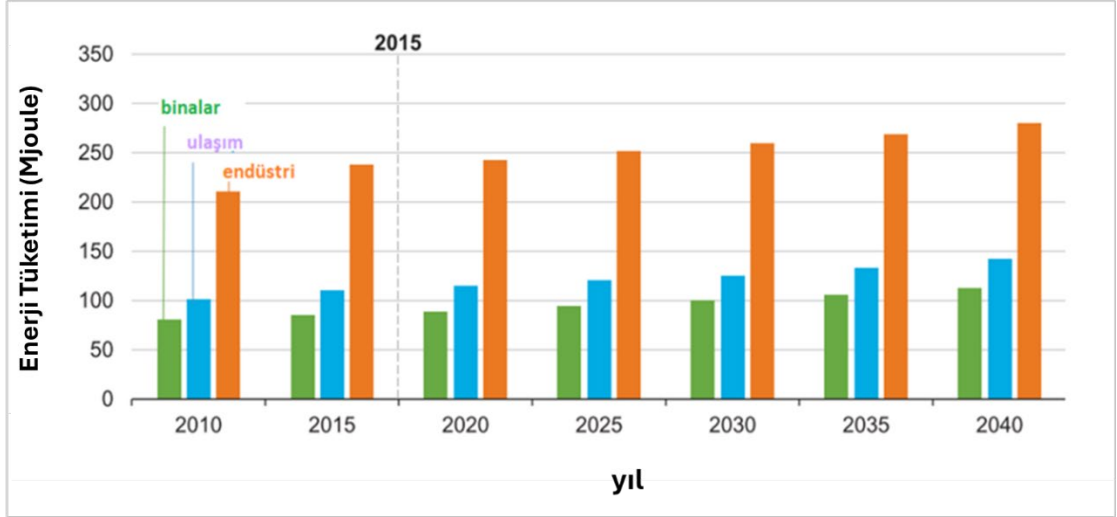
Önlem Al, Çevre ve enerji performansının sürekli iyileştirilmesi, yaygınlaştırılması ve standartlaştırılması için gerekli olan süreçleri kapsar. Sürekliliğin sağlanması açısından en önemli aşama olup kültüre adaptasyonu en kritik süreçtir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Enerji Yönetim Sistemi Genel Süreci (ISO 50001)

Ginley David ve Cahen (2012) enerji yönetimini ‘Enerji Verimliliği, enerji performansı, enerji arzı, ekipman ve sistemler kullanılarak enerji tedarik uygulamaları ve enerji kullanımı da dahil olmak üzere enerji yönetimi alanında bir standart’ olarak tanımlamışlardır (Kavrar, 2018). Çevre ve enerji yönetim standartlarının küresel sektör uygulama alanlarına bakıldığında %60’ını etkileme potansiyeli bulunmaktadır (Ginley David ve Cahen, 2012).

Son yıllarda enerji tüketimleri ile birçok modelleme ve farklı öngörüler yapılmaktadır. Bu ihtiyacın amacı giderek artan sürdürülebilirlik talepleri ve buna bağlı olarak gereksiz enerji tüketiminin önüne geçilmek istemesidir. Ortalama seviye sanayileşmiş bir ülkenin enerji kullanım alanları; %30 sanayi, %25 ulaşım, %28 konut ve konut olmayan binalar, %10 enerji sanayisi ve %7 diğer olarak düşünülebilir (Petrecca, 2014). Önümüzdeki 25 yıl modelleme tahminleri ise Şekil 2.3’te detaylandırılmıştır.



Şekil 2.3. Sektörlere Göre Enerji Tüketimi Tahmin Sonuçları (Kavrar, 2018)

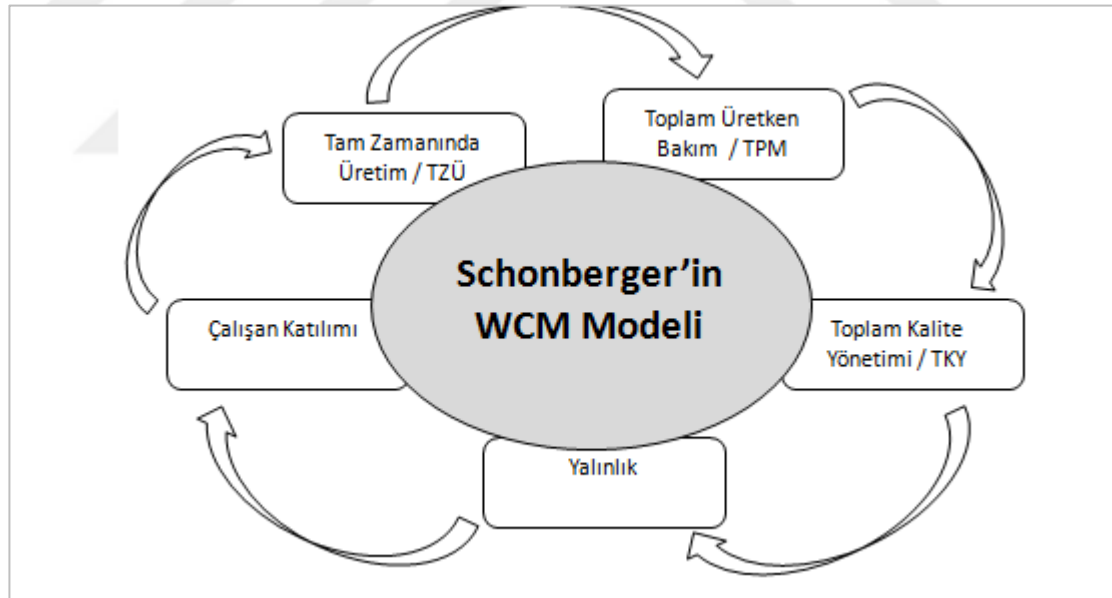
2040 yılına kadar uzanan modelleme sonuçlarına göre enerji tüketimi yaklaşık %20 bir artışla kalacağı öngörülmektedir ve gelecekte de dünya enerji tüketiminde imalat sektörünün enerji ihtiyacı benzer oranda artacaktır. Enerji tüketimi ile birlikte sera gazları ve bu gazlara bağlı küresel iklim problemleri de beraberinde gelmektedir. Enerji ihtiyacı, enerji verimliliği tedbirleri ve enerji yönetim sistemlerinin etkili bir şekilde uygulanmasıyla azaltılabilmektedir. Ayrıca enerji tüketimindeki azalmaya bağlı olarak sürdürülebilirlik hedefleri ve çevresel hedeflerin de tutması sağlanabilmektedir (Weber, 2018).

Bu tez çalışması kapsamında bu iki birbiri ile bütünleşmiş yönetim sisteminin entegre faaliyetler ile verimliliği arttırılacak ayrıca küresel sürdürülebilirlik isterlerine daha hızlı ulaşmak için farklı metodlar ilave ederek daha hızlı ve etkili bir yönetim sistemi oluşturulacaktır.

2.2.2 DKÜ Standartları

DKÜ Yönetim standardı, sanayideki problemleri aşmak için tam zamanında üretim, yalın yönetim, toplam kalite yönetimi gibi teknikler ön plana çıkmış ve dünya çapında sanayi kuruluşlarınca benimsenmeye başlanmıştır (Erozan ve Muminoglu, 2020). Aynı zamanda bu teknikleri entegre yönetmek üzerine bazı metodlar geliştirilmiş olup bunlardan biri de Dünya Klasında Üretim (DKÜ) standardıdır (Sarı, 2016).

DKÜ yönetim sistemi, faaliyetleri üst yönetimden alarak tüm çalışanlara yaygınlaştırmayı sağlayan ve tüm çalışanların katkısını esas alan uygulama odaklı bir yönetim sistemidir. Bütünleşmiş bir model, tüm üretim-lojistik süreçlerini optimize eden ve kalite, üretkenlik, iş güvenliği ve teslimat göstergeleri ile ölçülmesini kolaylaştırmaktadır (Bozağa, 2010). Dünya klasında üretim işletmelerin operasyon faaliyetlerini ilerletmek için 1984 yılında Hayees ve Wheelwright tarafından tasarlanmış (Flynn ve Schroder, 1999) ve Schonberger tarafından geliştirilmiş (Schonberger, 1986) standartlar kümesidir (Ebrahimi vd., 2019; Erozan ve Muminoglu, 2020). Schonberger'in DKÜ modeli Şekil 2.4'te verilmiştir (Felice vd., 2013). 1980'li yıllardan itibaren küresel pazarlarda liderliği ele geçirmek amacıyla dünya klasında üretim yönetim sisteminin uygulanmasının temelini oluşturmuştur (Flippo ve Gregorio, 2018; Erozan ve Muminoglu, 2020). DKÜ yönetim sistemi, klasik sistemlere göre yeni metodolojiler de kullanmaktadır. Bunlardan bir kısmı yalın üretim tekniklerinden oluşurken bir kısmı da modern üretim tekniklerini sisteme ilave ederek yalın üretim tekniklerinin dezavantajlarını bertaraf etmektedir (Erozan ve Muminoglu, 2020).



Şekil 2.4. Schonberger'in DKÜ Modeli (Felice ve ark., 2013, Sari, 2016)

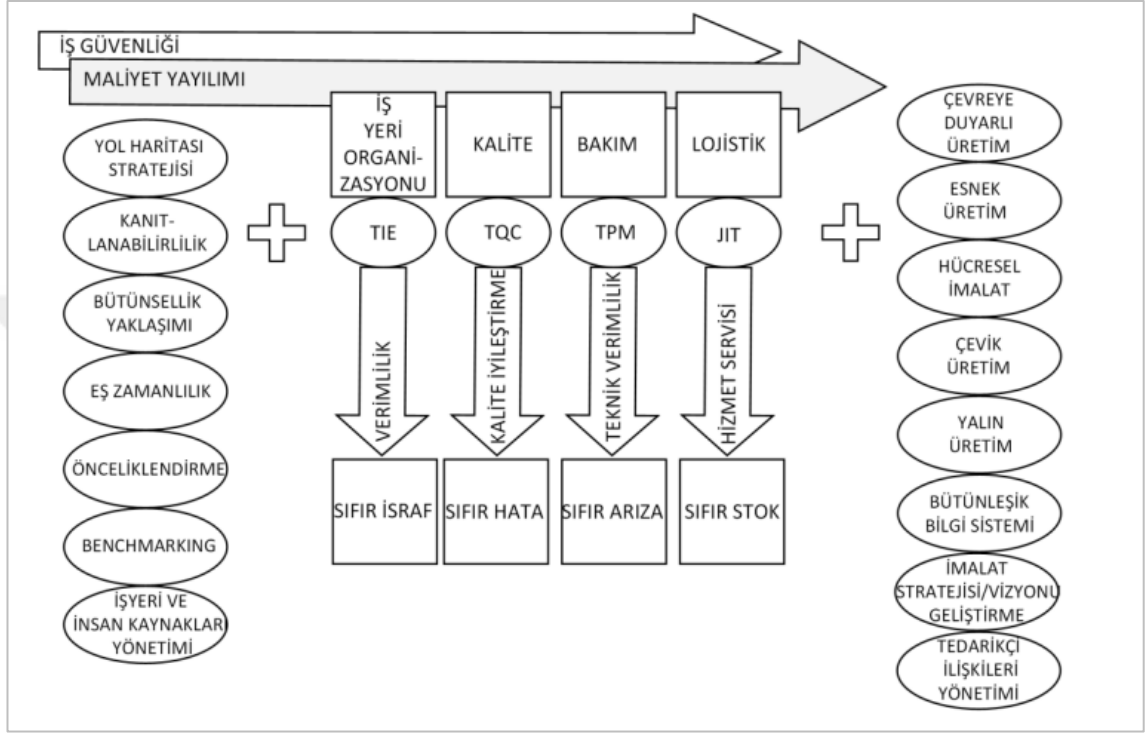
Dünya klasında üretim sisteminin yalın üretim sisteminden ayıran karşılaştırma Çizelge 2.1'de verilmektedir.

Çizelge 2.1. Dünya Klasında Üretim Sisteminin Geleneksel Üretim Sistemleri ile Karşılaştırılması (Al-Tahat ve Bataineh, 2012; Erozan ve Muminoglu, 2020)

Karşılaştırma kriterleri	Dünya Klasında Üretim	Geleneksel Yalın Üretim	Çevik Üretim	Geleneksel İmalat
Genel strateji	Rekabetçiliği yönetmek	İsrafi ve değişkenliği yönetmek	Değişimi/talep belirsizliğini yönetmek	Maliyetleri, kaynakları ve stoku yönetmek
Hedef	Değişken pazarda düşük maliyetli kaliteli ürün	Stabil pazarda düşük maliyetli kaliteli ürün	Belirsizliğe hızla ve düşük maliyetle cevap vermek	Siparişi zamanında yetiştirmek, üretim hedefini gerçekleştirmek
Ürün farklılaşması	Orta/Yüksek seviyede	Düşük/Orta seviyede	Yüksek/Çok yüksek seviyede	Düşük orta seviye
Yeni ürünlerin toplam üretimdeki yeri	Orta/Yüksek (Lind, 2001)	Düşük/Orta	Çok yüksek	Hat yerleşimde çok düşük, fonksiyonel yerleşimde yüksek
Pazara yeni ürün sürme süresi	Kısa/Orta	Genelde orta	Çok kısa/Kısa	Genelde uzun
Müşteri talebine cevap hızı	Orta/Yüksek	Orta/Yüksek	Yüksek/Çok yüksek	Genelde düşük
Ürün esnekliği	Orta/Yüksek	Orta	Yüksek/Çok yüksek	Hat yerleşimde düşük, fonksiyonel yerleşimde yüksek
Hacim esnekliği	Genelde orta	Genelde orta	Düşük/Orta	Hat yerleşimde yüksek, fonksiyonel yerleşimde düşük
Çeviklik	Orta (Dudek, 2016)	Düşük	Yüksek	Çok düşük
Otomasyon seviyesi	Yüksek (Lind, 2001)	Orta/Yüksek	Yüksek	Hat yerleşimde yüksek, fonksiyonel yerleşimde genelde düşük
Makine özellikleri	Esnek	Esnek/ Çok amaçlı makine	Esnek	Çok yönlü tezgâh/ Özel amaçlı makine
Üretim maliyeti	Düşük	Düşük	Orta seviyede	Hat yerleşimde düşük, fonksiyonel yerleşimde yüksek
Kurulum süresi	SMED sayesinde kısa	SMED sayesinde kısa	Çeşitli üretimden dolayı orta seviyede	Genelde uzun
Üretim partisi büyüklüğü	Küçük/Orta (Lind, 2001)	Küçük/Orta	Çok küçük/Küçük	Genelde büyük
Üretimi tetikleme sistemi	Çekme (genelde kanban)	Çekme (genelde kanban)	Çekme (genelde POLCA)	İtme
Tesis/makine yerleşimi	Tercihen hücreli	Tercihen hücreli	Tercihen hücreli	Genelde fonksiyonel veya hat yerleşimi
İş gücü özelliği	Çok yönlü	Çok yönlü	Çok yönlü	Hat yerleşimde bir konuda uzman, fonksiyonel yerleşimde kısmen çok yönlü
Kalitede sorumluluk	Çalışanlar sorumlu	Çalışanlar sorumlu	Çalışanlar sorumlu	Genelde özel kalite ekipleri sorumlu
Hata hedefi	Sıfır hata	Sıfır hata	Yüksek çeşit ve belirsizlik sıfır hataya ulaşmaya engel olur	Belirli miktar hata normal kabul edilir

Klasik DKÜ yönetim sistemi 2008 yılından itibaren DKÜ sisteminin daha gelişmiş haline ulaşarak revizyon geçirmiştir ve yeni bir DKÜ sistemi oluşturulmuştur. Klasik sistemde faaliyetlerin odak noktası zamanında üretim ve kalite yönetimine odaklanırken yeni sistemde teknik ve yönetsel yaklaşık 20 bölüm bulunmakta ve hepsine odaklanmaktadır. Teknik pillarlar üretimle ilişkilendirilmiş konuları içermekte olup yönetsel pillarlar ise üretimi destekleyen yönetim sistemlerini içermektedir. Yeni sistemdeki üretim yapısını

TIE, TQC, TPM ve JIT oluşturmakla birlikte (Şekil 2.5) temel olarak iş güvenliği, kalite, teslimat ve çevre konularında sıfıra ulaşmak esastır (WCM Book of Knowledge, 2023). Burada önemli bir fark ise yeni DKÜ sisteminin tüm çalışanları etkileyen esnek bir yapıda oluşturulmasıdır (Dudek, 2016; Erozan ve Muminoglu, 2020).



Şekil 2.5. Yeni DKÜ Üretim Yapısı (Midor, 2012)

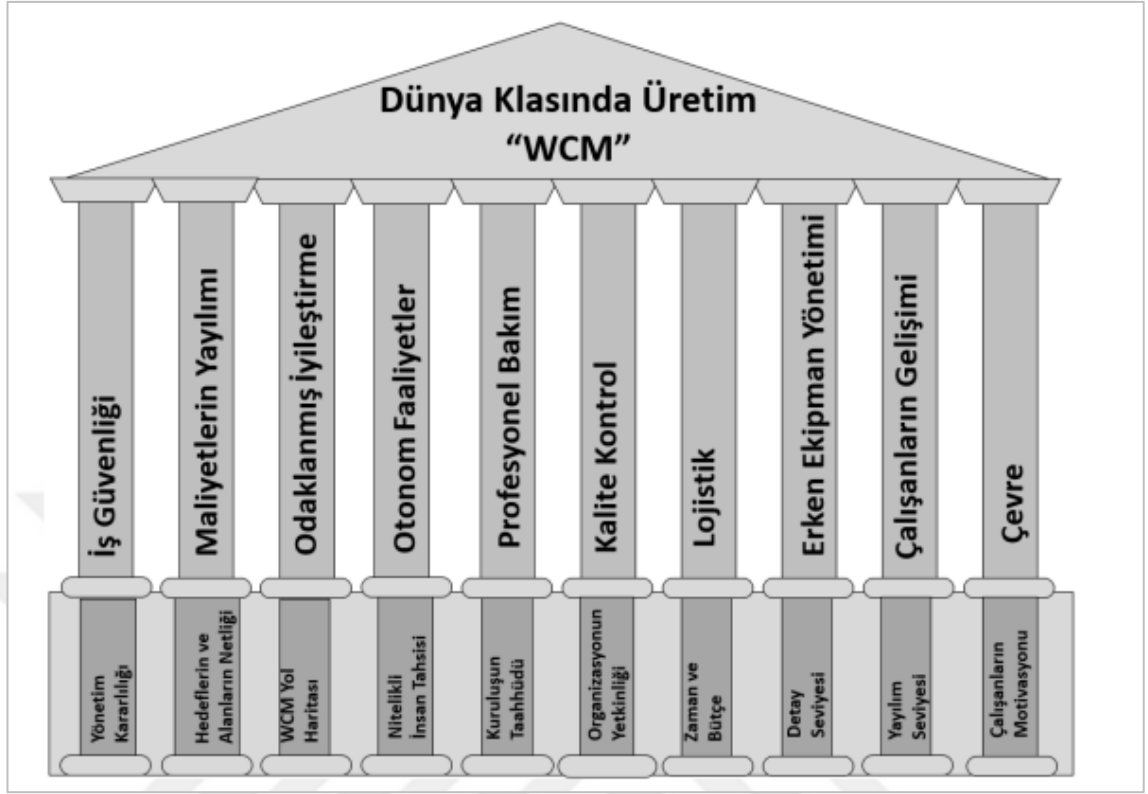
DKÜ yönetim yapısının bazı avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Bu avantaj ve dezavantajlar Çizelge 2.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2. DKÜ Yapısının Avantajları ve Dezavantajları (Erozan ve Muminoğlu, 2020)

Avantajları	Dezavantajları
Bakım kaynaklı sıfır arıza beklenir	Köklü değişiklikler ve yatırım ihtiyacı
Sıfır iş kazasına ulaşmak mümkündür	Çalışan eğitimi için ilave kaynak ihtiyacı (zaman, para vb.)
Kalite maliyetleri düşer, müşteri memnuniyeti artar	Rehber doküman sayısı azdır bireysel olarak yol haritaları oluşur (Wronska, 2016)
Verimlilikte artış beklenir	Sipariş bazlı üretim için uygun bir yaklaşım değildir (Muda ve Hendry, 2002)
Sıfır stok hedefi nedeniyle stok maliyeti azalır	İletişim ve bilgi eksiklikleri sistemi verimsiz hale getirebilir (Sandeep ve Parmer, 2016)
Birimler arası olumlu bir rekabet havası yaratılarak verim arttırılabilir (Ebrahimi ve ark., 2019)	Her kültüre uygun olmayabilir (Sandeep ve Parmer, 2016)
Endüstri 4.0 araçları entegre edilebilir (Ebrahimi ve ark., 2019).	Endüstri 4.0 ilave maliyet getirecektir (Ebrahimi ve ark., 2019)
Modern dünya klasında işletmeler kendi sistemine uygun süreç devreye alabilir.	Strateji geliştirmek için sabit bir felsefesi yoktur (Chiarini ve Vagnoni, 2015).

Çizelge 2.2’den görüldüğü üzere DKÜ ve diğer standartların önemli dezavantajları vardır. Bu dezavantajlar genel olarak, kesikli sistemlerde uygulama zorlukları, yüksek yatırım maliyetleri, bir rehber ve banchmark alanının bulunması (ki bu çalışmaları bireyselleştirip süreci sistem mantığından uzaklaştıracaktır) ve sabit bir felsefesinin bulunmaması şeklinde özetlenebilir.

DKÜ yönetim sistemi tüm bu dezavantajlara rağmen, teknik ve yönetsel anlamda endüstrideki tüm birimleri bir çatı altında toplamayı başarmış ve birimler arası entegrasyon sağlayarak tüm çalışanların aynı sistem dilini konuşmasını hedeflemiştir. DKÜ çatısı altındaki teknik ve yönetsel birimler DKÜ teknik ve yönetsel birimleri Şekil 2.6’da verilmiştir (Palucha, 2012).



Şekil 2.6. DKÜ Teknik ve Yönetsel Birimler

DKÜ Teknik pillarları özetleyecek olursak (Felice vd., 2013; Sarı, 2016);

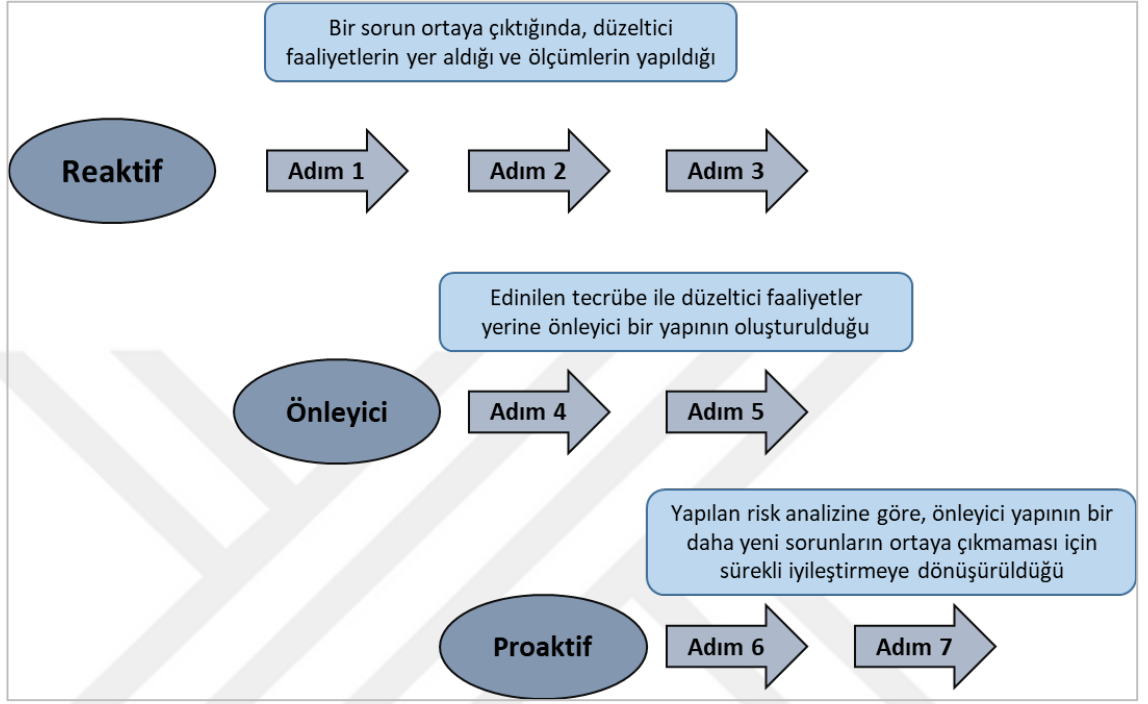
- *İş Güvenliği*, Güvenliğin sürekli iyileştirilmesi ve güvenlik kültürünün yaygınlaştırılması amacıyla yönetim sistemine dahil edilmiştir. Birimin amacı, sıfır kazaya ulaşmak, risk önleme kültürünü geliştirmek, ergonomi iyileştirilmeleri ve özel mesleki beceriler geliştirerek güvenli ortamda çalışmaktır.
- *Maliyetlerin Yayılımı*, finansal ve mali kayıpların (maliyet içerisindeki kayıpların) analizlenmesi amacıyla sisteme dahil edilmiştir. Birimin amacı, üretim-lojistik işlerindeki kayıpları bilimsel ve sistematik bir şekilde tanımlanmak ve potansiyel ekonomik kazançları ölçerek tüm birimlere yol gösterici olmaktır.
- *Odaklanmış İyileştirme*, faaliyetlerin ve kayıpların önceliklendirilerek hızlı aksiyon alınması amacıyla sisteme dahil edilmiştir. Birimin amacı, verimsizlikleri eleyerek tesisteki en önemli kayıpları yalın yönetim ve ileri problem çözme teknikleri kullanarak azaltmak, ürün maliyetinin rekabetçi seviyelere çekilmesini sağlamak ve problem çözme yetkinliklerini tüm çalışanlara yaymaktır.

- *Otonom faaliyetler*, tesis ve üretim alanlarının sürekli ve sistemsel iyileştirilmesi amacıyla sisteme dahil edilmiştir. Bu birim temelde 2 ayrı pillar tarafından yönetilmektedir. *Otonom bakım* faaliyetleri çalışanların operatör tarafından uygulanan bakım faaliyetlerini iyileştirme süreçlerini kapsarken *iş yeri organizasyonu* faaliyetleri ise çalışma alanında iyileşmeler yaparak verimliliği arttırmayı hedefler.
- *Profesyonel Bakım faaliyetleri*, kesintilerin ve arıza kaynaklı duruşların sıfırlanmasını hedefler. Hata analiz ve kök neden analiz teknikleri kullanılarak makinelerin verimini arttırmak ve sıfır kesintiye ulaşmak amacıyla makine operatörü ile bakım operatörü arasında koordinasyonu sağlamak temel amaçtır.
- *Kalite Kontrol faaliyetleri*, ürün performansını iyileştirerek müşteri ihtiyaçlarının sürekli karşılanmasını hedefler. Kaliteli ürün üretmek, uygunsuzlukları azaltmak ve çalışan yetkinliklerini arttırmak temel amaçtır.
- *Lojistik faaliyetleri*, stok miktarını optimize ederek üretim verimliliğini hedefler. Stok seviyelerini önemli ölçüde azaltmak, malzeme elleçlemeyi azaltmak ve tedarikçiden üretim hattına doğrudan ulaştırma faaliyetleri temel amaçtır.
- *Erken Ekipman Yönetim faaliyetleri*, makine ve/veya yeni hat kurulum zamanı ve maliyetlerinin optimizasyonunu ile yeni ürün özelliklerinin optimizasyonu hedeflenir. Yeni tesislerin planlanan akış ve ekipmanda gerçekleştirilmesi, hızlı başlangıç ve kararlılığının sağlanması, yaşam döngüsü maliyetlerinin azaltılması ve kolay kurulabilen ve sürdürülebilen tesisler tasarlamak temel amaçtır.
- *Çalışan Gelişimi faaliyetleri*, çalışanların yetkinliklerinin sürekli iyileştirilmesi kapsamında faaliyetlerini sürdürmektedir. Her bir iş için doğru beceri ve yetkinlikleri yapısal eğitim sistemi aracılığı ile sağlamak ve bakım, çalışanları, metot & teknoloji uzmanları ve üretim uzmanlarının rollerini sürekli geliştirmek temel amaçtır.
- *Çevre & Enerji faaliyetleri*, etkili bir çevre yönetiminin sağlanması, atıkların azaltılması, enerji optimizasyonu ve enerji kayıplarının sıfırlanması temel hedeftir. Çevre yönetim gereksinim ve standartlarına uymak ve atık azaltımı ve enerji verimliliği projeleri ile atık, kimyasal, su & atıksu ve enerji kayıplarını sıfırlamak amaçlanır.

DKÜ Yönetsel pillarları özetleyecek olursak (Dokic vd., 2012);

- *Yönetim kararlılığı*, Üst yönetimin şirketin DKÜ hedeflerinin ve performansının farkında olması ve faaliyetleri politikalar ile desteklemesi gerekmektedir. DKÜ, bu faaliyetler gerçekleşmeden işletmenin başarılı olmasını mümkün görmemektedir.
- *Hedeflerin ve Gösterge Alanlarının Netliği*, tüm çalışanların hedeflerini net belirlemesi ve hedeflere bağlı bir şekilde amaçlara ulaşması gerekliliğini ifade eder.
- *Yol Haritası*, DKÜ yönetim sisteminin amacının yol haritasının çalışanlara paylaşılması kritiktir. Çalışanlara amaç ve bu amaca nasıl ulaşılacağı anlatılması hedeflere ulaşmak için önemlidir.
- *Nitelikli İşgücü*, Nitelikli çalışanlar DKÜ hedeflerine ulaşmak için gerekli metodların ve yetkinliklerin belirlenmesi için nitelikli işgücü ihtiyacı mevcuttur. Özellikle sürecin ilk aşamalarında problemlerin tespiti ve önceliklendirerek iyileştirme yapılması faaliyetlerinde bu eğitimleri almış çalışanlar ile yola çıkılması gerekmektedir.
- *Kuruluşun Taahhüdü*, Tüm organizasyonun bağlılığı ve hedefe kitlenmesi için taahhüt önemli bir aşamadır.
- *Organizasyonun Yetkinliği*, Organizasyonun problem çözme yetkinliği ve elde edilen aksiyonların yaygınlaştırılması için kurumun ve sistemin yetkinliğinin tanımlanması gerekmektedir.
- *Zaman ve Bütçe*, Problemlerin çözümünde kısıtlı bütçenin doğru ve etkin kullanımı esastır.
- *Detay seviyesi*, Tespit edilen problemlerin detaylandırılması ve çözüme kavuşturulup kavuşturulmadığını görmek aksiyon süreci için önemlidir.
- *Yayılım seviyesi*, Yayılım hedeflerinin faaliyetlere nasıl dönüştürüleceği ve tüm çalışanlara bu faaliyetlerin nasıl yaygınlaştırılacağı, felsefenin ve kültürünün nasıl arttırılacağı kritiktir.
- *Çalışanların motivasyonu*, DKÜ uygulama amaçları ile doğru araçları kullanılması ve bunun sonucunda çalışanların motivasyonunun arttırılması önemlidir.

Operasyonel pillarlar her biri 7 adımda incelenmekte olup bu adımlar takip edilerek bir puanlama sistemi ve takip sistemi oluşturulmaktadır. Bu adımlar belirli ölçeklerde (birim bazlı değişerek) reaktif, önleyici ve proaktif yapıları belirler (Şekil 2.7).



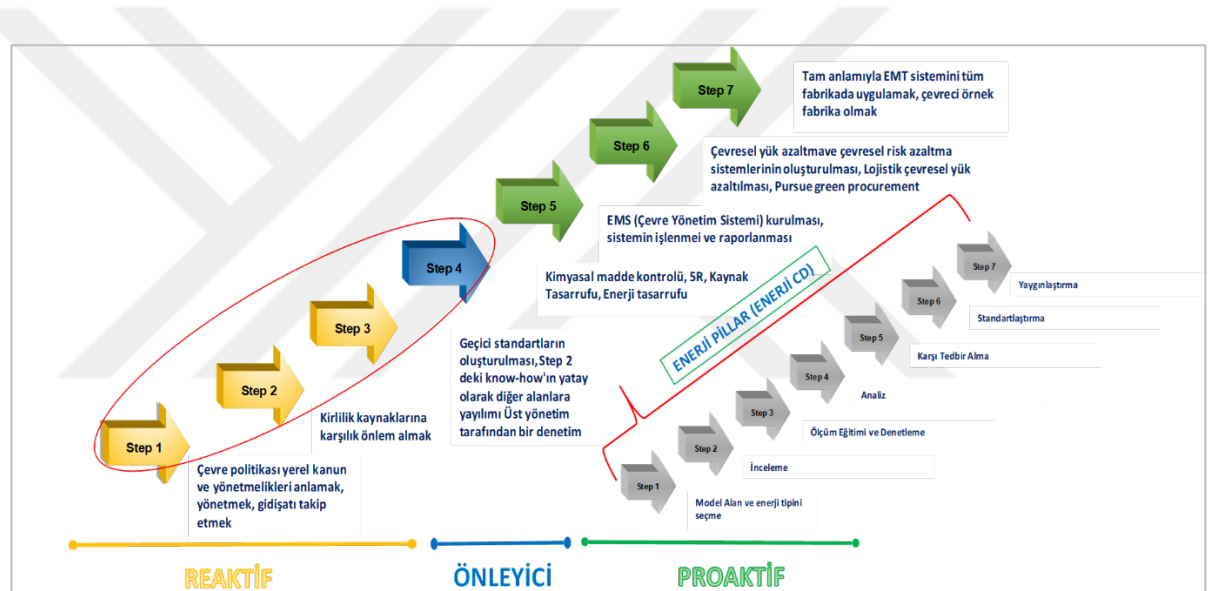
Şekil 2.7. DKÜ Modelinde Operasyonel Birimlerin 7 Adım ve Yaklaşımları (Djordjevic vd., 2010; Sarı, 2016)

DKÜ Çevre & Enerji faaliyetleri, ürün ve üretim proseslerin sürdürülebilirlik yaklaşımıyla proaktif bir ÇYS ve EnYS uygulamayı ve geliştirmeyi hedefleyen işletmeler bu amaçla DKÜ faaliyetlerini uygulayabilir. Bu işletmeler her türlü tehlikeli atıkları, atıksu ve bazı endirekt kimyasalları doğal kaynak kaybı olarak algılayarak bu kayıpları yok edecek metotlar oluşturmak zorundadır (Sarı, 2016).

DKÜ Çevre faaliyetlerinin gerekliliklerine bakıldığında çevre faaliyetlerinin yasalara ve uluslararası standartlara uygunluğunu (ISO 14001) sağlamak, su, atık/atıksu ve hava emisyonu konularında eksiksiz uyum ve çevresel risklerin minimize edilmesine özen göstermek sayılabilir. İdeal durumda ise çevre biriminin amacı tüm çalışanların her faaliyetinde çevre korunmasına özen göstermektir. Ayrıca sürdürülebilir bir yaklaşım ile

hammadde aşamasında ömrünü tamamlama aşamasına kadar geçen süreçte sürdürülebilir faaliyetlerini de gözden geçirmesini içerir (WCM Book of Knowledge, 2023).

DKÜ Çevre birimi için 7 adım yaklaşımı ana yaklaşımdan ayrılarak tekrar oluşturulmaktadır. Özellikle hem Çevre hem de Enerji birimlerinde önceliklendirme yapılarak adım adım giden ve 7. adım sonunda proaktif faaliyetlere ulaşan bir hedef olduğu görülmektedir. Adımları takip ederek 7. adımı tamamlayan endüstriler için Dünya Klasında Çevre ve Enerji yönetimi sağlamış ve yola çıkarken belirledikleri misyon ve vizyonuna ulaşılmış demektir. DKÜ Çevre ve Enerji 7 adım yaklaşımı Çizelge 2.9’da verilmiştir (WCM Book of Knowledge, 2023).



Şekil 2.8. DKÜ Çevre&Enerji 7 Adım Yaklaşımı

2.2.3 Diğer Yönetim Sistemleri

Yönetim sistemi kurmak isteyen birçok kuruluş sistemlerin belgelenmiş olması gerektiğinin ve sistemsel yönetilmesi gerektiğinin farkında değildir. Bu sebeple yönetim sistemi kurmak için mutlaka planlama, organizasyon, yönetim taahhüdü ve amaç ve hedef planlaması gerekmektedir. Bu sistemsel çalışmaların olmazsa olmazı ise tüm birimleri ilgilendiren bir ekip kurulmasıdır. Genellikle yönetim taahhüdü çalışanlara aktarmak ve çalışanların süreç dahiliyetini arttırmak için kilit departmanların liderlerinin ekipte olması

önemlidir. Bu ekip ayrıca sistemi tasarlamak, geliştirmek ve etkili bir şekilde uygulamak ve kontrol etmek için gereken rehberliği sağlamalıdır (Holdsworth, 2003).

Bu amaçla ISO ve DKÜ standartlarının yanı sıra şişletmeler, yalın yönetim felsefelerini üretim ve diğer faaliyetlerinde uyarlayarak israfı ortadan kaldırmayı hedeflemişlerdir (Jewalikar vd., 2017). Yalın üretim mantığında teknik çalışanlardan oluşan bir ekip görev almakla birlikte gittikçe otonomlaşan ve esnek bir yapıya bürünen bir sistem oluşturulmaktadır (Anvari vd., 2011; Jewalikar vd., 2017). Yalın üretim temelinde tedarikçi, müşteri ve iç dinamizmi ayna anda azaltarak minimize eden bir sosyo-teknik yapıdan oluşmaktadır (Şah ve Koğuş, 2003). Yalın üretimin temeli 5 S (Seri, Seiton, Seiso, Seiketsu ve Shitsuke) oluşturmakla birlikte bu 5 temel adım sırasıyla; ayıklama, düzenleme, temizleme, standartlaştırma ve disiplin süreçlerini içerir. Günümüzde 6ncı adım olarak İş Güvenliği ve Çevre Güvenliği (Safety) entegre edilerek 6S adını almıştır (Jewalikar vd., 2017). 6S, Toyota Yönetim sisteminden alınan 5S ve Evrensel Koordineli Zaman yönetiminden eklenen Safety ile entegre edilmiş ve şirketlerin yalın yönetim sistemlerinde bir metod olarak ön plana çıkmıştır (Jewalikar ve Shelke, 2013).

2.3 Sürdürülebilir Modeller ve İnisiyatifler

Sürdürülebilir gelişim ve sürdürülebilir yönetim birbirini ile ilişkili olsa da farklı kavramlardır. Sürdürülebilir yönetim sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek amacıyla paydaşların büyümesini ve aralarındaki ilişkiyi hesaba katacak şekilde sürekli kendini geliştiren çok disiplinli ve çok paydaşlı bir çalışma ve uygulama alanıdır (Billedeau ve Moreno-Cruz, 2022). Sürdürülebilir yönetim yeni ortaya çıkan bir gelişim alanı olup amaç organizasyonel ve toplumsal düzeydeki paydaşlara çevresel ve sosyo-ekonomik sorunları ölçmeye ve yönetmeye yönelik araçları sağlamaktır (Starik ve Kanshio, 2013). Sürdürülebilir yönetim faaliyetleri günümüzde yönetim sistemlerine entegre edilen bir vizyon olarak ifade edilmektedir. Yeni oluşan ve tüm paydaşların bireysel, organizasyonel ve kültürel seviyelerini ele alan ayrıca çevresel ve sosya-ekonomik başarı göstergelerinin birlikte yönetildiği bir sistemler bütünüdür (Billedeau ve Moreno-Cruz, 2022).

Souza ve Alves 2018 yılında yalın yönetim sistemlerine Sosyal Sorumluluk yönetim sistemini entegre etmişler bunu da çevresel, sosyal ve ekonomik olarak 3 alt kriterde genişletmişlerdir. Ayrıca Kasım 2023 tarihinde ISO 14068:2023 İklim Değişikliği Yönetim Sistemi Standardı yayınlanmış ve firmaların sürdürülebilirlik yol haritalarını oluşturmak için rehber niteliğinde olması hedeflenmiştir. Standardın amacı, uygulayan organizasyonları veya uygulanan ürünleri karbon nötre ulaştırmak için standart bir yol haritası oluşturmaktır (ISO 14068).

Sosyal sorumluluk yönetim sistemleri sosyal ve çevresel etkilerin faaliyet ve davranışsal yetkinliklerini değerlendiren ve endüstrilerin sürdürülebilirlik başarı göstergelerine sistemsal bir süreçtir. Endüstrilerde, sosyal sorumluluk projelerinde paydaşları ile sosyal aksiyonların değerlendirilmesi, yasal mevzuat çerçevesinde iyi uygulamaların paylaşılması gibi sürdürülebilirlik kapsamı içerisinde birçok faaliyet yer almaktadır (Lee, 2017). Kurumsal sosyal sorumluluk projeleri kurumun saygınlık ve imajını arttırarak yetkin personel, değer yaratmak, sosyal ve çevresel başarı göstergelerinin güçlendirilmesi ve çalışan motivasyonun arttırılması gibi soft (doğrudan para ile ilişkisi olmayan) kazançlar sağlar (Aureliano vd., 2013). Fakat birçok endüstri düzensiz ve standart olmayan sosyal sürdürülebilirlik süreçleri izlemektedir. Bu nedenle endüstriler, yazılı, standartlarla desteklenmiş ve şirket öncelikleri ile entegre bir sistem oluşturmak zorundadır. Bu problemin çözümü amacıyla 2010 yılında şirketlere sürdürülebilirlik süreçlerinin (sosyal sorumluluk ile ilişkili kısımların) yol haritalarını göstermek amacıyla ISO 26000 standardı yayımlanmıştır (ISO 2010, Souza ve Alves, 2018). ISO 26000 standardı sürdürülebilirlik alt kriterlerini (ÇSY) doğrudan etkilemesi ve kurumun sürdürülebilirlik performanslarına olumlu bir katkı sağlaması amacıyla önemli bir adım görülmektedir (Souza ve Alves, 2018).

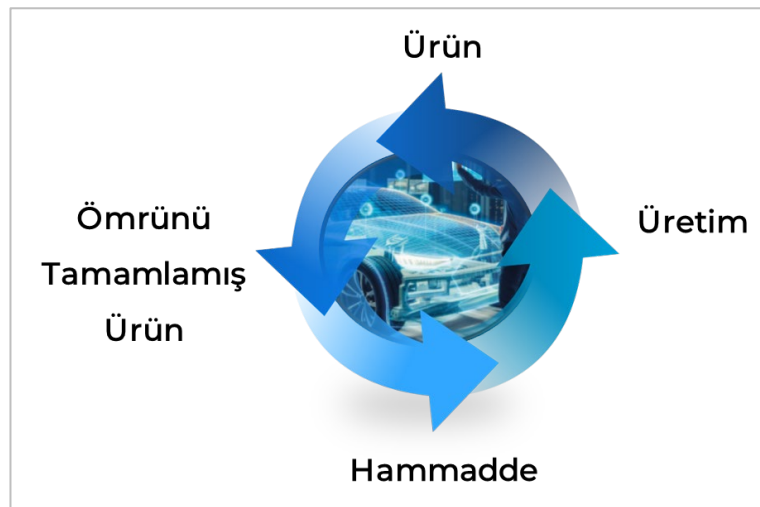
Sürdürülebilirlik yaklaşımları son yıllarda önemi artmış ve hızlıca gelişmektedir. Kılıç ve Atilla 2023 yılında yaptıkları bir çalışmada kurumsal firmaların stratejik direktörleri ile yaptıkları mülakat sonucunda 15 maddelik bir model oluşturmuşlardır. 15 maddeyi Endüstri 4.0 ile entegrasyonun önemini vurgulamışlardır. 15 maddelik model incelendiğinde Sürdürülebilir büyümenin teşvik edilmesi, işgücü çevikliğinin arttırılması, gelişen insan kaynakları yönetimi, küreselleşen iş gücü eğitimi, çevresel sorumluluk ve

iş modelleri, stratejik teknoloji entegrasyonu, insan sermayesi yatırımı, işbirlikçi endüstri ağları, sanayi geçişine yönelik politika desteği, veriye dayalı karar verme, yeniden beceri kazandırma ve gelişim, paydaş katılımı ve gelişimi, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, döngüsel ekonomi ilkeleri, etik yapay zeka ve otomasyon ilkelerine odaklanmaktadır. Bu model ile firmaların bu 15 maddeye odaklanarak sürdürülebilirlik faaliyetlerinde stratejik göstergelerde artış sağlayacağı öngörülmektedir (Kılıç ve Atilla, 2023).

Sürdürülebilirlik yönetimi genel anlamda bakıldığında firmaların çevresel, sosyal ve yönetim faaliyetlerinin ürünün hammadde aşaması, üretim aşaması, ürün aşaması ve ömrünü tamamlamış ürün aşamasında uygulanması için gerekli sistematik faaliyetlerin oluşmasını hedefler.

2.3.1 Sürdürülebilirlik Yaklaşımları

Sürdürülebilirlik modelleri faaliyetlerin sağlıklı gerçekleştirilmesi için bir dizi yaklaşımlar kullanılmaktadır. Sürdürülebilirlik faaliyetleri ürünün yaşam döngüsünü ele almaktadır. Ürünün yaşam döngüsü hammaddenin elde edilme aşamasından başlar (beşik) ve ürün tekrar hammadde haline getirilinceye kadar üreticinin sorumluluk alanında devam eder. Bu tez çalışması kapsamında sürdürülebilirlik sisteminin en genel yaklaşımı olan beşikten beşiğe yaklaşımı benimsenmiştir (Şekil 2.9).

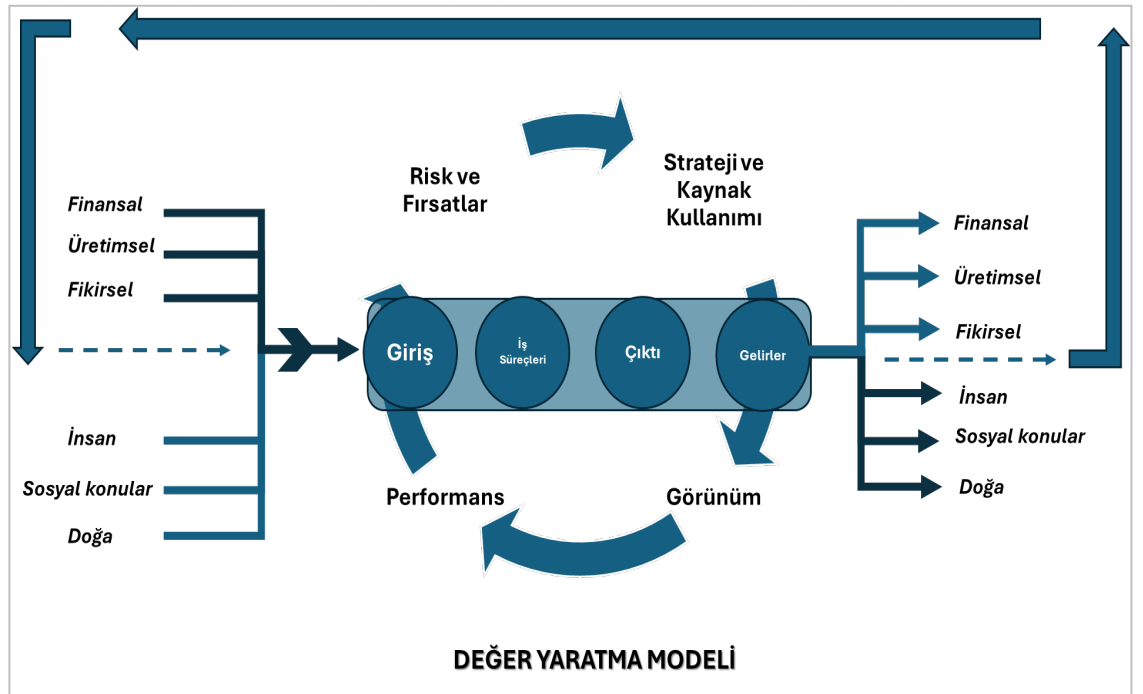


Şekil 2.9. Beşikten Beşiğe Sürdürülebilirlik Yaklaşımı

Şekil 2.9'dan anlaşılacağı üzere endüstrilerin sorumluluk alanları sadece üretim sahalarındaki alanlar değildir. Sorumlu olduğu alanlar ürünün hammadde & satınalma & tedarik süreçlerinden başlar, daha sonra üretim aşamasındaki süreçler entegre edilir, ürünün tasarım ve ömrü boyunca yapılması planlanan iyileştirmeler sürece dahil edilir ve ürün ömrünü tamamladıktan sonraki (tekrar hammaddeye dönüşüm süreçleri) süreçler ile sürdürülebilirlik kapsamındaki süreçler son bulur. Bu tez çalışması kapsamındaki tasarlanan yönetim sistemindeki tüm faaliyetlerin amacı beşikten beşiğe yaklaşımını esas alan bir yönetim sistemi oluşturmaktır.

2.3.2 Değer Yaratma Modeli

Değer yaratma modeli 2023 yılında IFRS'in Sürdürülebilirlik raporlama mantığını değiştirmesiyle birlikte sürdürülebilirlik raporlarında kurumun bahsetmesi gereken zorunlu bir model haline gelmiştir. Bu model, şirketin finansal, üretim, insan kaynağı, sosyal ilişkiler ve çevresel parametrelerini iş modelleri ile entegre ederek çıktıların tekrar girdi olarak kazanılması prensibine dayanır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Sürdürülebilirlik Bakış Açısı ile Değer Yaratma Modeli

2.3.3 Çevresel, Sosyal ve Yönetişimsel (ESG) Kriterler ve Yönetimi

Sürdürülebilirlik son yıllarda küresel ölçekte iklim değişikliği ve özelliklerinden ortaya çıkmış olsa da aslında ESG diye literatüre giren (Türkçeye de ÇSY'nin İngilizce karşılığı olan Environement, Social, Governance- ESG diye geçmiştir) 3 ana alt kriterden oluşmaktadır.

Çevresel kriterleri, şirketin karbon ayak izi, çevresel ürünlerin etkisi, doğal kaynak kullanımı ve atık ve enerji yönetimi konuları oluşturmaktadır (Rajesh, 2020; Barbosa vd., 2023). Firmalar sürdürülebilirlik döngüsünde (hammadde ve tedarik, üretim, ürün ve ömrünü tamamlamış ürün) çevresel başarı göstergelerini takip etmeyi hedefler. Böylece hem çevresel parametreler de iyileşme sağlanırken hem de ürünün yaşam döngüsü boyunca çevresel iyileştirmeler gerçekleştirilir.

Çevresel kriterlere bakıldığında en önemli parametre karbon emisyonlarıdır. Karbon emisyonları Kapsam 1 doğrudan emisyonlar, Kapsam 2 dolaylı emisyonlar ve Kapsam 3 kuruluşların kendisi tarafından üretilmeyen ancak dolaylı yoldan kontrol ettiği varlıklardan kaynaklanan emisyonlardır (Öktem, 2020).

Kapsam 1 emisyonları, genellikle doğrudan CO₂ ve eşdeğeri olarak salınan emisyonlar olup kuruluşlarda genel olarak doğalgaz ve kömür yakımı kaynaklı CO₂'nin açığa çıkması sonucunda oluşurlar.

Kapsam 2 emisyonları ise doğrudan CO₂ salmasa bile dolaylı olarak sera gazı emisyonu salan emisyonlardır. Örneğin, elektrik tüketimi doğrudan doğalgaz emisyonu salmaz ancak elektrik üretmek için doğalgazın yakılması kaynaklı sera gazı emisyonlar dolaylı emisyonlardır.

Kapsam 3 emisyonları ise iş seyahati, atıklar kaynaklı emisyonlar, satın alınan mal ve hizmetler kaynaklı emisyonları, tedarikçi kaynaklı nakliye, dağıtım faaliyetlerini içermektedir.

Sosyal kriterleri, şirketin iş kazaları, cinsiyet eşitliği kapsamında kadın çalışan ve yönetici sayısı, eğitim saatleri gibi konular oluşturmaktadır (Barbosa vd., 2023). Firmalar bu

konulara sürdürülebilirlik döngüsü kapsamında odaklanarak sosyal iyileşmelerin ürün döngüsü boyunca iyileşmesini hedefler.

Yönetişim kriterleri, şirketin rüşvet ve yolsuzlukla mücadelesi, müşteri memnuniyeti, insan haklarına bakış açısı, etik ilkelere uyum ve yönetim politikası belirler. Firmalar bu başarı göstergelerini iyileştirerek hem kendi süreçlerini hem de ürün döngüsündeki firmaların süreçlerini iyileştirerek küresel boyutta iyileşme sağlamayı hedeflemektedir (Barbosa vd., 2023).

2.3.4 Sürdürülebilirlik Raporları (SR)

SR, 1987 yılında Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan Brundtland raporundan esinlenerek ortaya çıkmıştır. 1990 yılının sonlarına doğru ise Küresel Raporlama Girişimi (GRI) kurulmuş ve GRI, ekonomik ve çevresel konuları dengelemek için SR yazımını ve faaliyetlerini teşvik etmiştir (Milne ve Grey, 2013; Benameur vd., 2023). SR'ın asıl çıkış amacı çok sayıda firmanın sürdürülebilirlik faaliyetlerini, sürdürülebilirlik başarı göstergelerini ve taahhütlerini iç ve dış paydaşlarına bildirmek ve takip edilebilirliğini ve ayrıca finansal verilerin güvenilirliğini sağlamaktır (Al-Shaer, 2020; Ali vd., 2021; Banemaur vd., 2023).

Günümüzde sadece birkaç ülke şirketlere ESG kriterlerini içeren rapor yayımlama zorunluluğu getirse de SR'lar büyük endüstriyel firmaların gönüllülük esasına dayalı olsa bile ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. SR'lar günümüzde ülkelerin zorunluluklarından çok şirketlerin ESG performanslarını görmek isteyen ve ürün tercih etmek isteyen firmaların baskısından dolayı SR hazırlamak zorunda kalmaktadır (Banameur vd., 2023). KPMG (2020) raporuna göre küresel ölçekli 250 en büyük şirketlerin %96'sının Sürdürülebilirlik Faaliyetlerini gerçekleştirdiği ve ESG kriterlerine bağlı bir SR hazırladığını ortaya koymaktadır. Ayrıca küçük ve orta ölçekli şirketlerin de %39'unun 2019 yılında SR çıkardığı küresel ölçekte analizlenmiştir.

Sürdürülebilirlik raporları 2023 yılına kadar gönüllülük esaslı ve GRI onaylı çıkıyor olmasına rağmen Temmuz 2023 yılında IFRS (International Financial Reporting

Standarts) Sürdürülebilirlik Şeffaflık Standartları yayınlanmış ve 2024 yılından itibaren Sürdürülebilirlik raporlarının finansal raporlar ile entegre ve belirli standartlarda olmasının önü açılmıştır. Ayrıca Temmuz 2023 yılında getirilen en önemli değişiklik 2024 yılından itibaren AB gibi bazı ülkelerde başlamak üzere SR'lerin zorunlu hale getirilmesidir (IFRS, 2023).

Sürdürülebilirlik yönetiminde getirilen bu köklü değişiklikler firmaları Kurumsal Sürdürülebilirlik Uzmanları ile sürece yönetmeye ve sürdürülebilirlik çatısı altında sistemsal bir dizi faaliyetler almaya zorlayacaktır. Öyle ki özellikle AB Yeşil Mutabakatı gibi bazı AB yönetmelikleri bu faaliyetleri gerçekleştirmeyecek firmalar için bir dizi vergi seti paketlerini mevzuat haline getirmiştir. Bu kapsamda firmaların sürdürülebilirlik yönetim sistemleri kurmak sistemsal faaliyetleri uygulamaktan başka şansları bulunmamaktadır. Bu çalışma sektör farketmeksizin firmalara bu kapsamda yol gösterici olacaktır.

2.3.5 Küresel İnisiyatifler

Sürdürülebilirlik raporları gönüllülük esasına göre ve paydaşlara bilgi verilmek amacıyla yazılmaktadır. Paydaşların (tedarikçi, yatırımcı, müşteri, çalışanlar vb.) diğer firmalar ile sürdürülebilirlik faaliyetlerini paylaşması, birbiri ile kıyaslaması veya yatırımcıların firmanın faaliyetlerini sürdürülebilirlik açısından değerlendirmesi için küresel ölçekte inisiyatifler ortaya çıkmıştır. Dünyadaki en önemli 12 inisiyatife baktığımızda (brightest.io);

- EU CSRD: AB Kurumsal Sürdürülebilirlik Direktifi, 2023 yılında yürürlüğe girecek olan ve çoğu şirket için zorunlu AB sürdürülebilirlik raporlamaları genişleten bir inisiyatiftir. CSRD'nin amacı kurumsal sürdürülebilirlik raporlamasını daha yaygın, standartlara dayalı ve finansal parametrelerin entegrasyonuna yönelik hale getirmektir.
- TCFD: TCFD, şirketlere iklimle ilgili finansal riskleri yatırımcılara, kredi verenlere, sigortacılara ve diğer paydaşlara rehberlik etmektedir. TCFD öncelikle finans ve bankacılık sektöründe giderek daha fazla kullanılmakla birlikte, ABD

Menkul Kıymetler Banka Komisyonu, Birleşik Krallık Mali Davranış Otoritesi ve Ulusal Finansal Yönetim Birliği tarafından desteklenen bir küresel inisiyatifdir. TCFD 2024 yılından itibaren Bölüm 2.3.2’de bahsedilen IFRS Küresel Raporlama Standardı’na entegre edilecektir.

- ISSB (IFRS): Uluslararası Sürdürülebilirlik Raporlama Standardı, CFO’ların ve yatırımcıların ihtiyaçlarını karşılayan küresel bir sürdürülebilirlik ve iklim raporlama formatı olarak 2022 yılında ortaya çıkmıştır. Her ne kadar daha yeni çıkarılsa ve geliştirilme aşamasında olsa da IFRS’in mali raporlamadaki katkısı sürdürülebilirlik ve finansal entegrasyon açısından yeni bir dönemi başlatacaktır.
- CDP: CDP 9 600 şirketin aktif olarak katıldığı küresel bir çevresel performans açıklama inisiyatifidir. Şirketler, iklim değişikliği, ormanlar ve su güvenliğine ilişkin 3 farklı kategoride raporlama yaparlar. CDP’nin en önemli avantajı Küresel Ortalama, Sektör Ortalaması ve Avrupa ortalamasındaki yerini gösteren bir benchmark sağlamaktadır (Nalbur ve Yavas, 2024). İsteyen firmalar firma ismi ile bile benchmarking gerçekleştirebilir.
- GRI: Küresel Raporlama İnisiyatifi (GRI) 1997 yılında ilk sürdürülebilirlik standardını belirleyen kuruluş olarak bilinmektedir. En yeni GRI standartları ESG kategorilerinde toplam 34 set sürdürülebilirlik veri standardı sağlamaktadır. Günümüzde sürdürülebilirlik raporlarının sunulduğu en yaygın inisiyatif olarak bilinmektedir.
- SASB: Sürdürülebilirlik Muhasebe Standartları Kurumu (SASB) yatırımcılar açısından en önemli ESG performansın alanlarını inceleyen, finansal olmayan ve sektöre özgü sürdürülebilirlik raporu standartları oluşturan bir inisiyatifdir. SASB standartları sektöre özgü farklılık gösterir ve birçok sektör için özel olarak geliştirilmiştir. SASB 2021 yılında Entegre Raporlama Kurumu ile birleşerek sürdürülebilirlik raporlarını finansal verilerle entegre edebilmek amacıyla Değer Raporlama Vakfı’nı oluşturmuştur.
- B-CORP: B-CORP sosyal ve çevresel konulara özel bir sertifikasyon ve raporlama birimidir. B-CORP genellikle küçük ölçekli işletmeler için tercih edilmektedir.
- SBTi: SBTi (Science Based Target) inisiyatifi kuruluşları sera gazı emisyonlarının azaltılması hedefleri ile uyumlu bir şekilde teşvik eden ve

geliştiren bir kuruluştur. Sistem üst yönetim karbon azaltım taahhüdü ile başlar ve kuruluş verilen hedef doğrultusunda bilimsel hesaplamalar ve faaliyetler ile raporlama gerçekleştirmektedir (UN Global Compact, 2023).

- Bloomberg ESG: 2009 yılında ESG puanlaması yapmaya yönelik kurulmuş bir inisiyatif olup 10 000’den fazla şirkete ESG puanlaması yapmaktadır.
- FTSE Russell: Şirketlerin ESG skorlamasını ölçen bu inisiyatif 300’ün üzerinde soru sayısına sahiptir. Puanlama metodolojisi sektörlere göre değişmektedir.
- MSCI ESG Research: 6 000 küresel şirket ve 40 000’e yakın tahvili araştıran MSCI, ESG parametrelerinden 37 ana konuya odaklanmaktadır. Veri incelediği kurumlar arasında kamu bankaları, hükümet kurumları gibi yerler olmakla birlikte inisiyatif şirket verileri, akademik yayınları vb. konuları da değerlendirmektedir.
- Ecovadis: 2007 yılında faaliyetlerine başlayan Ecovadis 4 başlık ve 26 kritere göre değerlendirme yapmaktadır. Sağlanan online platform üzerinden şirketler anket sorularını cevaplayıp dinamik ESG kartları üzerinden puanlarını takip edebilmektedir.

2.3.6 Ülkemizdeki İnisiyatifler

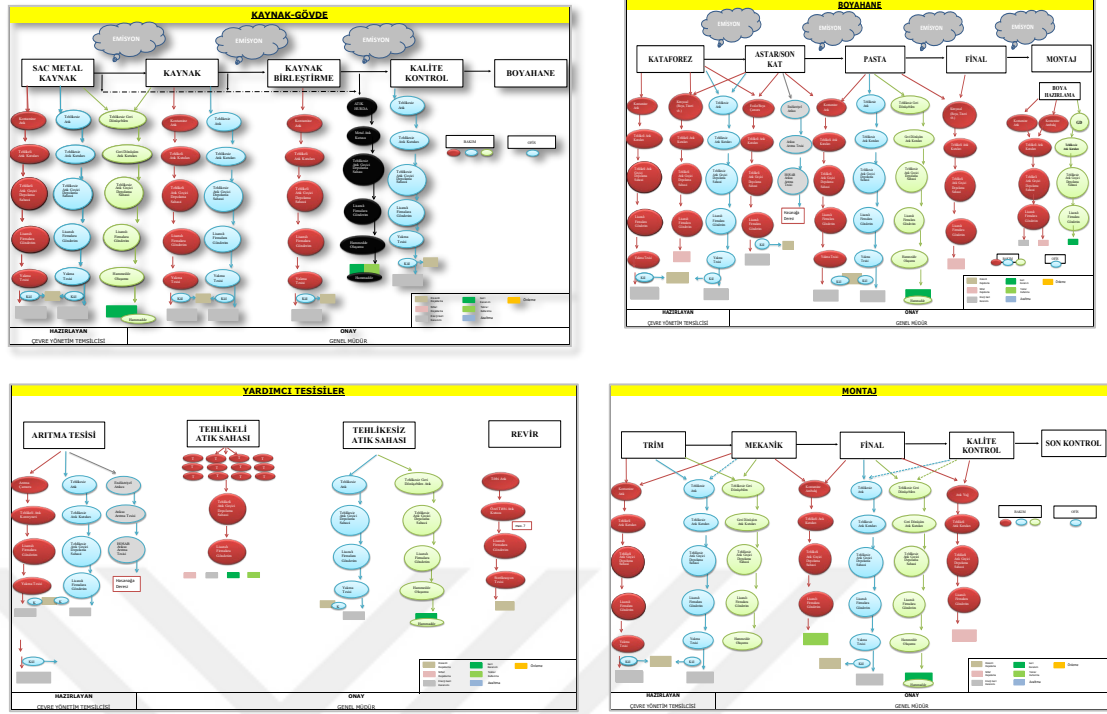
Ülkemizde Sürdürülebilirlik çalışmaları AB ile paralel gitmekle beraber verilen taahhütler göz önünde bulundurulduğunda hedefler 3 yıl geriden takip edilmektedir. Bunun yanı sıra Türkiye’deki önemli kuruluşlar (Fortuna 500 Türkiye) birçoğu küresel inisiyatiflere dahil olurken Türkiye’de Borsa İstanbul firmaları için 2 adet inisiyatif bulunmaktadır. Bu inisiyatifler;

- Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Indexi (BIST): Bu inisiyatif 2021 yılından itibaren Refinitive aracılığı hizmet vermektedir. BIST kapsamında firmalar ESG faaliyetlerini raporlamakta ve Refinitve danışmanları tarafından ESG puanlanmaktadır. ESG skoru 50 ve üzeri alınan ayrıca her bir alt bölümden (Çevre, sosyal ve yönetim) 40 puan ve üzeri alan firmalar yalnızca BIST indeksine dahil olmaktadır.
- SPK Sürdürülebilirlik İlkeleri: Yılda bir defa Borsa İstanbul’a veri sunmaya dahil olan firmaların açıklamak durumunda olduğu ilkelerdir. Format belirlidir ve sürdürülebilirlik faaliyetlerini raporlaması için yardımcı standart format vardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

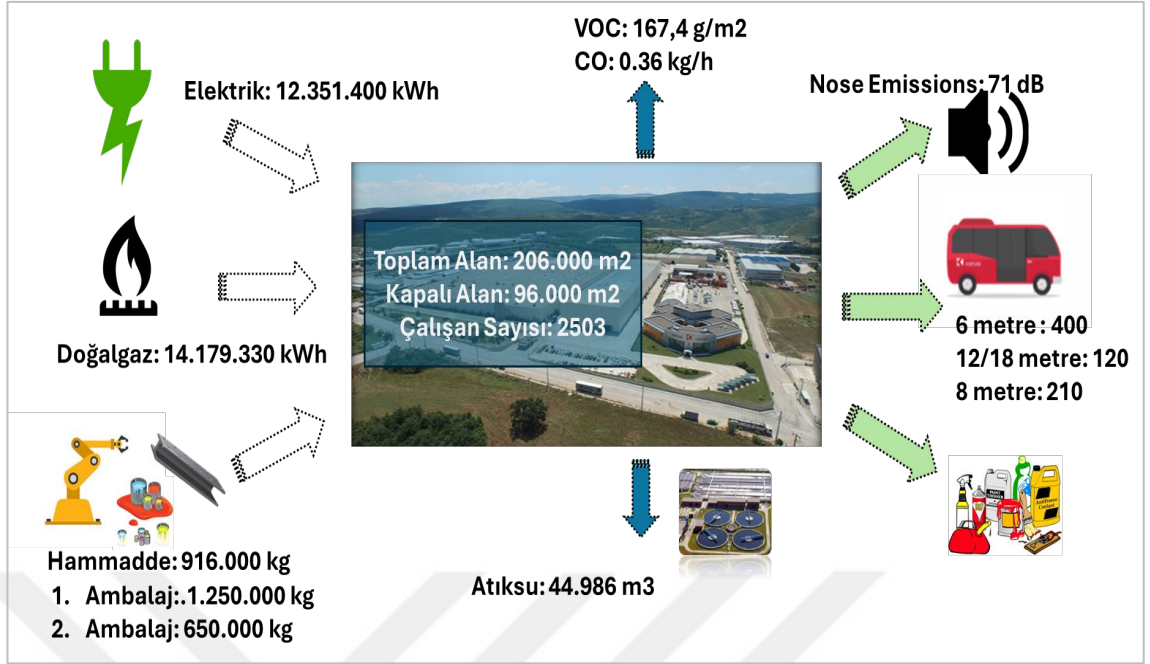
Sürdürülebilirlik yönetim metodolojisinde sektör ihtiyaçları ve önemlilik analizi ile sürece başlanarak güncel çevre ve enerji yönetim sistemlerinin de entegre edileceği yeni bir sistem yaratılmıştır. Sistem oluşturulurken mevcut yönetim sistemlerinde elektrikli ve sürdürülebilir ürünler üreten kuruluşların yaşadığı zorluklar analiz edilmiş ve uygulama kolaylığı olan en etkili sistemin oluşturulması sağlanarak bu sistem elektrikli ve hidrojen yakıtlı otobüs üreten bir fabrikada gerçek ölçekte uygulanması sağlanmıştır. Bu sayede literatür çalışmalarından farklı olarak kurulan yönetim sisteminin verimliliği de analizlenerek değerlendirilmiştir.

Çalışma gerçekleştirilecek kuruluş elektrikli otobüs ve hidrojen yakıtlı otobüs üretmektedir. Ürünleri incelendiğinde 6 metre, 8 metre, 10 metre, 12 metre ve 18 metre boyutlarında ve 6 metrelik ürünün sağdan direksiyonlu, 8 metrelik ürünün Seviye 4 otonom ve 12 metrelik ürünün ise hidrojen yakıtlı versiyonu bulunmaktadır. Elektrikli araç sektöründe üç ana temel proses bulunmakta olup öncelikle sac ve hazırlık işlemleri sonunda kaynak yapılarak aracın gövdesi oluşturulur. Kaynak işlemi sonunda araçlar önce kataforez tesisine gelir ve korozyona karşı koruma kimyasalı ile kaplanır. Daha sonra boya işlemleri ve fırınlar aracılığı ile kuruma işlemi yapılır. Boyahane işleminden sonra araç montaj istasyonlarına gelir ve aracın yürür aksamaları için gerekli tüm parçalar araç üzerine takılır. Üç ana üretim prosesi için bakım ve lojistik/tedarik birimleri destek birim olarak görev almaktadır. Bu işlemler sebebiyle tehlikeli atıklar, geri dönüştürülebilir atıklar, atıksu, emisyon ve doğal kaynak kullanımı gibi çevresel etkiler meydana gelmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kaynak (a), Boyahane (b), Montaj (c) ve Bakım (d) Birimleri Çevresel Etki ve İş Akış Şemaları

Tez çalışması gerçekleştirilecek işletme 210.000 m² toplam alan 96.000 m² kapalı alandan oluşmakta ve yaklaşık 2 503 kişi çalışmaktadır. Kurumun kütle denge analizine bakıldığında tesisin yıllık 12 351 MWh elektrik tükettiği, 14 171 MWh doğalgaz tükettiği ve 916 ton hammadde tükettiği ve bu hammaddeye bağlı olarak 1 250 ton birincil ambalaj, 650 ton ikincil ambalaj ürün oluşumu için girdi olarak kullanıldığı görülmüştür. Ayrıca üretim aşaması sırasında 167,4 gr/m² uçucu organik bileşik (UOB), 0,36 kg/sa CO saldıgı görülmektedir. Ayrıca özellikle boyahane faaliyetleri sırasında 44 986 m³/yıl atıksu oluşmaktadır. Ayrıca çıktı olarak yıllık yaklaşık 400 adet 6 metre, yıllık 120 adet 12 ve 18 metre, yıllık 210 adet 8 metre araç ürettiği ve bununla birlikte yaklaşık 360 ton tehlikeli atık, yıllık 1 600 ton ise geri dönüştürülebilir atık oluşturmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Tez Çalışması Yapılan Kuruluş İçin Oluşturulan Çevresel Kütle-Denge Analizi

Çalışma yapılacak kuruluş elektrikli ve hidrojen yakıtlı araç üretmektedir. Çevre ve sürdürülebilirlik bakış açısında mevcut durumda gövde hatlarından tehlikeli ve geri dönüştürülebilir atıkları çıkmakta ve kimyasal kullanımı bulunmaktadır. Ayrıca proses olarak elektrik enerjisi, ısınma amaçlı ise doğalgaz kullanılmaktadır. Boyahane işlemlerinde ise boya ve kataforez işlemlerinde kimyasal kullanımı söz konusu olup proses amaçlı enerji kaynakları elektrik ve doğalgazdır. Ayrıca proses amaçlı atıksu oluşan tek birim boyahane birimidir. Montaj işlemleri ise kimyasal kullanımı yönünden düşük olup genel olarak geri dönüştürülebilir atıkları oluşmaktadır. Yardımcı birimler ise Bakım birimi olup kimyasal kullanımı ve tehlikeli atık oluşumu söz konusudur. Bu tez çalışması kapsamında bu sebeple tehlikeli atıklar, geri dönüştürülebilir atıklar, atıksu ve kimyasal tüketimi araç başı performans olarak takip edilecektir. Mevcut durumda performans göstergeleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma Yapılacak Kuruluşun Mevcut Durum Anahtar Göstergeleri

Anahtar Göstergeler	2019
Tehlikeli Atık (kg/ürün)	23,7
Geri Dönüşümlü Atık (kg/ürün)	396,9
Kimyasal Tüketimi (kg/ürün)	257
Atıksu Tüketimi (m3/ürün)	12,7
Elektrik (kWh/ürün)	4.255
Doğalgaz (kWh/ürün)	3.680
Karanlık Fabrika (kWh/gün)	13.700
Karbon Emisyonları – Kapsam 1 (ton/yıl)	2.521
Karbon Emisyonları – Kapsam 2 (ton/yıl)	4.665
Karbon Emisyonları – Kategori 1 (ton/yıl)	-
Karbon Emisyonları – Kategori 3 (ton/yıl)	-
Karbon Emisyonları – Kategori 11 (ton/yıl)	-
İç karbon maliyeti (₺/yıl)	-

Elektrikli araç sektörünün değerlendirilmesi ve önemlilik analizi, çevre ve enerji maliyetlerinin ve kayıp sistematığının kurulması ve sonuçlarının hesaplanması, iç karbon fiyatlama metodolojisi, ürün bazlı karbon ayakizi belirleme metodolojisi, yeşil tedarik metodolojisi ve ömrünü tamamlamış ürün süreçlerinin metodolojisi ayrı ayrı oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda bu alt metodolojilerin entegre edildiği yeni bir yönetim sistemi yapısı ortaya çıkmıştır.

3.1 Sektör İhtiyaçları ve Önemlilik Matrisi

Otomotiv, hafif ticari ve ağır ticari araç firmaları çevre ve enerji faaliyetlerini uzun yıllardır en etkili uygulayan sektörlerin başında gelmektedir. Ancak artan sektör ihtiyaçları ve isterler özellikle son yıllarda önem kazanmaya başlamıştır. Bu kapsamda faaliyetlerin belirlenmesi ve kaynakların etkili kullanılması için sürdürülebilirlik yapısı oluşturulmadan önce sürdürülebilir bakış açısı ve paydaşlar ile bir öncelik belirleme ve ihtiyaç analizinin oluşturulması kritiktir.

Önceliklendirme anketinin amacı tüm ortakları sürece dahil eden sayısal analizlerin fizibilitesini gerçekleştirmektir. Önceliklendirme ve ihtiyaç analizi (ÖİA), anket ve çalıştay metoduyla gerçekleştirilmiş olup anket metodunda Microsoft Office Forms® uygulaması Likert ölçeği kullanılmıştır. Çalıştay kısmına ise Microsoft Teams® uygulaması ile 1150 paydaş daveti (13'ü üst yönetimi içeren iç paydaşlardan oluşmuştur) ile yıllık olarak gerçekleştirilmiştir. Ankette çalışanlara 'Yasal uyum düzeyi'; 'Çevresel stratejiler'; 'Risk yönetim faaliyetleri'; 'Sürdürülebilirlik faaliyetlerinin ürün ve hizmetlere etkisi'; 'Kurum Kültürü'; 'Sorumlu ve Karlı İş Model Uygulamaları'; 'Sektör Yöne Verme Başarısı' konusunda değerlendirme istenmiştir. Anket soruları ayrıca Ek-1'de verilmiştir. Katılımcılardan bu 7 konuyu 0'dan 10'a kadar değerlendirmeleri ve konunun kendileri için ne kadar önemli olduğunu ilişkilendirmeleri istenmiştir. Elde edilen sonuçlar GRI Önemlilik İndeksi yöntemi kullanılarak şirketin başarısına etkisi ve paydaş öncelikleri sütunlarından oluşan bir matrise puan ortalaması alınarak aktarılmış ve daha sonra çalıştay katılımı ile şirketin 1., 2. ve 3. Öncelikleri belirlenerek kısa, orta, uzun vadeli planları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar yönetim sisteminin oluşturulması ve majör/minör adımların belirlenmesi için kritiktir. Çalışmanın gerçekleştirileceği kurumun mevcut sistem kriterleri ve ideal sistem kriterleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Mevcut Sistem ve İdeal (Tez Uygulamasından Sonra) Sistem İhtiyaçları

Yönetim Sistemleri/İnisiyatifler	Mevcut Durum	İdeal Durum
ISO 14001	Belge var	Belge var
ISO 50001	Belge yok	Belge var
DKÜ Çevre&Enerji	Başlamadı	5 puan
CDP	F	B
BIST	F	B
SBTi	Yok	Var
Sürdürülebilirlik Raporu	Yok	Var

Çizelge 3.2’den anlaşılabacağı gibi çalışmaya başlamadan önce yönetim sisteminin uygulanacağı yapıda sadece ISO 14001 belgesi mevcuttur. Bu çalışma ile hem küresel inisiyatiflere hem de yönetim sistemlerine bütünleşmiş bir yapı oluşturulması planlanmakta olup devreye alınan faaliyetler sonucunda oluşan ideal tablo sonuçlar kısmında ayrıca paylaşılmıştır.

3.2 Kaza Yönetim Sistemi Metodolojisi

Çalışma kapsamında kaza süreçleri – yalın yönetim süreçleri ile entegre edilmesi önemlidir bu sebeple, Planla, Uygula, Kontrol Et ve Önlem Al (PUKÖ) döngüsü kullanılmıştır.

Planlama aşamasında 5N1K metodolojisi ile problem tanımlanmış olup ilave olarak balık kılçığı metodu ile olası sebepler belirlenmiş ve 5 Neden metodu ile kök nedenler ortaya çıkarılmıştır (Şekil 3.3).

BÖLÜM:	İSTASYON:	LOKALİTE:	VARDIYA:	ANALİZ YAPAN:
Çevre Hemenotik Piramidi 		Olay Nasıl Tespit Edilmiştir ☐ Bildirim ☐ İş Denetim ☐ Dış Denetim ☐ EMAT ☐ Acil Durum ☐ Tatbikat ☐ Şikayet ☐ Diğer		
Çevresel Etki ☐ Toprak Kirliliği ☐ Hava Kirliliği ☐ Su Kirliliği ☐ Gürültü ☐ Sızıntı ☐ Yangın ☐ Kimyasal Döküme ☐ Doğal Kaynak Tüketimi		☐ Kontrolsüz Emisyon ☐ Kontrolsüz Değer ☐ İklim değişikliği ☐ Diğer		
OLAYIN TANIMLANMASI (5N 1K) NE (Olay Türü): NEREDE (Kazanın gerçekleştiği yerin tespiti): NE ZAMAN (Vardiya başında veya sonunda arasında, üretim sırasında, dış alanlarda vs.): KİM (Kazaya sebep olan kişiler, bölüm sorumlusu): Ne Kadar (Kaza sebebi olan maddelerin miktarı): NASIL (Olay nasıl gerçekleşti?):				
Kaza Kök Nedeninin Bulunması 5 Neden Analizi				
Balık Kılçığı Analizi 				

Şekil 3.3. Kaza İnceleme Formu Planlama Metodları

Uygulama aşamasında kök nedenlerin ortadan kaldırılmasına yönelik aksiyonlar belirlenmiştir. Aksiyonlar termin tarihi ve sorumlu verilecek şekilde form üzerinde belirtilir. Kontrol aşamasında aksiyonlar ve kazanın yaşanma sıklığı kontrol edilmiş ve önlem al aşamasında ise kontrol edilmiş aksiyonlar benzer alanlara yaygınlaştırılmıştır. (Şekil 3.4).

DÜZELTİCİ FAALİYET	SORUMLU	ÖNGÖRÜLEN TARİH	KAPANMA TARİHİ	DÜZELTİCİ FAALİYETİN ETKİLİ BİTİŞ TARİHİ
Düzeltilici Faaliyetin Etkinliği Evet ☐ Hayır ☐ Ek Eylem Planı:				
Ek Eylem Planı Tarafından Verilen Sonuçlar				
Benzer Alanlara Uygulamanın Yaygınlaştırılması Evet ☐ Hayır ☐ Diğer Yaygın Alanları:				

Şekil 3.4. Kaza İnceleme Formu Uygula, Kontrol Et ve Önlem Al İçin Kullanılan Metodlar

Tez çalışması kapsamında kaza tüm çevresel kazalarda kök-neden analizi ile doğru kök-nedenleri ortadan kaldırmak kuruluşlarda sıfır kazaya ulaşmak için önemlidir. Tez çalışması kapsamında Kök-Neden Analiz formunun tam metni Ek-2 olarak ayrıca yol göstermek amacıyla sunulmuştur.

3.3 Risk Belirleme Yöntemi

Yönetim sistemlerinin temelini risk analizi süreçleri oluşturur. Risk analizi sistemi çevre ve enerji kayıp ve risklerinin daha kaza/çevresel felaket yaşanmadan önce tespit edip önüne geçilmesini sağlamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada da risk analizi sistemi yönetim sisteminin önemli maddelerinden biri olmuştur. Risk analizi yöntemlerinde risk olarak 2 durum tespit edilmesi amaçlanır; Güvensiz Durumlar ve Güvensiz Davranışlar.

Güvensiz durumlar, çalışma ortamlarında mevcut / çevresel koşullardan etkilenerek çevresel güvenliğin ihlal edildiği durumlardır. Ortamda atık kutularının bulunmaması, adsorban malzeme bulunmaması veya kimyasal kapların dökülmeye karşı koruyucularının bulunmaması güvensiz durumlara örnektir.

Güvensiz davranışlar, çalışma ortamında çalışanların ha ve hareketlerinden kaynaklı çevresel güvenliğin ihlal olmasıdır. Atık kutusunun bulunması ancak çalışanların atıkları yanlış atık kutularına atması, kimyasal dökülmelerinde çalışanların prosedürleri uygulamayarak adsorban kullanılmaması veya kimyasal kapların koruyucularının çıkarılması güvensiz davranışlara örnektir.

Güvensiz durum ve davranışlar çalışma süresi boyunca risk ve tehlikeleri oluşturur. Risk analiz sisteminin hızlı ve etkili sonuç alması, daha sonrasında çalışanlara yaygınlaştırılacak olması ve sürdürülebilirlik faaliyetleri kapsamında tedarikçilere entegre edilmesinin hedeflenmesi sebebiyle 5*5 risk matrisi metodu ile hesaplama yapılmıştır (Şekil 3.5).

OLASILIK (O)			ŞİDDET (Ş)		
Sayısal	Nitel	Açıklama	Sayısal	Nitel	Açıklama
1	Beklenmez fakat mümkün		1	Çok az	Tehlikesiz ve/veya geri dönüştürülebilir madde
2	Mümkün fakat düşük	Epoksi zemin mevcutsa en fazla bu seçenek puanlanır.	2	Ölçülebilir, Etkisi Az	Tehlikesiz ve/veya geri dönüştürülebilir madde Tehlikeli madde miktar az
3	Olası	Proseste beton zemin varsa en fazla bu seçenek puanlanır.	3	Ölçülebilir, Etkisi Olabilir	Tehlikeli madde miktar orta derecede
4	Mümkün	Alıcı ortama dolaylı karşım söz konusu ise bu seçenek puanlanır.	4	Ölçülebilir, Etkisi Fazla	Tehlikeli madde miktar fazla
5	Beklenir Kesin	Alıcı ortama doğrudan deşarj var ise bu seçenek puanlanır.	5	Ölçülemez, Etkisi Çok Fazla	Aşırı tehlikelilik özellik gösterme

Şekil 3.5. Risk Değerlendirme Matrisi (Olasılık ve Şiddet Metodu)

Olasılık değerlendirilirken, faaliyet esnasındaki boyutlardan kaynaklanan etkinin gerçekleşme olasılığı sorgulanır ve puanlandırılır. Boyutun gerçekleşme olasılığı alınan önlemlerle azaltılmışsa değerlendirme buna göre yapılır.

Şiddet değerlendirilirken, faaliyet esnasındaki unsurların çevre üzerinde yaratacağı tahmini etki sorgulanır ve puanlandırılır. Puanlandırma yapılırken, çevresel boyutun etkisinin düşürülmesine yönelik mevcut kontroller (mevcut tehlikeler için alınmış olan ve etkin olarak uygulanan önlemlerdir) varsa, puanlandırma yapılırken bu kontroller göz önüne alınır.

$$\text{Risk Değeri} = \text{Olasılık} \times \text{Şiddet}$$

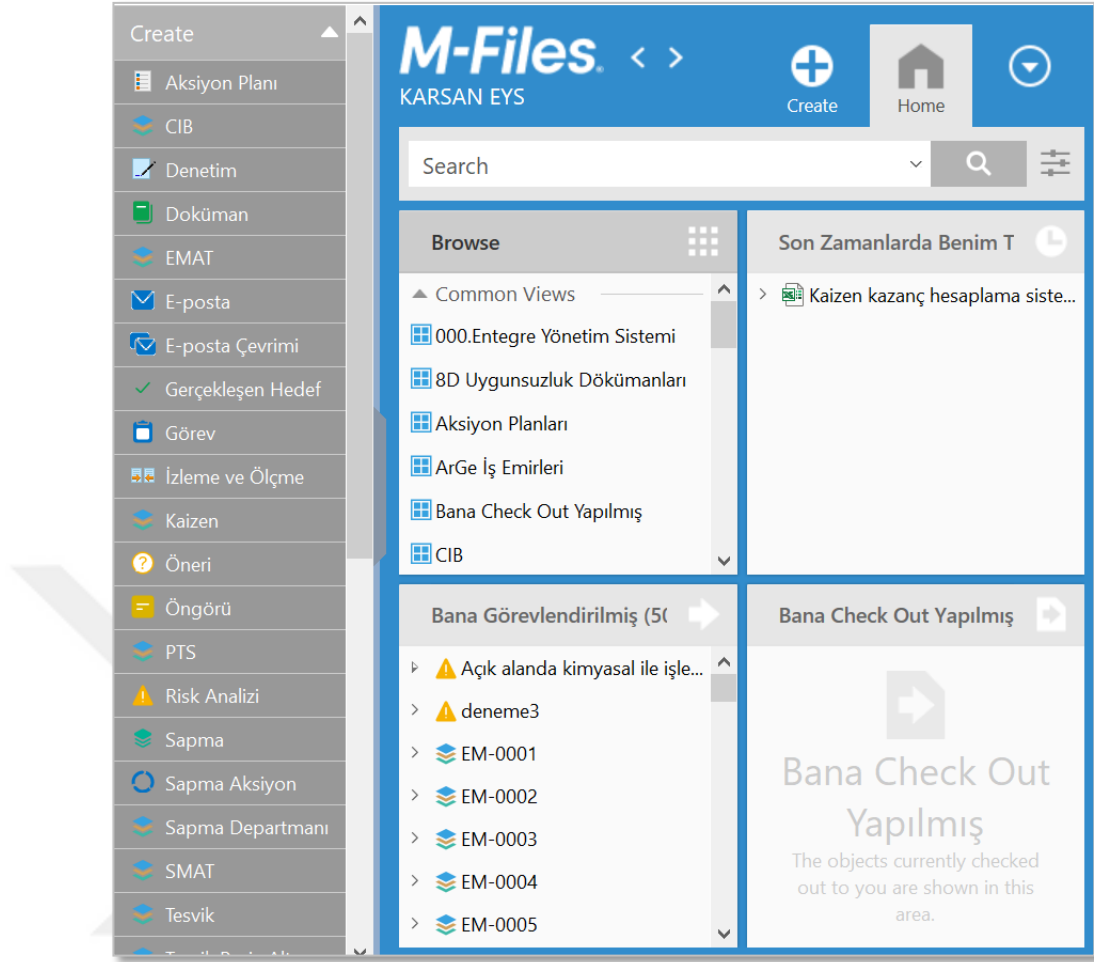
Yukarıdaki eşitliğe göre risk değerlendirme tablosu Şekil 3.6’da verilmiştir.

		ŞİDDET				
		1	2	3	4	5
OLASILIK	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Şekil 3.6. Risk Değerlendirme Matrisi

Ayrıca çalışma kapsamında risk değerlendirme metoduna ilave olarak online bir yazılım oluşturulmuş ve tüm çalışanların bildirim verilmesi amacıyla QR Kod yazılımı kurularak mevcut risk analiz sistemiyle entegre edilmiştir.

M-Files yazılımı yönetim sistemleri uygulamalarının entegre edildiği mobil bir uygulama olup, kaza yönetimi, risk yönetimi, kaizen/aksiyon yönetimi, denetim risklerinin belirlenmesi ve aksiyonlarının da sistem üzerinden takip edilmesini sağlar (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. M-Files Sistemi Yönetim Sistemi Modülleri

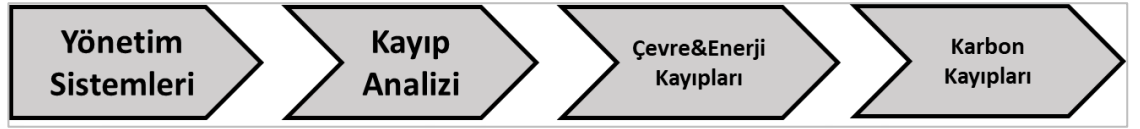
QR kod uygulaması tüm çalışanlardan anlık güvensiz davranış ve güvensiz koşul belirlenmesi için devreye alınmıştır. QR kod uygulaması ile tüm çalışanlar anlık olarak çalışma alanlarında tespit ettikleri güvensiz davranış ve koşulları tespit eder ve risk analiz sistemine dahil edilir. QR kod uygulamasında çalışanlar;

- Risk/tehlike bildirimi yapılacak alan,
- Risk/tehlike bildirim kategorisi,
- Risk/tehlike bildiriminin tanımı,
- Güvensiz koşul / güvensiz davranış,

Kategorilerinde seçmeli sorular yanıtlayarak tespit ettikleri güvensiz durum ve davranışları anlık olarak bildirirler. Sonuçlar Microsoft Forms® uygulaması yanıtların takibi modülünde anlık olarak raporlanır.

3.4 Çevre ve Enerji Kayıp Sistemi

Yönetim sistemlerinin en temel amacı PUKO döngüsü ile üretim aşamalarındaki uygunsuzluk, kayıp, risk (aksiyona dönüşmesi için planlama) gibi sonradan aksiyona dönüşecek faaliyetleri belirlemektir. Bunu sistemsel yapmak oldukça kritiktir. Çalışma kapsamında tüm süreçleri kapsayacak bir çevre ve enerji kayıp sistemi oluşturulacaktır. Daha sonra bu sistemin karbon kayıp sistemati oluşturulmuştur (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Yönetim Sistemlerin Kayıp Metodu (Yavas vd., 2022)

3.4.1 Çevre Kayıp Sistemi

Çevre kayıp sistemi, endüstrilerde çevre aksiyonlarının alınması için kritik öneme sahiptir. Bu tez çalışması kapsamında elektrikli araç üreten bir endüstrinin çevre kayıp sistemi için 3 alt başlık ve 5 kategoriden oluşan bir kayıp sistemi kullanılmıştır. Bu 3 alt başlık;

- Atık Kayıpları
- Kimyasal Kayıpları
- Su & Atıksu Kayıplarından oluşmaktadır.

Çevre kayıp sistemi DKÜ kapsamında 5 alt başlıktan oluşmakta olup Emisyon ve Ambalaj Atığı kayıpları sürdürülebilirlik yönetim sistemi kapsamında Karbon Emisyonu Kayıpları altında değerlendirilmiştir.

Çevre kayıp sistematiği kayıp kategorilerine ayrılmaktadır. Çevre kayıp kategorileri;

- Gereksiz tüketim kaynaklı kayıplar
- Aşırı tüketim kaynaklı kayıplar
- Optimizasyon kayıpları
- Çevreci & yenilenebilir kaynak kullanılmaması kaynaklı kayıplar
- Tekrar kullanım eksikliği kayıpları

Gereksiz tüketim kaynaklı kayıplar, üretim olmayan zamanlardaki atık oluşumu, kimyasal tüketimi, su ve atıksu tüketimlerinden oluşmaktadır. Bu kayıp kodu için bir hesaplama metodu geliştirilmemiş olup üretim olmayan zamanlardaki tüm tehlikeli atıklar, tüm direk kimyasal tüketimleri ve su tüketimleri kayıp olarak kabul edilmiştir. Bu kayıplar sırasıyla kg, kg ve m³ olarak Microsoft Excel® yazılımı ile kayıt altına alınmakta ve firmanın kayıp sistemine entegre edilmektedir.

Aşırı tüketim kaynaklı kayıplar, ideal durumdan daha fazla kullanım kaynaklı oluşan kayıplardır. Yönetim sistemleri tasarlanırken aşırı tüketim kaynaklı bir metodun kurulması önemlidir.

Optimizasyon kayıpları, süreçlerin ve tesislerin verimsizliğinden kaynaklanır. Bu kapsamda bakım ekipleri, bütçe ekipler, satın alma ekipleri birlikte ideal ekipmanları belirler. Kayıp hesaplama için Eşitlik 3.1 kullanılacaktır.

Çevreci & Yenilenebilir ekipman kaynaklı kayıplar, teknolojinin ve dijitalizasyonun takibi ve kuruluşlara çevre amaçlarına ulaşmak için son derece önemlidir. Burada amaç sürekli iyileştirme kapsamında sistemi sıfır kayba ulaştırmaktır. Bu sebeple eğer sistemi sıfır hedefine ulaştıracak bir teknoloji ve/veya bir dijitalizasyon uygulaması varsa bu kullanılmalıdır.

Tekrar kullanım eksikliği kaynaklı kayıplar, atıkların, kimyasalların ve özellikle su & atıksu kaynaklı kayıpların önüne geçmek için kategori olarak belirlenmiştir.

Çevre kayıplarını hesaplarken kullanılan eşitlik;

$$\text{Kayıp miktarı (kg\&m}^3\text{)} = \text{Mevcut durum (kg\&m}^3\text{)} - \text{ideal durum (kg\&m}^3\text{)} \quad (3.1)$$

3.4.2 Enerji Kayıp Sistemi

Enerji kayıp sistemi çevre kayıp sistemi ile entegre bir şekilde yürütebilir. Özellikle SCADA ile enerji tüketimi takip edilen konularda enerji kayıplarını toplamak çevre kayıplarına göre daha kolaydır. Elektrikli araç sektöründe enerji kayıp sistemi kurmak ve

lineer regresyon analizi oluşturmak ihtiyacı göz önünde bulundurulduğunda entegre bir kayıp sistemi oluşturulmuştur. Enerji kayıpları 7 kategoriden oluşmaktadır (Yavas vd., 2022);

- Gereksiz Tüketim Kaynaklı Kayıplar (Tip 1)
- Aşırı Tüketim Kaynaklı Kayıplar (Tip 2)
- Optimizasyon Eksikliği Kaynaklı Kayıplar (Tip 3)
- Geri Kazanım Eksikliği Kaynaklı Kayıplar (Tip 4)
- İletim Kayıpları (Tip 5)
- Dönüşüm Kayıpları (Tip 6)
- Yenilenebilir Enerji Kayıpları (Tip 7)

Gereksiz tüketim kaynaklı kayıplar, üretim olmayan zamanlardaki enerji tüketimlerinden kaynaklanan kayıplardır. Bu kayıp kodu için bir hesaplama metodu geliştirilmemiş olup üretim olmayan zamanlardaki tüm enerji kayıpları kayıp olarak kabul edilir. İzleme metodu olarak SCADA sistemi kullanılır. Sistem üretim olmayan zamanlardaki tüm kayıpları enerji kaynaklı kayıplar olarak kaydeder.

Aşırı tüketim kaynaklı kayıplar, ideal durumdan daha fazla kullanım kaynaklı oluşan enerji kayıplarıdır. Hesaplama metodu ile ideal durum hesaplanır (Eşitlik 3.3). Mevcut durum ise SCADA tarafından kaydedilir. Aradaki olası farklar kayıp olarak tespit edilir.

Optimizasyon kayıpları, süreçlerin ve tesislerin verimsizliğinden kaynaklanır. Bu kapsamda bakım ekipleri, bütçe ekipleri, satın alma ekipleri birlikte ideal ekipmanları belirler. Kayıp hesaplama için Eşitlik 3.2 ve Eşitlik 3.3 birlikte kullanılacaktır.

Geri Kazanım eksikliği kaynaklı kayıplar, boyahane ve kompresör gibi atık ısı, atık buhar vb. enerji kaynağını oluşturan sistemlerde bu atık ısı ve atık buhar gibi kaynakların geri kazanılması hedeflenir. Eğer mevcutta atık enerji oluşturan sistemler var ve kullanılmıyorsa kayıp olarak kabul edilir. Enerji analizörleri ile kayıp takip edilir.

İletim kayıpları, Enerjinin iletilmesi ve taşınımı sırasında mesafe, sıcaklık kayıpları, ölü bölgeler kaynaklı kayıplardır. Ölçüm cihazları ile ölçülerek Eşitlik 3.2 yardımıyla hesaplanır.

Dönüşüm kayıpları, Aydınlatma ve basınçlı hava gibi elektrik ve doğalgazdan elde edilen dönüşüm kayıplarını ifade eder. Hesaplama yöntemi için Eşitlik 3.2 ve Eşitlik 3.3 birlikte kullanılacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklı kayıplar, yenilenebilir enerji potansiyelinin kullanılmaması kaynaklı kayıplardır. Enerji etütlerinde tesisin fizibilite değeri kadar kayıp girilir. Amaç tüm kayıplar sıfırlandıktan sonra en son yenilenebilir enerjiye odaklanarak enerji tüketimini maksimum verimde yenilenebilir enerjiden karşılamaktır.

Enerji kayıpları belirlenirken ve regresyon analizi oluşturulurken enerji verimliliği (%) ve ürün başı enerji tüketimleri (kWh/ürün) olarak takip edilmesi hedef ve planlamanın etkinliği açısından önemlidir. Bu kapsamda sırasıyla Eşitlik 3.2 ve Eşitlik 3.3 kullanılmıştır.

$$\text{Enerji Verimliliği (\%)} = \frac{\text{Tüketim(ilk)} - \text{Tüketim (son)}}{\text{Tüketim (son)}} \times 100 \quad (3.2)$$

$$\text{Spesifik Enerji Tüketimi} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{ürün}} \right) = \frac{\text{Toplam Enerji Tüketimi (kWh)}}{\text{Toplam Üretim (adet)}} \quad (3.3)$$

Regresyon analizleri için çeşitli programlar kullanılmakta olup ilk aşamada Microsoft Excel® üzerinden çoklu regresyon modülü kullanılacaktır. Teorik olarak regresyon analizi hesaplanması yapılmayacak olup bu sebeple ayrı bir formülasyon verilmemiştir. Ayrıca enerji verileri PowerStudio_v5 SCADA sistemi üzerinden 1dk., 15 dk., 1 saat, 1 gün, 1 hafta, 1 ay ve 1 yıllık periyotlar olarak elde edilecektir.

3.5 Karbon Kayıp Sistemi ve İç Karbon Süreci

Bu tez çalışması kapsamında çevre & enerji kayıp sistemi DKÜ ve ISO sistemlerine göre elektrikli araç sektörüne entegre edilmiş olup karbon kayıp sistemi ise literatüre ilk defa

Çalışma kapsamında dahil edilmiştir. Sürdürülebilirlik kapsamında müşteri tarafından artan enerji kayıplarının sıfırlanması ve buna bağlı olarak karbon emisyonlarının azaltılması bu çalışmayı zorunlu kılmış ve kuruluşların artık beşikten beşiğe yaklaşımla başarı göstergeleri ve karbon verilerini takip etmesi bu zorunluluğu ortadan kaldırmayı hedeflemiştir. Karbon kayıpları oluşturulurken Çevre ve Enerji kayıplarından yararlanılacak ancak karbon kayıpları beşikten beşiğe yaklaşım ile ele alınmıştır. Bu durum aynı zamanda Çevre ve Enerji yönetim sistemi kapsamında takip edilen çevre ve enerji başarı göstergelerini tedarikçi ve satın alınan paydaşlara, tasarım aşamasındaki süreçlere ve ömrünü tamamlama aşamasındaki süreçlere de entegre etmiştir. Bu uygulama ile standartlardaki beşikten beşiğe yaklaşım eksikliğinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda 6 kategoride karbon kayıpları oluşturulmuştur;

- Tedarikçi firma kaynaklı karbon kayıpları
- Lojistik faaliyetleri kaynaklı karbon kayıpları
- İç karbon kayıpları
- Ürün kaynaklı kayıplar
- Tasarım kaynaklı kayıplar
- Döngüsel Ekonomi kayıpları

Tedarikçi firma kaynaklı karbon kayıp sistemi oluşturularak direk ve endirekt satınalma işlemlerinde tedarikçilerinde ana ürüne etki eden hammadde ve yardımcı malzemelerin karbon başarı göstergelerini takip etmesi amaçlanmıştır (Eşitlik 3.4). Tedarikçi kaynaklı karbon emisyonları;

Karbon Emisyonu (ton CO₂) = Tedarikçi Kurumsal Karbon Ayakizi / Ürün (3.4)
formülü ile hesaplanacaktır.

Lojistik faaliyetleri kaynaklı karbon emisyonları, ürünlerde kullanılacak hammadde ve yardımcı malzemelerin taşınması, iç alanlarda malzemelerin üretim alanlarına taşınması ve bitmiş ürünlerin müşteriye teslimi sırasındaki emisyonları kapsamaktadır. Lojistik faaliyetleri karbon emisyonları;

$$Kapsam 3 (ton CO_2) = \left[\left(FV (lt) * \frac{Yoğunluk \frac{kg}{lt}}{1000} \right) * NKD * EF CO_2 \right] / 1000 \quad (3.5)$$

FV: Yakıt miktarı (lt)

Yoğunluk (kg/lt): Yakıt yoğunluğu

NKD: Net Kalorifik Değer

EF: Emisyon Faktörü

Formülü ile hesaplanacaktır.

İç karbon kayıpları, üretim ve satınalma aşamasında gerçekleştirilen faaliyetlerin karbon maliyetlerinin belirlenerek bu projelerin gerçekleştirme oranını arttırmak amacıyla karbon kayıp sistemine dahil edilmiştir. Gerçekleştirilen tez çalışması kapsamında karbon kayıpları enerji ve çevre kayıpları ile entegre bir şekilde kurumun İsrar ve Kayıp Analiz sistemine girilmiştir. Gölge fiyatın amacı firmayı düşük karbonlu yatırımlara yönleltmek için firmanın kazandığı enerji maliyetlerinin üzerine firmanın karbon bazlı fırsat kazancını da dahil etmeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda kullanılacak eşitlikler enerji tasarruf hesaplamaları, enerji kaynaklı karbon emisyon hesaplamaları ve karbon maliyet hesaplamaları olmak üzere 3 alt grupta toplanabilir.

Enerji tasarruf denklemleri;

Kurutucu/Kompresör gibi ekipmanların enerji hesaplamalar;

$$V_{kur.} = \frac{V_{komp.}}{f_p * f_{ti} * f_{tc} * f_{ta}} \quad (3.6)$$

f_p: Kompresör çıkış basıncındaki düzeltme faktörü

f_{ti}: Kompresör çıkış sıcaklığındaki düzeltme faktörü

f_{tc}: Ortam sıcaklığı düzeltme faktörü

f_{ta}: Dewpoint değeri için düzeltme faktörü

Pompaların verim hesapları;

$$\partial = \frac{p * g * Q * H}{P} \quad (3.7)$$

∂ : Verim (%)

p : Yoğunluk (kg/m^3)

g : yerçekimi ivmesi (m/s^2)

Q : debi (m^3/h)

H : basma Yüksekliği (m)

P : Güç (kW)



Şekil 3.9. Sahadaki Pompa/Motor Ölçümleri

Sıcak su kazan hesaplamalarında endirekt verim yöntemi kullanılmıştır. Endirekt verim yönteminde toplam verim %100 kabul edilmiş, diğer verim kayıp noktaları bu değerden çıkarılmıştır. Bu hesapla kayıpların hangi noktalarda olduğu ortaya konulmuştur.

$$\text{Kazan verimi (\%)} = 100 - (L_{KBG} + L_{NBG} + L_{COBG} + L_{RK} + L_B) \quad (3.8)$$

L_{KBG} : Kuru baca gazı yoluyla olan ısı kaybı

L_{NBG} : Baca gazındaki nem nedeniyle olan ısı kaybı

L_{COBG} : Baca gazındaki yanmamış karbon monoksit nedeniyle olan ısı kaybı

L_{RK} : Kazan yüzeyinden radyasyon ve konveksiyonla olan ısı kaybı

L_B : Blöf nedeniyle olan ısı kaybı

Elektrik motorlarındaki verim hesabı için Çizelge 3.3'te verilen standartlardan yararlanılmıştır.

Çizelge 3.3. Elektrik Motorları Verim Standartları Tablosu

GÜÇ	IE1				IE2				IE3				IE4			
kW	2Ø	4Ø	6Ø	8Ø	2Ø	4Ø	6Ø	8Ø	2Ø	4Ø	6Ø	8Ø	2Ø	4Ø	6Ø	8Ø
1,5	77,2	77,2	75,2	70,2	81,3	82,8	79,8	74,1	84,2	85,3	82,5	79,7	86,5	88,2	85,9	82,6
2,2	79,7	79,7	77,7	74,2	83,2	84,3	81,8	77,6	85,9	86,7	84,3	81,9	88,0	89,5	87,4	84,5
3	81,5	81,5	79,7	77,0	84,6	85,5	83,3	80,0	87,1	87,7	85,6	83,5	89,1	90,4	88,6	85,9
4	83,1	83,1	81,4	79,2	85,8	86,6	84,6	81,9	88,1	88,6	86,8	84,8	90,0	91,1	89,5	87,1
5,5	84,7	84,7	93,1	81,4	87,0	87,7	86,0	83,8	89,2	89,6	88,0	86,2	90,9	91,9	90,5	88,3
7,5	86,0	86,0	84,7	83,1	88,1	88,7	87,2	85,3	90,1	90,4	89,1	87,3	91,7	92,6	91,3	89,3
11	87,6	87,6	86,4	85,0	89,4	89,8	88,7	86,9	91,2	91,4	90,3	88,6	92,6	93,3	92,3	90,4
15	88,7	88,7	87,7	86,2	90,3	90,6	89,7	88,0	91,9	92,1	91,2	89,6	93,3	93,9	92,9	91,2
18,5	89,3	89,3	88,6	86,9	90,9	91,2	90,4	88,6	92,4	92,6	91,7	90,1	93,7	94,2	93,4	91,7
22	89,9	89,9	89,2	87,4	91,3	91,6	90,9	89,1	92,7	93,0	92,2	90,6	94,0	94,5	93,7	92,1
30	90,7	90,7	90,2	88,3	92,0	92,3	91,7	89,8	93,3	93,6	92,9	91,3	94,5	94,9	94,2	92,7
37	91,2	91,2	90,8	88,8	92,5	92,7	92,2	90,3	93,7	93,9	93,3	91,8	94,8	95,2	94,5	93,1
45	91,7	91,7	91,4	89,2	92,9	93,1	92,7	90,7	94,0	94,2	93,7	92,2	95,0	95,4	94,8	93,4
55	92,1	92,1	91,9	89,7	93,2	93,5	93,1	91,0	94,3	94,6	94,1	92,5	95,3	95,7	95,1	93,7
75	92,7	92,7	92,6	90,3	93,8	94,0	93,7	91,6	94,7	95,0	94,6	93,1	95,6	96,0	95,4	94,2
90	93,0	93,0	92,9	90,7	94,1	94,2	94,0	91,9	95,0	95,2	94,9	93,4	95,8	96,1	95,6	94,4
110	93,3	93,3	93,3	91,1	94,3	94,5	94,3	92,3	95,2	95,4	95,1	93,7	96,0	96,3	95,8	94,7
132	93,5	93,5	93,5	91,5	94,6	94,7	94,6	92,6	95,4	95,6	95,4	94,0	96,2	96,4	96,0	94,9
160	93,8	93,8	93,8	91,9	94,8	94,9	94,8	93,0	95,6	95,8	95,6	94,3	96,3	96,6	96,2	95,1
200	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4
250	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,5	95,4
315	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
355	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
400	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
450	94,0	94,0	94,0	92,5	95,0	95,1	95,0	93,5	95,8	96,0	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4

Elektrik motor ölçümleri sistem panolarından gerçekleştirilmiş olup hız sürücülü motor ölçümleri sürücü girişinden alınmıştır (Çizelge 3.3). Pompa/motor verimleri Chauvin Arnoux enerji analizörü kullanılarak ölçümlenmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Pompa/Motor Sistemlerinin Ölçüm Yöntemi

Aydınlatma ölçümleri elektrik Mühendisleri Odası'nın yayımladığı 'En Az Aydınlık Düzeyleri Tablosu EN 12464-1:2011 Standardı' tablosuna göre hesaplanmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Aydınlatma Analiz Tablosu (EN 12464-1:2011)

Bölüm Adı	Armatür Adedi	Mevcut Armatür Tipi	Alan (m ²)	Yükseklik (Armatür Zemin arası) (m)	Ölçülen Lüks Değeri*	En Az Aydınlık Düzeyi Tablosuna göre Lüks değeri
Mekanik Hiz. Otobüs Montaj	14	Floresan	45*25	4	107	300
	18	Led		14		
	424	Floresan		231*15		
Otobüs Montaj İstasyonları	24	Floresan	231*50	14	453,75	500
	410	Halojen	231*50	14		
	50	Floresan	161*7	4		
	212	Floresan	231*15	4		
	144	Floresan	231*15	4		
	36	Floresan	42*50	14		
	64	Led	142*30	6,5		
Reanult Megane	64	Led	142*30	6,5	386,6	300
Robotik Yarı	36	Floresan	24*30	6	104	300
Final Hattı	140	Floresan	30*180	6	326,25	300
Parça Depo	80	Floresan	60*40	6	136,6	200
Kaynak	44	Led	84*30	6	375	300
Otobüs Boya	51	Led	168*22	7,5	149,5	300

Diğer enerji hesaplamaları enerji kayıp sistematığı bölümünde verilen Eşitlik 3.2 ile hesaplanmıştır.

Enerji hesaplamalarından elde edilen sonuçlar için karbon hesaplaması Eşitlik 3.9 ve Eşitlik 3.10'a göre gerçekleştirilmiştir.

Elektrik tüketimi kaynaklı emisyon hesabı;

$$Kapsam\ 2\ (ton\ CO_2) = Tüketim\ (kWh) * EF \quad (3.9)$$

Doğalgaz tüketimi kaynaklı emisyon hesabı;

$$Kapsam\ 1\ (ton\ CO_2) = Tüketim\ (m^3) * Yoğunluk\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) * NKD * EF \quad (3.10)$$

NKD: Net Kalorifik Değer

EF: Emisyon Faktörü

Enerji verimliliği sonuçlarına göre elde edilen karbon emisyonları iç karbon sistemine yıllık karbon fiyat öngörüsüne göre dahil edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçların gölge fiyatı 120 €/ton CO₂ olarak kabul edilmiştir.

Çalışma kapsamında enerji ölçümleri ve verimlilik hesapları için kullanılan cihazlar ve özellikleri Çizelge 3.5'te sunulmaktadır.

Çizelge 3.5. Verimlilik Ölçümü İçin Kullanılan Cihazlar

Marka	Model	Seri No.	Cihaz Tipi	Kalibrasyon Tarihi
Chauvin Arnoux	CA8331B	182155WFH	Enerji Analizörü	19/07/2023
Chauvin Arnoux	F407	101127UAC	Enerji Analizörü	27/09/2023
Dimens	TUF200H	82106970H	Ultrasonik Akışölçer	23/12/2023
Testo	405i	48918226	anemometre	30/09/2023
Testo	605i	49344759	Nem ölçer	30/09/2023
Testo	510i	46272783	Nem ölçer	03/10/2023
Testo	320	30238998	Baca gazı analizörü	24/03/2023
Testo	882	02016522	termal kamera	23/03/2023
Lutron	LX-1108	Q290384	lüksmetre	17/03/2023
Testo	410i	46477068	Pervane tipi anemometre	03/02/2023
VPIstruments	VpsR200p400	515344	Kompresör debi ölçer	10/08/2023
Leakshooter	LKS1000-V2+	T3563	Ultrasonik kaçak tespiti	Kapsamdışı

3.6 Aksiyon Takip Metodolojisi

Gerçekleşen çevresel kazalar, tespit edilen riskler ve kayıplar yönetim sistemlerindeki planlama faaliyetlerini kapsamaktadır. Planlama faaliyetleri aksiyona dönüştükçe yönetim sistemlerini uygulayan kuruluşlar hedefledikleri stratejik göstergelere ulaşırlar.

Tez çalışması kapsamında 8 aşamadan oluşan bir aksiyon puanlama metodu kullanılacaktır. Bu metod aksiyonların etkisini düşük seviyeden (1) en yüksek seviyeye (8) raporlayan ve aksiyon kalitesini ölçen bir metod oluşturacaktır. Çevresel aksiyonlar puanlama metoduna göre Şekil 3.11’de gösterilmiştir.

Başlangıç Aksiyonları							
R1 - Seviye 1	R2 - Seviye 2	R3 - Seviye 3	R4 - Seviye 4	R5 - Seviye 5	R6 - Seviye 6	R7 - Seviye 7	R8 - Seviye 8
Yasal uyum / ekipman koruyucuları / Adsorban kullanımı	TND Görsel Kontrol Operatör Bilgilendirme / Denetim	Sınırlandırıcı Çözümler / Azaltım Faaliyetleri	Otomasyon Çözümleri / Tasarım Değişikliği / Makina Ekipman Revizyonu	Tehlikeyi İzole Etme / Etkisini Azaltma - Ayırma	İkame Etme / Daha Az Tehlikeli Olanla Değiştirme	Tehlikeyi Kaynağında Önleme / Tekrar Kullanma&Geri Dönüşüm	Poka&Yoke / Tehlikenin Ortadan Kaldırılması / Tehlikenin Tamamen Yok Edilmesi

Şekil 3.11. Aksiyon Kalitesi Puanlama Metodu

Aksiyon takip metodu risk puanları ile ilişkilendirilmiş ve yüksek risklere yüksek puanlı aksiyon alınması sağlanarak risklerin azaltılması hedeflenmiştir (Şekil 3.12).

Etkin Çözme Oranı - Robustness Of Solutions									
RS	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	Grand Total
25									
15-20									
8-12									
1-6									
Toplam									
Toplam									

Şekil 3.12. Risk Puanı – Aksiyon Seviyesi Korelasyonu

3.7 İç Denetim Metodolojisi

Yönetim sisteminin etkinliği ve sürekliliğini sağlamıştır. Kurumların kendi iç denetim süreçlerine entegre edilebilir ancak tez çalışması kapsamında Çevre & Enerji yönetim yapısı üzerine DKÜ metodolojisinin kurguladığı bir iç yönetim sistemi yaratılmıştır. İç denetim metodolojisinin en önemli 2 aşaması bulunmaktadır;

- Üst yönetim dahiliyeti
- Alan dışı sorgulama

Bu tez çalışması kapsamında DKÜ yönetim sistemindeki EMAT metodolojisi tüm üst yönetimin hedeflerine entegre edilmiştir.

Bu sistem için bir Tedarikçi Değerlendirme Anketi ve Denetim Kontrol Listesi oluşturulması planlanmaktadır. Bu kapsamda tedarikçiler belirli bir skala puan üzerinden değerlendirilecek ve bu seçim kriterini etkileyecektir. Örnek Seçim kriteri yapısı Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Tedarikçi Seçim Kriterleri Metodolojisi -Örnek

	Ücret %30	Güç/Enerji %30	Mekanik Parçalar %20	Etkinlik %10	Sürdürülebilirlik Etkisi %10
Tedarikçi					
1					
Tedarikçi					
2					
Tedarikçi					
3					

Bu kapsamda karşılanacak ve sorgulanacak ESG kriterleri;

Çevresel parametreler;

- Çevre yönetim sisteminin kurulması ve uygulanması,
- Kimyasal kullanımı, atıksu, atık, emisyon ve gürültü parametrelerinin en aza indirilmesi,
- Enerji ve kaynak verimliliğini arttırıcı uygulamalar

Sosyal parametreler;

- Yangın ve acil durumlar için alınan tedbirler,
- İlk yardım ekiplerinin oluşturulması ve mesleki yeterlilik sorgulaması,
- Tehlikeli ekipman kullanımı, koruyucu donanım kullanımı ve Kaza Sıklıklarının takibi,
- Yasal mevzuat uyumu,
- Çocuk işçi ve asgari yaş standartlarının karşılanması,
- Çalışanlara saygılı davranma,
- Sendikal hakların desteklenmesi,
- Sorumlu işe alım, ücretler, sosyal haklar, çalışma saatleri ve sonlandırma uygulamaları,

- Etkili bir öneri, şikayet mekanizması,

Yönetsel parametreler,

- Tedarikçiler bir çevresel & sosyal durum değerlendirmesi yapacaktır,
- Tedarikçiler bir tedarik zinciri haritalaması yapacaktır,
- Hammadde & tedarik aşamasındaki riskler değerlendirilecektir,
- Tedarikçilerin şeffaflığı ve sürekli izlenebilirliği sağlanacaktır.

3.9 Yeşil Tedarik Sistemi

Bu tez çalışması kapsamında yeşil tedarik konusunda milk-run ve tersine lojistik uygulamaları ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların amacı Kapsam 3 Kategori 1 (milk-run uygulamaları) ve Kapsam 3 Kategori 3 emisyonlarını azaltmak olup çalışma kapsamında simülasyon programları ile Milk-run ve tersine lojistik uygulamalarının etkisi incelenmiştir.

3.9.1 Milk-run Çalışmaları

Milk-run çalışmaları genellikle maliyet azaltma ve karbon emisyonu azaltma çalışmalarında tercih edilmektedir. Milk-run uygulaması tedarikçiden alınan ekipmanların rotası tekrar ayarlanarak bir tedarik aracının daha çok malzeme tedarik etmesine ve buna bağlı olarak karbon emisyonu ve araç ve yakıt maliyetlerinden tasarruf edilmesi amacıyla hizmet eder. Bu çalışma kapsamında 2 farklı milk-run senaryosu çalışılacaktır.

Senaryo 1, mevcut durumda 4 farklı ürün grubu için 4 farklı rota oluşturulmuş ve 4 farklı araçla alım yapılacağı öngörülmüştür. Milk-run uygulaması ile bu 4 farklı malzeme tek bir araç ile toplanacak şekilde rotası yeniden oluşturulmuştur. İlk senaryo için değişkenler; rota uzunluğu, kamyon sayısı ve bunlara bağlı olarak değişen Kapsam 3 Kategori 3 emisyonları olacaktır.

Senaryo 2 için ise yine 4 farklı rota için milkrun uygulaması gerçekleştirilecek ilave olarak değişken olarak tedarik aracının elektrikli olması öngörülmektedir. Bu sayede orta

ve uzun vadeli Kapsam 3 emisyonlar için öncü bir çalışma gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Milk-run çalışmaları için Eşitlik 3.11 kullanılacaktır;

$$Kapsam\ 3\ \left(\frac{tonCO_2}{yıl}\right) = \left[\left(FV(lt) * Yoğunluk \frac{kg}{lt} \right) * NKD * EF\ CO_2 \right] / 1000 \quad (3.11)$$

FV: Araç Yakıt hacmi (litre)

NKD: Net Kalorifik Değer

EF: Verimlilik Faktörü

3.9.2 Tersine Lojistik Çalışmaları

Tersine lojistik çalışmaları hem Avrupa hemde ülkemizin küresel ekonomi isteklerine uyum için gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Tedarikçi malzemeleri kaynaklı birincil ve ikincil kaynaklı ambalajlar arıtma ve geri dönüşüm işlemlerinde sera gazı salımı yapar ayrıca kurumların atık miktarlarında artışa sebep olurlar. Bunun yerine mablaajların tekrar tekrar aynı amaç için kullanılması tersine lojistik faaliyetlerinin temelini oluşturmuşlardır.

Bu tez çalışması kapsamında hem karton hem de ahşap ambalajların metal ambalajlara çevrilerek tekrar tekrar kullanılması ile kazanılan Kapsam 3 Kategori 3 emisyonları raporlanmıştır. Kapsam 3 kategori 3 emisyonları için hesaplama metodu değil hem karton hem de ahşap ambalajlar için DEFRA 2022 malzeme geri dönüşüm karbon emisyonları sırasıyla 829 kg CO₂ / kg karton ve 4,12 kg CO₂ / kg metal olarak kabul edilmiştir.

3.10 Ömrünü Tamamlamış Ürün Süreçleri

Ömrünü tamamlamış ürün süreçleri, ürünün bir parçası olup beşikten beşiğe yaklaşımda çevresel ve diğer sürdürülebilirlik performans göstergeleri üreticilerin sorumluluğundadır. Bu sebeple üreticiler ömrünü tamamlamış ürünlerin çevresel, sosyal ve yönetişimsel performans göstergelerini takip etmek ve azaltmak durumundadır. Klasik

yönetim sistemleri ürünün tasarım aşamasına odaklanır (ömür sonunu düşünerek odaklanmaz) ancak bu ömür sonu faaliyetlerinde sürdürülebilirlik isterlerini kapsamayabilir. Bu sebeple yeni düşünülen bir yönetim sisteminde ömrünü tamamlamış ürün maddesi ilave edilerek tasarım aşamasında ürünün ömür sonu performans göstergelerine etki etmesi sağlanmıştır.

Çalışma elektrikli ve hidrojen yakıtlı hafif/ağır ticari araç üreten bir kuruluştadır. Bu sebeple bu çalışmada ürünün ömür sonundaki geri dönüşüm oranları ve geri dönüşümlü malzeme oranları ile ilgili örnek çalışmalar detaylandırılmıştır.

Ürünün geri dönüşüm oranı;

$$\text{Ürün Geri Dönüşüm Oranı (\%)} = \frac{\text{Araç Geri Dönüşümlü Malzeme Ağırlığı (kg)}}{\text{Araç Ağırlığı (kg)}} \quad (3.12)$$

Üründeki geri dönüşümlü malzeme oranı;

$$\text{Geri Dönüşümlü Malzeme Oranı} = \frac{(\text{Ürün Geri Dönüşümlü Malzeme Miktarı (kg)})}{\text{Ürün Toplam Ağırlığı (kg)}} \quad (3.13)$$

formülü yardımıyla hesaplanmıştır.

3.11 Beşikten Beşiğe Ürün Bazlı Sürdürülebilirlik

Ürün bazlı sürdürülebilirlik ürünün hammadde aşamasından ömrünü tamamladıktan sonraki tekrar hammadde aşamasına dönüşteki tüm süreçleri kapsar. Bir ürünü üretirken bu döngüye çok sayıda tedarikçi ve çok sayıda üretim harici proses dahil olur. Özellikle son yıllarda çıkarılan AB mevzuatları ve Sınırdaki Karbon Mekanizması gibi buna bağlı faktörler ürünün üretim aşamasındaki performans göstergelerini değil ürün bazlı çevresel ve sosyal performans göstergeleri üzerinden değerlendirme yapmaktadır. Bu sebeple yönetim sistemlerinin en önemlisi artık üretim değil ürün bazlı ekolojik ayak izi kavramını ortaya çıkarmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında da elektrikli ve hidrojen

yakıtlı bir aracın yaşam döngüsü analizi ve ürün bazlı karbon ayakizi örnek olarak sunulacaktır. Araştırma metodu;

- Verilerin toplanması,
 - YDA ve Karbon döngüsü analizleri,
- Olmak üzere 2 yöntem kullanılacaktır.

Verilerin toplanması, bu bölümde YDA ve karbon analizleri için gerekli olan karbon, enerji, atık, hammadde ve karbon verileri toplanacaktır. Bu amaçla hammadde & tedarik aşamasında kaynaklanan hesaplamalar için gerekli veriler için tedarikçilerden destek alınacak, üretim aşamasındaki veriler için çalışma gerçekleştirilen firmanın yetkilileri ile bir dizi toplantı gerçekleştirilmiştir. Ürünün ömrü boyunca ve ömrünü tamamladıktan sonraki veriler için test raporları kullanılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında 3000 adet referansın %85'inin tedarikçisine ulaşılması ve karbon verilerinin toplanması hedeflenmiştir.

YDA ve Karbon döngüsü analizleri, Verilerin toplanmasından itibaren YDA ve karbon analizleri için SimaPro 9.0 versiyonu kullanılmıştır. SimaPro yazılımı Ecoinvent 3 veritabanında “attributonal (niteleyen)” ve “consequential (dolaylı)” 2 yaklaşım metodu kullanılmaktadır. Gerçekleştirilecek tez çalışmasın da elektrikli bir otobüsün beşikten beşiğe YDA analizini içereceğinden dolayı tez çalışması kapsamında attributonal (niteleyen) yaklaşım kullanılmıştır. Ecoinvent 3 veritabanında süreçler ulusal, bölgesel ve küresel pazarlar ile beslenmektedir. YDA yaklaşımında tedarik & hammadde aşaması önemli olduğu için spesifik tedarikçi belirlenmediğinde veritabanından seçim yapılmalıdır. Tez çalışması kapsamında spesifik belirli tedarikçiler ile çalışılacak olup ürünün müşteri teslimi konusunda öngörüler ile gidilmek durumunda kalınmıştır. Bu sebeple veritabanı güçlü olan SimaPro yazılımı projenin avantajları arasındadır. Ayrıca SimaPro veritabanında birimsel ve sistemler süreçler olmak üzere 2 altyapı kullanılmaktadır. Birimsel süreçler yalnızca belirli birimler için emisyon değerlerini ve kaynak değerlerini içerirken sistemsel süreçler YDA analizine ve verilere bütüncül yaklaşmaktadır. Tez çalışma kapsamında sistemsel süreçlerin kompleks oluşu ve verilere müdahale izni verilmemesinden dolayı birimsel süreçler ile ilerlenmiştir. Birimsel Süreçler 6 ana etki ve 27 alt etki kategorisinde beşikten beşiğe yaklaşımı (hammadde & tedarik,

üretim, ürün, ürün geri dönüşümü) ile emisyon atık, hammadde verileri sisteme tek tek veri girişi olarak gerçekleştirilmiştir. Projede gerçekleştirilecek 6 etki;

- Kaynak Tüketimi, YDA çalışmalarında doğal kaynakların (petrol, demir cevheri vb.) tüketimini ifade eden etki kategorilerinden biridir. Küresel, bölgesel ve yerel etki boyutuna sahiptir ve kullanılan mineral miktarını ve kullanılan fosil yakıt miktarını ifade eder. Tez çalışması kapsamında, kaynak kullanımı, kaynak kullanımı metaller ve mineraller, ada kullanımı ve su kullanımı yönünden inceleme gerçekleştirilmiştir.
- Küresel Isınma, iklim değişikliği sebebiyle atmosferin ısınmasını ifade eden bir kavramdır. Küresel ısınmaya en fazla neden olan insan faaliyetlerinden biri de petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil kaynakların yakılmasıdır. YDA çalışmalarında küresel ısınma ton CO₂ cinsinden ifade edilmiştir. Tez çalışması kapsamında asidifikasyon, iklim değişikliği, iklim değişikliği – fosi ve iklim değişikliği – kara kullanımı kapsamında inceleme gerçekleştirilmiştir.
- Ozon tabakası incelenmesi, ozon tabakası incelenmesi insanlar tarafından oluşturulan endüstriyel emisyonların (CFC, HCFC, klor, brom vb.) ozon tabakasının azalmasına olan etkisini ifade eden bir kavramdır. Ozon tabakasının delinmesi, insanlar, hayvanlar ve canlılar üzerinde kanserojenik etki gerçekleştirmektedir. YDA çalışmalarında ozon tabakasının incelenmesi kg CFC-11 eşdeğer cinsinden ifade edilmektedir. Ozon tabakası incelenmesi tez çalışması kapsamında ozon tabakası incelenmesi ve iyonlaştırıcı radyasyon yönünden etkileri incelenmiştir.
- İnsan Sağlığı Toksisitesi, YDA çalışmalarında insanların endüstriyel faaliyetler sonucu çevreye bıraktığı kimyasalların insan sağlığı üzerinde etkisi ifade etmektedir. YDA çalışmalarında toksisite kg 1,4-DB (diklorobenzen) eşdeğeri cinsinden ifade edilmektedir. Tez çalışması kapsamında kanserojen, kanserojen – organikler, kanserojen – inorganikler, kanserojen olmayan organikler ve kanserojen olmayan inorganikler incelenecektir.
- Ötrofikasyon, suya, havaya ve toprağa organik içerikli atıkların ve/veya besinlerin aşırı salımı ile oluşan etkileri ifade eden bir kavramdır. Bu durum özellikle su kaynaklarında alg patlamalarına ve suda oksijen seviyesinin azalarak canlı yaşamındaki kayıplara sebep olur. YDA çalışmalarında ötrofikasyon kg PO₄-3 eşdeğeri ile ifade edilmektedir. Tez çalışması kapsamında partikül madde,

ötrofikasyon – deniz, ötrofikasyon – inorganikler ve ötrofikasyon – kara kullanımı incelenecektir.

- Ekotoksosite, faaliyetlerin çevreye olan etkisini incelemektedir. Tez çalışması kapsamında Freshwater kısım 1, freshwater kısım 2, inorganikler, organikler kısım 1 ve organikler kısım 2 olarak incelenecektir.

Özetle tez çalışması kapsamında, elektrikli bir otobüsün geri dönüşüm, geri kazanım gibi alternatifler ile değerlendirilerek hem ürünün çevresel etkisi hem de karbon ayakizi SimaPro yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar ve standardizasyonun sağlanması için ISO 14040/44 Yaşam Döngüsü Standardı ve ISO 14067 Ürün Karbon Ayakizi Standardı temel kaynak olarak baz alınmıştır. Ayrıca yürütülecek tez çalışmasının henüz taslak aşamasında olan ISO 14068 Karbon Nötr Standardı (IWA 42:2022) ile uyumlu olması ve taslak standardın uygulaması için öncül çalışmalardan olması sağlanmıştır.

Ürünün YDA hesabı için 3 hesaplama yöntemi kullanılmıştır (PYDA Standart; 2021). Seçenek 1’de direk emisyon verileri baz alınmıştır. Seçenek 2 de ise Proses bazlı veriler YDA verileri baz alınarak işlenecektir Seçenek 3’te ise finansal bazlı bir emisyon hesabı söz konusudur.

Seçenek 1 için CO₂ hesabına bakacak olursak;

$$\text{kg CO}_2\text{e} = \text{Doğrudan emisyon verisi (kg GHG)} \times \text{GWP [kg CO}_2\text{ e/kg GHG]} \quad (3.13)$$

GWP: Dönüşüm katsayısı

Eşitlik 3.14, aktivite verileri, emisyon faktörleri ve GWP'ye dayalı olarak bir girdi, çıktı veya süreç için CO₂e'nin nasıl hesaplanacağını göstermektedir. Bu sebeple Seçenek 2 ve Seçenek 3 için aşağıdaki formül kullanılmıştır (PYDA Standart; 2021).

$$\text{kg CO}_2\text{ e} = \text{Aktivite Katsayısı(unit)} \times \text{Emisyon Faktörü [kg GHG/unit]} \times \text{GWP [kg CO}_2\text{ e/kg GHG]} \quad (3.14)$$

Tedarik aşamasındaki veriler;

$CO_2 = \text{Satın alınan ürün (kg)} * \text{Ürünün Spesifik Emisyon Faktörü (kg CO}_2\text{/kg)} - \text{Ağırlık bazlı hesaplama}$

$CO_2 = \text{Satın alınan ürün (₺)} * \text{Ürünün Spesifik Emisyon Faktörü (kg CO}_2\text{/₺)} - \text{Finansal bazlı hesaplama}$

YDA kapsamında ürünün ömrü boyunca sahip olduğu emisyonlar (UN Global Compact; 2021);

$CO_2 = \text{km başına güç tüketimi (kWh/km)} * \text{Ürünün ömrü boyunca kullanıldığı mesafe (km)} * \text{Yakıt Emisyon Faktörü (kg CO}_2\text{/kWh)}$ (3.15)

YDA kapsamında ürünlerin ve hammaddelerin taşınması ve dağıtım amaçlı oluşan emisyonlar (UN Global Compact; 2021);

$CO_2 = \text{Depolanan/taşınan ürün hacmi (m}^3\text{&adet)} * \text{Ortalama depolanan \& taşınan gün sayısı (gün)} * \text{Emisyon faktörü (kg CO}_2\text{ / m}^3\text{)}$ (3.16)

Yukarıdaki Kapsam 3 emisyonları dışında özellikle üretim aşamasındaki karbon emisyonları dikkate alınmıştır. Bu kapsamda atık ve atıksu arıtımı kaynaklı emisyonlar, iş seyahatleri, enerji tüketimleri, kiralanan varlıklar, şirket aracı yakıt tüketimleri dikkate alınmıştır.

Çalışmaların Entegrasyonu (Projelerin Oluşturulması ve Karşılaştırılması), YDA analizi ve karbon ayakizi çalışmaları ISO standartlarına göre hesaplandıktan sonra elde edilen sonuçlar bir fizibilite analizine dökülecek ve karbon nötr ile çevresel etkisi sıfır araç hedefini gerçekleştirmek için projeler belirlenmiştir. Bu kapsamda her birinin faaliyet planı ile B/C (Fayda/Maliyet) analizleri gerçekleştirilmiştir.

B/C hesabı için kullanılacak formülasyon;

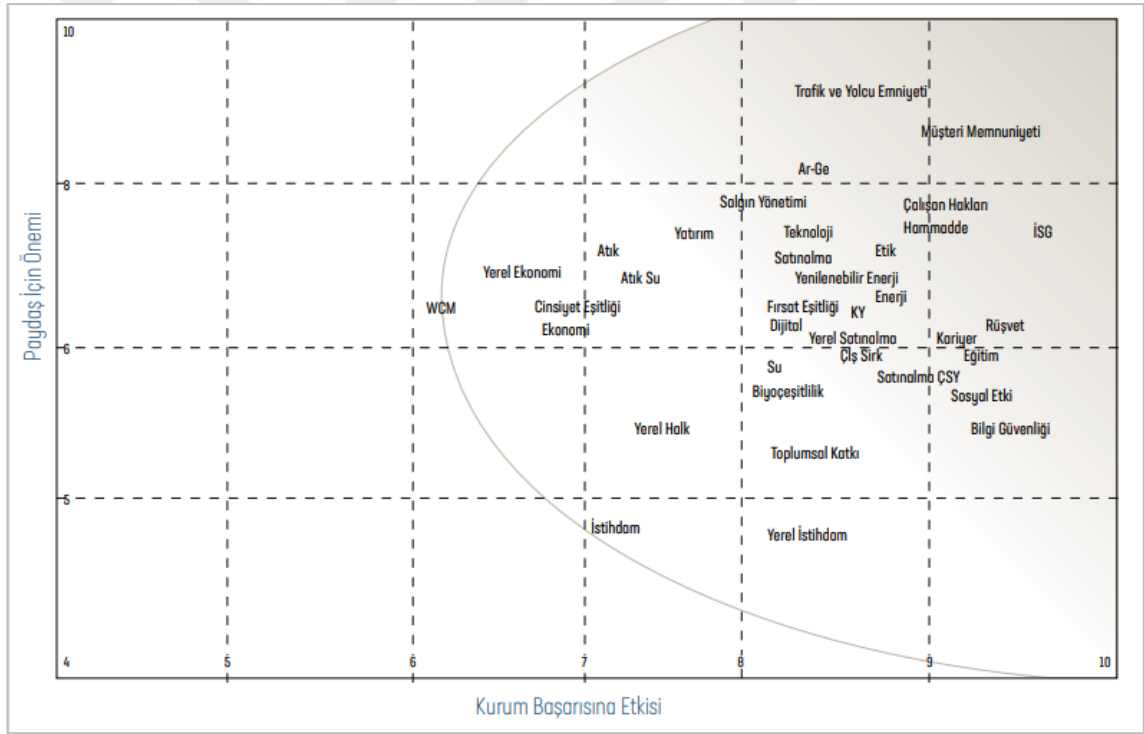
$\text{Kazanç} = [\text{Kazanılan karbon (ton CO}_2\text{)} / (\text{€/ton CO}_2\text{)}]$ (3.17)

$\text{Harcama} = [\text{Yatırım Maliyeti (€)}]$ (3.18)

Eşitlikleri kullanılmıştır.

4. BULGULAR

ISO, DKÜ gibi tüm yönetim sistemleri kurulum aşamasında yönetim sistemlerinin sınırlarını tüm paydaşların ihtiyaçlarına göre belirlemelidir. Özellikle sürdürülebilir bir bakış açısında süreçlere tedarikçi faaliyetleri, lojistik, ürünü kullanan müşteri ve ömür sonu paydaşları devreye girdiği için önemlilik matrisinin yapılması müşteri/paydaş isteklerine göre bir yol haritası oluşturulması için önemlidir. Yeni kurulması planlanan yönetim sistemi de önemlilik analizine göre sistemin aşamaları oluşturulmuş ve uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bir elektrikli & hidrojen yakıtlı araç sektörünün Önemlilik Analizi sonuçları Şekil 4.1’de verilmektedir. Sonuçlar paydaş için önemi ve kurum başarısına etkisi olarak 1.öncelik, 2.öncelik ve 3.öncelik olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Kurumun (Elektrikli & Hidrojen Yakıtlı Otobüs Sektörü) ESG Önceliklendirme Analizi

Şekil 4.1’e bakıldığında iç ve dış paydaşlardan gelen anket sonuçları değerlendirilmiştir. Paydaşlar tüm soruları kurumun başarısına etkisini ve kendi kurumu için önemini önem derecesine göre 1-10 (10 en yüksek) arası puanlamışlar ve kurumun öncelik vermesi istediği konuları ön plana çıkarmışlardır (Ek-1). Paydaşların verdikleri cevapların

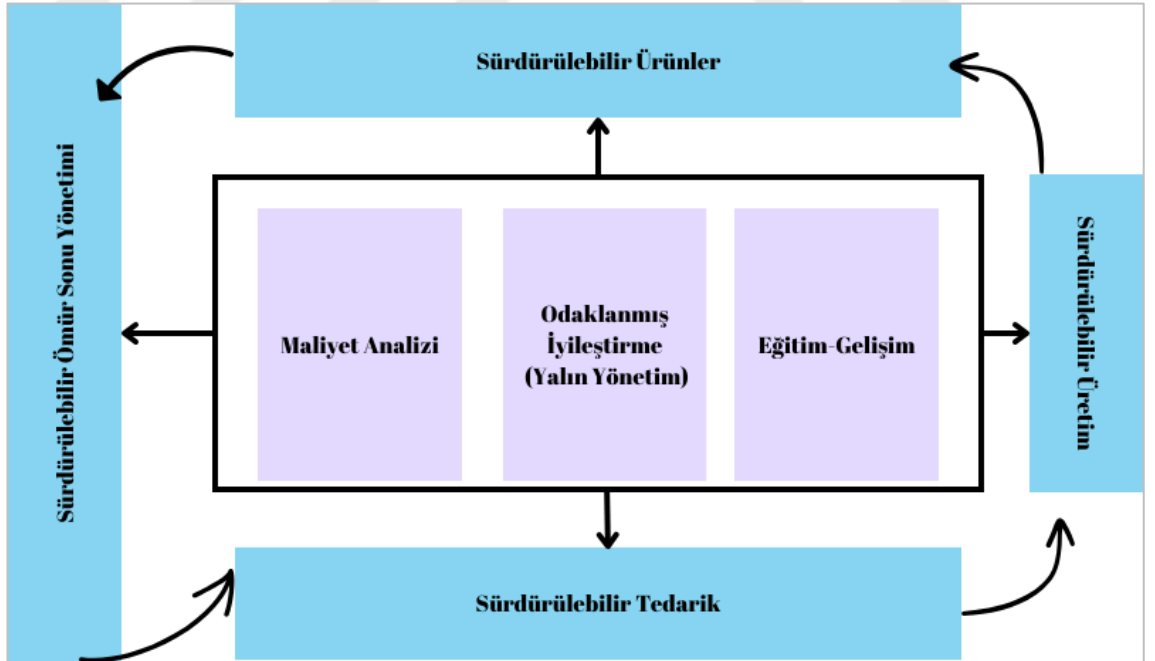
ortalama puanlarına göre önemlilik matrisi oluşturulmuş ve 1., 2 ve 3. Öncelik konuları belirlenmiştir. Önemlilik analizine çevresel parametreler açısından bakıldığında, hammaddenin kullanımı, yenilenebilir enerji teknolojileri, enerji verimliliği yönetimi, dijitalleşme ve IoT, gelişmiş teknoloji kullanımı kısa vadeli planlarda yer alması gerekirken (yani 1. Öncelik), yönetim sistemlerinin oluşturulması, iklim ve sera gazı emisyonlarının yönetimi, su yönetimi, yeşil satınalma faaliyetleri ise orta vadeli (3 yıl) planlarda yer alması gereken faaliyetler olarak gözükmektedir. Önceliklendirme analizi bize çevresel bir yönetim sistemi oluşturulurken sürdürülebilir bir başarıyı yakalamamız için hangi faaliyetleri ve hangi maddeleri adım adım takip edeceğimizi söylemektedir. Bu kapsamda kurumun DKÜ ve ISO standartlarından sapmadan önceliklendirme isterlerini de baz alarak yeni bir Sürdürülebilirlik Yönetim Modeli oluşturma fırsatı doğurmuştur. Bu sonuçları karşılayacak yeni bir yönetim yaklaşımı Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yönetim yapısı aşamaları oluşturulurken ISO standartları ve DKÜ standartlarını karşılayacak ve bu sistemlere yenilikçi ve sürdürülebilir bir bakış açısı sağlaması hedeflenmiş ve Kasım 2023’te yayınlanan ISO 14068 İklim Değişikliği Yönetim yapısı ile entegre olması sağlanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Uygulanacak Yeni Yaklaşımın Adım Matrisi ve Yönetim Sistemleri ile İlişkisi

<i>Bus Management</i>	ISO 14001	ISO 50001	WCM	ISO 14068
Aşama 0: Hazırlık Aşaması	Madde 4,1; 4,2; 4,3; 4,4 Madde 5,2	Madde 4,1; 4,2; 4,3; 4,4 Madde 5,2	Adım 0; 1	-
Aşama 1: Birimlerin Dahiliyeti	Madde 8,1	Madde 8,1	-	Madde 4; 7
Aşama 2: Kaza, Kaçak ve Tatbikat Yönetimi	Madde 7,1 Madde 8,2	Madde 7,1 Madde 8,2	Adım 2	-
Aşama 3: Risklerin Değerlendirilmesi	Madde 6,1	Madde 6,1	Adım 2	-
Aşama 4: Kayıp Analizi	Madde 7,1	Madde 6,2; 6,3; 6,4 Madde 7,1	Adım 4	-
Aşama 5: Aksiyon Takip ve Yönetimi (Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Uygulamaları)	Madde 6,2	Madde 6,2	Adım 4	-
Aşama 6: Eğitim&İç Denetim Süreci	Madde 5,1; 5,3 Madde 7,2; 7,3; 7,4 Madde 9,2; 9,3	Madde 5,1; 5,3 Madde 7,2; 7,3; 7,4 Madde 9,2; 9,3	Adım 3	-
Aşama 7: Entegrasyon Yönetimi (Triple Bottom Line Entegrasyonu)	-	-	Adım 5	Madde 4; 6
Aşama 8: Hammadde&Tedarik Fazı	Madde 7	Madde 7	Adım 6	Madde 9; 10; 11
Aşama 9: İç Karbon Yönetimi	-	-	Adım 7	Madde 8; 9; 10, 11
Aşama 10: Ürün Sürdürülebilirliği	Madde 10	Madde 10	Adım 7	Madde 9; 10; 11

Çizelge 4.1’den görüldüğü üzere bu tez çalışması kapsamında yeni bir sürdürülebilirlik yönetim yaklaşımı ile adım adım bir çevresel yönetim yaklaşımı benimsenmiştir. Diğer yönetim sistemleri ile ilişkisine bakıldığında özellikle ÇSY parametrelerinin takibi ve sürece dahil edilmesi, iç karbon yönetimi ve ürün sürdürülebilirliği konusundaki çalışmalar kurumlar için yenilikçi çalışmalar olup kurumların karbon nötr hedeflerine katkı sağlayacaktır. Ayrıca BuS yönetim sistemi için süreç akış şeması Ek-4 ‘te ayrıca verilmiştir.

BuS yönetim modeli yaklaşımı elektrikli & hidrojen yakıtlı araç sektörlerinde sürdürülebilirlik isterlerini kapsayan ve sürdürülebilirlik inisiyatiflerinde yüksek puan almak isteyen kuruluşlar için yol gösterici olacaktır. Yönetim sistemi oluşturulurken yaygınlaştırma ve standartlaştırma aksiyonları için ‘Beşikten Beşiğe Yaklaşımı’ belirlenmiş ve tüm paydaşları kapsayan bir yönetim sistemi bulgusu oluşmuştur. Sürdürülebilirlik yönetim sistemi kurumların yalın yönetim sistemlerine ve/veya üretim yönetim sistemlerine entegre edilmeli ve ortak hareket edilmelidir. Bu sistemin kurumun yalın yönetim sistemi ile entegrasyonu Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Yeni Sürdürülebilirlik Yapısına Göre Oluşturulmuş Yalın Yönetim, Maliyet Analizi ve Eğitim-Gelişim Organizasyonu

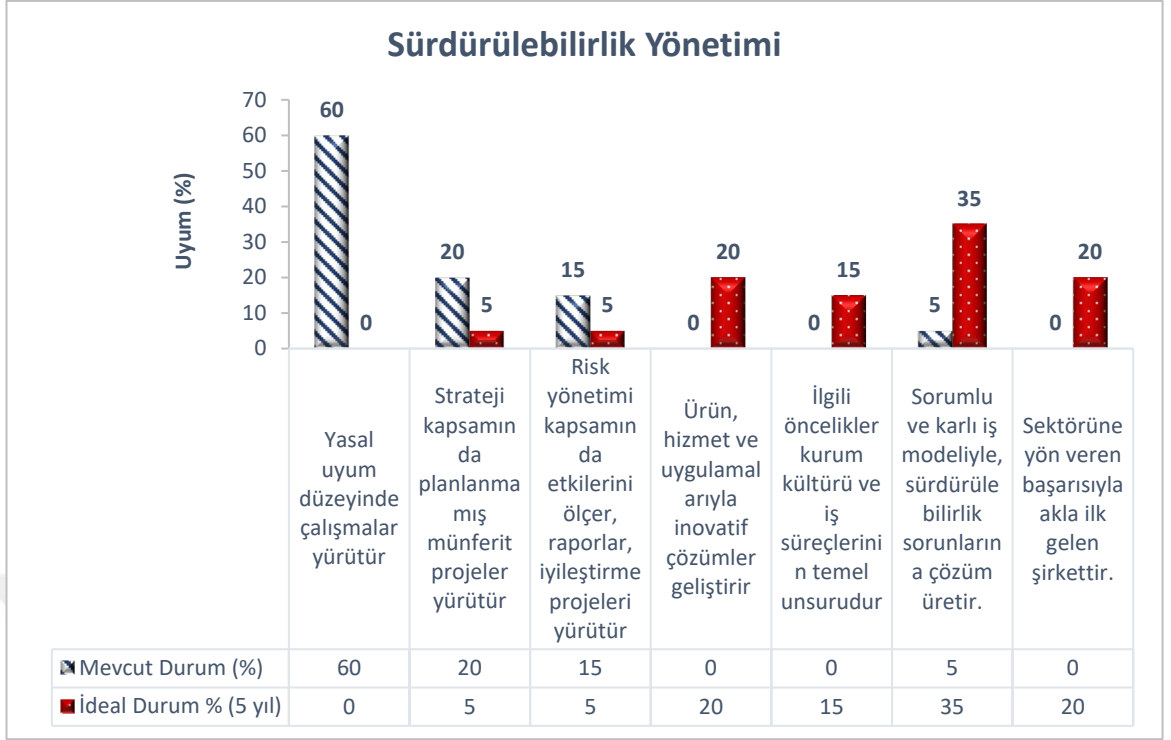
Şekil 4.2’de görüldüğü üzere sürdürülebilirlik yönetim modeli kurumların maliyet analizi, yalın yönetim ve eğitim-gelişim birimleri ile entegre edilmiştir. Yalın yönetim, iyileştirmelerin, kök-neden analizlerin, problem tanımlama ve çözme tekniklerinin yönetim modeline uygulanması amacıyla kullanılacaktır. Maliyet analizi ise çevre, karbon ve enerji kaynaklı kayıpların maliyetlerinin ölçülmesi ve iyileştirmelerin doğrulanması amacıyla entegre edilmiştir. Eğitim – gelişim faaliyetleri de çalışanların çevre-enerji bilinçlerinin artırılması, yetkinliklerinin geliştirilmesi için önemlidir.

4.1 Yönetim Sistemi Uygulamaları

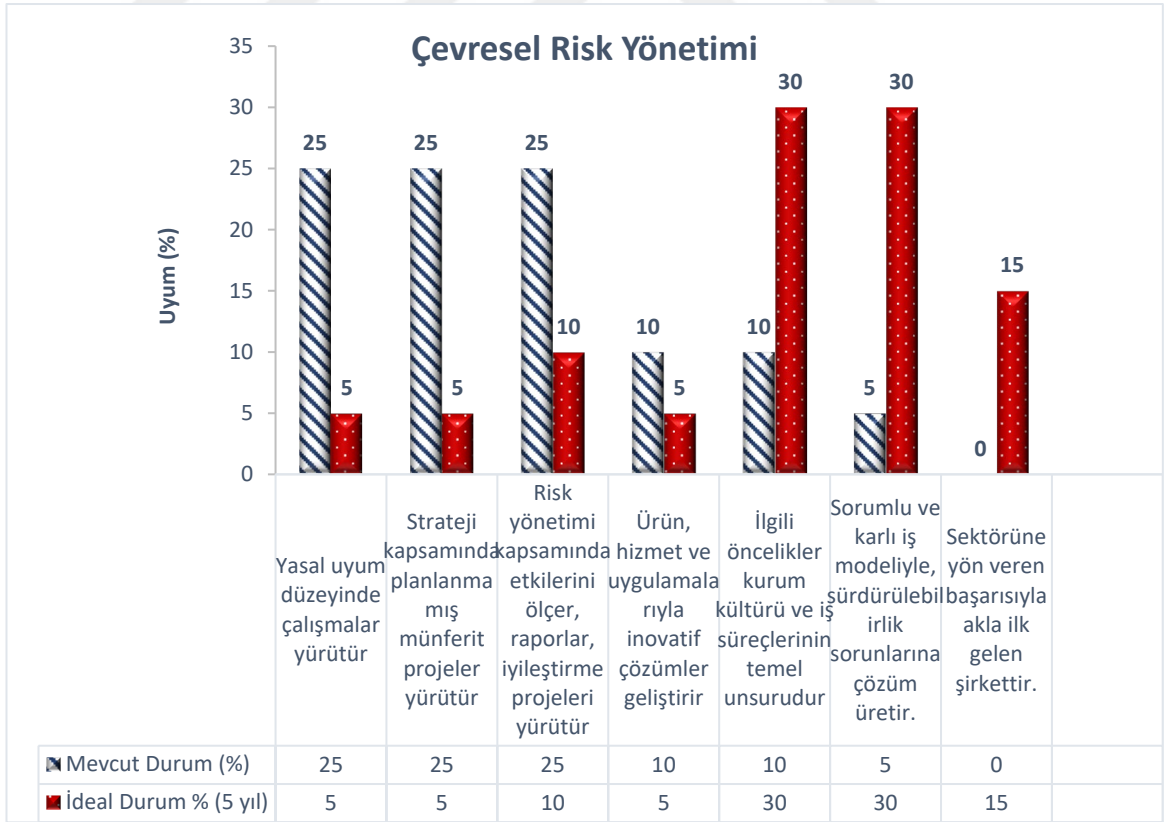
Yönetim sistemlerinde kurumun PUKO metodolojisini organizasyonun tüm süreçlerine entegre etmesi önemlidir. Planlama aşaması yönetim sistemlerini yöneten bölümün sorumluluğundadır (ISO 14001 Çevre Yönetim sistemi için çevre birimi). Uygulama adımlarını ise kaza, risk veya kayıp yaşayan birimin sorumluluğunda olup kontrol kısmı yalın yönetim, maliyet analizi ve IK’nın sorumluluğundadır. Standartlaştırma (önlem al) kısmı yine yalın yönetim süreçlerinin bir parçası olmalıdır. Bu sayede tüm birimler sürece dahil olur. Bu tez çalışması kapsamında yönetim sistemleri Yapay Zekâ / Endüstri 4.0 entegrasyonu ile tüm birimler sürece dahil edilecek ve sürdürülebilirlik bakış açısı ile tüm ortaklar sürece dahil edilecektir. Tez çalışması, kurumların stratejilerine yön veren performans göstergelerini olumlu etkilemesi beklenmektedir.

4.1.1 Hazırlık Aşaması

Tüm yönetim sistemlerinde olduğu gibi oluşturulması planlanan yönetim modeli için öncesinde tüm paydaşların dahil olduğu bir hazırlık aşaması gerçekleştirilmiştir. Hazırlık aşaması 3 temel adımdan oluşmaktadır; GRI Önemlilik Matrisi, Firma/İhale/Müşteri Özel İsterleri, Yasal Mevzuat İsterleri. Çıkan sonuçlar paydaş grubu ayırmaksızın toplam cevap üzerinden % olarak sunulmuştur. Bu kapsamda önceliklendirme analizinden çıkan bulgular ve bulgularının sonuçlarının performans göstergeleri sistemine entegrasyonu kritiktir. Önceliklendirme analizinden çıkan bulgular Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te verilmiştir.



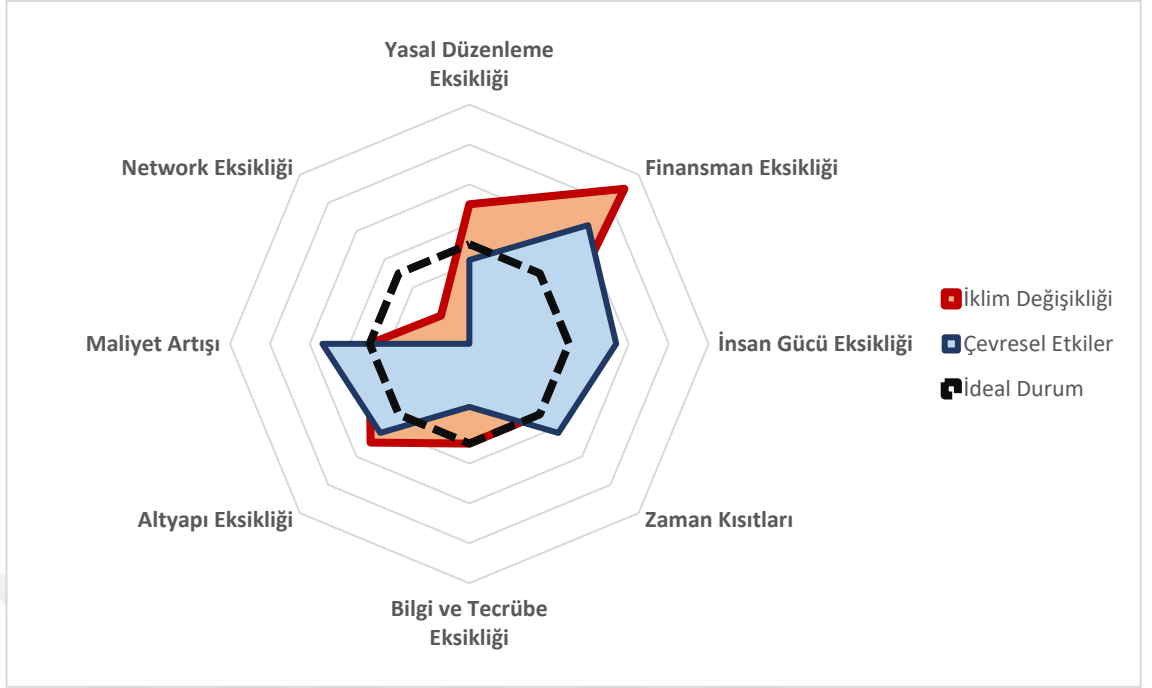
Şekil 4.3. Önceliklendirme Analizi Sürdürülebilirlik Yönetimi Bulguları



Şekil 4.4. Önceliklendirme Analizi Çevresel Risk Yönetimi Bulguları

Önemlilik analizi Sürdürülebilirlik yönetim bulgularına bakıldığında şirketin faaliyetlerinin birçoğu (%60) yasal uyum çerçevesi kapsamında gerçekleştirilmiş faaliyetlerdir. İkincil faaliyet olarakta yasal mevzuat dışında kalan faaliyetleri anlık aksiyonlar (%20) ile yönetmektedir. Ancak paydaşlar 5 yıl içerisinde gerçekleştirdiği faaliyetler ile risklerini ve fırsatlarını belirlemiş, kurum kültürü ile iş süreçlerini sürdürülebilirlik yönetimi ile entegre etmiş ve sürdürülebilirlik yönetimi konusunda sektörüne yön veren bir kurum beklemektedir. Çevre yönetim süreçlerine bakıldığında ise paydaşlar mevcut durumda yasal süreç kapsamında (%25), anlık aksiyonlar (%25) ve risk analizleri kapsamında (%25) alınan aksiyonlar ile yönetildiğini düşünmektedir. 5 yıl içerisinde ise çevresel ve iklim risklerini ve fırsatlarını belirlemiş, kurum kültürü ile iş süreçlerini çevre&enerji yönetimi ile entegre etmiş ve çevre yönetimi konusunda sektörüne yön veren bir kurum beklentisi mevcuttur. Bu uygulamaların hayata geçirilmesi için 5 yıllık yol haritalarının oluşturulması ve gerçekleştirilmesi önündeki engeller mutlaka belirlenmelidir.

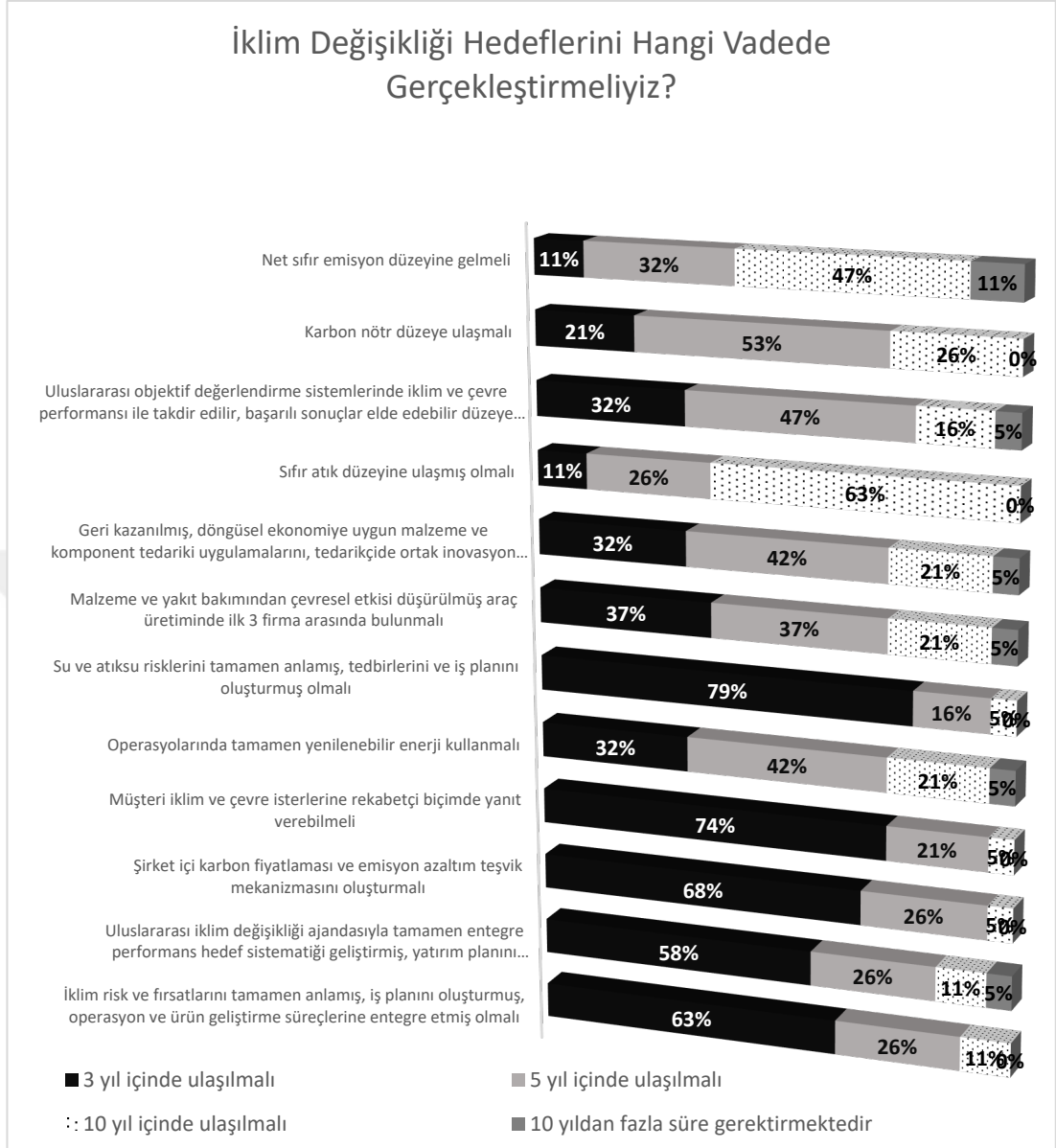
Engeller belirlenirken yine anket yönteminden yararlanılmış ve paydaşların verdikleri cevap grupları üzerinden yüzdeler hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında iklim değişikliği ile mücadele ve çevresel etkilerin önündeki engeller Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5. İklim ve Çevre Yönetiminin Uygulanmasında En Önemli Engeller

Şekil 4.5 iklim değişikliği ve çevresel yönetim konusundaki engeller tüm engellerin ideal durum (%25) seviyesinde olması beklenmektedir. Henüz ideal duruma gelmeyen ve süreç için engel oluşturan engeller incelendiğinde ise hem iklim değişikliği süreçleri için ortak engeller finansman ve süreçsel altyapı eksikliği olduğu gözükmemektedir. Bu tez çalışması kapsamında süreçsel altyapı eksikliğinin aşılması için yeni bir yönetim modeli uygulanarak süreçsel altyapı eksikliğinin ideal duruma getirilmesi sağlanmıştır.

Önceliklendirme analizi sonucunda çıkan proje ve aksiyonların kısa, orta ve uzun vadede yol haritasının oluşturulması ve yönetim sisteminin bu hedeflere ulaşılacak şekilde planlanması önemlidir. Kısa, orta ve uzun vadeli planlar Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. Kurumun Kısa, Orta ve Uzun Vadeli Planlar

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere paydaşların beklentisi bir elektrikli araç sektörünün 3 yıl içerisinde çevresel parametrelerin ve ulusal sürdürülebilirlik göstergelerini hedef alarak takip etmesi, orta vadede ise karbon nötr ürün ve hedefler ile uyumlu bir şirket haline gelmesidir. Kurulması planlanan bu model tüm bu paydaş beklentilerini ve engelleri minimize eden bir yöntem olarak önerilmiştir.

Tüm bu hazırlık çalışmaları sonucunda şirketin sürdürülebilirlik açısından nereye gideceğini gösteren hedefler ve bu hedefleri takip eden performans göstergeleri

belirlenmelidir. Bu tez çalışması kapsamında firmanın sürdürülebilirlik faaliyetlerinin takibini sağlayacak performans göstergeleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Şirketin Sürdürülebilirlik Performans Göstergeleri

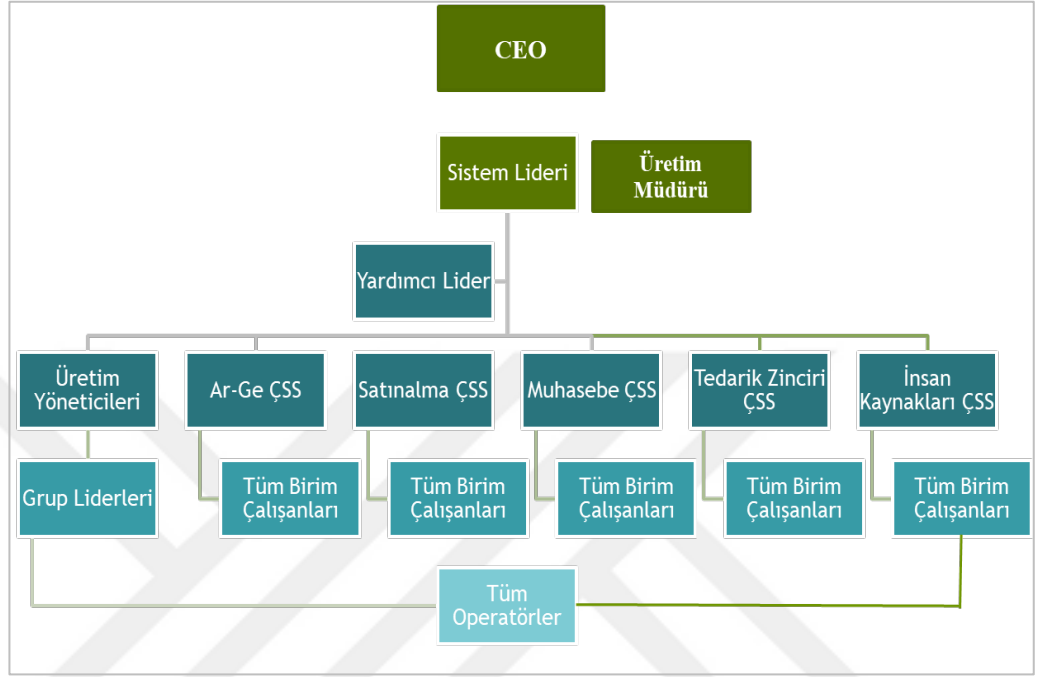
Hedef	Birim	Orta Vade Hedef	Uzun Vade Hedef
Tehlikeli Atık Miktarı	kg/ürün	<10	<5
Su Tüketimi	m ³ /ürün	<3	0
Karanlık Fabrika	kWh/gün	<7 200	0
Temiz Fabrika	kg/gün	< 10	<5
Kapsam 1 Emisyonları	ton CO ₂ / yıl	< 1 000	0
Kapsam 2 Emisyonları	ton CO ₂ / yıl	< 1 000	0
Kapsam 3 Emisyonları	ton CO ₂ / yıl	<200	<1 000
Tedarikçi ESG puanı	-	B	A
ESG Puanı	-	B	A
Ürün Bazlı Karbon Emisyonu	ton CO ₂ / ürün	<100	<50
Ürün Geri Dönüşüm Oranı	%	95	100
Geri Dönüşümlü Malzeme Oranı	%	20	50

4.1.2 Birimlerin Dahiliyeti

Yönetim sistemlerinde çalışmalar gerçekleştirilirken hazırlık aşamasında planlanan performans göstergelerine ulaşmak için gerekli tüm çalışanların sisteme dahiliyeti önemlidir. Sürece ne kadar çok çalışan ve birim dahil edilirse hedeflere ulaşma hızı o kadar hızlı gerçekleşecektir. Bu kapsamda elektrikli & hidrojen yakıtlı araç sektörü gibi çalışan sayısı >1000 kişi olan kurumlar için her bir birimde bir Çevre, Enerji ve Sürdürülebilirlik sorumlusu olmasını öneririz. Daha az çalışan sayısına sahip firmalar ise çalışan sayısını her 250 kişi için 1 Sorumlu olacak şekilde güncellemeleri bu oluşturmaya çalıştığımız yönetim sisteminin sürekliliğinin sağlanması için yeterlidir.

Çalışma gerçekleştirilen kurum 2500 çalışan sayısına sahip elektrikli & hidrojen yakıtlı araç üreten bir fabrika olup tüm birimlere bu işe özgü bir sorumlu atanmış ve bu

sorumlular sistemin kurulumu ve sürekliliğinin sağlanması konusunda Çevre ve Sürdürülebilirlik birimleri ile koordineli bir yapı oluşturulmuştur. Yönetim sisteminin kurulması ile organizasyon şeması Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Çalışma Yapılan Kurumun Organizasyon Yapısı

Bu kapsamda her bir Yönetim Sistemleri Sorumlusuna görev tanımlarına aşağıdaki görevler ilave edilmiştir.

Üretim Yöneticileri;

- Risklerin takibi/Aksiyonların takibi (M-Files Performans Kartı)
- İç Denetim (Denetim adet),
- Çevre & Enerji kayıplarına yönelik aksiyonların planlanması (%Uyum),
- Sıfır Kayıp/Sıfır Atık/Sıfır Kaza hedeflerine uyum (% Uyum),

Ar-Ge Yönetim Sistem Sorumluları;

- Tasarım süreçlerinde sürdürülebilirlik isterlerinin karşılanması,
- Ürünün karbon ayak izinin azaltılması,
- Ürün YDA'sının azaltılması,
- Geri dönüşümlü malzeme kullanım oranlarının arttırılması,

- Ürünün geri dönüşüm oranının arttırılması,

Satınalma Yönetim Sistem Sorumluları;

- Tedarikçi seçme/eleme kriterlerinde ESG parametrelerinin uygulanması,
- Çevresel etkileri düşük ürünlerin satın alınması,
- Enerji verimli ürünlerin satın alınması,
- Satınalma süreçlerinde iç karbon fiyatlama sisteminin oluşturulması,

Muhasebe/Finans Yönetim Sistem Sorumluları;

- Çevre/Enerji/Karbon kayıp analizinin kurulması,
- İyileştirme ve kazanç onaylarının takibi,

Tedarik Zinciri Yönetim Sistem Sorumluları;

- Hammaddelerin tedarik aşamasındaki karbon emisyonlarının takibi,
- Ürünlerin tedarik aşamasındaki karbon emisyonlarının takibi,
- Düşük karbonlu tedarik alternatiflerinin araştırılması,

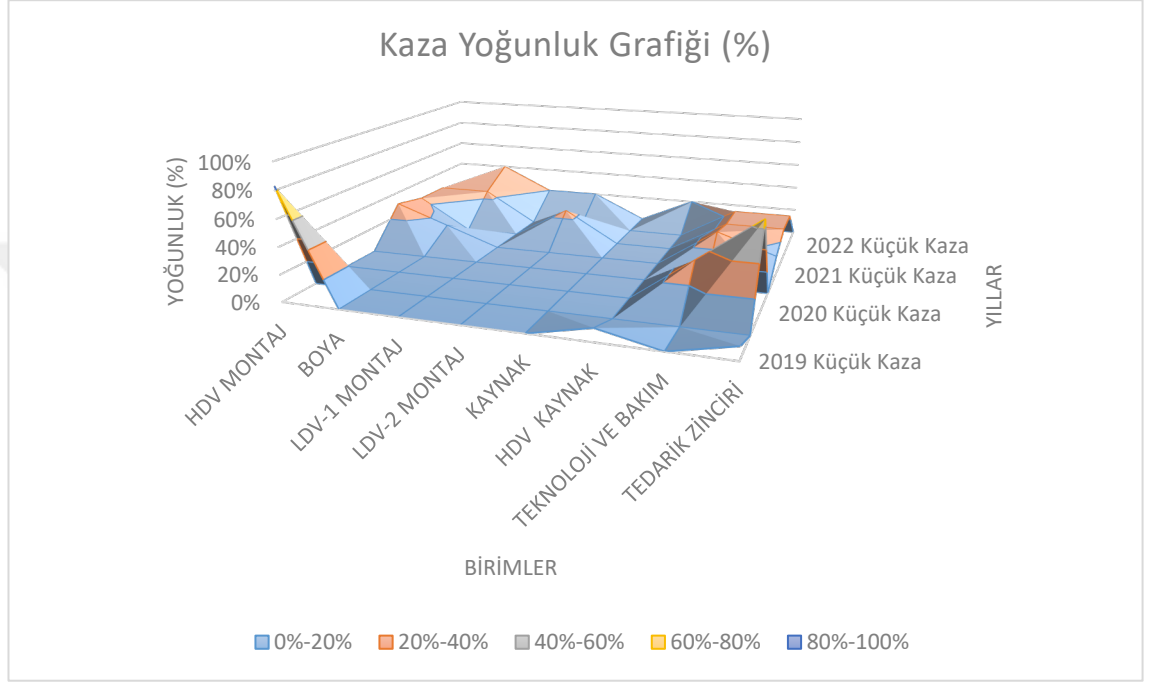
İnsan Kaynakları Yönetim Sistem Sorumluları;

- Sürdürülebilirlik bilincinin ve kültürünün oluşturulması,
- Uygulamalı eğitim faaliyetlerinin oluşturulması (DOJO Alanları vb.)
- VR ve yapay zekâ teknolojileri ile güvensiz davranışların azaltılması.

4.1.3 Kaza ve Yakın Kaza Yönetimi

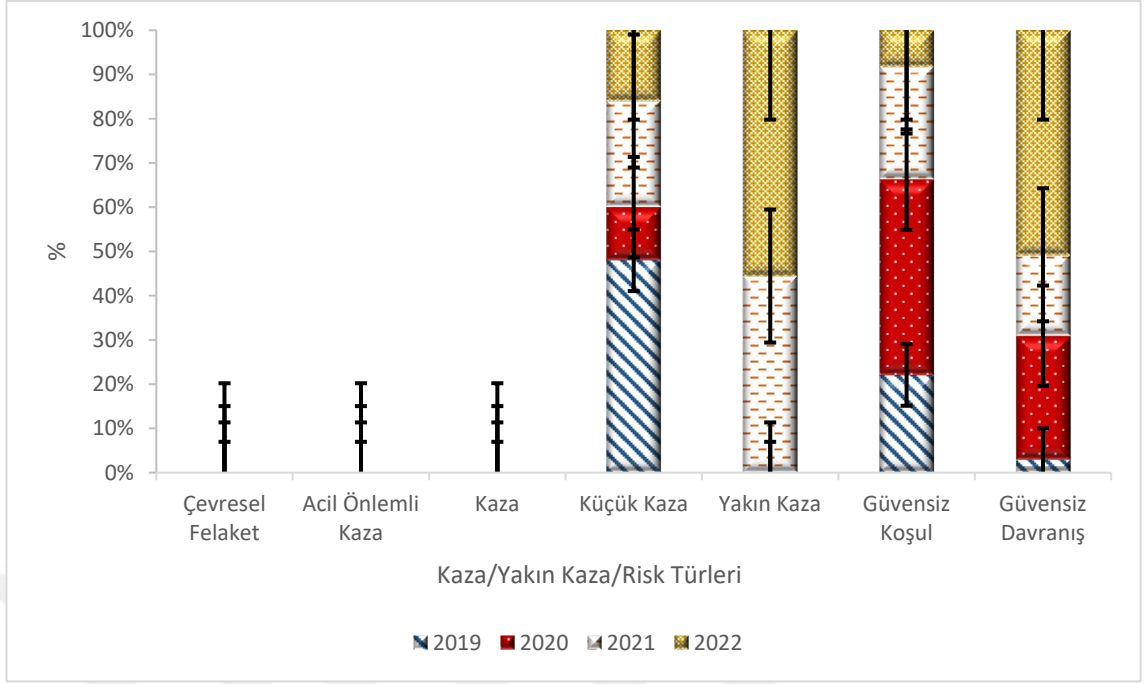
Yönetim sistemleri genel olarak risk-aksiyon altyapısına sahip bir metod ile başlamaktadır. Ancak hiç yönetim sistemi olmayan kuruluşlar ve nereden başlayacağını bilmeyen kuruluşlar ellerinde bir risk analizi olmadığı için genelde önceliklendirme aşamalarında zorlanırlar. Bu sebeple bu tez çalışması kapsamında ilk öncelik kaza/yakın kaza tespit ve yönetimi olmuştur.

Çevre & Enerji kazaların toplanması, kök nedenlerin tespiti aksiyonların alınması ve benzer alanlara yaygınlaşması süreç sonu performans göstergelerine ulaşmak için ilk yöntemdir bu sebeple doğru bir sistem kurgulanması gerekmektedir. Çalışma gerçekleştirilen kuruluşun son 4 yıla ait çevresel kaza yoğunlukları Şekil 4.8’de verilmiştir.

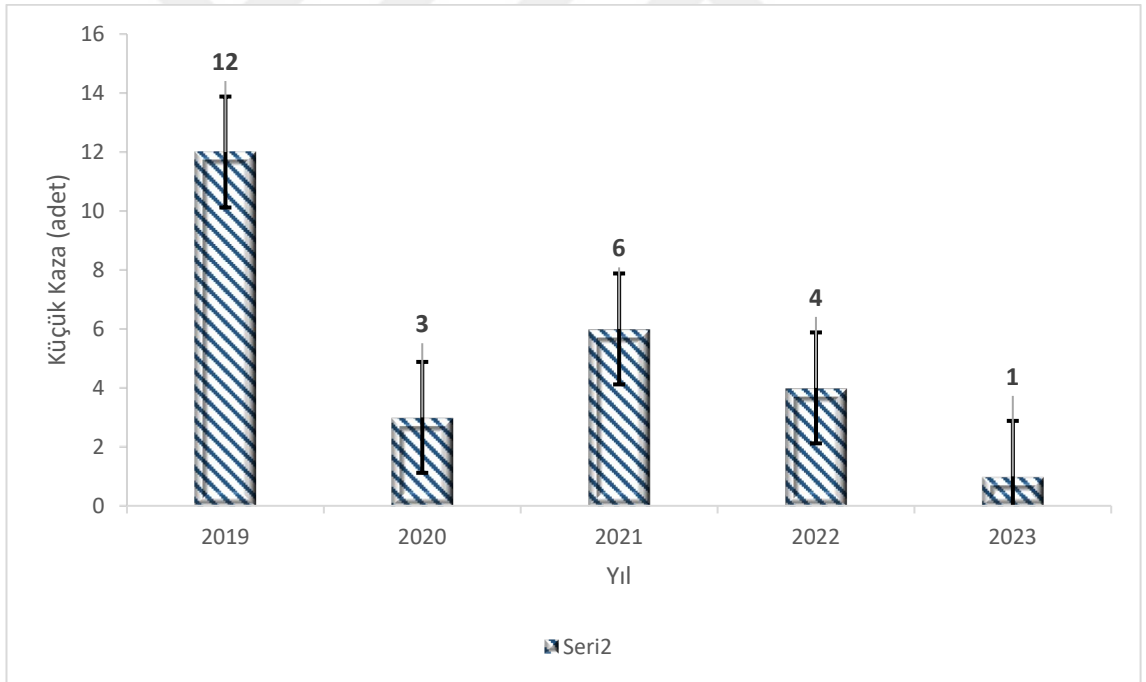


Şekil 4.8. Son 4 Yıla Ait Kaza Yoğunlukları

Şekil 4.8 incelendiğinde montaj birimlerindeki yoğunlukların özellikle kimyasal kullanımına bağlı olarak fazla olduğu görülmektedir. Yönetim sistemi uygulanmaya başladıktan ve aksiyonlar alınmaya başladıktan sonra (Bölüm 4.1.6’da aksiyon yönetiminde kaza örnekleri paylaşılacaktır) bu yoğunluğun azaldığı görülmektedir. Özellikle Şekil 4.8’de kazaların en çok gerçekleştiği birim HDV (Heavy-duty vehicle) montaj hatlarına bakıldığında kaza yoğunluklarında %55’lik bir azalma görülmüştür. Tedarik zinciri biriminde %40, kaynak ve diğer montaj hatlarında ise ortalama %10 azalma sağlandığı görülmektedir. Fabrika geneli kaza eğilimleri (a) ve kaza adetleri (b) Şekil 4.9’da verilmiştir.



(a)



(b)

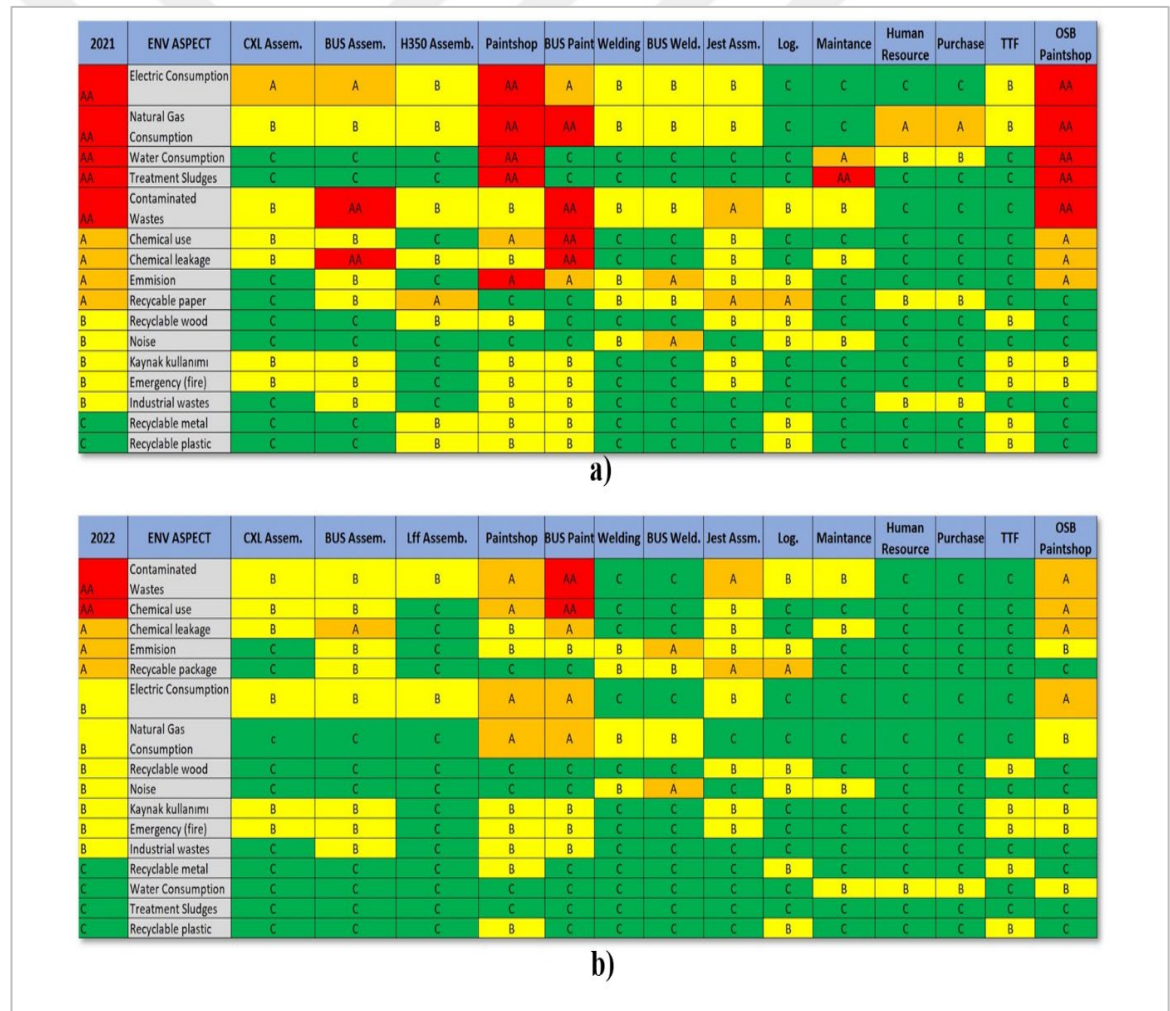
Şekil 4.9. Son 4 yıla Ait Kaza Trendi (a) ve Kaza Adetleri (b)

Şekil 4.9 incelendiğinde 2019 yılında küçük kaza oranının 2022 yılına göre fabrika geneli ortalamasında %30 azaldığı görülmektedir (a). Bu kapsamda 2020 yılında azalışın ve sonrasındaki artışın nedeni olarak pandeminin ülkemizdeki tüm sektörlerde etkisidir.

Ancak 2021 ve sonrası veriler değerlendirildiğinde kazaların sayısında %67 oranında bir azalış görülmektedir (b).

4.1.4 Risk Yönetimi

Elektrikli & hidrojen yakıtlı araç sektöründe bir risk analizi, kaza analizleri ile entegre edildiğinde doğru yere odaklanması için önemli veri kaynağıdır. Risk hesaplama için 5*5 matris kullanılmış ve çıkan risk sonuçları önceliklendirilerek aksiyon planlanmıştır. Risk Analizi sonuçları ısı haritaları 2022 (a) ve 2023 (b) olacak şekilde Şekil 4.10'da verilmiştir.



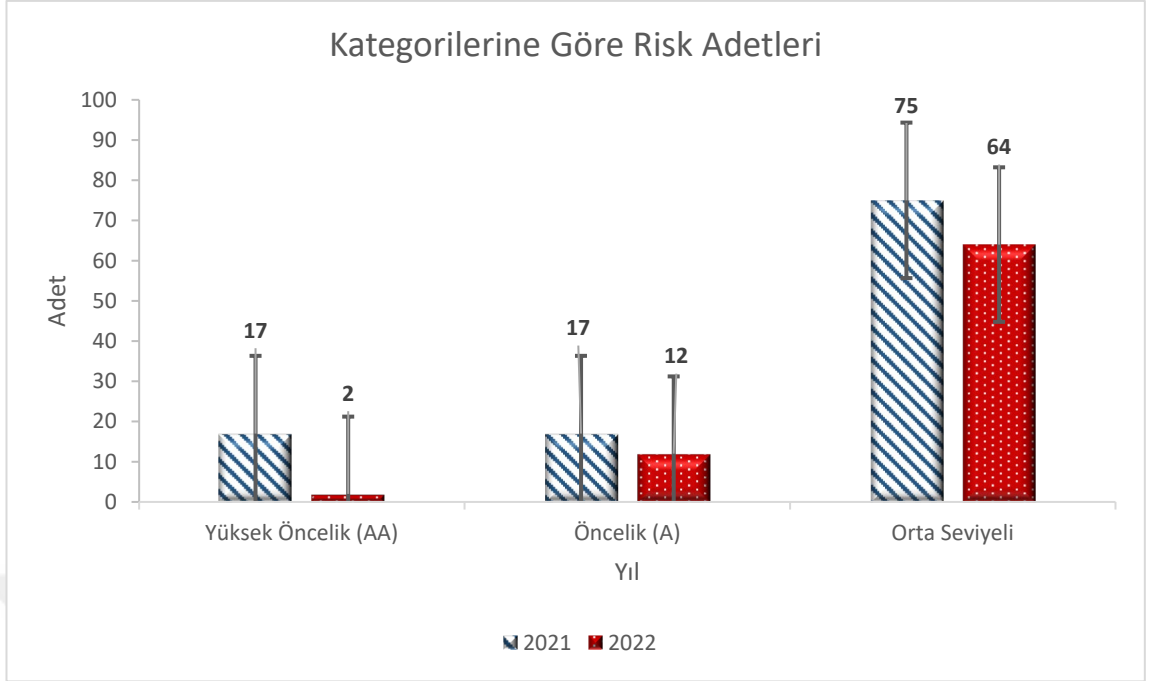
Şekil 4.10. Çevresel Etki Değerlendirme Grafikleri

Çevresel risk skorlarına bakıldığında yüksek öncelik riskleri kontamine atık ve kimyasal tüketimi, öncelikli alanlar ise kimyasal dökülmesi, VOC emisyonları ve geri dönüşümlü ambalaj atıkları olduğu görülmektedir. Çevresel risklerin ortalama puanları ve önceliklendirme matrisi Şekil 4.11’de verilmiştir.

Öncelik	Çevresel Boyutu	RS
AA	Kontamine Atık	20
AA	Kimyasal Kullanımı	20
A	Kimyasal Dökülme	18,25
A	VOC Emisyonları	17,75
A	Geri Dönüştürülebilir Atıklar	17,75
B	Electric Tüketimi	14
B	Doğalgaz Tüketimi	13,70
A	Gürültü	10,7
B	Tehlikesiz Atıklar	9,2
B	Kimyasal Tüketimi	8,8
C	Su Tüketimi	6
C	Arıtma Çamuru	5,8

Şekil 4.11. Elektrikli Araç Sektöründe Risk Analiz Sonuçları Ortalama Puanları

Bu tez çalışması kapsamında M-Files platformunda risk yönetim takip sistemi oluşturulmuştur. Takip sonucuna göre yüksek öncelikli alanlar, öncelikli alanlar ve orta seviyeli alanların 2022 ve 2023 yılı değerlendirmeleri Şekil 4.12’de verilmiştir.



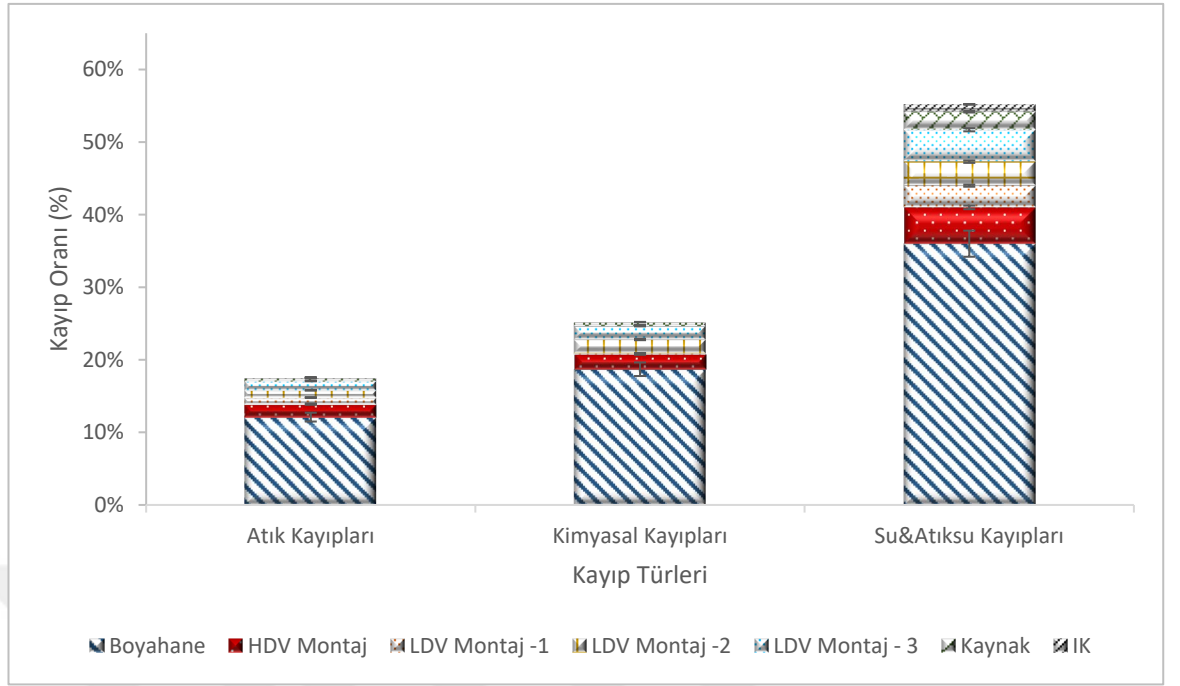
Şekil 4.12. Kategorilerine Göre Risk Analiz Sonuçları Karşılaştırma Grafiği

Şekil 4.12 incelendiğinde aksiyon takip üzerinden açılan risklere alınan aksiyonlar sonucu risk puan ortalaması yüksek öncelik riskler için %88, öncelik riskler için %29 ve orta dereceli riskler için ise %13,6 oranında bir iyileşme sağlanmıştır.

4.1.5 Kayıp Yönetimi

Kayıp analizi, çevresel kaza/yakın kaza ile tespit edilemeyen ve risk analizlerinde görülmeyen çevresel iyileştirmelerin takip edildiği bir metodolojidir. Son yıllarda yönetim sistemlerinin maliyet bazlı sistemlerle takibi yönetim sistemlerinin entegrasyonu açısından önemlidir. Bu tez çalışması kapsamında da çevre, enerji ve karbon kayıp analiz sistemi oluşturulmuştur.

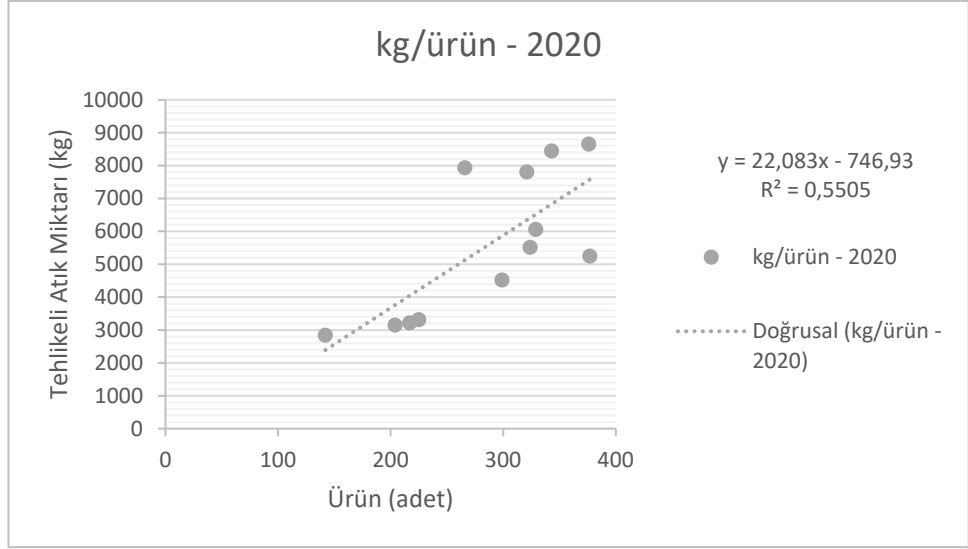
Çevre kayıpları, 3 alt ana başlıkta oluşturulmuş olup birimlere ve kayıp kategorisine göre önceliklendirilerek aksiyon alınmaktadır. Birim bazlı ve kayıp kategorisine göre kırılımı Şekil 4.13'te detaylandırılmıştır.



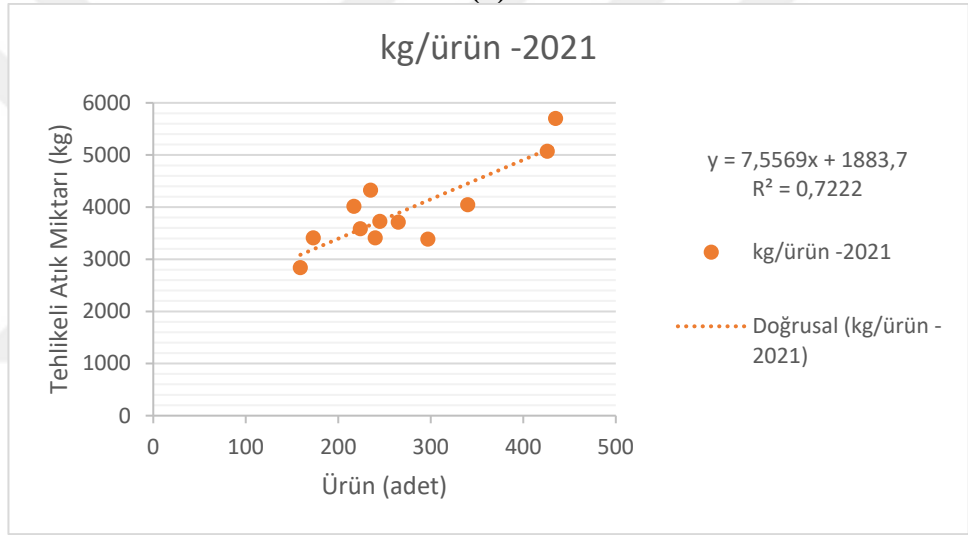
Şekil 4.13. Kayıp Türlerine Göre Çevresel Kayıp Oranları

Şekil 4.13'e göre en fazla kayıp su & atıksu kaybı olup (%55,5) bu kaybında %40 oranında boyahane biriminden kaynaklandığı görülmektedir. Su & atıksu kayıplarının kimyasal kayıpları (%29) takip etmekte ve yine kayıpların en fazla yaşandığı birim (%72) boyahane birimidir. Atık kayıpları ise çevre kayıplarının %15,5'ini oluşturmaktadır. Boyahane birimi incelendiğinde ise kataforez hattı ve boya kabini ünitelerinden atıksu oluştuğu görülmektedir. Bu sebeple aksiyonlar öncelikle Boyahane Kataforez Tesisi ve Boyahane Kabininde gerçekleştirilmiştir.

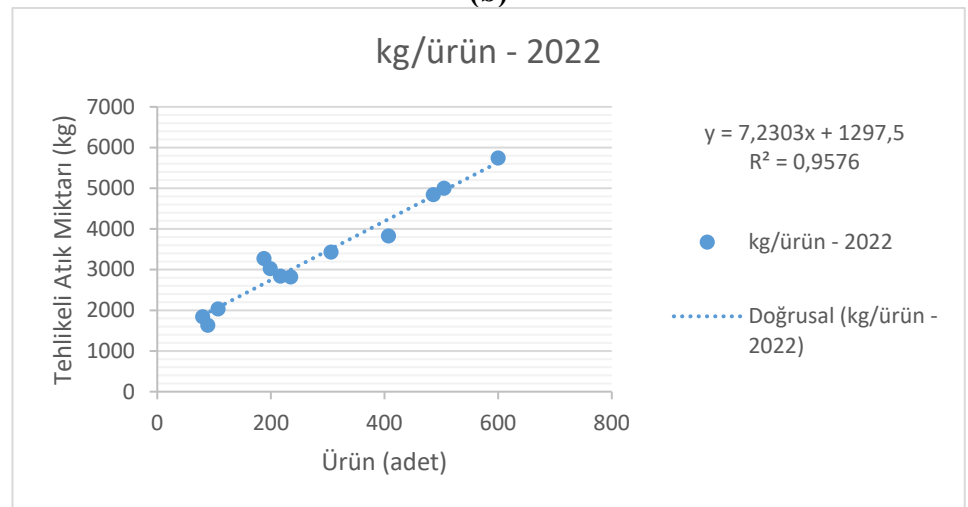
Çevre kayıpları regresyon analizi ile bir sonraki senenin tahminlemesi yapılarak ürün başı tüketim ve kayıplar takip edilmektedir. Burada amaç kayıpları sıfırlamak olup R^2 değeri 1 olduğu anda kayıpların sıfırlanacağı öngörülmektedir. Bu yöntem ile kayıp oranları ($1 - R^2$) regresyon analizi ile takip edilmiştir. Bir sonraki yılın hedefleri verirken regresyon analizleri takip edilmektedir. Son 3 yıla ait regresyon analizleri Şekil 4.14'te verilmiştir.



(a)



(b)

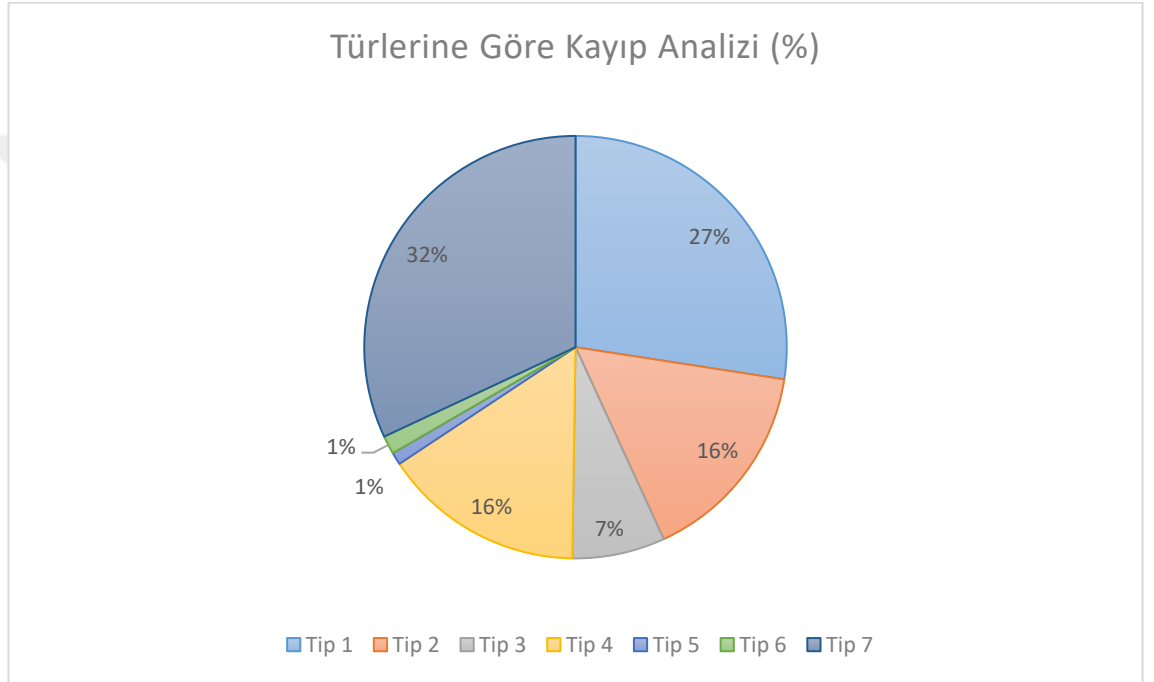


(c)

Şekil 4.14. Çevre Kayıpları Regresyon Analizi Sonuçları; 2020 Değerleri (a), 2021 Değerleri (b) ve 2022 Değerleri (c)

Şekil 4.14 incelendiğinde 2020 yılında kayıp oranı %45 olduğu görülmekte olup 2021 yılında üretim dışı kayıpların oranı %28, 2022 yılında ise kayıpların oranı %6,3 olarak hesaplanmıştır. Tez çalışması kapsamında kuruluşun kayıpları takip etmesi ve aksiyon alması ile birlikte %38,7 oranında bir iyileşme sağladığı görülmüştür.

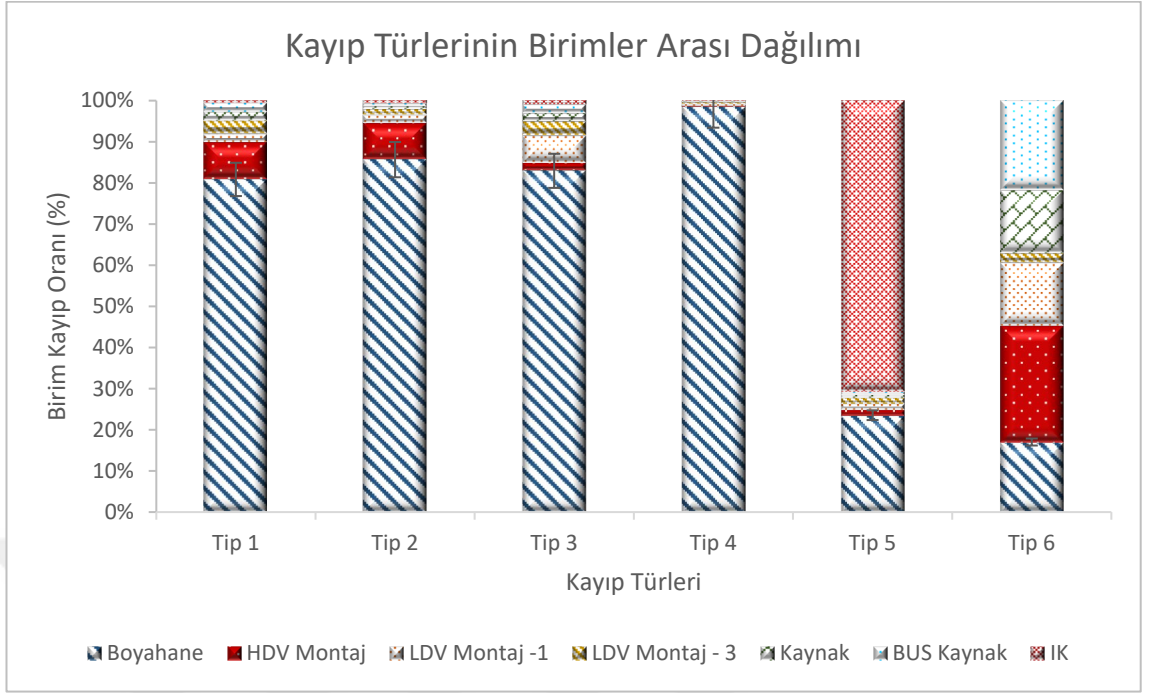
Enerji kayıpları, 7 kategoriden oluşmakta ve SCADA üzerinden bu 7 tip kayıp takip edilmektedir. Kayıpların kayıp kategorisine göre kırılımı Şekil 4.15'te verilmiştir.



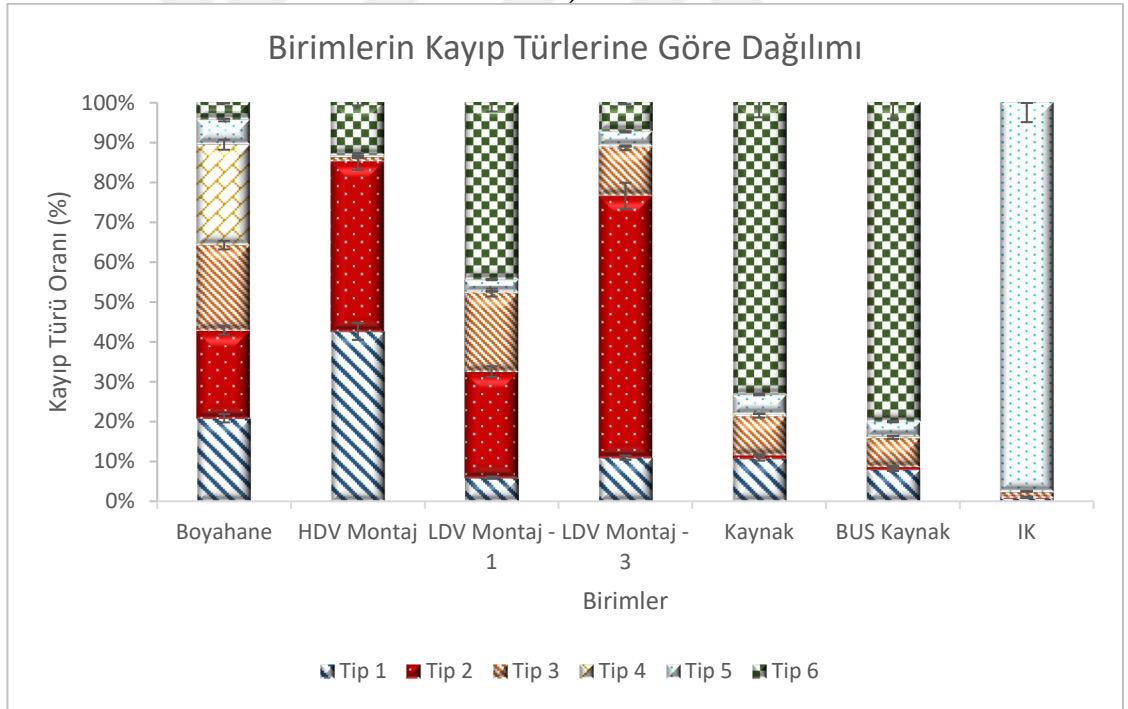
Şekil 4.15. Enerji Kayıp Kategorilerine Göre Enerji Kayıpları

Şekil 4.15 incelendiğinde %32 oranında yenilenebilir enerji potansiyelinin kullanılmaması kaynaklı kayıplar olduğu görülürken %27 oranında gereksiz tüketim kaynaklı kayıpların olduğu görülmektedir.

Enerji kayıplarının önceliklendirmesi için birimlere ve kategorilere göre oranlanması ve en yüksek birim ve kayıplar önceliklendirilmelidir (Şekil 4.16).



a)

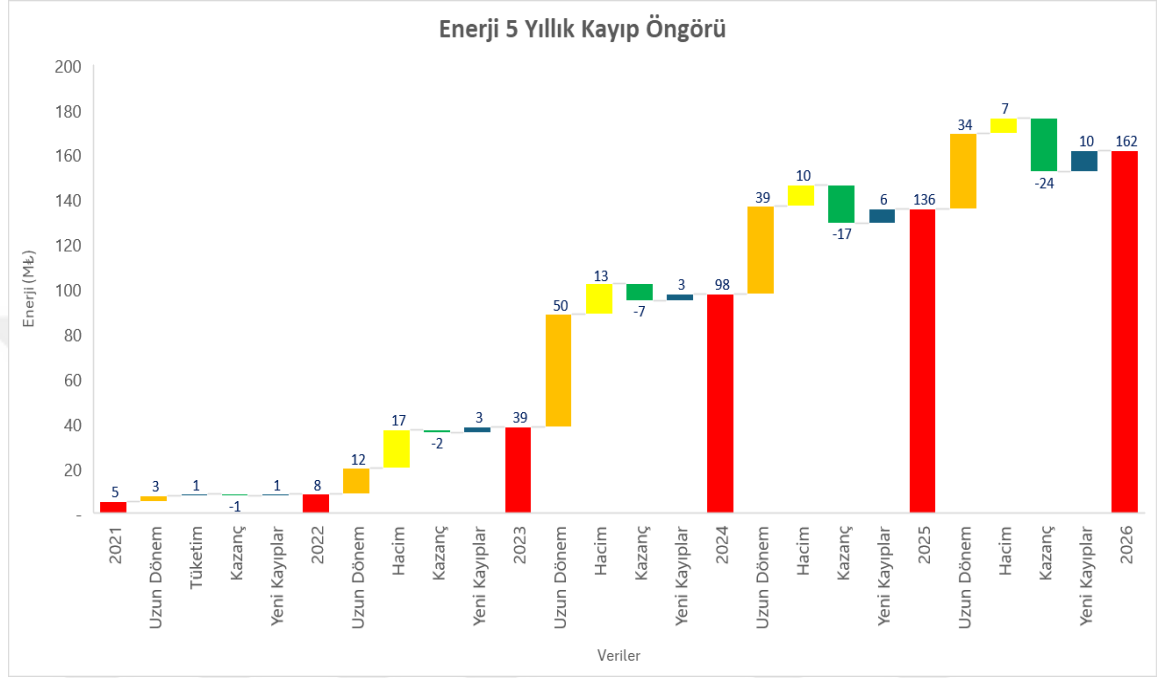


b)

Şekil 4.16. Kayıp Kategorileri (a) ve Birimlere Göre (b) Enerji Kayıpları

Şekil 4.16 incelendiğinde en büyük kaybın Tip 1 gereksiz üretim kaynaklı kayıp olduğu ve bu kaybın da en çok boyahane biriminde gerçekleştiği görülebilir. Bu sebeple

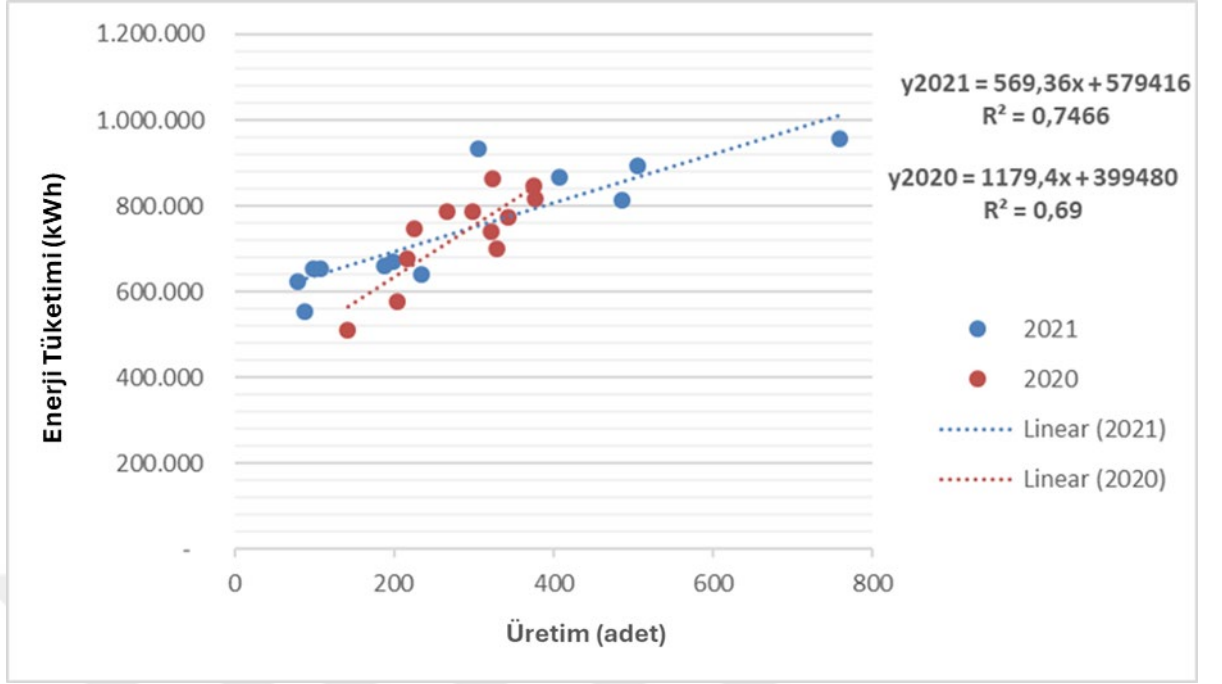
önceliklendirme Boyahane biriminde Tip1, Tip 2 ve Tip 4 kaynaklı kayıplara göre yapılmalıdır. Kayıp analizi ve risklere göre aksiyon belirlerken 5 yıllık süreçler baz alınır. Enerji kayıp projeleri için 5 yıllık öngörü Şekil 4.17’de verilmiştir.



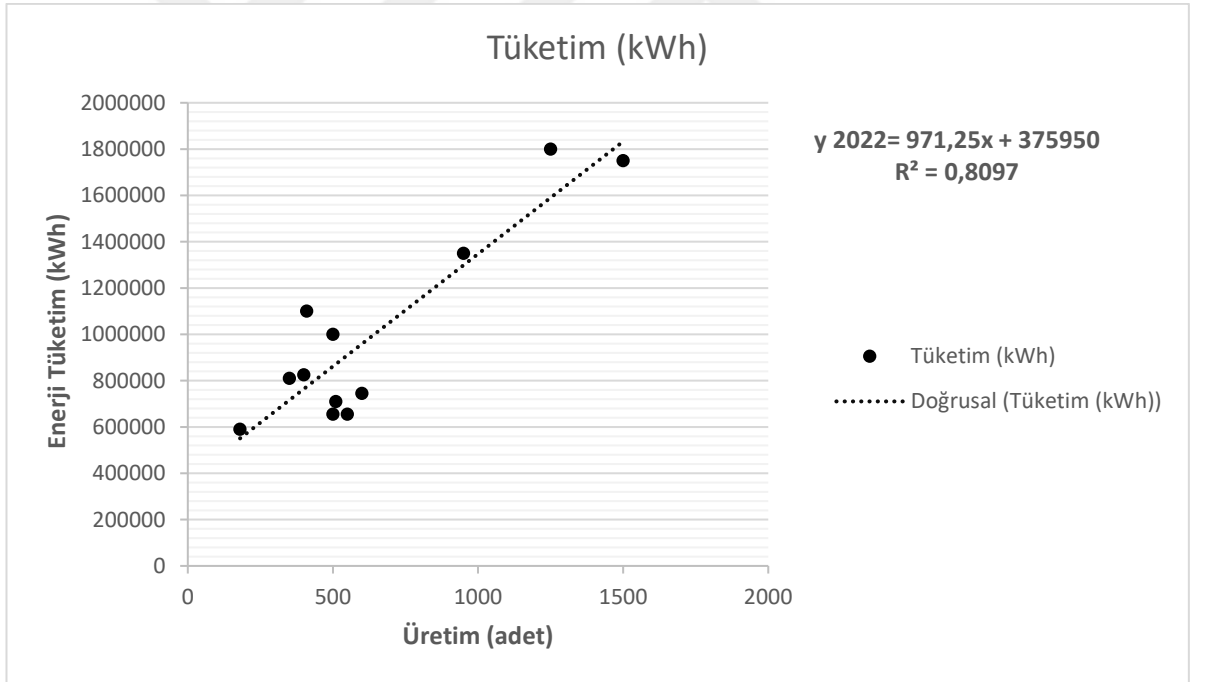
Şekil 4.17. Enerji Projeksiyon 5 Yıl Öngörüsü

Şekil 4.17’ye göre 5 yıl içerisinde Tip 1, Tip 2 ve Tip 4 kaynaklı kayıpların minimize edilmesi için 5 yıllık projeler belirlenmiş olup yıllık toplam 1 M€ kazan öngörülmüş ve projeler planlanmıştır.

Enerji kayıpları regresyon analizi ile bir sonraki senenin tahminlemesi yapılarak ürün başı tüketim ve kayıplar takip edilmektedir. Burada amaç kayıpları sıfırlamak olup R^2 değeri 1 olduğu anda kayıpların sıfırlanacağı öngörülmektedir. Bir sonraki yılın hedefleri verirken regresyon analizleri takip edilmektedir. Son 3 yıla ait enerji regresyon analizleri Şekil 4.18’de verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 4.18. Enerji Regresyon Analizleri; 2020 ve 2021 Değerleri (a), 2022 Değerleri (b)

Şekil 4.18 incelendiğinde 2020 yılında kayıp oranı %31 olduğu görülmekte olup 2021 yılında üretim dışı kayıpların oranı %25,4 görülmektedir. 2022 yılında ise kayıpların oranı %19,4 olarak hesaplanmıştır. Tez çalışması kapsamında kuruluşun kayıpları takip etmesi ve aksiyon alması ile birlikte %11,6 oranında bir iyileşme sağladığı görülmüştür.

4.1.6 Aksiyon Takibi ve Yönetimi

Kaza, yakın kaza, risk ve kayıplardan elde edilen veriler ilgili birimlerin sorumluluğuna devredilir. Kazalar ve yakın kazalar Kök Neden Analiz formu (Ek-2) ile analiz edilir ve aksiyon alınır, riskler M-Files risk analizi sisteminden Aksiyon modülüne işlenir, kayıplar ise Kayıp Takip Formu ile takip edilir.

Sürdürülebilir bir yönetim sistemi hedefleniyorsa planlama kısmında oluşturulan kaza, risk ve kayıplar ancak iyi bir aksiyon sistemi ile sıfırlanmaktadır. Bu sebeple, Şekil 4.19’da bir kaza aksiyon örneği, Şekil 4.20’de bir risk aksiyon örneği ve 4.21’de ise kayıp aksiyon örneği görülmektedir. Aşağıdaki örnekler Sürekli İyileştirme mantığı ile risk, kaza ve kayıp miktarını sıfırlayana kadar devam etmesi gerekmektedir.

Kimyasal Dökülmesi

Fotoğraf

İlk Aksiyon (varsa)

PLAN

5N+1K Analizi

- **What:** Operatör tarafından çapak önleyici kimyasalın dökülmesi
- **Where:** Çapak önleme hattı
- **Which:** 13 litre
- **When:** Üretim zamanı
- **Who:** Operatöre bağlı
- **How:** Kimyasal kabın koruma önlemi bulunmuyor

İnsan

- Yetkinlik ☒

Makine

- Ekipman tasarımı ☒

5 Neden Analizi – Problem 1

- **Problem:** Korumasız kimyasalın kullanılması
- **Neden:** Tanımlı ekipman yok
- **Neden:** Düşük miktarlar
- **Neden:** Öngörülemedi

Kök-Neden

- Ekipman Eksikliği

5 Neden Analizi – Problem 2

- **Problem:** Korumasız kimyasalın kullanılması
- **Neden:** ihtiyaç duyulmamış
- **Neden:** düşük miktarlar
- **Neden:** çalışanlar tecrübesiz

Root Cause

- Dikkat/Tecrübe eksikliği

UYGULAMA

Düzeltilici Faaliyet	Sorumlu	Tarih	Kapanış Tarihi	Kontrol Tarihi
- Tanımlanmış ekipman	- Faik Muzaffer	03.06.2020	03.06.2020	03.06.2020

KONTROL

Aksiyon Etkin mi? ☒ **Yes** ☐ **No**

İlave düzeltici aksiyon ←

ÖNLEM

Benzer alanlara Yaygınlaştırılabilir mi? ☒ **Yes** ☐ **No**

➔ Bölge: Jest Kaynak Hattı

Aksiyon: Diğer alana da yapılmış ve K Kodu tanımlanmıştır

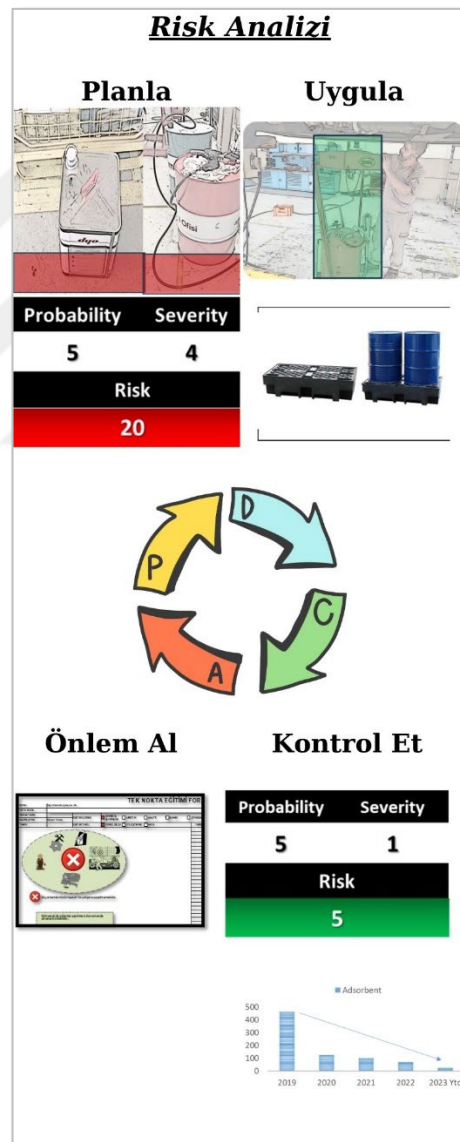
Şekil 4.19. Kaza Örneği ve EWO Formu

Şekil 4.19’da bir çevresel kaza örneği ve aksiyon formu verilmiştir. PÜKO metodolojisine dayanan bu yöntemde kaza bilgileri 5N1K metodu (ekipmandan kimyasal sızıntısının zamandan ve operatörden bağımsız 13 litre ağız açık bir kaptan döküldüğü) ile açıklanmış daha sonra Balık Kılçığı yöntemiyle olası nedenler (tasarım hatası, aşırı

87

kimyasal tüketimi, operatör yetkinliği) ve 5 Neden metodu ile kök nedenler (Planlama fazı) bulunmuştur (Ekipman ve dikkat eksikliği). Daha sonra aksiyonlar ve terminler alınmış (uygulama fazı), aksiyonlar yerinde kontrol edilmiş (kontrol fazı) ve diğer alanlara yaygınlaştırılması (kaza yeri otobüs gövde hattı, yaygınlaştırma diğer gövde alanları) gerçekleştirilmiştir.

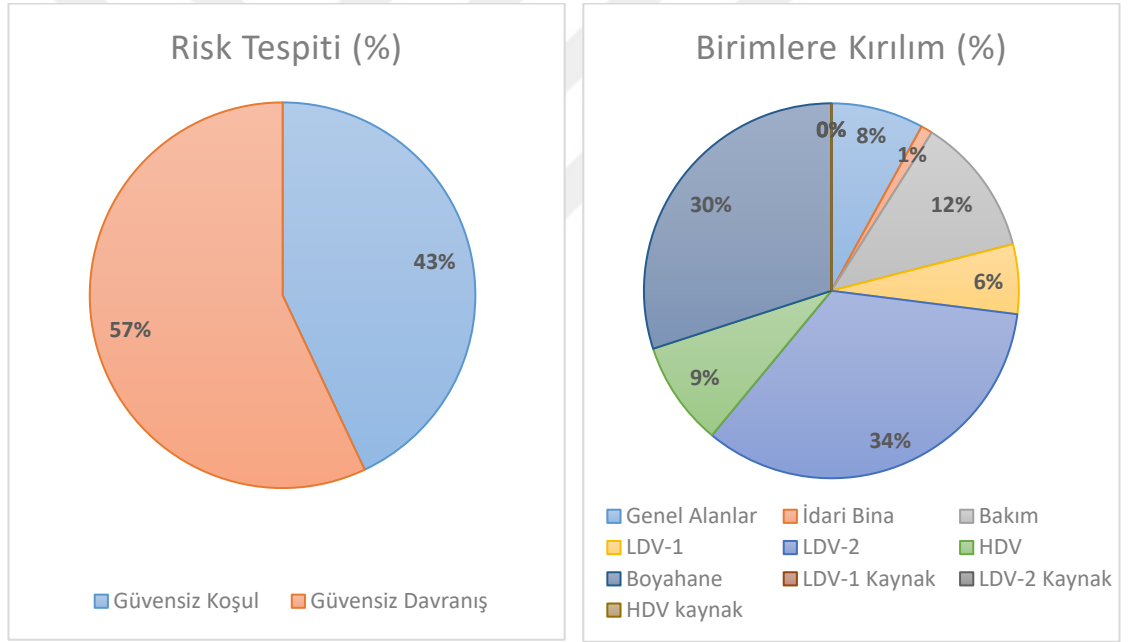
Risk örneğine bakıldığında Çevre birimi tarafından ve tüm çalışanlar tarafından anlık risk tespiti yapılmaktadır. Risk örneği Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20. Risk analizi / Aksiyon Örneği

Şekilde kimyasalların tava ve/veya koruyucu olmadan kullanıldığı tespit edilmiş ve M-Files sisteminden risk (Risk puanı: 20) açılmıştır (Planla fazı). Risk, modüler tava/ekipman ile aksiyon alınmış ve alana tanımlanmıştır (Uygulama fazı). Daha sonra alınan aksiyonlar yerinde kontrol edilmiş (Risk puanı: 5), risk puanlanmış ve bir daha benzer olaylar yaşanıp yaşanmadığı tespit edilerek aksiyonun etkinliğini gösterecek performans göstergeleri gözden geçirilmiştir. Daha sonra aksiyonların ilgili alana yaygınlaştırılması ve tekrar aynı risk yaşanmaması için gerekli prosedür, talimat, TNE vb. aksiyonlar standartlaştırılmıştır.

Elektrikli araç sektöründe M-Files ve QR Kod sisteminden bildirilen Güvensiz Koşul ve Güvensiz Davranış bulguları Şekil 4.21’de verilmiştir.



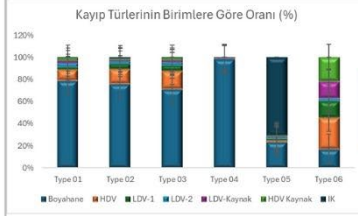
Şekil 4.21. Risk Analizi Bulguları (solda), Tespit Edilen Risklerin Birimlere Kırılımı (sağda) (%)

Enerji kayıp örneğine bakıldığında örnek form ve bir aksiyon Şekil 4.22’de verilmiştir. Aksiyon olarak Tip 1 önceliklerine

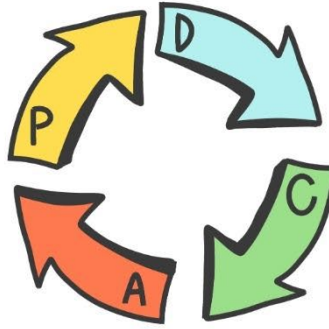
E Matris **Projesi - Tip 4**

Planla

Uygula



What: Recoverable energy from compressor unit
Where: Atlas Copco GA132+ and Atlas Copco GA132 compressor
When: Production time
Which: 181 kWh energy recovery
Who: Independent of Person
How: Discharging into air instead of using the inert heat

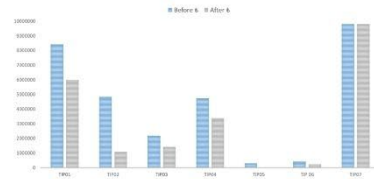


Önlem Al

Kontrol Et



**Lessons Learned
formu oluşturuldu**

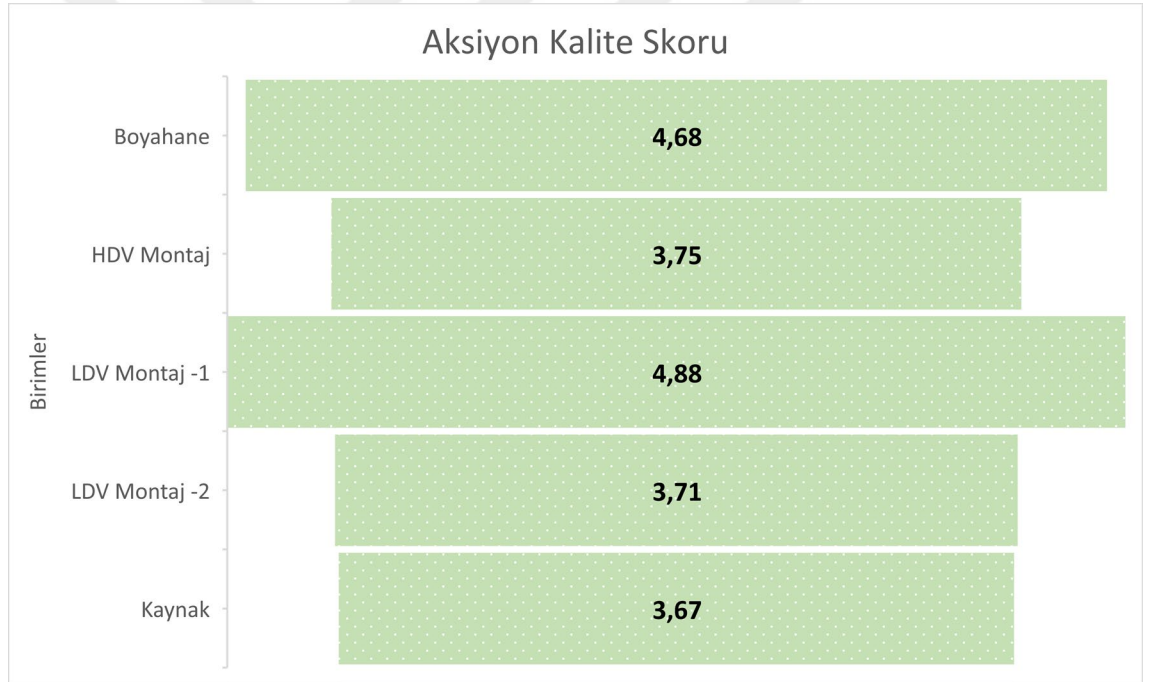


Benefit: 860.887 ₺/year
Cost: 436.712 ₺/year
B/C – 1,97

Şekil 4.22. Kayıp Analizi Örneği

Şekil 4.22 örneğine bakıldığında Tip 4 enerji geri kazanılamaması kaynaklı kayıpların boyahane biriminde oranı çok yüksek olduğu görülmüş ve önceliklendirilmiştir. Planlama fazında 5N1K metodu ile problem tanımlanmış ve kompresör kaynaklı atık ısıların üretimde değerlendirilmediği görülmüştür. Uygulama fazında kompresöre bir atık ısı geri kazanım ünitesi entegre edilmiş ve doğalgaz tasarrufu sağlanmıştır. Kontrol fazında Tip 4 kaynaklı kayıpların %29 oranında azaldığı görülmüştür. Standartlaştırma fazında ise lessons learned standartlaştırma metodu kullanmış ve bundan sonraki kompresör alımlarında atık ısı entegreli ünite kullanılması ile standartlaştırılmıştır.

Alınan aksiyonların kalitesi için aksiyon kalitesi puanlama metodu devreye alınmıştır. 2023 yılında birim bazlı aksiyon kalitesi puanlama metodu Şekil 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.23. Birimlerin Çevre ve Enerji Aksiyon Kalite Puanları

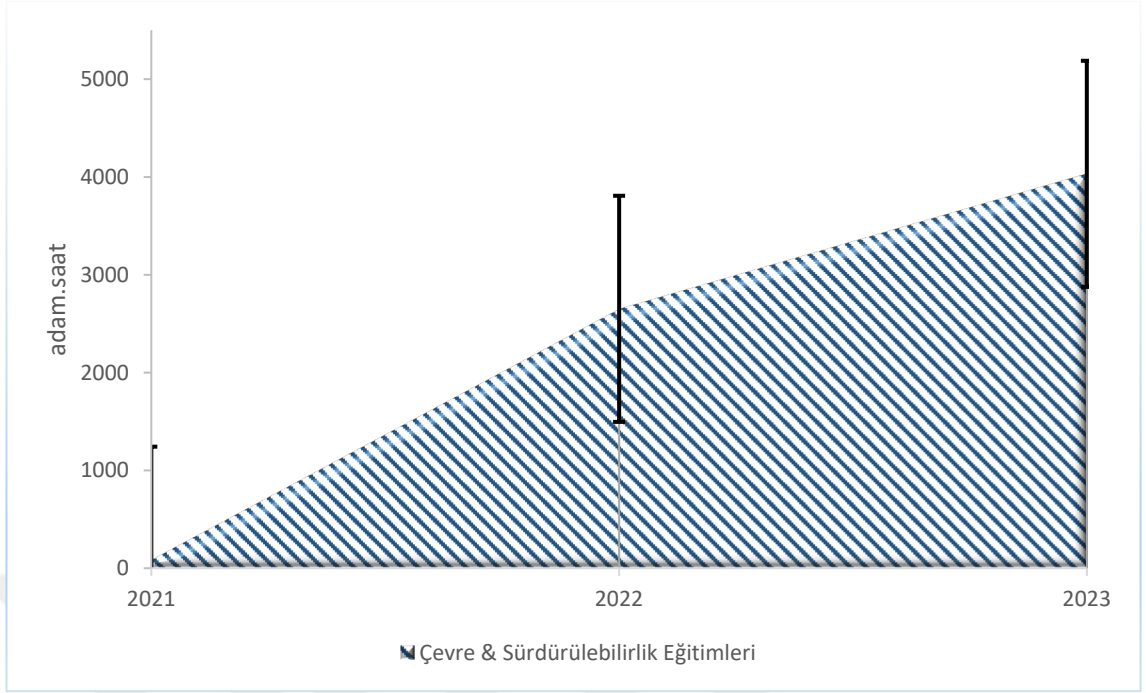
Aksiyon kalite puanlama metodu 2023 yılında devreye alınmıştır. Aksiyonların sıfır risk, sıfır kayıp ve sıfır kaza hedefine ulaşmak için 8 puan ortalamasına yaklaştırılması ve kaynağında çözüm ile kapatılması önemlidir. Birimlerin yıllık aksiyonları bu doğrultuda gittikçe artarak devam etmelidir.

4.1.7 Eğitim ve İç Denetim Yönetimi

Eğitim Yönetimi: Eğitim yönetimi tüm çalışanları sürece dahil etmek onların aksiyon alması ve standartlaştırmasını sağlamak için önemlidir. Çalışmanın bu kapsamında Çalışan Gelişimi ve Eğitimi süreçleri devreye girmekte olup İK birim süreçleri ve performans göstergeleri ile süreç entegre edilmiştir. Bilinç oluşturmak için verilen Akademi eğitimleri ve eğitim performans göstergeleri sırasıyla Çizelge 4.3 ve Şekil 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Sürdürülebilirlik Kapsamında Planlanan Akademi Eğitimleri

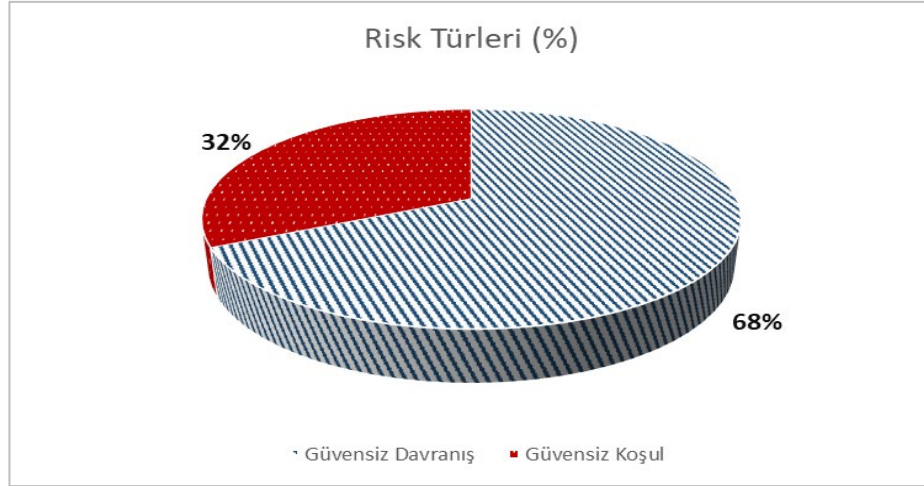
Eğitim Kapsamı	Hedef Kitle	Eğitim Süresi (sa)
Temel Çevre Bilinci	Operatör/Teknik Personel	4
Sıfır Atık Yönetimi		4
Çevre & Enerji Yönetim Sistemi	Tüm çalışanlar	72
Su Yönetimi		2
Oryantasyon		4
Sürdürülebilirlik Yönetimi		4
Kurumsal Karbon Ayakizi	Beyaz yaka & Yönetim ekibi	40
Eğitimi		
Ürün Bazlı Karbon Ayakizi		4
Eğitimi		



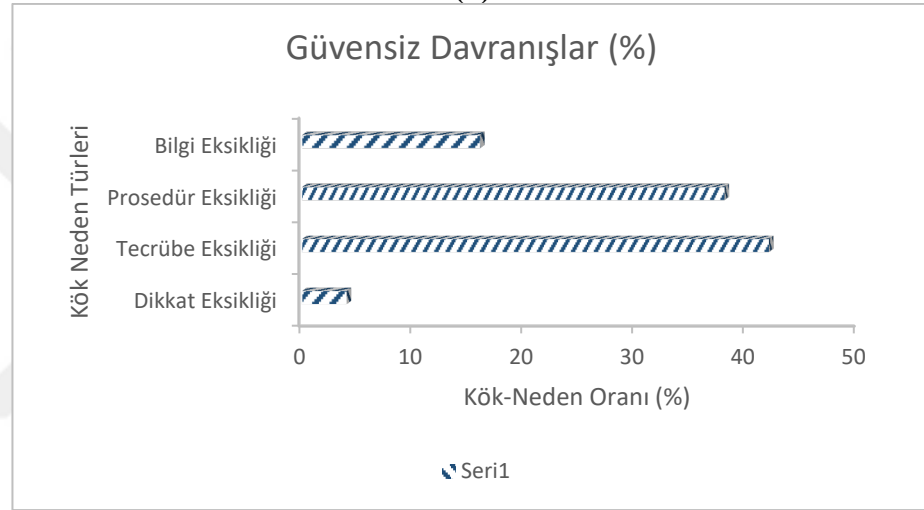
Şekil 4.24. Çevre ve Sürdürülebilirlik Eğitim Verileri

Şekil 4.24 eğitim saati ile güvensiz davranış kaynaklı kaza, risk ve kayıpların minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Bu sebeple yönetim sistemleri eğitim ve yetkinliklerin artırılması için çalışmalarını sürekli iyileştirme kapsamında gerçekleştirmelidir. Bu tez çalışması kapsamında mevcut durumda 24 adam.saatten 2023 yıl sonunda 4000 adam.saate çıkarılmıştır.

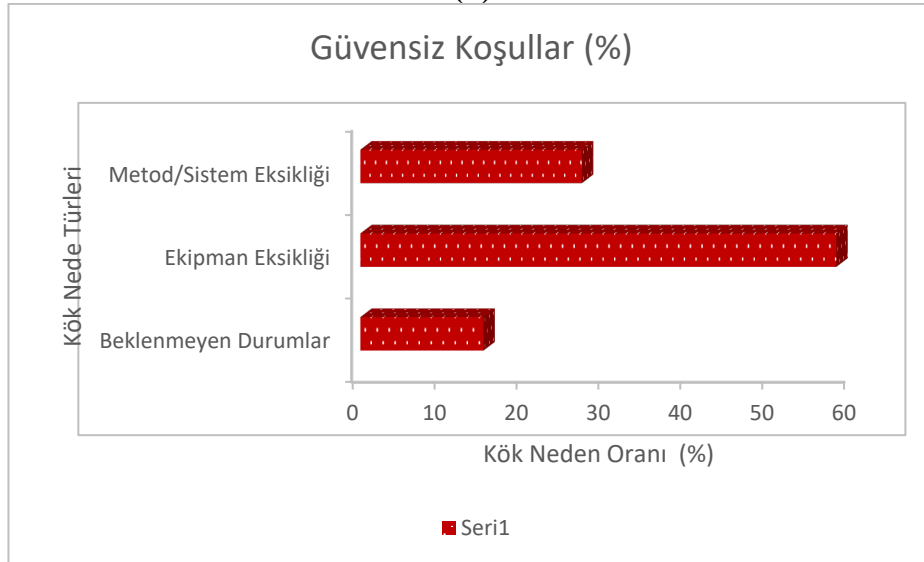
İç denetim bulgularında çalışanlardan özellikle güvensiz davranış kaynaklı bulgular gelmektedir. Bu bulgular risk analizi, kayıp analizi veya kaza analizlerine dahil edilerek tespit sayısının artması amaçlanmaktadır. İç denetim sonucuna dair risk türlerine göre bulgular (a), Güvensiz davranışların (b) ve Güvensiz koşulların (c) kök nedenleri Şekil 4.25'te verilmiştir.



(a)



(b)

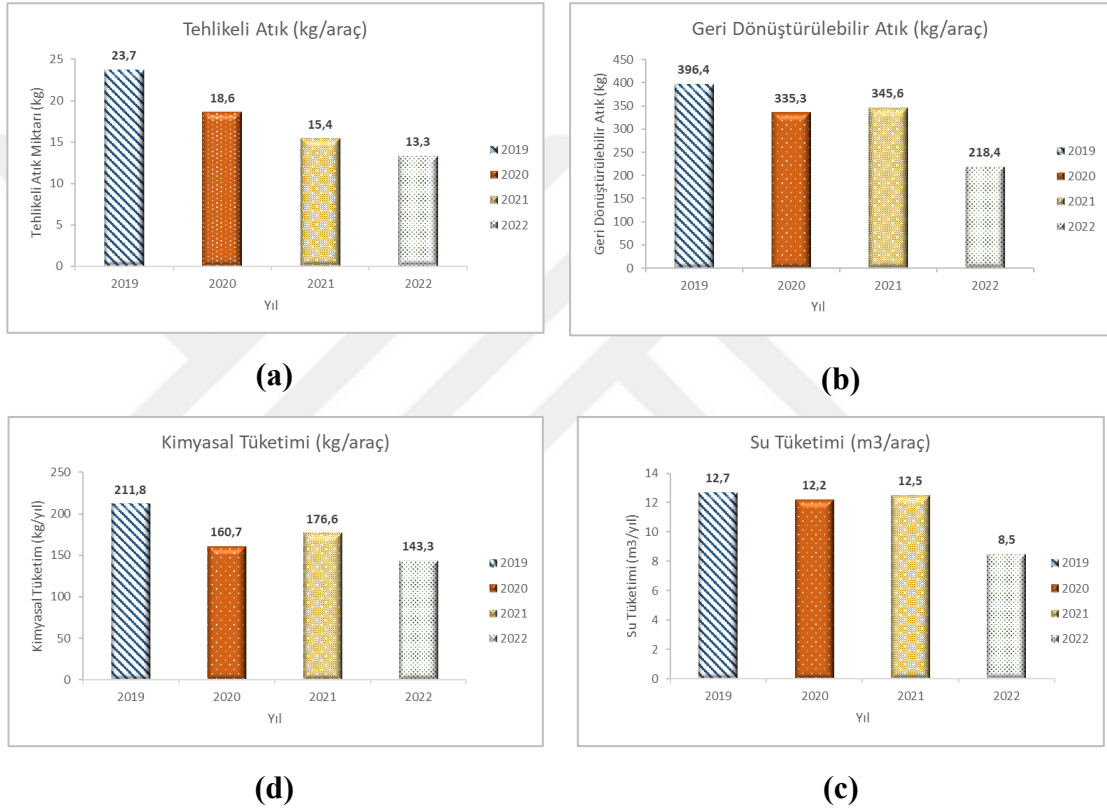


(c)

Şekil 4.25. İç Denetim Sonucu Elde Edilen Risk Bulguları a), Güvenli Davranış b) ve Güvenli Koşul c) Oranları

4.1.8 Entegrasyon Yönetimi (Dijitalizasyon ve ESG Entegrasyonu)

Entegrasyon Yönetimi, çevresel parametrelerin Triple Bottom Line (environmental, social and economic or governance) yöntemine entegrasyonunu içermektedir. Üretim aşaması gerçekleştikten sonraki süreç bu faaliyetlerin tedarik süreçlerine, ürün süreçlerine ve ömür sonu süreçlerine yansımaları olacaktır. Üretim aşamasında çevresel gerçekleştirilen performans göstergeleri Şekil 4.26’da verilmiştir.



Şekil 4.26. Üretim Performans Göstergeleri; Tehlikeli Atık (a), Geri Dönüştürülmüş Atık (b), Su Tüketimi (c), Kimyasal Tüketimi (d)

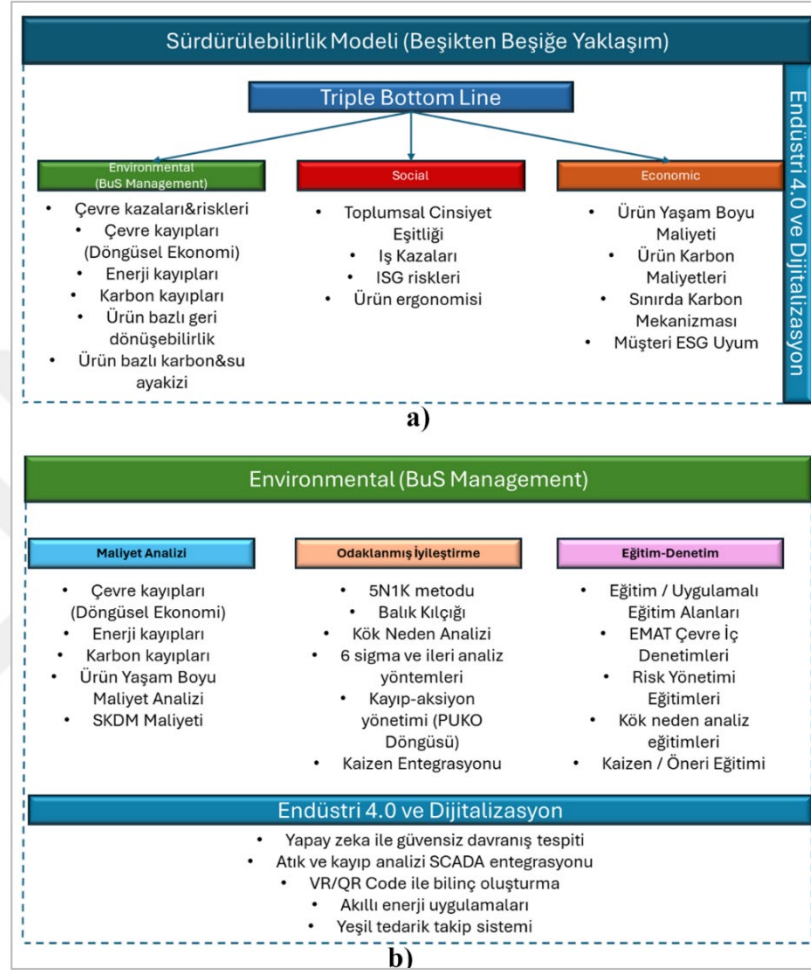
Tez çalışmasının gerçekleşmeye başladığı 2019 yılından itibaren araç başı tehlikeli atık miktarında %43,8 oranında bir iyileşme gözlemlenirken, araç başı geri dönüşümlü atık miktarında %44,9, araç başı kimyasal tüketiminde %32,3, araç başı su tüketiminde %33,1 oranında azalmıştır. Çalışma kapsamında hesaplanan çevresel göstergeler ayrıca Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Çevresel Göstergeler (Yıl bazlı)

Anahtar Göstergeler	2019	2020	2021	2022
Tehlikeli Atık (kg/ürün)	23,7	18,6	15,4	13,3
Geri Dönüşümlü Atık (kg/ürün)	396,4	335,5	365,6	218,4
Kimyasal Tüketimi (kg/ürün)	211,8	160,7	176,6	143,3
Atıksu Tüketimi (m3/ürün)	12,7	12,2	12,55	8,47
Karanlık Fabrika (kWh/gün)	13.700	12.100	8.600	7.200
Enerji Tüketimi/Elektrik (LDV)	3.325	2.225	2.600	1.280
Enerji Tüketimi/Elektrik (HDV)	4.335	3.170	2.536	2.170
Enerji Tüketimi/Elektrik (LDV-2)	-	-	546	383
Enerji Tüketimi/Doğalgaz (LDV)	2.720	2.200	1.840	1.450
Enerji Tüketimi/Doğalgaz (HDV)	2.690	2.124	1.711	2.420
Enerji Tüketimi/Doğalgaz (LDV-2)	-	-	680	613

Bu parametrelerin sürdürülebilirlik faaliyetleri açısından tedarik aşaması, ürün ve ömür sonu ürün aşamasında entegrasyonu önemlidir. Ayrıca bu süreçler gerçekleştirilirken yapay zeka ve endüstriyel 4.0 uygulamaları ile çalışma desteklenmiştir.

Sürdürülebilirlik yönetim sistemi Maliyet Analizi, Yalın Yönetimi ve İnsan Kaynakları ile entegre olmak zorundadır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen entegrasyon çalışmaları Şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.27. BuS Management Sürdürülebilirlik Modeli ve Yalın Yönetim Entegrasyonu Şematik Gösterimi

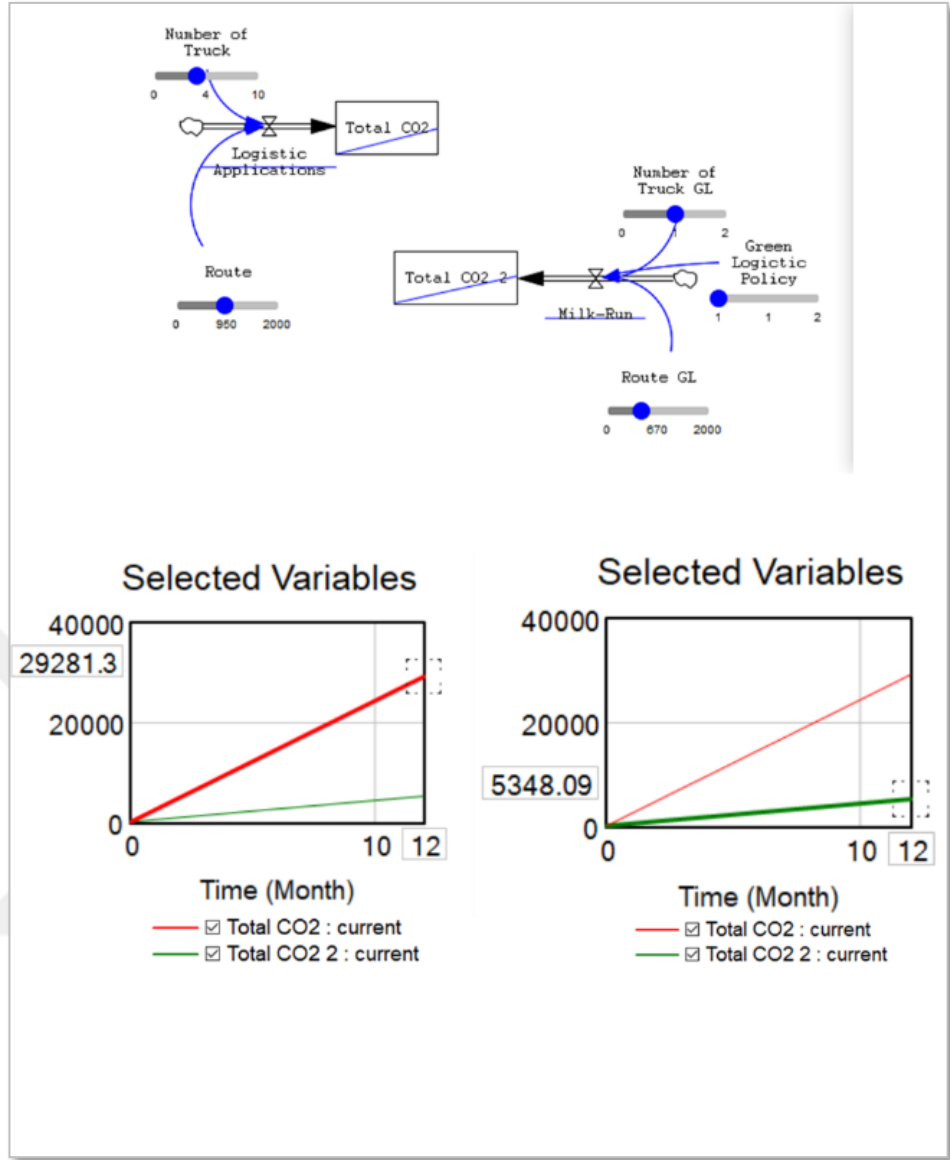
Bu tez çalışması kapsamında kurgulanan yönetim modeli önce üretim faaliyetlerindeki stratejik göstergelere odaklanmış daha sonra bu çalışmaların hammaddeye tedarik aşaması, ürün aşaması, ömür sonu aşamasına yaygınlaştırılması ile sürdürülebilir hale getirilmesini sağlamıştır. Şekil 4.27 bu entegrasyonu sağlarken hangi birimlerin ve hangi metodların kullanılması gerektiğinde yol göstermektedir. Özellikle hammadde ve tedarik aşaması, ürün aşaması ve ömür sonu ürün aşaması için Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka gibi çalışmaların kullanılması verilerin anlık takibi ve anlık aksiyon için önemlidir.

4.1.9 Hammaddde & Tedarik Aşaması Karbon Yönetimi

Hammadde ve tedarik aşamasından kaynaklanan emisyonların elektrikli & hidrojen yakıtlı araç sektörüne olan etkisini içeren çalışmalar bu bölümde incelenmiştir. Hammadde tedarik kaynaklı emisyonlar Kapsam 3 emisyonuna (Kategori 3, Kategori 4, Kategori 5, Kategori 9) yönelik emisyonlar olup bu kapsam emisyonlarının yönetimi Yeşil Lojistik faaliyetleri ve Yeşil Satınalma faaliyetleri olarak 2 ayrı alt başlıkta incelenecektir.

Yeşil Lojistik Faaliyetleri; Lojistik faaliyetleri satın alınan & üretilen ürünün taşınması ve ambalaj yönetimini ifade eder. Yeşil lojistik faaliyetleri kuruluşlara milk-run, tersine lojistik gibi uygulamaların geliştirilmesi ile karbon emisyonları ve atık azaltımı gibi önemli avantajlar sağlar. Çalışma kapsamında Venum ® simülasyon programı kullanılarak milk-run ve tersine lojistik faaliyetlerinin Kapsam 3 – Kategori 1 emisyonlarına etkisi simüle edilmiş ve ayrıca çıkan analiz sonuçlarına göre pilot uygulama gerçekleştirilmiştir.

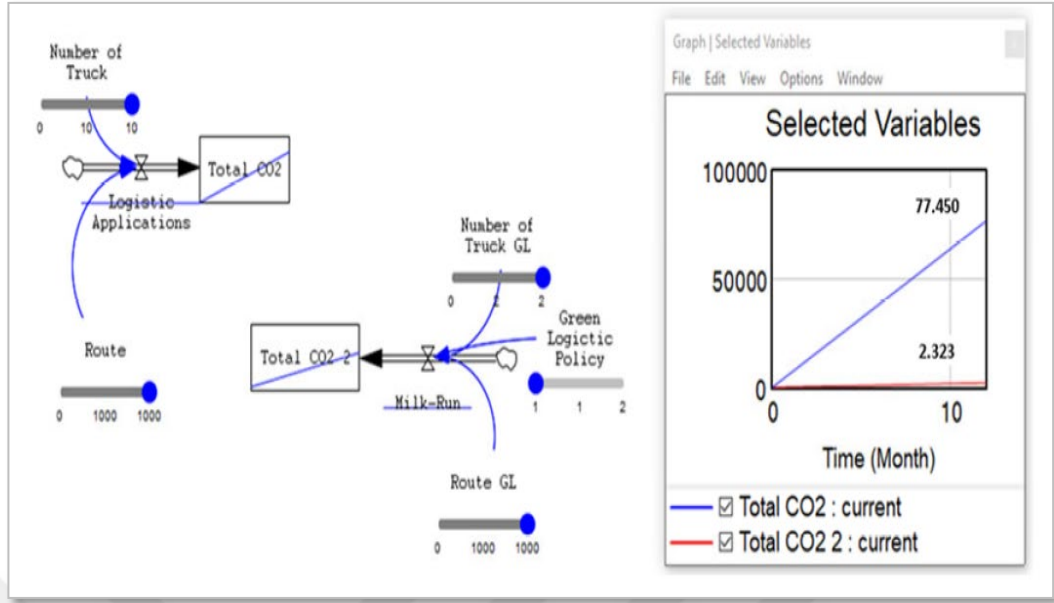
Tez çalışması kapsamında 2 farklı milk-run senaryosu uygulanmıştır. Uygulanan ilk senaryoya göre 4 farklı hammadde grubu için tek bir rotalama yapılmış ve karbon emisyonu salımları analiz edilmiştir. Uygulanan Milk-run simülasyonu çalışma sonuçları ve pilot çalışma sonuçları Şekil 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.28. Milk-run Simülasyon Çalışmaları Önce ve Sonra Kapsam 3 Emisyon Değerleri

Şekil 4.28 incelendiğinde uygulanan milk-run çalışmaları ile 4 farklı hammaddenin tek bir rota ile toplanması durumunda kuruluşun Kapsam 3 Kategori 1 emisyonlarının %82 oranında azaltılabileceği görülmüştür.

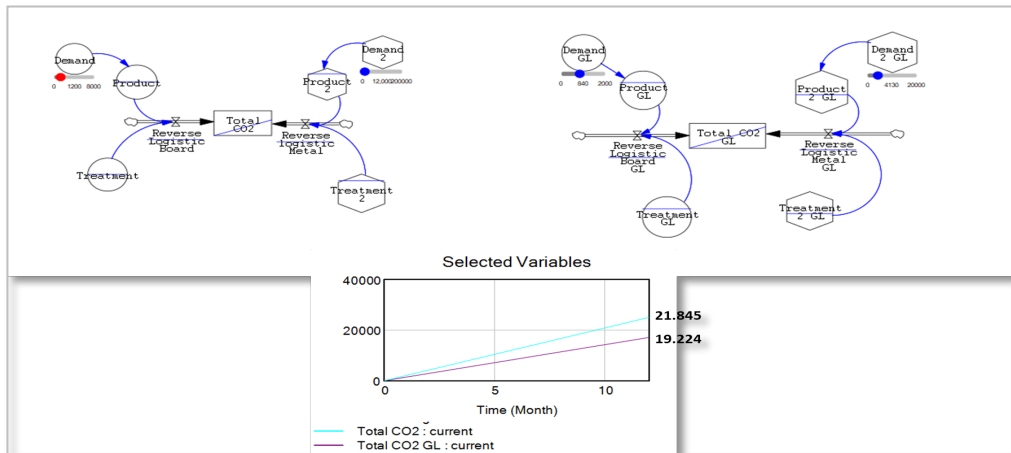
Aynı çalışma ikinci bir senaryo ile tekrar gerçekleştirilmiş ve ilk senaryoya ilave olarak araçların elektrikli araç olması senaryosya dahil edilmiştir. Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar Şekil 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4.29. Milk-Run Çalışması Senaryo 2 Simülasyon Sonuçları

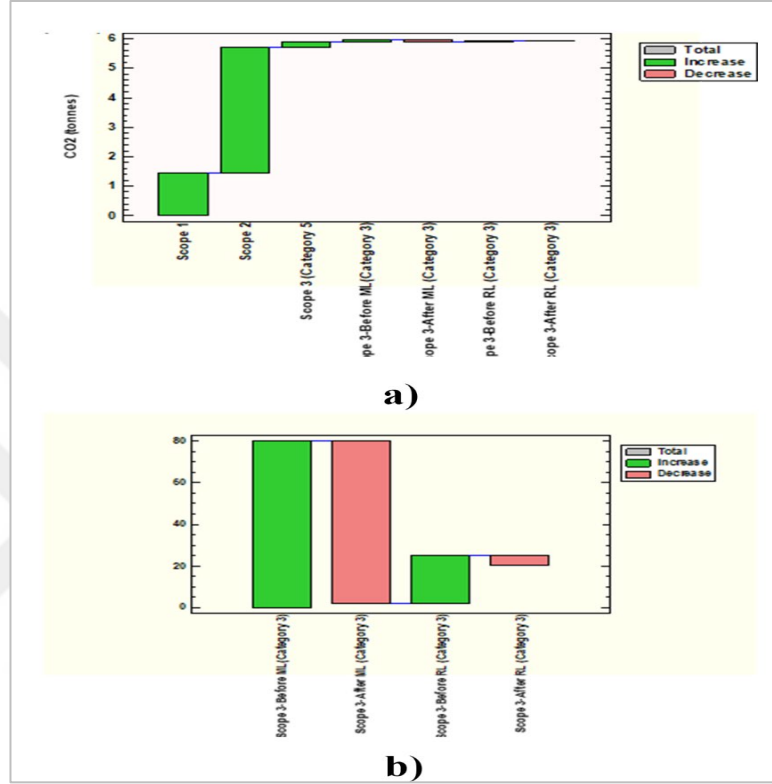
Şekil 4.29 incelendiğinde uygulanan milk-run çalışmalarında elektrikli araç kullanılması öngörüldüğünde kuruluşun Kapsam 3 Kategori 1 emisyonlarının %97 oranında azaltılabileceği görülmüştür.

Tersine lojistik çalışmaları özellikle Döngüsel Ekonomi uygulamaları kapsamında ambalaj ve bu ambalajlara bağlı atık yönetiminden kaynaklanan emisyonların azaltılmasını hedeflemektedir. Tersine lojistik çalışmalarına bakıldığında VEnum® uygulama sonuçları Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30. Tersine Lojistik Çalışmalarının Kapsam 3 Emisyonlarına Etkisi

Şekil 4.30 incelendiğinde tersine lojistik faaliyetlerinin Kapsam 3 (Kategori 5) emisyonlarına %12’lik bir azalma sağladığı görülmüştür. Bu tez çalışması kapsamında yapılan milk-run ve tersine lojistik çalışmalarının kuruluşun toplam emisyonlarına etkisi Şekil 4.31’de verilmiştir.



Şekil 4.31. Elektrikli Araç Sektörü Karbon Emisyonlarına (a) ve Kapsam 3 Emisyonlarına (b) Yeşil Lojistik Faaliyetlerinin Etkisi

Yeşil satınalma faaliyetleri: satın alınan beşikten beşiğe tüm döngülerde karbon emisyonu salımına odaklanır. Özellikle 2023 yılında AB Green Deal kapsamında oluşturulan Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) kapsamında ürünleri ‘Beşikten Kapıya’ yaklaşım metoduna göre ürün bazlı karbon ayakizi üzerinden azaltamadıkları karbon başına bir ücret yükümlülüğü doğmuştur. Beşikten Kapıya yaklaşım baz alındığında ödenecek maliyetlerin kapsamında;

- Tedarikçilerin karbon emisyonları,
- Tedarikçilerin malzemelerin taşınması sırasında oluşacak emisyonlar,
- Üretim kaynaklı emisyonları kapsamaktadır.

Bütün bu etkiler göz önünde bulundurulduğunda Tedarikçilerin ilk fırsatta Karbon Emisyonlarını azaltması firmaları ciddi ekonomik yükümlülüğünden kurtaracaktır.

Bu tez çalışması kapsamında özellikle ürünün beşikten kapıya yaklaşımla çevresel etkisi yüksek olan tedarikçilerin belirlenmesi ve bu paydaşlar ile ortak çalışmalar planlanması önemlidir. Bu tez çalışması kapsamında Yeşil Satınalma altyapısı oluşturulmuş olup tedarikçi emisyonların iyileşmesi için süreç devam etmektedir. Yeşil satınalma süreçlerinin kuruluşun Kapsam 3 emisyonlarına etkisi ayrı bir çalışma ile raporlanacaktır.

4.1.10 İç Karbon Yönetimi

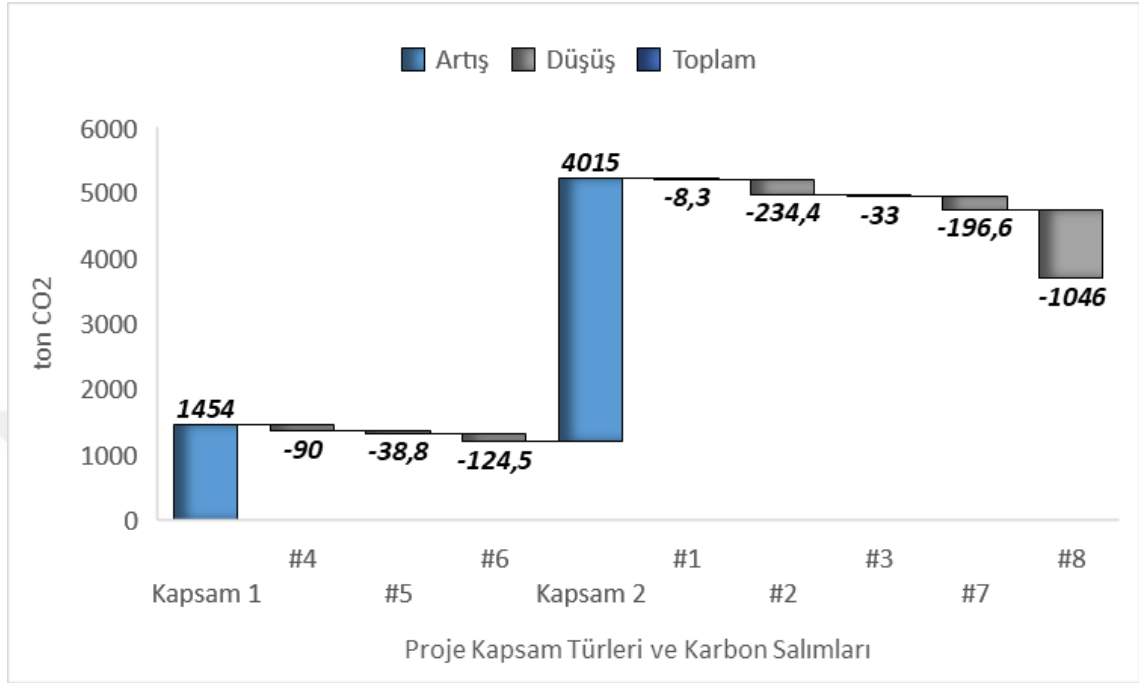
Çalışma kapsamında karbon emisyonlarını hesaplamak ve onun SKDM'ye olan etkileri düşünüldüğünde maliyet birimleri ile karbon maliyetlerinin ve karbon bütçelerinin oluşturulması özellikle öncelikli sektörlerde zorunluluk haline gelmiştir. Çalışma kapsamında elektrikli araç sektörü Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonlarına iç karbon maliyet analizi yapılmış ve sadece enerji verimliliği üzerinden bir maliyet değil karbon maliyetleri de sürece dahil edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında kuruluşun Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonlarına etki edecek enerji iyileştirme projeleri gerçekleştirilmiş (Çizelge 4.5) ve karbon azaltım maliyetleri üzerinden iç karbon maliyetleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5. Enerji Projeleri Fizibilite Analizi

No	Proje	Enerji Tipi	Yıllık Kazanç (TEP/yıl)	Proje Yatırım Tutarı (€)	Yıllık Kazanç (€/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)	Uygulama Derecesi
#1	Hava Kaçaklarının Önlenmesi	Elektrik	1,43	217	1.703	0,12	Basit
#2	Verimsiz pompaların değiştirilmesi	Elektrik	8,7	47.873	10.360	4,62	Basit
#3	Kompresör dış havasının optimizasyonu	Elektrik	5,64	2.717	6.735	0,4	Basit
#4	Kompresör Atık Isı Projesi	Doğalgaz	41,05	21.300	10.405	2,05	Orta
#5	Boiler geri dönüş suyunun optimizasyonu	Doğalgaz	16,7	13.717	4.809	2,85	Zor
#6	Isı Pomoası	Elektrik / Doğalgaz	62,7	68.160	17.427	3,91	Basit
#7	Aydınlatma Dönüşümü	Elektrik	33,6	141.142	40.136	3,52	Basit
#8	Fotovoltaik sistemlerin uygulanması	Elektrik	1.046	5.325.750	1.249.285	4,26	Zor
	Toplam		1.215,82	5.620.870	1.340.860	4,19	-

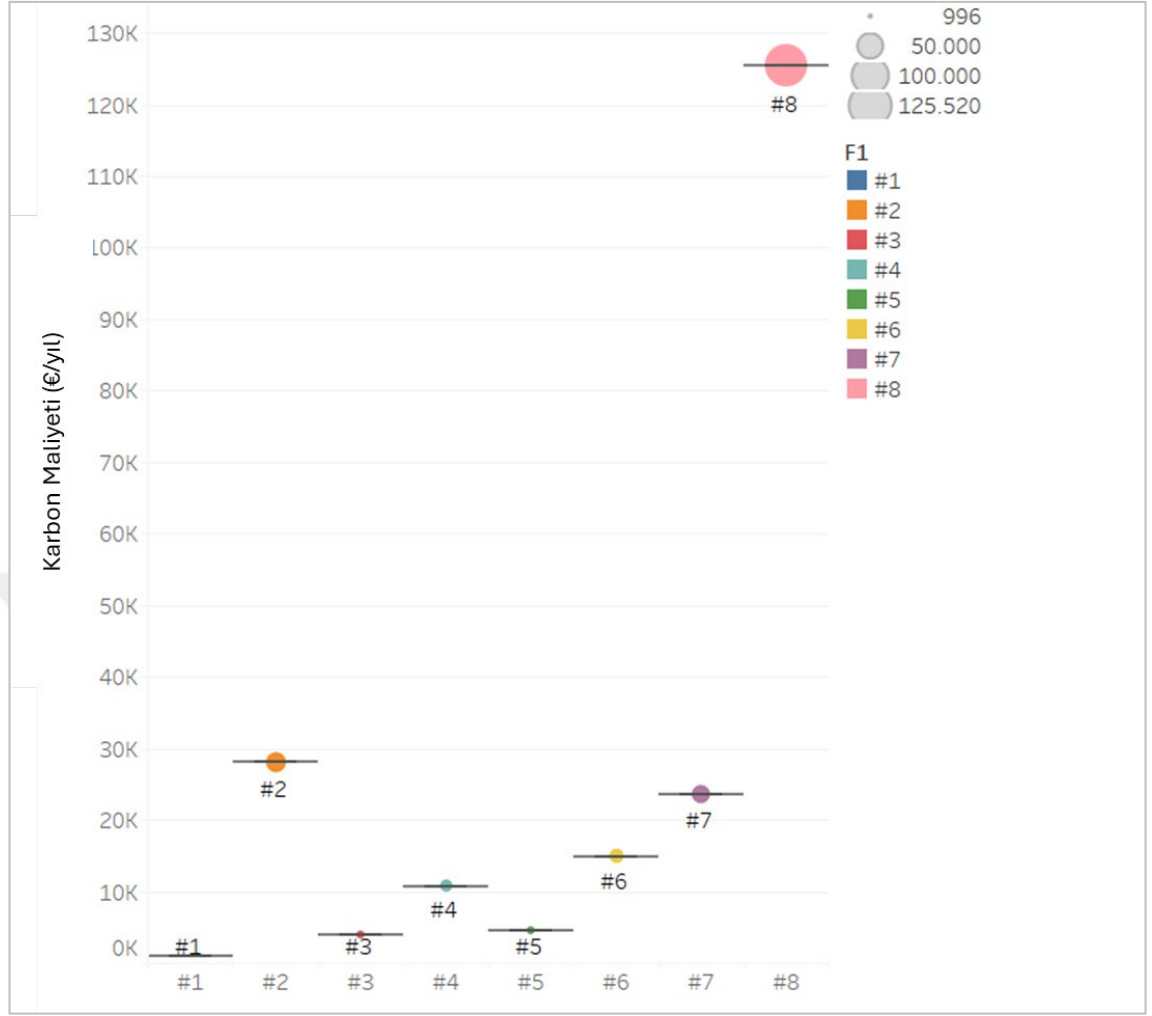
Enerji iyileştirme projelerine bakıldığında yıllık yaklaşık 1 M€ kazanç sağlanabildiği görülmektedir. Ancak proje yatırım tutarı ve NPV (Net Bugünkü Değer) analizlerine bakıldığında bu projelerin ortalama geri dönüş süresi 4,19 yıl olup çalışmanın gerçekleştiği kuruluştaki NPV>2,5 değeri projelerin yatırıma uygun olarak değerlendirilmemesini sağlamaktadır. Bu sebeple projelerin karbon maliyetleri de NPV analizlerine dahil edilerek ve NPV değerlerinin düşürülmesi amaçlanmıştır.

Enerji iyileştirme projelerinin karbon emisyonlarına kapsamlarına göre etkisi Şekil 4.32’de verilmiştir.



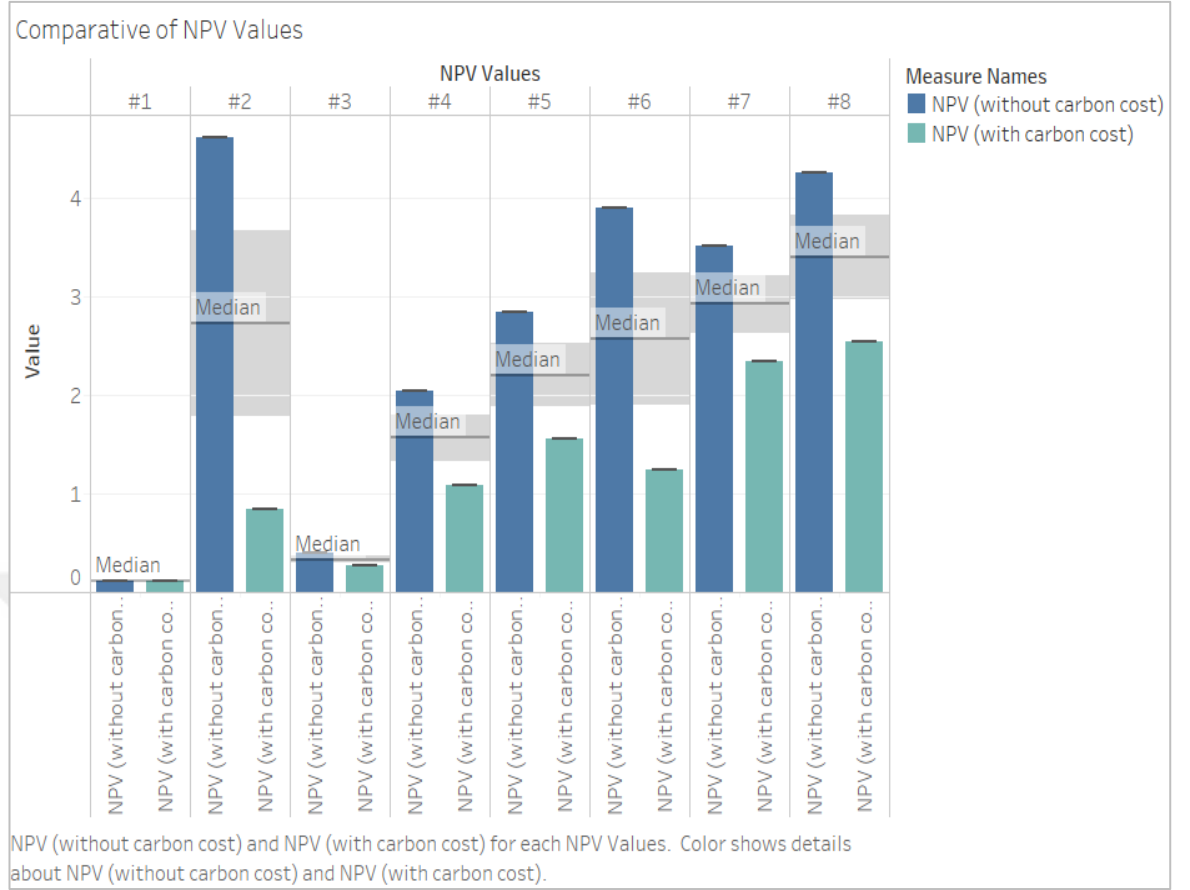
Şekil 4.32. İç Karbon Analizinde Gerçekleştirilen Projelerin Kapsam 1 ve Kapsam 2 Emisyonlarına Etkisi (ton CO2/yıl)

Şekil 4.32 kuruluşta gerçekleştirilecek enerji iyileştirme projeleri ile birlikte Kapsam 1 emisyonlarından 253,3 ton/yıl iyileşme, Kapsam 2 emisyonlarından ise 1 518,3 ton/yıl bir iyileşme sağlanacağı görülmektedir. Kapsam 1 ve Kapsam 2 emisyonlarının azaltılmasından kaynaklanan iç karbon maliyeti Şekil 4.33’te verilmiştir.



Şekil 4.33. Proje Bazlı İç Karbon Maliyetleri (€/ton CO₂)

Şekil 4.33'te projelerin iç karbon maliyetleri proje bazlı görülebilir. Projelerin toplam karbon maliyeti toplamda 212.000 €/yıl karbon vergisinden muafiyet sağlanacaktır. İç karbon maliyetlerin amacı karbon maliyetinin de fizibilite sürecine dahil edilmesini sağlayarak SKDM maliyetlerine etkisi yüksek olan projelerin önceliklendirmesini sağlamaktır. Bu tez çalışması kapsamında gerçekleşmesi planlanan projelerin NPV oranları ve iç karbon maliyetlerinin dahil edilmesi ile birlikte yeni NPV oranları Şekil 4.34'te verilmiştir.



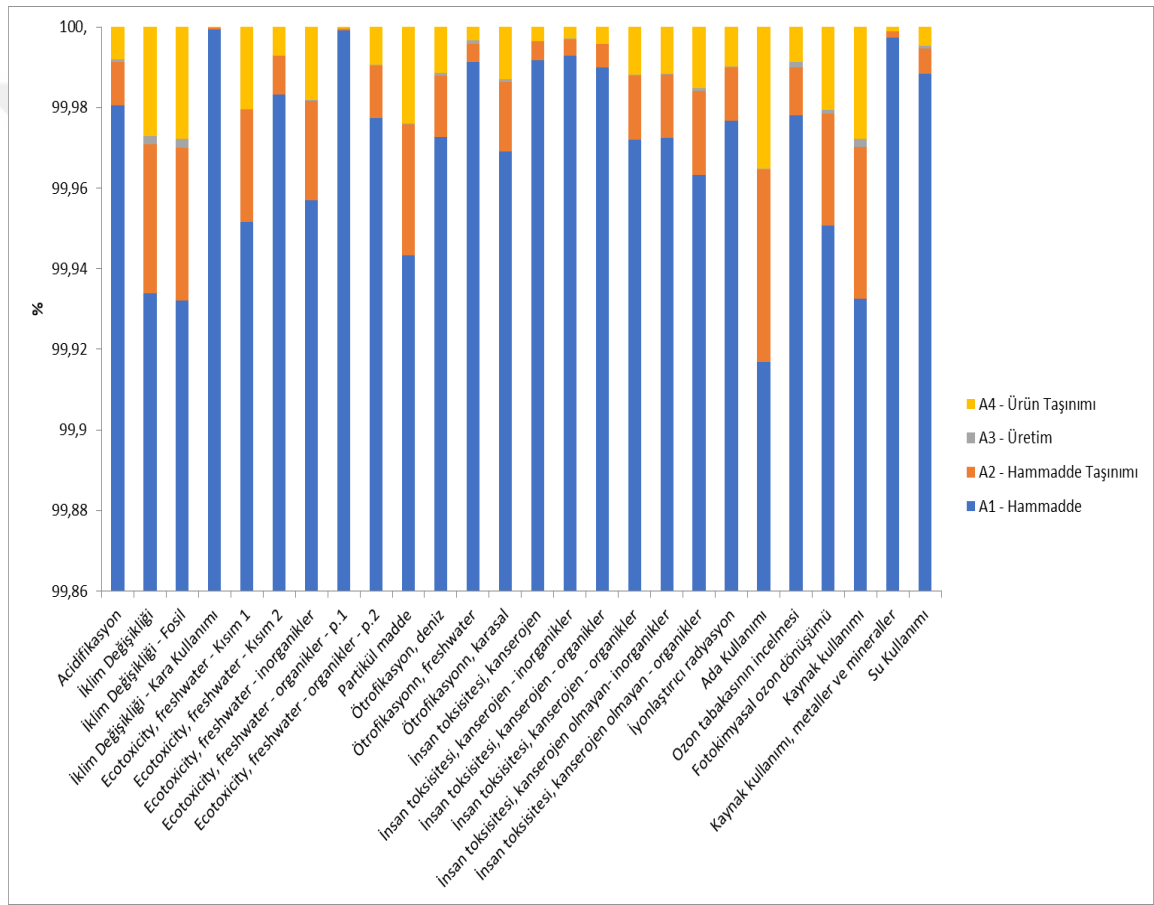
Şekil 4.34. İç Karbon Fiyatlama Maliyeti Dahil Edilen ve Edilmeyen Projelerin Geri Ödeme Süresi (NPV) Değerleri

Şekil 4.34'e bakıldığında iç karbon maliyeti dahil edilmediğinde projelerin geri ödeme süresi ortalama 4.19 yıl iken iç karbon maliyeti dahil edilen projelerin geri ödeme süreleri 212.000 €/yıl iç karbon maliyet avantajı ile ortalama 2.55 yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilen projelerin gerçekleştirilmesi ile Kapsam 1 emisyonlarında %11, kapsam 2 emisyonlarında ise %36,7 oranında iyileştirme öngörülmüştür.

4.1.11 Ürün Sürdürülebilirliği

Yönetim sistemlerinde artık üretimin verimliliği tek başına yeterli değildir. Sürdürülebilirlik ve benimsediği Beşikten Beşiği yaklaşımı sistemlerin üretim ve ömür sonu yaklaşımlarını da dikkate almamız kritiktir. Bu tez çalışması kapsamında ürün sürdürülebilirliği Ürün Bazlı Karbon Ayakizi ve Ürün Geri Dönüşebilirliği konusunda 2 alt başlıkta incelenecektir.

Ürün Bazlı Karbon Ayakizi; Bu tez çalışması kapsamında özellikle ürünün beşikten beşiğe yaklaşımla çevresel etkisi, çevresel maliyet analizi ve ürün bazlı karbon ayakizi incelenecektir. Bu çalışma elektrikli ve hidrojen yakıtlı araçlarda önemli bulgular verilecek ve karbon nötr ürünlere gitme yolunda önemli bir yol haritası oluşturulacaktır. Tez çalışma kapsamında 12 metre elektrikli bir otobüsün tedarik aşaması ve üretim aşaması kaynaklı ürün bazlı karbon ayakizi tamamlanmış olup çalışma sonuçları Şekil 4.35'te verilmektedir.



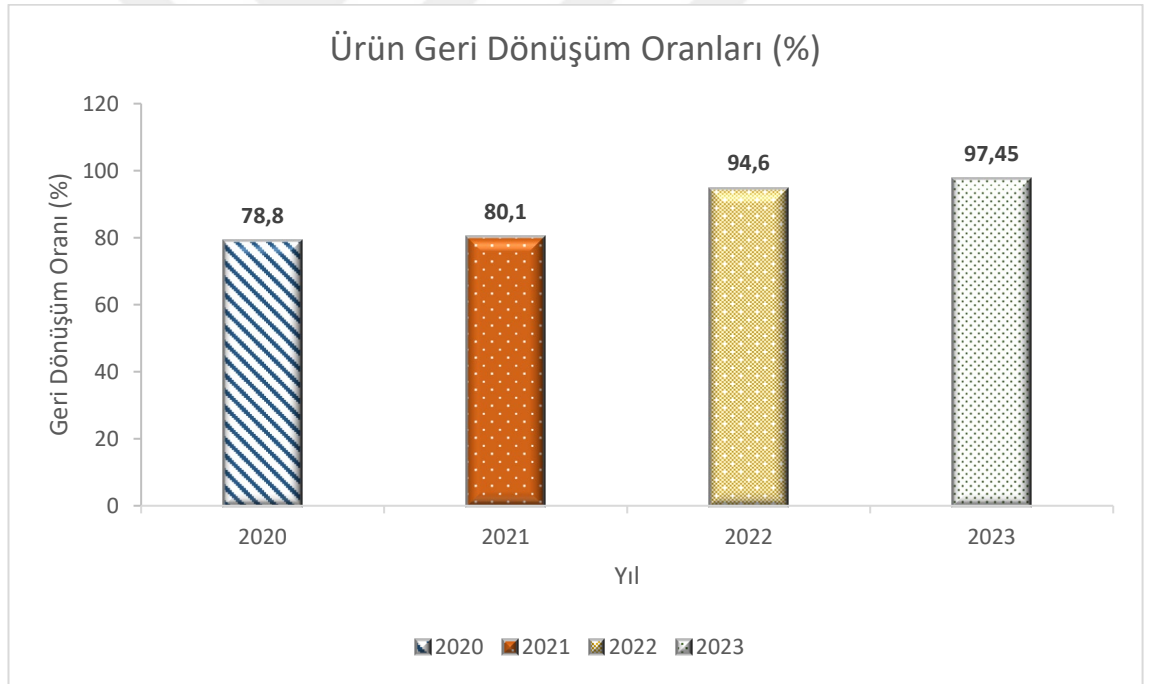
Şekil 4.35. 12m Elektrikli Otobüsün Hammadde ve Üretim Kaynaklı Ürün Bazlı Karbon Ayakizi Sonuçları

Şekil 4.35 incelendiğinde 6 ana etki ve 27 alt çevresel etki değerlendirilmiş olup 27 etkinin tamamında çevresel etkilerin $>99\%$ ve üzerinde ürünün hammadde üretimi aşamasında gerçekleştiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre özellikle SKDM kapsamında

ve ürün bazlı sürdürülebilirliğin azaltılması için hammdde ve tedarik aşamasındaki karbon emisyonlarına ve çevresel etkilere odaklanılması gerektiğini göstermiştir.

Ürün Geri Dönüşebilirliği; Ürün geri dönüşebilirliği çalışmaları ürünün geri dönüşüm oranının artırılması ve üründe geri dönüşümlü malzeme oranının artırılması parametreleri ile takip edilecektir. Tez çalışması kapsamında ürünün geri dönüşüm oranları ve üründe geri dönüşüm malzeme kullanım oranlarının artırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmalar tüm sektörlerde Döngüsel Ekonomi, Emisyon Ticaret Sistemi ve Sınırdaki Karbon Mekanizması hedeflerine uyum için kritiktir.

Bu tez çalışması kapsamında hesaplanan Ürünün Geri Dönüşüm oranları Şekil 4.36’da verilmektedir.



Şekil 4.36. Ürün Geri Dönüşüm Oranı (%)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma kapsamında ülkemizin ve AB'nin Yeşil Mutabakat, SKDM ve Emisyon ticaret Sistemi hedeflerine uyum için Endüstri 4.0 ile entegre, kuruluşlara yol gösterici olan bir sürdürülebilirlik iş modeli geliştirilmiş (BuS Management) ve daha sonra da geliştirilen bu modeli bir elektrikli & hidrojen yakıtlı araç sektörüne uygulayarak performans göstergelerinin durumu takip edilmiştir. Çalışma sonuçlarının sistem uygulanmadan önce ve sonrası sonuçları ile ideal durum Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. BuS Yönetim Sistemi Öncesi (Mevcut Durum), Tez Sonu Durum ve İdeal Durum

Yönetim Sistemleri/İnsiyatifler	Mevcut Durum (2019)	Tez Sonu Durum (2023)	İdeal Durum (2030)
ISO 14001	Belge var	Belge var	Belge var
ISO 50001	Belge yok	Belge var	Belge var
Kurumsal Karbon Ayakizi Raporu (ISO 14064)	Yok	Var	Var
Ürün Bazlı Karbon Ayakizi Raporu	Yok	Var	Var
ISO 14068 Belgesi	Yok	Yok	Var
DKÜ Çevre & Enerji	Başlamadı	3 puan	5 puan
CDP	F	B-	A
BIST	F	B	A
SBTi	Yok	Yok	Var
Sürdürülebilirlik Raporu	Yok	Var	Var

Tablo 5.1'de görüldüğü üzere BuS yönetim sistemi uygulayan bir elektrikli araç sektöründe SKDM ve AB Green Deal isterlerine 3 yıl içerisinde süreç stratejilerinin %67'sine uyum sağlandığı görülmektedir. Ülkemizde 2020 yılında yenilenen 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında 1.000 TEP üzeri işletmelere ISO 50001 Enerji Yönetimi kurmak zorunlu hale getirilmiştir. Fuchs ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemindeki araçları, zorlukları ve avantajları örnek olaylar ile açıklamışlardır. Ayrıca yaptıkları çalışmada ISO 50001 Enerji Yönetim Sisteminin en yeni standartlardan biri olması onunla ilgili uygulamaların bulunma

zorluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple ISO 50001 yönetim sisteminin ISO 14001, ISO 45001 ve ISO 9001 yönetim sistemleri entegre edilmelidir (Fuchs ve ark, 2020). Lee ve Cheng (2016) gerçekleştirdikleri bir çalışmada ise enerji yönetim sistemlerinin enerji kazançları üzerinde bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda enerji yönetim sisteminin uygulanmasıyla yıllık tasarruf oranının %11,39'dan %16,22'ye çıktığını görmüşlerdir. Ayrıca bu etkiyi proje bazlı incelemişler ve aydınlatma sisteminin %39,5 oranı ile en yüksek katkıyı sağladığını görmüşlerdir. Havalandırma sistemlerinin %14,07 ve diğer ekipmanların verimliliği ile %16,7 civarında tasarruf etkisini raporlamışlardır. Jawalkier ve Jelke'nin (2017) entegre yönetim sistemleri üzerinde yaptıkları bir çalışmada ise entegre yönetim sistemlerinin kalite ve hedeflerine ulaşması için daha az evrak ve prosedürel süreçler, daha basit entegrasyon süreçleri ve daha hızlı atık yönetimi ile daha verimli sonuçlar elde edilebileceğini görmüşlerdir. Entegre yönetim sistemlerinin etkili uygulanması, katma değeri olmayan zamanın azaltılması, görsel çalışmaların etkinliği ve daha fazla üretkenlik ile daha güvenli çalışma koşullarına sebep olacaktır (Jawalkier ve Jelke, 2017). Akhan (2023) yaptığı bir çalışmada ise enerji yönetim sisteminin etkili uygulanması ile kazanlarda %76,4 verim, ısıtma-soğutma sistemlerinde %47 verim, ısı değiştiricisi %51 verim, ısı pompası da 1,09 COP verim sağlamıştır. Bu tez çalışması kapsamında da ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi kurulmuş ve yaklaşık %6'lık bir enerji tasarruf artışı elde edilmiştir (Nalbur ve Yavas, 2023). Ayrıca yine çalışma kapsamında enerji kayıp analizi ve enerji ile ilişkili karbon kayıp analizi oluşturulmuş ve gerçekleştirilen projeler ile yıllık yaklaşık enerji maliyetinin yaklaşık %12'si geri kazanılmıştır. Buradaki projelerin değerlendirildiğinde en yüksek kazanç Tip 2 kayıplarında gerçekleşmiş en düşük kazanç ise Tip 5 kayıplarında gerçekleşmiştir. Ayrıca çevre ve iç karbon kaynaklı yıllık 1 m€'ya kadar kazanç sağlanabileceği hesaplanmıştır. ISO sistemleri ve DKÜ sistemleri tek başına uygulandıklarında firmalara verimlilik sağladığı görülmektedir ancak ISO ve DKÜ standartlarını entegre eden bir çalışma veya uygulamaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışması kapsamında ISO ve DKÜ Standartlarının üretim çevre ve enerji tehlikeli atık, geri dönüştürülebilir atık, atıksu ve kimyasal göstergelerine sırasıyla %43,8; %44,9; %33,1 ve % 32,3 iyileşme sağladığı görülmüştür. Ayrıca DKÜ kapsamında yapılan 3. taraf denetimlerinde 5 puan üzerinden 3 puan alınmıştır. Sürdürülebilirlik faaliyetlerin artması ve yaygınlaşması ile resmi denetimde 5 puan hedeflenmekte olup ürün bazlı

karbon ayakizi raporunun tüm ürün gruplarında uygulanması, yeşil satınalma ve yeşil tedarik süreçlerinin gerçek boyutlu çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve Kapsam 3 emisyonlarının azaltılması, ürün geri dönüşüm oranlarının minimum %20 seviyelerine çıkarılması ile DKÜ denetimlerinden 5 puan alınması hedeflenmektedir.

DKÜ yönetim sistemleri uygulanırken iyileştirilmesi gereken bazı alanlar olduğu aşıkardır. Özellikle yönetim sistemleri oluştururken endüstri liderlerine bir rehber doküman bulunması, gerçekleştirilen örnek çalışmaların benchmark uygulamalar ile desteklenmesi sistemin eksiksiz uygulanmasını ve istenilen verimliliğin elde edilmesini sağlar. Wronska (2016), DKÜ yönetim sisteminde rehber haritalarının bulunmadığından bahsetmiştir. Bu durum farklı ülkelerde ve farklı endüstrilerde bilinmeyen verimli uygulamaların varlığı ve sistemin standartlaşmadığı düşünüldüğünde önemli bir eksiklikler. Ayrıca Muda ve Hendry 2002 yılında yaptıkları çalışmada DKÜ sisteminin seri ve kesiksiz üretim için etkili olduğunu durağan üretim sistemleri için bir dezavantaj olduğunu görmüşlerdir. Üretim sistemlerinin genellikle seri üretim mantığında olduğu düşünülse de özellikle elektrikli araç sektörü ve hafif ve ağır ticari araç üretimi gibi ihale bazlı veya yavaş üretim sürelerinde çok sistematik faaliyetler önemli bir dezavantaj olacaktır. Özellikle performans göstergelerindeki değişkenlik, faaliyetlerin yavaş devreye alınması ve buna bağlı olarak iyileştirme faaliyetlerinin sonuçlarının ya geç görünmesi ya görünmemesi gibi durumlar ile karşılaşılacaktır. Bu da çalışan motivasyonunun önemli olduğu sistemlerde faaliyetlerin yavaşlamasına sebep olabilir. Ancak bu dezavantajlar ile Erozan ve Muminoğlu'nun (2019) yaptığı bir çalışma DKÜ sisteminde metodların kolaylıkla başka sistemler ile entegre edilebileceğini hatta DKÜ sisteminden yola çıkarak kendi üretim yapısına uygun yeni sistemler kurulabileceğini belirtmiştir. Petrillo ve arkadaşları 2019 yılında DKÜ metodolojisini İtalyan otomotiv şirketindeki performansını ölçümlemişler ve pilot olarak bir kuruluştaki DKÜ sisteminin uygulanmasını etkileyen faktörleri belirlemişlerdir. Lojistik ve çevre pillarına odaklanan çalışma gelecek çalışmalarda tüm pillar için performans ölçümü ve performans göstergelerinin belirlenmesi ile daha verimli sonuçlar elde edebileceğini belirtmiştir. D'orazio ve arkadaşlarının (2020) yaptıkları bir başka çalışmada ise Endüstri 4.0'ı DKÜ yaklaşımı ile entegre etmişlerdir. Gerçekleştirdiğimiz çalışma kapsamında Çevre ve Enerji pilları ile Endüstri 4.0 incelenmiş ve çevre ve enerji kayıplarının endüstri 4.0 ile entegre

edilebileceği ortaya konmuştur. Bu kapsamında endüstri 4.0 ile anlık kayıp izlenebilirliği, atık ve atıksu takibi ile kayıp bulmada kolaylığın mümkün olduğu görülmüştür. Ayrıca VR ve simülasyon uygulamaları ile de anlık analiz ve öngörü tahmin etme de büyük bir avantaj sağlayacağı tespit edilmiştir (D'orazio ve ark., 2020). Terra ve arkadaşlarının (2021) yaptıkları başka bir çalışma ise, DKÜ ile Endüstri 4.0 arasındaki entegrasyon sürecindeki zorluk ve engellere odaklanmıştır. Çalışma kapsamında DKÜ yönetim sisteminin sürekli iyileştirme mantığı ile Endüstri 4.0 hızına yetişilemediği ve literatürün bu hıza nasıl yetişeceği konusunda yeterli destek olamadığı tespit edilmiştir. Tüm bu avantajlar ve dezavantajlar göz önünde bulundurulduğunda Bu tez çalışması kapsamında kesikli hafif ve ağır ticari araç üreten ve hatta ürün gamını 5 farklı elektrikli, 1 otonom ve 1 hidrojenli araç grubu ile zenginleştiren bir üretim fabrikasında DKÜ ve ISO standartlarından yola çıkarak sürdürülebilir yaklaşımı ve isterlerini sağlayan bir yönetim sistemi kurulmuştur. Bu yönetim sistemi DKÜ denetimleri, ISO denetimleri ile zenginleştirilmiş ve CDP, BIST gibi inisiyatiflerde skorlanarak etkinliği ve sektör ortalamaları ile benchmark değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma literatürde tespit edilen avantajlar (Erozan ve Muminoğlu, 2020) ve dezavantajların (Muda ve Hendry, 2002; Wronska, 2016) neredeyse tamamını fırsata çeviren ve bu sistemi endüstride uygulayan önemli bir çalışmadır. Ayrıca Bu tez çalışması kapsamında, Kayıp Yönetimi, Aksiyon Yönetimi, Eğitim ve Denetim faaliyetleri temel alınarak Entegrasyon Yönetim adımı oluşturulmuş ve VR uygulamaları, Yapay Zekâ uygulamaları gibi Endüstri 4.0 ve Dijitalizasyon sistemleri devreye alınmıştır. Çalışma literatürdeki özellikle durağan üretim yapısına sahip sektörlerin yönetim sistemi etkinliği kurma konusundaki engelleri nasıl aşabileceğine dair yol gösterici bir çalışmadır.

Çalışmanın özgünlüğünü oluşturan diğer bir aşama ise elektrikli ve hidrojen yakıtlı araçlarda sürdürülebilir modellerinin etkisinin görülmesidir. Çalışma kapsamında elektrikli araç sektörüne özel yeşil satınalma faaliyetleri, yeşil lojistik faaliyetleri, iç karbon fiyatlama uygulamaları, ürün bazlı karbon ayakizi ve geri dönüşümlü malzeme teknolojileri gibi özgün uygulamaların bulguları paylaşılmış ve küresel inisiyatiflere etkisi görülmüştür. D'adamo ve Rosa (2019) yılında yaptıkları bir çalışmada Elektrikli Araç yönetimi ile uygulamalarını paylaşmışlardır. 2000 ile 2019 yılları arasında elektrikli aracın sürdürülebilirlik çalışmalarına odaklanan bu makalede özellikle araç bataryaların

ömür sonu yaklaşımına dair yeterli bilgi olmadığını ortaya koymuşlardır. Tang ve arkadaşları (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada ise elektrikli araç bataryası ile içten yanmalı motorlara YDA analizi gerçekleştirmişler, çalışma kapsamında yüksek termal enerji potansiyeli bulunan bölgelerde elektrikli araç bataryalarının daha fazla CO₂ emisyonu ürettiğini ortaya koymuşlardır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanıldığı bölgelerde ise elektrikli araç bataryaları %50 daha az çevresel etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Xia ve Li (2022) gerçekleştirdikleri çalışmada ise elektrikli araçların YDA analizini gerçekleştirmişler ve kapıdan beşiğe yaklaşımı ile elektrikli araç bataryasının ve içten yanmalı motorun çevresel etkisini analiz etmişlerdir. Sonuçlar üretim aşamasındaki elektrikli araç bataryaların çevresel etkilerin içten yanmalı motorlara göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Kullanım aşamasında ise elektrikli araç bataryalarının daha iyi bir çevresel etkiye sahip olduklarını göstermiştir. Ancak bu çalışmada da sonuçların ülkelerdeki yenilenebilir enerji payına göre değiştiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak elektrikli araç bataryaların sera gazı emisyonlarını ve fosil yakıtların tüketimini azaltma potansiyeli olmaklar birlikte metal ve mineral tüketimi, insan toksisite potansiyeli açısından içten yanmalı motorlara göre daha yüksek çevresel etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bhandari ve arkadaşları (2014) yılında hidrojen üretim tesisine YDA analizi gerçekleştirmişler yenilenebilir enerji sistemlerinin daha fazla kullanılması ile %4 oranında bir çevresel etki iyileştirmesi sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Lui ve arkadaşları ise 2022 yılında hidrojen yakıtlı araçların Glasgow şehrine etkisini incelemişler (üretim fazı etkisi) hidrojen yakıtlı bir aracın km başına 0,33-0,44 kg CO₂ salım etkisi olduğunu hesaplamışlardır. Xia ve arkadaşları (2022), yaşam boyu karbon analizi ile ilgili literatür derlemesinde sonuçların pil üretimindeki karbon emisyonların içten yanmalı motorlara göre daha yüksek olmasına rağmen elektrikli araç bataryaların yaşam boyu döngüsündeki karbon salımlarının daha düşük olduğunu raporlamışlardır. Ayrıca yine Bu tez çalışması kapsamında sürdürülebilir teknoloji ve sistemlere odaklanması elektrikli araç bataryalarının yaşam boyu karbon döngüsünün azaltılmasına katkı sağlayacağı görülmektedir. Bu tez çalışması kapsamında 12m elektrikli otobüsün YDA analizi ile karbon ve çevresel etki analizi hammadde, hammadde taşıma, üretim ve ürün taşıma aşamalarında 27 farklı çevresel etki kategorisinde hesaplanmış ve bu 27 etkinin tamamında hammadde üretimi diğer aşamalara göre >%99 oranında daha fazla çevresel etkiye sahip çıkmıştır. Gelecek çalışmalar 12 metre içten

yanmalı otobüs, 12 metre elektrikli otobüs ile hidrojen yakıtlı otobüsün hammadde ve tedarik aşaması, üretim, ürün ve ömür sonu aşamalarına odaklanmalı ve sonuçlar Beşikten Beşiğe yaklaşım ile kıyaslanmalıdır. Ahmed ve arkadaşları (2022), gerçekleştirdikleri çalışma kapsamında elektrikli, hidrojen yakıtlı ve içten yanmalı bir aracı döngüsel ekonomi kriterleri kapsamında değerlendirmişler çalışma sonucunda elektrikli araç bataryaları en yüksek döngüsel ekonomi puanını alırken (%36,8), bu skoru içten yanmalı motorlu araçlar (%32,9) ve hidrojen yakıtlı araçlar (%30,3) olduğunu raporlamışlardır. Accardo ve arkadaşlarının (2023) Avrupa Bölgesi için yaptıkları bir araştırmada hafif ticari araçların küresel ısınma potansiyeline etkisini Beşikten-Mezara yaklaşımı ile incelenmiştir. Küresel ısınma potansiyellerinin ana etkenlerine baktıklarında hafif ticari araçlar için çelik geri dönüşümü, dizel ve CNG versiyonlar için platin, paladyum ve rodyumun geri dönüşümü ve elektrikli konfigürasyonlar için ise Li-iyon bataryaların geri dönüşümü olarak belirlenmiştir. Ayrıca ömrünü tamamlamış araç fazına odaklanmak sadece küresel ısınma potansiyeline değil diğer çevresel etki kategorilerine de önemli katkı sağlayacağını göstermiştir. Nordelöf ve arkadaşları (2019) yılında ise bu çalışmaya benzer olarak sadece Li-iyon bataryaya odaklanarak aynı çalışmayı örneksel modelleme metodu kullanarak gerçekleştirmiş ve geri dönüşümlü malzeme kullanımının bu ürünlerin ömür sonu fazına olumlu etki yaptığını bulmuşlardır. Koroma ve arkadaşları (2022) Li-iyon bataryaların geleceğe yönelik yaşam döngüsü analizini gerçekleştirmişler ve 5 yıl içerisinde yenilenebilir enerji kullanımının artmasıyla elektrikli araçların çevresel etkilerinin %9,4 bir azalma olacağını öngörmüşlerdir. Ayrıca elektrikli araçların yaşam döngüsü analizi gerçekleştirilirken bataryaların verim kaybının dikkate alınması gerektiğini ve verim kaybının %7,4 ile %8,1 arasında bir artışa neden olduğunu vurgulamışlardır. Batarya üretiminde ise doğal kaynak kıtlığına %90'lık bir etki sağladığı görülmüş bu sebeple geri dönüşümlü malzeme kullanımı ve oranları konusunda vaka analizlerinin yapılması gerektiğini belirtmişlerdir (Koroma ve ark., 2022). Ayodele ve Mustapa (2020) yaşam boyu çevresel etkisinin yanı sıra bir elektrikli aracın yaşam boyu maliyet analizine odaklanmışlar ve elektrikli araçların henüz yüksek maliyetleri nedeniyle içten yanmalı motorlara göre tercih edilmediğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca yaptıkları çalışmada sürdürülebilirlik isteklerinin hızla arttığı ve yaşam boyu çevresel değerlendirmelere yüksek ilgi olduğunu literatür araştırması yaparak ortaya koymuşlardır.

Çalışmanın ürün sürdürülebilirliği kapsamında yeşil satınalma ve yeşil lojistik faaliyetlerine değinilmiştir. Özellikle kullanılan kesikli simülasyon modeli ile milk-run ve tersine lojistik projeleri devreye alınmış ve proje simülasyonları ile kurumsal karbon emisyonları (Kapsam 3) etkisi analizlenmiştir (Nalbur ve Yavas, 2024). Oliveri ve arkadaşları (2023) yaptıkları yeşil lojistik faaliyetlerinin elektrifikasyonu çalışması neticesinde ürünlerin şarj ve elektrikli taşınması sırasındaki emisyonlarını hesaplamışlar ancak hammadde temini ve batarya taşınması gibi işlemlerin emisyonlara etkisinin belirsiz olduğunu bildirmişlerdir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada bu eksikliği giderecek bir simülasyon senaryosu çalışılmış ve elektrikli araçlar ile hammadde taşınmasının bir kurumun Kapsam 3 emisyonlarına %82 katkı sağlayacağı görülmüştür. Richnak ve Gubova (2021), Slovakia otomotiv sektörü için yeşil lojistik ve tersine lojistik çalışmaları gerçekleştirmiş ve bu uygulamaların tüm ülkelerde yaygınlaşmasının AB Yeşil Mutabakat hedeflerine katkı sağlayacağını belirtmişlerdir. Accardo ve arkadaşlarının (2023) yaptıkları yaşam döngüsü analizinde ise yeşil lojistik faaliyetlerinin Kapsam 3 faaliyetlerini >%90 azaltabileceğini göstermişlerdir. Türkiye’de gerçekleştirilen bir başka yeşil lojistik çalışması ise çalışmaların bireysel olduğu ve tüm paydaşlar ile ortaklaştırılması gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca Sharma ve arkadaşları (2023), yeşil lojistik aktivitelerinin Endüstri 4.0 ile entegrasyonunun karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltacaklarını tespit etmiştir. Gerçekleştirdiğimiz tez çalışması kapsamında ise 2 farklı milk-run uygulaması simülasyon programları ile analiz edilmiş ve Kapsam 3 emisyonlarına sırasıyla %82 ve %97 katkı sağlanacağı görülmüştür. Ayrıca çalışmada döngüsel ekonomi katkısı için tersine lojistik senaryosu çalışılmış ve tersine lojistik faaliyetlerinin de Kapsam 3 emisyonlarına %22 katkı sağlayabileceği görülmüştür. Ayıca çalışma elektrikli ve hidrojen yakıtlı araç üreten bir kuruluşun kurumsal karbon ayakizi etkisini de hesaplamış ve gerçekleştirilen çalışmaların kurumsal karbon ayakizine katkısını %5 olarak hesaplamıştır. Ayrıca gelecek çalışmalar Yeşil Satınalma çalışmalarına odaklanmalı ve Kapsam 3 emisyonlarına etkisi izlenmelidir. Ürünün satınalma ve üretim faaliyetlerine katkı sağlayacak bir diğer proje de karbon kayıp analizi ve iç karbon fiyatlama stratejisidir. Literatürde iç karbon fiyatlama stratejilerinin kuruluşlara uygulaması ile çok fazla çalışma bulunmamakta olup literatür bilgileri ile çalışmalar yer almaktadır. Ma ve Kuo (2020) yaptıkları bir çalışma 2013-2017

yılları arası CDP verilerine odaklanmış ve iç karbon fiyatlama stratejisinin kurumların finansal etkisine yıllık %1,1 iyileşme getirdiğini öngörülmüştür. Çalışmamız kapsamında gerçekleştirilen iç karbon fiyatlama uygulaması ile elektrikli-hidrojen yakıtlı araç sektörüne iç karbon fiyatlamasının etkisi 212.000 €/yıl olarak hesaplanmıştır. Gorbach ve arkadaşları (2022), iç karbon fiyatlama stratejilerinin uygulanması için 2 temel engelden bahsetmiş ve doğru kayıp analizi ile doğru fiyatlamının belirlenmesini en büyük zorluk olarak açıklamışlardır. Ayrıca Riedel ve arkadaşları (2021) Almanya'daki kurumsal firmalarının iç karbon stratejilerini araştırarak küçük ölçekli firmaların bu stratejiler için hazırlıksız olduğu ve karbon emisyonu hesaplamadaki zorlukların da bu firmaları iç karbon fiyatlama mekanizmasını uygulamada zorluk yaşadığını bildirmiştir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada ise Sürdürülebilir İş Modeli kapsamında öncelikle bir karbon kayıp sistemi oluşturulmuş ve gölge fiyat uygulaması ile bu karbon kayıplarının stratejik kararların alınmasındaki engeller ortadan kaldırılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar ise iç karbon maliyetinin uygulanması ile yıllık 212 k€ bir karbon maliyeti tasarrufu elde edilebileceği görülmüştür. Ayrıca elektrikli-hidrojen yakıtlı bir araç sektöründe Kapsam 1 emisyonlarına %11, Kapsam 2 emisyonlarına %37 gibi bir azaltım sağlayacağı görülmüştür.

AB Yeşil Mutabakat hedefleri kapsamında 2035 yılına kadar ulaşım ağını %100 yenilenebilir kaynaklı güç kaynaklarına çevirmek istemektedir. Bu durum özellikle sürdürülebilirlik isterleri karşılandığında elektrikli ulaşım araçları sektörüne birtakım fırsatlar sağlayacaktır. Bi ve arkadaşları (2023) yaptıkları bir araştırmada elektrikli kamyon ve otobüslerin daha fazla karbon emisyonu azalttığını ancak bu sektörünün gelişmesi için beşikten beşiğe sürdürülebilir yaklaşımlar benimsenmesi gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışma DKÜ ve ISO yönetim sistemlerini entegre etmekte kalmamış, üretim aşamasına entegre edilen bu sistemleri beşikten beşiğe yaklaşımla inceleyerek yeni bir sürdürülebilirlik yönetim modeli oluşturulmuştur. Souza ve Alves (2018), yaptıkları bir çalışmada yalın yönetime entegre bir sürdürülebilir iş modeli oluşturmuşlar ve ISO 14001, ISO 9001, ISO 45001 yönetim sistemlerini yalın yönetim sistemi ve GRI ile entegre etmişlerdir. Souza ve Alves oluşturdukları modeli 10 adıma oturtmuşlardır. Bu adımlar sırasıyla paydaşların tanımlanması, yasal uyum, entegre yönetim sistemleri politikası, diğer birimlerin desteği, farkındalık, sorumlulukların

belirlenmesi, ürün grubunun seçimi, ürün grubunun değer haritalamasının gerçekleştirilmesi, amaç ve hedeflerin belirlenmesi, performans göstergelerinin belirlenmesidir. Ayrıca Souza ve Alves yalın yönetim entegrasyonu ile ilgili vaka çalışmalarının gelecek çalışmalarda vurgulanması ve şirketlerin bu modelleri kurumlarına entegre edildikten sonra performans göstergelerinin hangi seviyede olması gerektiğine dair çalışmaların literatürde olmadığını belirtmişlerdir (Souza ve Alves, 2018). Goli ve Mohammadi (2022) yaptıkları çalışmada Shapley ve Multimoora methodunu kullanarak sürdürülebilir bir yönetim anlayışı ortaya koymuşlar ve çalışma sonrası petro-kimya sektöründe üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltmışlardır. Billedeau ve Moreno-Cruz (2022) ise Sürdürülebilirlik Yönetimi odağında bazı ileri metodlar tanımlamışlar ve sürdürülebilirlik yönetiminin sosyal ve çevresel kısımlarını literatür bilgisi ile geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında gerçekleştirdiğimiz BuS Management sisteminde sosyal ve yönetim maddeleri ile çalışılmamış ancak gelecek çalışmalar için İş Güvenliği Yönetim sistemi ile entegre edilmesi sistemin güçlendirilmesi için entegre edilecektir. Sürdürülebilir iş modelleri son yıllarda önemi artmış ve AB Green Deal ve SKDM istekleri ile kuruluşların stratejileri arasında yer almıştır. Sürdürülebilir iş modellerinin benzersiz yanını ortaya koyan bir çalışma gerçekleştirmişler ve 3. Taraf tedarikçilerin ve paydaşların sürece dahil edilmesi gerekliliğini önermişlerdir (Mendez-Leon ve ark., 2023). Kılıç ve Atilla (2023) yılında yaptıkları bir çalışmada ise Endüstri 4.0 ile entegre sürdürülebilir bir iş modelinin uluslararası perspektiften bakmışlar ve yarı görüşme metodu kullanarak uluslararası kuruluşlardaki üst yöneticilerin yorumlarını analizlemişlerdir. Çalışan görüşleriyle birlikte 15 maddelik bir sürdürülebilir iş modeli önermişlerdir. Bu 15 maddeye bakacak olursak; Sürdürülebilir büyümenin teşvik edilmesi, işgücü çevikliğinin artırılması, gelişen insan kaynakları yönetimi, küreselleşen iş gücü eğitimi, çevresel sorumluluk ve iş modelleri, stratejik teknoloji entegrasyonu, insan sermayesi yatırımı, işbirlikçi endüstri ağları, sanayi geçişine yönelik politika desteği, veriye dayalı karar verme, yeniden beceri kazandırma ve gelişim, paydaş katılımı ve gelişimi, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi, döngüsel ekonomi ilkeleri, etik yapay zeka ve otomasyon ilkelerinden oluşmaktadır (Kılıç ve Atilla, 2023). Yapılan çalışmalarda İç karbon yönetimi, yeşil satınalma, yeşil tedarik zinciri yönetimi ayrı ayrı incelenmiş ve örnek uygulamalar paylaşılmış olup kuruluşun CDP SER puanı (Supplier Engagement Ratio) F'ten B'ye yükselmiştir. Gerçekleştirilen bu tez çalışması, 15

maddeden oluşan sürdürülebilir iş modeli ile kıyaslandığında iş gücü çevikliğinin artırılması, insan kaynakları yönetimi, çevresel sorumluluk, stratejik teknoloji entegrasyonu, yapay zeka ve VR gibi uygulamaların kullanılması, yeniden beceri kazandırma, paydaş katılımı, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve döngüsel ekonomi ilkeleri ile birebir ilişkilidir ve içerisinde her bir madde ile ilgili örnek uygulamalar verilmiştir. Bu açıdan bakıldığında geliştirdiğimiz BuS Sürdürülebilirlik modeli gelecekte başka kuruluşların da örnek alabileceği bir iş modelidir.

Çalışma kapsamında ISO 14001 ve ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi adımları ile DKÜ Çevre & Enerji Yönetim sistemi adımları Beşikten Beşiğe yaklaşımı ile entegre edilerek yeni bir Sürdürülebilirlik Yönetim Modeli (BuS Management) oluşturulmuş ve bu model elektrikli & hidrojen yakıtlı otobüs üreten bir kuruluşta uygulanarak (Başlangıç: 01.03.2020) elde edilen vaka çalışmalarının sonuçları paylaşılmıştır. Literatür çalışmalarına bakıldığında yapılan çalışmalar doğrudan ülkemizdeki ve AB'deki karbon nötr ve Emisyon Ticaret Sistemi'nin getirdiği yükümlülükler ile yine küresel bir standart olan ve Kasım 2023'te yayınlanan ISO 14068 İklim Değişikliği Yönetim Sistemi ile entegre olabilecek yapıdadır. Çalışma ile özellikle ülkemizde sektör fark etmeksizin yönetim sistemi oluşturmakta ve bu sistemleri sürdürülebilirlik iş modeline dönüştürmekte zorlanan kuruluşlar için yol gösterici bir yol gösterici rehber olması hedeflenmiştir. Gelecek çalışmalar özellikle BuS Management veya diğer sürdürülebilir iş modellerine İş Güvenliği Yönetim Sistemi ve SA8000 gibi sosyal yönetim sistemlerinin de entegrasyonunu içermelidir. Ayrıca BuS Management'in elektrikli araç sektörüne farklı etkileri ve farklı sektörlerdeki uygulamalarını içermelidir. Bu sayede bu modelin uygulanmasındaki avantajların ve engellerin daha net bir şekilde görülmesi beklenmektedir. Ürün sürdürülebilirliği kapsamında ise ürünlerin ikincil kullanımları, geri dönüşümlü malzeme oranlarındaki artışların hesaplanması yine gelecek çalışmaların konusu olmalı ve ürün türüne göre çalışmalar farklı sektörlerde çeşitlendirilmelidir. Ülkemizin ve Avrupa sürdürülebilirlik hedeflerine uyum için yeşil satınalma tedarikçi değerlendirmede etkin olarak kullanılmalı ve sonuçları gelecek çalışmalarda yer almalıdır.

KAYNAKLAR

- Accardo, A., Dotelli, G., Miretti, F., Spessa, E. (2023). End-of-life impact on the cradle-to-grave YDA of light-duty commercial vehicles in Europe. *Applied Science*. 13. 1494. doi: <https://doi.org/10.3390/app13031494>.
- Agbesi P.K., Ruffino R., Hakovirta M. (2023). The development of sustainable electric vehicle business ecosystems. *SN Business&Economics*. 3:143. doi: <https://doi.org/10.1007/s43546-023-00486-5>
- Ahmed, A.A., Nazzal, M.A., Darras, B.M., Deiab, I.M. (2022). A comprehensive sustainability assessment of battery electric vehicles, fuel cell electric vehicles, internal combustion engine vehicles through a comparative circular economy assessment approach. *Sustainability*. 15. 171. Doi: <https://doi.org/10.3390/su15010171>
- Akhan, H. (2023). Energy management practices for improving energy efficiency in industries: furnace, steam boiler, HVAC, and cooling systems. *Cukurova University Journal of the Faculty of Engineering*. 38(1), 195-210.
- Ali I., Lodhia S., Narayan A.K. (2021). Value creation attempts via photographs in sustainability reporting: a legitimacy theory perspective. *Meditari Account Responsible*. 29(2). pp: 247-263. doi: <https://doi.org/10.1108/MEDAR-02-2020-0722>
- Al-Shaer H. (2020). Sustainability reporting quality and post-audit financial reporting quality: empirical evidence from the UK. 2020. *Business Strategy and the Environment*. 29(6). pp: 2355-2373. doi: <https://doi.org/10.1002/bse.2507>
- Al-Tahat M.D., Bataineh K.M. (2012). Statistical analyses and modeling of the implementation of agile manufacturing tactics in industrial firms. *Mathematical Problems in Engineering*. pp: 1-23. Erişim adresi: <http://downloads.hindawi.com/journals/mpe/2012/731092.pdf>
- Angeline P.M.S, Rajkumar M.N. (2020). Evolution of electric vehicle and its future Kapsam. *Materials Today's Proceeding*. 33(7). pp 3930-3936. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.266>
- Anvari A., Zulkifi N., Youssef R. (2011). Evolution of approaches to safety in lean manufacturing and safety management systems and clarification of the relationship between them. *World Applied Sciences Journal*. 15(1). pp: 19-26.
- Aureliano M., Andrade M., De Gosling M., Vinicius R., Jordao D. (2013). A responsabilidade social de siderurgicas minerias e a percepção de suas cominudades de enterno. *Produção*. pp: 793-805.
- Aydın M.I., Dincer I. (2022). A life cycle impact analysis of various hydrogen production methods for public transportation sector. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol: 47. pp. 39666-39677. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.09.125>
- Aygenc, M. (2019). Life cycle assessment (YDA) of a leed-certified green building using two different YDA tools. Yüksek Lisans Tezi., Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTU).
- Ayodele, B.V., Mustapa, S.I. (2020). Life cycle cost assessment of electric vehicles: a review and bibliometric analysis. *Sustainability*.12. 2387. doi: <https://doi.org/10.330/su12062387>
- Barbosa A.S., da Silva M.C.B.C., da Silva L.B., Morioka S.N., de Souza V.F. (2023). Integration of environmental, social and governance (ESG) criteria: their impact on

- corporate sustainability performance. *Humanities and Social Science Communication*. 10:410. doi: <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01919-0>
- Benamer K.B., Mostafa M.M., Hassanein A., Shariff M.Z., Al-Shattarat W. (2023). Sustainability reporting scholarly research: a bibliometric review and a future research agenda. *Management Review Quarterly*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11301-023-00319-7>
- Bhandari, R., Trudewind, C.A., Zapp, P. (2014). Life cycle assessment of hydrogen production via electrolysis – review. *Journal of Cleaner Production*. 85. 151-163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.048>
- Bi X., Li W., Zhang H. (2023). Transport Electrification: Opportunities and Future Challenges. *Highlights in Science, Engineering and Technology*. Vol: 46. doi: <https://doi.org/10.54097/hset.v46i.7658>
- Bi, X., Li, W., Zhang H. (2023). Transport electrification: opportunities and future challenges. *Highlights in Science, Engineering and Technology*. 46.
- Billedeau D.B, Moreno-Cruz J. (2022). Defining and advancing the study and practice of sustainability management. *Journal of Management and Sustainability*. 12(1). doi: <https://doi.org/10.5539/jms.v12n1p52>
- Bozagac I. (2010). World Class Manufacturing on automobile industry and applications of autonomous maintenance in press shop. MSc. Thesis. Cukurova University.
- Burritt R.L, Schaltegger S. (2010). Sustainability accounting and reporting: fad or trend? *Accounting, Audit, Account.* 23, 829-846. doi: <https://doi.org/10.1108/09513571011080144>
- Çaça A. (2016). ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi standartları ile avrupa birliği çevre etiketi arasındaki ilişki: türkiyedeki uygulamalar. Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.
- Curkovic, S. Sroufe, R. (2011). Using ISO 14001 to promote a sustainable supply chain strategy. *Business Strategy and the Environment*. 20(2), 71-93. doi: <https://doi.org/10.1002/bse.671>
- Czinkota M, Kaufmann H.R, Basile G, Ferri M.A. (2018). For-Benefit Company (fbComp): an innovative social-business model: The Italian case. *Journal of Business Researches*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.12.022>
- D'adamo I, Rosa P. (2019). A structured literature review on obsolete electric vehicles management practices. *Sustainability*. 11. doi: <https://doi.org/10.3390/su11236876>
- D'orazio, L., Messina, R., Schrialdi, M.M. (2020). Industry 4.0 and world class manufacturing integration: 100 technologies for a WCM-14.0 Matrix. *Applied Sciences*. 10.4942. doi: <https://doi.org/10.3390/app10144492>
- Djordjevic M., Milovanovic M., Djordjevic M. (2010). World class manufacturing in automotive industry. *4th International Quality Conference Book*. pp: 185-190.
- Dokic I., Arskovski S., Pesic-Dokic S. (2012). Quality and world class manufacturing. *6th International Quality Conference Book*. pp: 605-610.
- Dudek M. (2016). Generation of world class manufacturing systems. *Carpathian Logistics Congress*. Erişim adresi: https://www.researchgate.net/publication/320183321_Generations_of_the_world_class_manufacturing_systems
- Ebrahimi M., Baboli A., Rother E. (2019). The evolution of world class manufacturing (WCM) toward industry 4.0: a case study in the automotive industry. *IFAC Papers Online*. Vol: 52(10). pp: 188-194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.021>

- Erozan I., Muminoglu M. (2020). Bir otomobil yan sanayiinde dünya klasında üretim uygulaması. *Journal of Industrial Engineering*. Vol: 31(3). pp: 251-266. doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.741429>
- European Standard Norme. (2011). EN 12464-1. Light and lighting – lighting of work places. Part 1: Indoor work places.
- Felice F.D., Petrillo A., Monfreda S. (2013). Improving operations performance with World Class Manufacturing (WCM) technique: a case in automotive industry. *In Schiraldi, M. (Ed) Operations Management*. IntechOpen, 1-29. Erişim adresi: http://www.pucrs.br/ciencias/viali/graduacao/po_2/material/textos/43383.pdf
- Flippo D.C., Gregorio R.S. (2018). Lean production and World Class Manufacturing: a comparative study of the two most important production strategies of recent times. *International Journal Industrial Operations Resource*. pp: 1-26. Erişim adresi: <https://pdfs.semanticscholar.org>
- Flynn B.B., Schroeder R.G. (1999). World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's foundation. *Journal of Operations Management*. Vol: 17(3). pp: 249-269. doi: [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(98\)00050-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(98)00050-3)
- Fonseca L, Ramos A, Rosa A, Braga A.C, Sampaio P. (2016). Stakeholders satisfaction and sustainable success amYDAr ramos and Alvaro Rosa ana Cristina Braga and Paula Sampaio. *International Journal of Industrial System Engineering*. 24, 144-157.
- Fonseca L.M. (2015). Strategic drivers for implementing sustainability programs in Portuguese organizations – let's listen to Aristotle: from triple to quadruple bottom line. *Sustainability*. 8, 136-142. doi: <https://doi.org/10.1089/SUS.2015.29004>
- Fuchs H, Aghajanzadeh A, Therkelsen P. (2020). Identification of drivers, benefits and challenges of ISO 50001 through case study content analysis. *Energy Policy*. 142. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111443>
- Fuchs, H., Aghajanzade, A., Therkelsen, P. (2020). Identification of drivers, benefits, and challenges of ISO 50001 through case study content analysis. *Energy Policy*. 142. 111443. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111443>
- Garcia S, Cintra Y, Torres R, de C.S.R, Lima F.G. (2016). Corporate sustainability management: a proposed multi-criteria model to support balanced decision making. *Journal of Cleaner Production*. 136, 181-196. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.110>
- Geyik Ş.Y. (2020). Çimento üretim sektöründe ISO 14001 Çevre Yönetim Sisteminin enerji kazanımı ve iklim değişikliği üzerine etkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi.
- Ginley David S., Cahen D. (2012). Fundamentals of materials for energy and environmental sustainability. *Cambridge University Press*. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511718786>
- Goli A, Mohammadi H. (2022). Developing a sustainable operational management system using hybrid Shapley value and Multimooraa method: case study petrochemical supply chain. *Environment, Development and Sustainability*. 24, 10540-10569. doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01844-9>
- Gorbach, O.G., Kost, C., Pickett, C. (2022). Review of internal carbon pricing and the development of a decision process for the identification of promising internal carbon pricing methods for an organization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 154. 11745. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111745>

- Guarnieri M. (2012). Looking back to electric cars. Third IEEE History of Electro-Technology Conference (HISTELCON). Pp 1-6. doi: <https://doi.org/10.1109/HISTELCON.2012.6487583>
- Gulsoy G. (2019). Otomotiv Yan Sanayii olarak faaliyet gösteren bir fabrikanın çevre yönetim sisteminin ISO 14001:2015 revizyonuna adaptasyonu ve atık yönetiminin iyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Teknik Üniversitesi.
- Hansen E.G, Schaltegger S. (2014). The sustainability balanced scorecard: a systematic review of architectures. *Journal of Business Ethics*. 133, 193-221. doi: <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2340-3>
- Holdsworth R. (2003). Practical applications approach to design, development and implementation of an integrated management system. *Journal of Hazardous Materials*. 104. pp. 193-205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2003.08.001>
- Holm T, Vuorisalo T, Sammalisto K. (2015). Integrated management system for enhancing education for sustainable development in universities: a memetic approach. *Journal of Cleaner Production*. 106, 155-163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.048>
- Hoyer K.G. (2008). The history of alternative fuels in transportation: the case of electric and hybrid cars. *Utilities Policy*. 16(2). pp 63-71. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jup.2007.11.001>
- Humberto G., Stumpf G, Aurelio M, Andrea K.P. (2014). Implementation of an integrated management system into a small building company. *Revista de la Construcción*. 13(10),10-18.
- IFRS. Climate-related disclosures. (2023). IFRS Standards Book, June.
- International Organization for Standardization. (2007). ISO 14040/44. Environmental Management-Life Cycle Assessment-Principles and Framework.
- International Organization for Standardization. (2010). ISO 26000:2010. Guidance on Social Responsibility.
- International Organization for Standardization. (2023). ISO 14048. Product Life Cycle.
- International Organization for Standardization. (2023). ISO 14068:2023. Greenhouse gas management and climate change management and related activities – carbon neutrality.
- ISO 50001 Energy Management System Standard. (2013). Erişim Tarihi: 05.08.2023
- Jewalikar A.D., Shelke A. (2017). Lean integrated management system in MSME reasons, advantages and barriers on implementation. *5th International Conference on Materials Processing and Characterization*. pp: 1037-1044.
- Jewalikar A.D., Shelke A. (2013). The main perceived benefits associated with HSE management system certification in MSME tool rooms post quality management certification. *International Journal of Management*. 4(3). pp: 125-134.
- Kavrar O. (2018). Enerji yönetimi ve muhasebesi: sürdürülebilir enerji yönetimi için faaliyet tabanlı maliyetleme modeli. Doktora Tezi. Konya Selçuk Üniversitesi.
- Kenneganti H., Gopalakrishnan B., Crowe E., Al-Shebeeb O., Yelamanchi T., Nimbarte A., Currie K., Abolhassani A. (2017). Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 Energy Management Standard. *Sustainability Energy Technologies and Assessment*. Vol:23. pp: 121-135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.09.003>
- Kılıç, C., Atilla, G. (2023). Industry 4.0 and sustainable business models: an intercontinental sample. *Business Strategy and the Environment*. 1-25. doi: <https://doi.org/10.1002/bse.3634>

- Kley F, Lerch C, Dallinger D. (2011). New business models for electric cars- a holistic approach. *Energy Policies*. 39(6), 3392-3403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.036>
- Koroma, M.S., Costa, D., Philippot, M., Cardellini, G., Hosen, M.S., Goosemans, T., Messagie, M. (2022). Life cycle assessment of battery electric vehicles: implications of future electricity mix and different battery end-of-life management. *Science of the Total Environment*. 831. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154859>
- KPMG. The KPMG Survey of Sustainability Reporting. (2020). KPMG Impact, December.
- Kurdve M, Zackrisson M, Wiktorsson M, Harlin U. (2014). Lean and green integration into production sytem models – experiences from Swedish industry. *Journal of Clean Production*. 85, 180-190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.013>
- Lee D. (2017). Corporate social responsibility and management forecast accuracy. *Journal of Business Ethics*. 140. pp: 353-367. doi: <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2713-2>.
- Lee, D., Cheng, C.C. (2016). Energy savings by energy management systems: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 56.760-777. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.067>
- Li Z., Khajepour A., Song J. (2019). A comprehensive review of the key technologies for pure electric vehicles. *Energy*. Vol: 182. pp 824-839. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.06.077>
- Lorentzen E., Haugneland P., Bu C., Hauge E. (2017). Charging infrastructure experiences in Norway-the world's most advanced EV market. *EVS30 Symposium*. pp 1-11.
- Lui, J., Sloan, W., Paul, M.C., Flynn, D., You, S. (2022). Life cycle assessment of waste-to-hydrogen systems for fuel cell electric buses in Glasgow, Scotland. *Bioresource Technology*. 359. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127464>
- Ma, J., Kuo, J. (2021). Environmental self-regulation for sustainable development: Can internal carbon pricing enhance financial performance? *Business Strategy and the Environment*. 30(8). 3517-3527. doi: <https://doi.org/10.1002/bse.2817>.
- Marimon F, Casadesus M. (2017). Reasons to adopt ISO 50001 energy management system. *Sustainability*. 9(10), 1740. doi: <https://doi.org/10.3390/su9101740>
- Marimon F., Casadesus M. (2017). Reasons to adopt ISO 50001 Energy Management Systems. *Sustainability*. Vol: 9(10). doi: <https://doi.org/10.3390/su9101740>
- Martines L.S, Guimaraes L.F, Junior A.B.B, Tenorio J.A.S, Espinosa D.C.R. (2021). Electric car battery: an overview on global demand, recycling and future approaches towards sustainability. *Journal of Environmental Management*. 295. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113091>
- Matzen D, Tan A, Mogens M. (2005). Product-Service Systems: Proposal of Model and Terminology. 13.
- Mendez-Leon, E., Diaz-Pichardo, R., Reyes-Carillo, T., Reyes-Santiago, M.R. (2023). What is unique about sustainable business models for the base of the pyramid? *Business Strategy and the Environment*. 1-22. doi: <https://doi.org/10.1002/bse.3609>
- Midor K. (2012). World class manufacturing characteristics and implementation in an automotive enterprise. *Scientific Journals*. Vol: 32(104). pp:42-47.
- Milne M., Gray R. (2013). W(h)ither ecology? The triple bottom line, the Global Reporting Initiative, and corporate sustainability reporting. *Journal of Business Ethics*. 118(1). pp: 13-29. <https://doi.org/10.1007/s10551-012-1543-8>

- Muda S., Hendry L. (2002). Proposing a world class manufacturing concept the make the order sector. *International Journal of Production Research*. Vol: 40(2). pp:353-373. doi: <https://doi.org/10.1080/00207540110081470>
- Nakhton V, Kubaha K. (2020). A simplified model of energy performance indicators for sustainable energy management. *IOP Conference Series, Earth Environment Science*. 463.
- Nalbur B.E., Yavas O. (2023). Otomotiv endüstrilerinde ISO 50001 enerji yönetim sisteminin enerji performansına etkisi. *International Journal of Management and Administration*. 7(13), 21-35. doi: <http://dx.doi.org/10.29064/ijma.1116626>
- Nalbur B.E., Yavas O. (2024). System dynamics model and discrete-event simulation of green logistic simulation of green logistic cases for the electric bus industries. *International Journal of Global Warming*. 32(2). doi: <https://doi.org/10.1504/IJGW.2024.10060099>
- Nielsen C, Morten L. (2015). An introduction to business model. <https://ssrn.com/abstract=2579454>
- Nordelöf, A., Romare, M., Tivander, J. (2019). Life cycle assessment of city buses powered by electricity, hydrogenated vegetable oil or diesel. *Transportation Research Part D*. D75. 211-222. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.08.019>
- Nunhes V.T, Motta Barbosa L.C.F, de Oliveria O.J. (2017). Identification and analysis of the elements and functions integrable in integrated management systems. *Journal of Cleaner Production*. 142, 3225-3235. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.147>
- Oliveri, L.M, D'urso, D., Trapani, N., Chiacchio, F. (2023). Electrifying green logistics: a comparative life cycle assessment of electric and internal combustion engine vehicles. *Energies*. 16. 7688. doi: <https://doi.org/10.3390/en16237688>
- Otomotiv Sanayii Derneği (OSD). (2021). OSD Sürdürülebilirlik Raporu.
- Oktem, B. (2020). Sera gazı emisyon muhasebesi ve raporlamasının GRI 305: emisyon standard çerçevesinde incelenmesi. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 9(2).
- Palucha K. (2012). World class manufacturing (WCM) model in production management. *Archives of Materials Science and Engineering*. Vol: 58(2). pp: 227-234. Erişim adresi: <http://delibra.bg.polsl.pl/Content/29764/BCPS33556-World-Class-Manufact0000.pdf>
- Paoli L., Gul T. (2022). Electric cars fend off supply challenges to more than double global sales. *IEA*. IEA – International Energy Agency - IEA
- Perkins R, Neumayer E. (2010). Geographic variations in the early diffusion of corporate voluntary standards: comparing ISO 14001 and the global compact. *Environment Planning Economy Space*. 42(2), 347-365. doi: <https://doi.org/10.1068/a4249>
- Petrecca G. (2014). Energy conversion and management principles and applications. *Springer International Publishing*. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06560-1>
- Petrillo, A., De Felice, F., Zomparelli, F. (2019). Performance measurement for world-class manufacturing: a model for the Italian automotive industry. *Total Quality Management*. 30(8). 908-935. doi: <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1408402>
- Picatoste A, Justel D, Mendoza J.M.F. (2022). Circularity and life cycle environmental impact assessment of batteries for electric vehicles: Industrial challenges, best practices and research guidelines. *Renewable and Sustainability Energy Reviews*. 169. doi: <https://doi.org/10.106/j.rser.2022.112941>

- Rajesh R. (2020). Exploring the sustainability performances of firms using environmental, social and governance scores. *Journal of Cleaner Production*. 247:119600. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119600>
- Richnak, P., Gubova, K. (2021). Green and reverse logistics in conditions of sustainable development in enterprises in Slovakia. *Sustainability*. 13. doi: <https://doi.org/10.3390/su13020581>
- Riedel, F., Gorbach, G., Kost, C. (2021). Barriers to internal carbon pricing in German companies. *Energy Policy*. 159. 112654.
- RobecoSAM. The sustainability yearbook. (2014). Zurich.
- Robelo M.F, Silva R, Santos G, Mendes P. (2016). Model based integration of management systems (MSs) – case study. *TQM*. 28, 907-932. doi: <https://doi.org/10.1108/TQM-09-2014-0079>
- Sandeep R.K.A., Panwar N. (2016). World class manufacturing (WCM) practices: introspection. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. Vol: 3(5). pp:2359-2462. Erişim adresi: <https://www.irjet.net/archives/V3/i5/IRJET-V315500.pdf>
- Sarı, E.B. (2016). Dünya klasında üretim (WCM) modelinde operasyonel performansın izlenmesi ve bir üretim işletmesinde uygulanması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Schroeder R.J. (1986). World Class Manufacturing: the lessons of simplicity applied. *New York Free Press*. Detroit.
- Secinaro S, Brescia V, Calandra D, Biancone P. (2020). Employing bibliometric analysis to identify suitable business models for electric car. *Journal of Cleaner Production*. 264. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121503>
- Sharma, M., Luthra, S., Joshi, S., Kumar, A., Jain, A. (2023). Green logistics driven circular practices adoption in Industry 4.0 era: a moderating effect of institution pressure and supply chain flexibility. *Journal of Cleaner Production*. 383. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135284>.
- Siva V, Gremyr I, Bergquist B, Garvare R, Zobel T, Isaksson R. (2016). The support of quality management to sustainable: a literature review. *Journal of Cleaner Production*. 138, 148-157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.020>
- Souza J. P. E, Alves J.M. (2018). Lean-integrated management system: a model for sustainability improvement. *Journal of Cleaner Production*. 172, 2667-2682. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.144>
- Starik M., Kanashiro P. (2013). Toward a theory a sustainability management: uncovering and integrating the nearly obvious. *Organization and Environment*. 26(1). pp: 7-30. doi: <https://doi.org/10.1177/1086026612474958>.
- Tang, B., Xu, Y., Wang, M. (2022). Life cycle assessment of battery electric and internal combustion engine vehicles considering the impact electricity generation mix: a case study in China. *Atmosphere*. 13. 252. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos13020252>.
- Terra, J.D.R., Berssaneti, F.T., Quintanilha, J.A. (2021). Challenges and barriers to connecting world class manufacturing and continuous improvement processes to industry 4.0 paradigms. *Energy Management in Production and Services*. 13(4). 115-130. doi: <https://doi.org/10.2478/emj-2021-0035>.
- Tie S.F, Tan C.W. (2013). A review of energy sources and energy management system in electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 20; 82-102. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.077>
- Uludağ İhracatçıları Birliği. Türkiye Otomotiv Endüstrisi Raporu. (2019); sf. 2/9

- United Nation. Sustainable Development Goals. (2019). Available Online: Home | Sustainable Development (un.org). Accessed on 07.05.2023.
- WCM Book of Knowledge. (2019). Erişim Tarihi: 20.08.2023, 21.08.2023.
- Weber G. (2018). Sustainability and energy management: innovative and responsible business practices for sustainable energy strategies of enterprises in relation with CSR. Sustainability and Energy Management. Wiesbaden: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-20222-4>
- Witjes S, Vermeulen W.J.V, Cramer J.M. (2017). Exploring corporate sustainability integration into business activities. Experiences from 18 small and medium sized enterprises in the Netherlands. *Journal of Cleaner Production*. 153, 528-538. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.027>
- Wronska K.L. (2016). World class manufacturing methodology as an example of problems solution in quality management system. *Key Engineering Materials*. Vol: 682. pp: 342-349. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.682.342>
- www.brightest.io/sustainability-reporting-standarts. Erişim tarihi: 17.09.2023
- www.globalcompactturkiye.com.tr. Erişim tarihi: 17.09.2023
- www.sertifikaofisi.com. Erişim tarihi: 30.07.2023.
- Xia, X., Li, P. (2022). A review of the life cycle assessment of electric vehicles: considering the influence of batteries. *Science of the Total Environment*. 814. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152870>
- Xia, X., Li, P., Xia, Z., Wu, Z., Wu, R., Cheng, Y. (2022). Life cycle carbon footprint of electric vehicles in different countries: a review. *Separation and Purification Technology*. 301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122063>
- Yamashina H. Fiat WCM Notes. Kyoto University, Japan. (2006).
- Yang F., Wang T., Deng X., Dang J., Huang Z., Hu S. (2021). Review on hydrogen safety issues: incident statistics, hydrogen diffusion, and detonation process. *International Journal of Hydrogen Energy*. Vol:46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.07.005>
- Yavas O, Savran E, Nalbur B.E, Karpat, F. (2022). Energy and carbon loss management in an electric bus factory for energy sustainability. *Transdisciplinary Journal of Engineering and Science*. 13. doi: <https://doi.org/10.22545/2022/00207>
- Yavas O. (2021). Otomotiv endüstrisi kaynaklı atıksuların pac ve demir koagülantı ile arıtılabilirlik ve işletme giderleri yönünden karşılaştırılması. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*. 4(1). pp: 33-40. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ucbad/issue/60915/867813>
- Yong J.Y., Ramachandaramurthy V.K., Tan K.M., Mithulalanthan N. (2015). A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. *Renewable Sustainable Energy Review*. 2015. Vol: 49. Pp 365-385. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04130>

EKLER

- EK 1** Önemlilik Matrisi Soru Listesi
- EK 2** Kaza İnceleme Form Örneği
- EK 3** İç Denetim (EMAT) Form Örneği
- EK 4** BuS Yönrtilim Modeli Adım Adım Uygulama Rehberi



EKLER

EK-1

Önemlilik Matrisi Soru

Listesi

ÖNCELİKLENDİRME KONULARI										
Ad Soyad Kurum ve Unvanınızı Bu Hücrede Belirtiniz		ÖNEM DERECEŚİ (TÜM SATIRLARI konunun önemine göre 1-10 arasında puanlayınız, 10 en yüksek puandır. Her konuya bir not veriniz, lütfen boş bırakmayınız.)								
		Mevcut Görevinizdeyken;			Paydaş 1 (Paydaş Grubu Adı)			Paydaş 2 (Paydaş Grubu Adı)		
No	Konu	Konu, Şirketinizin başarısı için ne kadar önemli?	Konu, sizce ne kadar önemli?	Şirketinizin bu konudaki performansına kaç verirsiniz?	Paydaş 1'e göre; konu, şirketiniz başarısı için ne kadar önemli?	Paydaş 1'e göre; bu konu ne kadar önemlidir?	Paydaş 1, bu konuda şirketinize performans notu kaç verir?	Paydaş 2'ye göre; konu, şirketiniz başarısı için ne kadar önemli?	Paydaş 2'ye göre; bu konu ne kadar önemlidir?	Paydaş 2, bu konuda şirketinize performans notu kaç verir?
	EKONOMİK									
1	Kurumun Finansal Performansı									
2	Ekonomiye Katkı (Ülke,Dünya)									
3	Yerel Ekonomiye Katkı (Şehir, Kasaba)									
4	İstihdam yaratma									
5	Yerel İstihdam									
	YÖNETİŞİM									
6	Kurumsal Yönetim (Komite, politika,değer vb.)									
7	Etik İlkeler ve Etik Uygulamalar									
8	Rüşvet ve Yolsuzluğun Engellenmesi									
9	Bilgi Güvenliğı Yönetimi									
	ÇEVRE									
11	Enerji Verimliliğı Yönetimi									
12	Yenilenebilir Enerji Kullanımı/Üretimi									
13	Ürün Alım Tercihlerinde Sürdürülebilirlik									
14	İklim değışikliğı ve sera gazı yönetimi									
15	Su Yönetimi									
16	Atık Su Yönetimi									
17	Atık Yönetimi (Geri Dönüşüm- Sıfır Atık)									
18	Biyoçeşitliliğın Korunması									
	SOSYAL									
19	İş Sağliğı ve İş Güvenliğı									
20	Çalışanlar Hakları									
21	Müşteri Memnuniyeti									
22	Yerel Halkla İlişkiler									
23	Topluma Katkı									
24	Yerel Satınalma									
25	Çalışan Memnuniyeti									
26	Çalışanların Performans Yönetimi									
27	Çalışanları Elde Tutma									
28	Çalışanların Eğitimi									
29	Çalışanların Kariyer Yönetimi									
30	Olumlu Sosyal Etki Yaratma									
31	Şikayet mekanizmaları									
32	Toplumsal Cinsiyet Eşitliğı									
33	Fırsat Eşitliğı ve Çeşitlilik, Kapsayıcılık									
	DİĞER									
34	Ar-Ge/Ür-Ge/İnovasyon									
35	Hammaddenin Verimli Kullanımı									
36	Gelişmiş Teknoloji Kullanımı									
37	Dijitalleşme & IoT									
38	Kurumsal Satınalmada ESG'nin Gözetilmesi									
39	Yatırımlarınız varsa, çevre ve sosyal etkileri									
40	Trafik ve Yolcu Emniyeti									
41	Salgın Yönetimi									
42	WCM									
43	Diğeri varsa, buraya konu ismini yazınız									



EK-2

Kaza İnceleme Formu

Örneği

		ÇEVRE KÖK NEDEN ANALİZİ FORMU (Ç-KNA / E-EWO)				Çevre Kök Neden Analizine Başlama Tarihi:	
						Çevre Kaza No:	
BÖLÜM:		İSTASYON:		İLGİLİ ALAN:		VARDİYA: ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ N	
ANALİZİ YAPAN :							
Çevre Heinrich Piramidi		Olay Nasıl Tespit Edilmiştir		Çevresel Etki			
ÇEVRESSEL SELAHET CİDDİ KAZA/OLAY KAZA KÜÇÜK KAZA / OLAY YAKIN KAZA GÜVENLİ OLMAYAN KOŞUL GÜVENLİ OLMAYAN DAVRANIŞ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐		☐ Bildirim ☐ İç Denetim ☐ Dış Denetim ☐ EMAT ☐ Acil Durum ☐ Tatbikat ☐ Şikayet ☐ Diğer		☐ Toprak Kirliliği ☐ Hava Kirliliği ☐ Su Kirliliği ☐ Gürültü ☐ Sızıntı ☐ Yangın ☐ Kimyasal Dökülme ☐ Doğal Kaynak Tüketimi ☐ Kontrolsüz Emisyon ☐ Kontrolsüz Deşarj ☐ İklim değişikliği ☐ Diğer			
OLAYIN TANIMLANMASI (5N 1 K)		Kroki / Resim		Kazaya Yapılan İlk Müdahale			
NE (Olayı Türü)							
NEREDE (kazanın gerçekleşti yerin tespiti)		Tarih: Saat:					
NE ZAMAN (Varidya başında veya sonunda arasında, üretim sırasında, dış alanlarda vs.)							
KİM (kazaya sebep olan çalışan, bölüm sorumlusu)		CAT.		Olası Nedenler		Olası Nedenlerin Kontrolü	
Ne Kadar (kaza sebep olan maddenin miktarı)						OK/NOK	
NASIL (olay nasıl gerçekleşti)							
Kaza Kök Nedeninin Bulunması							
5 Neden Analizi							
MALZEME ÇEVRE METOT MAKİNA İNSAN PROBLEM 1. Neden 2. Neden 3. Neden 4. Neden 5. Neden							
GÜVENLİ OLMAYAN DAVRANIŞ		GÜVENLİ OLMAYAN KOŞUL					
1-Bilgi Durumu		2-Tutum Davranış		3-Yönetim		4-Araçlar/Ekipmanlar	
5-Prosedür/Sitem/Süreç							
(11) Yetersiz Eğitim		(21) Dikat Eksikliği/ İhmal		(31) Eğitim Eksikliği		(41) Araç / Ekipman Eksikliği	
(12) Tecrübe Eksikliği		(22) Tecrübe Eksikliği		(32) Bakım (Profesyonel / Otonom) Gerçekleştirilmemesi		(42) Bakım Eksikliği	
(13) Diğer		(23) Cihaz,Donanımın Ekipmanın Yanlış Kullanılması		(33) Yetersiz Eğitim Planlaması		(43) Ekipmanda Beklenmeyen Çalışma	
		(24) Çevre Kurallarının Bilinmemesi		(34) Diğer		(44) Tasarım Hatası	
		(25) Prosedür ve Talimatlara Uymamak				(45) Hava Durumu	
		(26) Uygun Olmayan Ekipmanların Taşınması				(46) Çevre Ekipmanlarının Eksikliği (Absorban, Dökülmelere karşı Kit vb.)	
		(27) Acil Durum Ekipmanlarının Kullanılmaması				(47) Diğer	
(28) Diğer							
Sınıf Eğitimi ☐		Disiplin Tedbiri ☐		Video Eğitim ☐		Makine Ekipman Bakım ☐	
TND-Tek Nokta Eğitimi ☐		TND-Tek Nokta Eğitimi ☐		TND ☐		Makine Ekipman Bakım İyileştirme ☐	
				Eğitim/TND ☐		İyileştirme Faliyetleri ☐	
						TND ☐	
DÜZELTİCİ FAALİYET		SORUMLU		ÖNGÖRÜLEN TARİH		APANMA TARİHİ	
Düzeltilici Faaliyetin Etkinliği		Evet ☐ Hayır ☐					
Ek Eylem Planı							
Ek Eylem Planı Tarafından Verilen Sonuçlar							
Benzer Alanlara Uygulamanın Yaygınlaştırılması		Evet ☐ Hayır ☐					
Diğer Yayım Alanları		SORUMLU		ÖNGÖRÜLEN TARİH		KAPANMA TARİHİ	
İLGİLİ LİDER (İmza)		İLGİLİ YÖNETİCİ (İmza)		İLGİLİ MÜDÜR/DİREKTÖR			
Grup/Takım Lideri							
Sorumlu Mühendisi							
Çevre Mühendisi							

EK-3

İç Denetim Formu Örneği

Form No. : F090081	Hazırlayan : Özcan Yavaş
Revizyon : 2	Tarih : 22.02.2021



EMAT ÇEVRE&ENERJİ YÖNETİM DENETİMİ SORU LİSTESİ

Denetimi Yapan Adı-Soyadı:	Denetim Yapılan Birim / Alan / Operasyon /Makina Adı:
Denetim Sırasında Bilgi Veren Kişilerin Adı-Soyadı:	Denetim Tarihi:
Takım Lideri:	

GÖZLEME DAYALI DENETİM

A. ATIK YÖNETİMİ

A.1. Atık etiketleri uygun mu?	A.2. Atıklar doğru atık konteynerlerine atılmış mı? (En az 1 yeşil, 1 mavi ve 1 kırmızı konteyner kontrol edilmelidir?)
Evet	Evet
Hayır	Hayır
Gerek Yok	Gerek Yok
A.3. Zemin temiz mi? Atık konteyneri harici atık mevcut mu?	A.4. Konteyner harici alanlara atık atılmakta mı?
Evet	Evet
Hayır	Hayır
Gerek Yok	Gerek Yok

B. KİMYASAL YÖNETİMİ

B.1. Kimyasal malzemeler doğru bir şekilde stoklanıyor mu?	B.2. Kimyasal malzemeler yerden yüksekte ve tanımlı mı?
Evet	Evet
Hayır	Hayır
Gerek Yok	Gerek Yok
B.3.Stoklanan kimyasallar ağzı kapalı ve kimyasal dolabında mı?	B.4. Kullanılan kimyasal kapların sızdırmazlık (havuz, tava) önlemi alınmış mı?
Evet	Evet
Hayır	Hayır
Gerek Yok	Gerek Yok

C. ENERJİ YÖNETİMİ

C.1. Manuel enerji tüketen cihazlar için sorumlu belirlenmiş mi? (Aydınlatmalar vb. ekipmanlar üretim bittiğinde nasıl kapatılıyor)	C.2. Basınçlı hava kaçağı mevcut mu?
Evet	Evet
Hayır	Hayır
Gerek Yok	Gerek Yok
C.3 Sistemde gereksiz yere çalışan bir ekipman var mı?	C.4. Enerji tüketimi yönünden uygunsuz gördüğünüz bir durum mevcut mu?
Evet	Evet
Hayır	Hayır
Gerek Yok	Gerek Yok

D. SU&EMİSYON YÖNETİMİ

D.1. Atıksu kanallarına yabancı madde karışmakta mı?	D.2. Ortamda emisyon (toz, duman, keskin koku vb.) bulunmakta mı?
Evet	Evet
Hayır	Hayır
Gerek Yok	Gerek Yok

Risk Hesaplama Alanı	No:	Risk Skoru:		Olasılık:		Şiddet	
Risk Hesaplama Alanı	No:	Risk Skoru:		Olasılık:		Şiddet	
Risk Hesaplama Alanı	No:	Risk Skoru:		Olasılık:		Şiddet	

Örnek Risk Hesabı:

Risk Hesaplama Alanı (Kırmızı cevaplara mutlaka risk açılması gerekmektedir.)	No: C4	Risk Skoru:	9	Olasılık:	3	Şiddet	3
---	--------	-------------	---	-----------	---	--------	---

Açıklama/Yorum Alanı:

Form No. : F090081	Hazırlayan : Özcan Yavaş	
Revizyon : 2	Tarih : 22.02.2021	
Mülakat Yapan Kişinin;		
Adı Soyadı:		
Grup Lideri Adı:		
MÜLAKATA DAYALI DENETİM		
A. ATIK YÖNETİMİ		
A.1. Çevre politikası çalışanlar tarafından biliniyor mu?* (Cevap konusunda aşağıdaki yönlendirmelere bakınız.)	A.2. Tehlikeli atıklar, geri dönüşümlü atıklar ve evsel atıklar aşağıdaki hangi konteynerlere atılmaktadır?	
Evet Hayır Gerek Yok	Mavi: Yeşil: Kırmızı:	
A.3. Hat içerisinde yeterli sayıda atık konteyneri mevcut mu?	A.4. Atık azaltımı konusunda çalışma, kaizen iyileştirme yapılıyor mu, yapılacak mı?	
Evet Hayır Gerek Yok	Evet Hayır Tarih:	
B. KİMYASAL YÖNETİMİ		
B.1. MSDS formu mevcut mu? (En az 1 MSDS formunun güncelliği kontrol edilmelidir.)	B.2. Kimyasal dökülmesi yaşanma ihtimali var mı? EWO formu var mı? (Yaşandıysa EWO formu gösterilmelidir)	
Evet Hayır Gerek Yok	Evet Hayır Gerek Yok	
C. ENERJİ YÖNETİMİ		
C.1. Enerji politikası biliniyor mu?* (Cevap konusunda aşağıdaki yönlendirmelere bakınız.)	C.2. Üretim dışı çalışan bir ekipman mevcut mu?	
Evet Hayır Gerek Yok	Evet Hayır Gerek Yok	
Çevre Yönetim Sisteminden Memnun Musunuz?	Enerji Yönetim Sisteminden Memnun Musunuz?	
1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	
*Çevre Politikası *Atıkları ayrıştırıyoruz. *Çevreci kimyasallar kullanıyoruz ve kimyasal tüketimlerini *Yasalara uyuyoruz. *Çevreye zarar vermiyoruz.	*Enerji Politikası * Gereksiz enerji tüketen ekipmanların kullanımından kaçınmak, * Enerji kayıplarını azaltmaya ve ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar *Enerji politikalarına ve yasalara uymak, anlamak, katkı sağlamak.	
Risk Hesaplama Alanı	No: Risk Skoru: Olasılık: Şiddet	
Risk Hesaplama Alanı	No: Risk Skoru: Olasılık: Şiddet	
Risk Hesaplama Alanı	No: Risk Skoru: Olasılık: Şiddet	
Örnek Risk Hesabı:		
Risk Hesaplama Alanı (Kırmızı cevaplara mutlaka risk açılması)	No: C2 Risk Skoru: 9 Olasılık: 3 Şiddet: 3	
Açıklama/Yorum Alanı:		
Geri Dönüşümlü Atıklar	Evsel Atıklar	Tehlikeli Atıklar
Kağıt Plastik Kablo Karton Naylon Ambalajlar Cam Ahşap	Filtre İş Elbiseleri Geri Dönüşmeyen Diğer Tehlikesiz Atıklar Bez Ayakkabı Evsel atıklar Zımpara Kağıdı	Kontamine Olmuş Atıklar Tiner, Mastik, Boya, Diğer Kimyasal Atıkları Kontamine Kap ve Ambalajlar

EK 4

BuS Yönetim Modeli Adım Adım Uygulama Rehberi

Bursa Sustainability (BuS) Management Model Süreç Akış Şeması

