

**OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE PARÇA ÜRETİM
FAALİYETLERİNDEN KAYNAKLANAN KARBON
EMİSYONLARI, KARBON AYAK İZİ
HESAPLAMALARI VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ
UYGULAMA ÖNERİLERİ**

Selin Bengü EDİZ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE PARÇA ÜRETİM FAALİYETLERİNDEN
KAYNAKLANAN KARBON EMİSYONLARI, KARBON AYAK İZİ
HESAPLAMALARI VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMA ÖNERİLERİ**

Selin Bengü EDİZ
0009-0000-7938-0883

Prof. Dr. Gizem EKER ŞANLI
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans

OTOMOTİV YAN SANAYİSİNDE PARÇA ÜRETİM FAALİYETLERİNDEN KAYNAKLANAN KARBON EMİSYONLARI, KARBON AYAK İZİ HESAPLAMALARI VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMA ÖNERİLERİ

Selin Bengü EDİZ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gizem EKER ŞANLI

Çalışmanın konusu otomotiv yan sanayiinde parça üretim faaliyetlerinden kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplanması ve emisyon azaltım yöntemlerinin değerlendirilmesidir. Çalışmanın içeriğini otomotiv yan sanayi endüstrisi emisyon kaynaklarının belirlenmesi, karbon ayak izinin hesaplanması ve karbon ayak izinin insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerine etkilerinin değerlendirilmesi, enerji kaynaklarının doğru ve verimli kullanımı sonrası karbon emisyonu azaltım önerileri oluşturmaktadır. Ticaret Bakanlığı desteğiyle hayata geçirilen ve Otomotiv İhracatçıları Birliği 'nin ihracatçılara 3 yıl boyunca rehberlik edeceği "Otomotiv Sektöründe Yeşil Dönüşüm" Ur-Ge projesi ile Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde uygulanacak sınırdaki karbon düzenlemesi ile olumsuz etkilerin önlenmesi amaçlanmaktadır. Bu tezde incelenen işletmenin yıllık emisyon miktarı 250 328 ton CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. Emisyon hesaplamalarına göre %95,1'lik emisyon payı ile ilk sırada satın alınan hammaddelerin olduğu görülmüştür. Emisyonun %3,7'lik kısmını elektrik tüketimi, %1,0'lik kısmını üretim sonrası lojistik ve taşıma faaliyetleri oluşturmaktadır. Karbon ayak izini düşürmek için yapılabilecek çalışmalar değerlendirilmiştir ve somut çözüm önerileri geliştirilmeye çalışılmıştır. Enerji verimliliği sağlamak adına önerilen 10 uygulama sonrasında toplam enerji tasarruf miktarı 4 715 110 kWh, toplam yıllık tasarruf miktarı 15 671 544 TL, toplam önlenecek emisyon miktarı 2004,76 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Karbon ayak izinin azaltılması için özellikle elektrik enerjisi üretiminde alternatif kaynaklardan yararlanılması, temiz enerji kaynaklarının seçimi (örneğin güneş enerjisinden yararlanma, güneş panelleri kurulumu), enerji verimliliği uygulamaları sonrası önlenen emisyon miktarları üzerinde durulmuş ve bununla ilgili maliyet hesaplarına yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomotiv sektörü, karbon ayak izi, enerji verimliliği, mali tasarruf
2023, x + 100 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

CARBON EMISSIONS FROM PARTS MANUFACTURING ACTIVITIES IN THE
AUTOMOTIVE SUPPLY INDUSTRY, CARBON FOOTPRINT CALCULATIONS
AND ENERGY EFFICIENCY IMPLEMENTATION RECOMMENDATIONS

Selin Bengü EDİZ

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

Supervisor: Prof. Dr. Gizem EKER ŞANLI

The subject of the study is the production of carbon footprint from the benefits obtained from part production activities in the automotive supplier industry and the evaluation of emission reduction methods. The expenses of the study constitute the suggestions to reduce the carbon emission as a result of reducing the emission consumption of the automotive supplier industry, the effects of the carbon footprint and the evaluation of the effects of the carbon footprint on human health and climate change, and the correct and efficient use of energy consumption. It is aimed to eliminate the negative effects of carbon regulation in limiting the scope of the European Green Agreement with the "Green Transformation in the Automotive Sector" Ur-Ge project, which is implemented with the support of the Ministry of Commerce and the guidance service of the Automotive Exporters Association for exporters for 3 years. The average annual emission amount examined in this thesis is 250 328 tons of CO₂ eq. was calculated as. The place where the first purchased raw materials are located, with an emission rate of 95.1% according to emission calculations. 3.7% of the emission is electricity consumption, 1.0% is post-production logistics and transportation operations. Evaluation of the carbon footprint has been evaluated and concrete solution proposals have been tried to be developed. After the 10 applications proposed to ensure energy recovery, the total energy saving amount is calculated as 4 715 110 kWh, the total annual saving amount is 15 671 544 TL, and the total amount of emissions to be prevented is 2004.76 tons/year. In order to reduce the carbon footprint, especially the use of electrical energy as an alternative, the choice of clean energy consumption (for example, the use of solar energy, the installation of solar panels), the amount of emissions prevented after energy use applications have been emphasized and cost calculations related to this have been included.

Key words: Automotive industry, carbon footprint, energy efficiency, financial savings
2023, x + 100 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince bana her konuda yol gösterici olan, olumlu yaklaşımlarıyla beni cesaretlendiren, bilgi birikimiyle çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan, beraber çalışmaktan ve öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, her zaman örnek alacağım değerli danışman hocam Prof. Dr. Gizem EKER ŞANLI' ya sonsuz teşekkür ederim.

Bilgi birikimlerini benden esirgemeyen, bıkmadan usanmadan sorularıma cevap vermeye çalışan sevgili Yasin AYDIN ve Canpolat ÇAKAR' a destekleri için teşekkürü borç bilirim.

Son olarak tüm hayatım boyunca yanımda olan, beni yüksek lisans yapmam konusunda cesaretlendiren, tez çalışmam süresince akademik bilgisini, motivasyon ve desteklerini benden esirgemeyen canımdan çok sevdiğim anneme ve gurur kaynağım kardeşime sonsuz teşekkür ederim.

Selin Bengü EDİZ
19/06/2023

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Sera Etkisi, Küresel Isınma ve Sebepleri	4
2.3. Karbon Ayak İzi Kavramı	8
2.4. Karbon Ayak İzi Oluşumunun Çevreye ve Canlılara Etkileri	10
2.6. Kurumsal Karbon Ayak İzi Belirleme Çalışmaları ve Önemi.....	12
2.6.1. Kurumsal Karbon Ayak İzi Belirleme Aşamaları ve Hesaplama Yöntemleri.....	13
2.6.1.1. Tier 1	13
2.6.1.2. Tier 2	14
2.6.1.3. Tier 3	14
2.7. İklim Değişikliği Konusunda Yapılmış Çalışmalar	15
2.7.1. Kyoto Protokolü	15
2.7.2. Paris Anlaşması.....	15
2.8. Kurumsal Karbon Ayak İzi Hesaplamaları Sektörel Uygulama Örnekleri.....	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1. İncelenen İşletmenin Tanıtımı	18
3.2. İşletmenin Faaliyet Verilerinin Belirlenmesi ve Çalışmanın Kapsamı.....	19
3.3. Kurumsal Karbon Ayak İzi Hesaplamaları	24
3.3.1. GHG Protokolünün Kullanımı.....	26
3.3.2. ISO 14064 Standart Prensipleri.....	28
3.3.3. Hesaplama Sistem Sınırları.....	28
3.3.4. Belirsizlik Seviyesinin Tespiti	30
3.3.5. Sıcak Nokta Analizi	31
3.4. Enerji Etüdü.....	32
3.4.1. Etüt Çalışmasında Kullanılan Cihazlar	32
3.4.2. Enerji Tüketimleri ve Maliyetler.....	33
3.4.3. Enerji Verimliliği Uygulamaları Kapsamında İşletmede İncelenen Birimler/Teçhizatlar.....	37
3.4.3.1. Aydınlatma Sistemi	37
3.4.3.2. Chiller Sistemi.....	37
3.4.3.3. Pompa Sistemleri	38
3.4.3.4. Basıncılı Hava Sistemi.....	38
3.4.3.5. Kompresörler	38
3.5. Enerji Verimliliği Uygulamalarında Kullanılan Hesaplama Yöntemleri.....	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	40
4.1. Kurumsal Karbon Ayak İzi Değerlendirmeleri.....	40
4.1.1. İşletmede Kurumsal Karbon Ayak İzi Sonuçları	40

4.1.2. Sıcak Nokta Analizi ve Nihai Değerlendirme.....	45
4.2. Enerji Etüdü Verilerinin Değerlendirilmesi	47
4.2.1. Endüstriyel İşletmenin Enerji Tüketiminin İncelenmesi	51
4.2.2. Üretim–Tüketim Analizleri	51
4.2.2.1. Spesifik Enerji Tüketimi.....	52
4.2.3. Enerji Verilerinin İstatistiksel Değerlendirmeleri	56
4.2.3.1. CUSUM (Cumulative Sum) Grafiği.....	59
4.3. Enerji Verimliliği İçin İşletmede Yapılan İyileştirmeler ve Değerlendirmeler	60
4.3.1. Aydınlatma Sisteminin Değerlendirilmesi	60
4.3.2. Chiller Sisteminin Değerlendirilmesi	64
4.3.2.2. EER Değerinin Hesaplanması;.....	66
4.3.3. Pompa Sistemlerinin Değerlendirilmesi.....	71
4.3.4. Basınçlı Hava Sisteminin Değerlendirilmesi	74
4.3.5. Mevcut Kompresörlerin Verimliliğiyle Değiştirilmesi.....	76
4.3.6. Kompresör Atık Isı Geri Kazanımdan Ortam Isıtma Uygulaması.....	81
4.3.7. Kompresör Isı Geri Kazanım ile Organik Rankine Uygulaması	85
4.3.8. Basınçlı Hava İzleme Sistemi	87
4.3.9. Elektrik Motorlarının Verimliliğiyle Değiştirilmesi.....	87
4.3.10. Fotovoltaik Sistem Uygulaması	91
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	100

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
NH ₃	Amonyak
NO	Azot Monoksit
NOX	Azot Oksit
Bar	Basınç Birimi
dB	Desibel
GJ	Giga Joule
HFC	Hidroflorokarbon
Kcal	Kalori
CO ₂	Karbondioksit
CO ₂	Karbondioksit
CO ₂ eşd.	Karbondioksit Eşdeğeri
CO	Karbonmonoksit
kW	Kilo Watt
kWh	Kilo Watt Saat
Kg	Kilogram
kg	Kilogram
CFC	Kloroflorokarbon
SF ₆	Kükürt Hekzaflorür
SO ₂	Kükürtdioksit
CH ₄	Metan
NMVOOC	Metan Olmayan Uçucu Organik Bileşikler
m	Metre
m ²	Metrekare
M ³	Metreküp
m ³	Metreküp
N ₂ O	Nitröz Oksit
O ₃	Ozon
PFC	Perflorlu Bileşikler
h	Saat
s	Saat
sn	Saniye
C ⁰	Santigrat Derece
cm	Santimetre
H ₂ O	Su
TJ	Tera Joule
TL	Türk Lirası
Kısaltmalar	Açıklama
EER	Enerji Verimlilik Oranı
BSI	İngiliz Standartlar Enstitüsü
COP	Kompresör Performans Katsayısı
AR-GE	Araştırma Geliştirme
UNFCCC	Birleşmiş Devletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

DEFRA	Çevre Gıda ve Köy İşleri Dairesi Başkanlığı
HAİDP	Hükümetler Arası İklim
CDP	Karbon Saydamlık Projesi
CUSUM	Kümülatif Toplam
FKA	Faaliyet Karbon Ayak İzi
GHG	Sera Gazı
GRI	Sürdürülebilirlik Raporlamaları
HVAC	Isıtma + Havalandırma + Hava Şartlandırma Sistemlerinin Genel Adı
IE1	Standart Verimlilik
IE2	Yüksek Verimlilik
IE3	En Yüksek Verimlilik
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
ISO	Uluslararası Standart Organizasyonu
MSDS	Güvenlik Bilgi Formu
ORC	Organik Rankine Çevrimi
SBTi	Bilim Temelli Hedefler Girişimi
SET	Spesifik Enerji Tüketimi
SG	Sera Gazı
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WRI	Dünya Kaynakları Enstitüsü
WWF	Dünya Doğal Yaşamı Koruma Vakfı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Sera Gazı Emisyonları.....	5
Şekil 2.2. Atmosfer Katmanları	5
Şekil 2.3. 1979-2003 Yılları Arasında Değişen Buzul Kütlesi (Anonim 2020).....	7
Şekil 3.1. İşletmenin Teknoloji ve Yetenek Portföyü.....	17
Şekil 3.2. İşletmenin Çelik Saclardan İmal Ettiği Ürün Yelpazesi.....	19
Şekil 3.3. 2021 Yılı Aylık Üretim Grafiği (Ton/Ay).....	20
Şekil 3.4. 2022 Yılı Aylık Üretim Grafiği (Ton/Ay).....	20
Şekil 3.5. Üretim İş Akış Şeması.....	21
Şekil 3.6. Tez Kapsamında Yapılan Çalışmaların Tarihsel Sıralaması.....	23
Şekil 3.7. GHG Protokolü Faaliyet Sınırları Şeması.....	26
Şekil 3.8. 2021 Yılı Enerji Tüketimi, Maliyet Dağılım Grafiği.....	33
Şekil 3.9. 2021 Yılı Enerji Tüketim TEP %'leri.....	34
Şekil 3.10. 2022 Yılı Enerji Tüketimi, Maliyet Dağılım Grafiği.....	34
Şekil 3.11. 2022 Yılı Enerji Tüketim TEP %'leri.....	35
Şekil 4.1. Sıcak Nokta Analizi.....	44
Şekil 4.2. 2021 Yılı Üretim-Enerji Tüketimlerinin Aylara Göre Dağılımı.....	50
Şekil 4.3. 2022 Yılı Üretim-Enerji Tüketimlerinin Aylara Göre Dağılımı.....	51
Şekil 4.4. 2021 Yılı Spesifik Enerji Tüketimi Grafiği.....	54
Şekil 4.5. 2022 Yılı Spesifik Enerji Tüketimi Grafiği.....	54
Şekil 4.6. 2021 Yılı Üretim – Elektrik Tüketimleri Arasındaki İlişki.....	55
Şekil 4.7. 2021 Yılı Üretim – Doğalgaz Tüketimleri Arasındaki İlişki.....	56
Şekil 4.8. 2022 Yılı Üretim – Elektrik Tüketimleri.....	57
Şekil 4.9. 2022 Yılı Üretim – Doğalgaz Tüketimleri.....	57
Şekil 4.10. 2021 Yılı CUSUM Grafiği.....	58
Şekil 4.11. 2022 Yılı CUSUM Grafiği.....	59
Şekil 4.12. Aydınlatma Alanı Görünümü.....	60
Şekil 4.13. Önerilen EAE Revoled Armatür.....	60
Şekil 4.14. Trane Chiller Dış Görünüş.....	64
Şekil 4.15. EER (Enerji verimlilik oranı) Değerinin Değerlendirmesinde Kullanılan Enerji sınıfları.....	64
Şekil 4.16. Aldağ Chiller Dış Görünüş.....	66
Şekil 4.17. Chiller Sirkülasyon Pompa Grubu Chiller 1-2 Numaralı Pompa.....	70
Şekil 4.18. Önerilen Grundfos A-F-A-BQQE-PW1 Pompa Dış Görünüş.....	70
Şekil 4.19. Sistemde Geri Kazanılabilen Isı Miktarı.....	73
Şekil 4.20. Kompresör Güç Ölçüm.....	76
Şekil 4.21. Kompresör Debi Ölçümü.....	76
Şekil 4.22. Sarmak Regetta 200-YTK 001 Kompresör Dış Görünümü.....	77
Şekil 4.23. Sarmak Regetta 200-YTK 004 Kompresör Dış Görünümü.....	77
Şekil 4.24. Basınçlı Hava İzleme Sistemi.....	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. İşletmenin Üretim Kapasitesi (Ton/Yıl).....	19
Çizelge 3.2. GHG Protokolü ve ISO 14064-1:2018 Metodolojisi İçin Kullanılan Terminolojiler.....	24
Çizelge 3.3. Otomotiv Yan Sanayi Tesisi Hesaplama Sistem Sınırları.....	28
Çizelge 3.4. Belirsizlik Analizi Değerlendirme Kriterleri.....	30
Çizelge 3.5. Ölçüm Cihazları Listesi.....	32
Çizelge 3.6. 2021 Yılı Enerji Tüketimleri.....	33
Çizelge 3.7. 2022 Yılı Enerji Tüketimleri.....	34
Çizelge 4.1. Tesis Kurumsal Karbon Ayak İzi (GHG Protokolü).....	39
Çizelge 4.2. Tesis Emisyonlarının Aktivitelere Göre Dağılımı (GHG Protokolü).....	41
Çizelge 4.3. Toplam Emisyonun Kategorilere Göre Dağılımı (ISO 14064:2018).....	42
Çizelge 3.4. Tesis Emisyonlarının Aktivitelere Göre Dağılımı (ISO 14064:2018 Standard).....	42
Çizelge 4.5. Kapsam 1 Emisyonlarının Aktivitelere Göre Dağılımı (GHG Protokolü).....	43
Çizelge 4.6. Kapsam 3 Emisyonlarının Aktivitelere Göre Dağılımı (GHG Protokolü).....	44
Çizelge 4.7. Genel Bulgular ve Öneriler Tablosu.....	48
Çizelge 4.8. Güneş Enerjisi Tasarruf Miktarı.....	49
Çizelge 4.9. İşletmenin Yıllara Göre Spesifik Enerji Tüketimi (kWh/Ton).....	52
Çizelge 4.10. İşletmenin Yıllara Göre Üretim Kapasitesi (Ton).....	52
Çizelge 4.11. İşletmenin Yıllara Göre Enerji Tüketimi (kWh).....	53
Çizelge 4.12. Floresan Tip Mevcut Armatür Aydınlatmaların LED ile Değişiminde Sağlanan Tasarruf Miktarları.....	61
Çizelge 4.13. Tüm Aydınlatmaların LED İle Değişimi Sonucunda Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	62
Çizelge 4.14. TRANE ECGAN400J EER Değeri.....	65
Çizelge 4.15. ALDAĞ MSA-140 C EER (Enerji Verimlilik Oranı) Değeri.....	67
Çizelge 4.16. Chiller Sistemleri Verimlilik Sonuç Değerleri.....	69
Çizelge 4.17. Trane Chiller Sistemi ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	69
Çizelge 4.18. İşletme Soğutma Grup Pompaları Verim Hesap Tablosu.....	71
Çizelge 4.19. İşletme Önerilen Soğutma Grup Pompaları ile Tasarruf Hesap Tablosu.....	71
Çizelge 4.20. İşletme Soğutma Grup Pompaları Değişim ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	72
Çizelge 4.21. Basınçlı Hava Kaçaklarının Giderimiyle Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	75

Çizelge 4.23.	Sarmak Regetta 200-YTK 001 Maksimum Değerler.....	78
Çizelge 4.24.	Kompresör Değişimi Tasarruf Miktarları.....	79
Çizelge 4.25.	Kompresör Değişim ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	80
Çizelge 4.26.	GA200 VSD+ Önerilen Kompresör Atık Isı Geri Kazanım Hesabı....	81
Çizelge 4.27.	GA 160+ Sabit Devirli Önerilen Kompresör Atık Isı Geri Kazanım Hesabı.....	82
Çizelge 4.28.	GA 132 Sabit Devirli Önerilen Kompresör Atık Isı Geri Kazanım Hesabı.....	83
Çizelge 4.29.	Önerilen Kompresörler Isı Geri Kazanımı ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	84
Çizelge 4.30.	Kompresör ORC Yaklaşık Tasarruf Tablosu.....	85
Çizelge 4.31.	Kompresör Atık Isı Geri Kazanım Organik Rankine ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	85
Çizelge 4.32.	Verimli Elektrik Motoru Değişimi ile Sağlanan Tasarruf Miktarları	88
Çizelge 4.33.	Verimli Elektrik Motoru Değişimi ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	89
Çizelge 4.34.	Güneş Enerjisi Tahmini Aylık Üretim.....	90
Çizelge 4.35.	Fotovoltaik Sistem Tasarruf Miktarı.....	92
Çizelge 4.36.	Fotovoltaik Sistem ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi.....	92
Çizelge 4.37.	Enerji Verimliliği Uygulamaları ve Sağladığı Faydalar.....	93

1. GİRİŞ

Dünya üzerindeki insan nüfusunun artışı ile beraber artan nüfusun ihtiyaçları, insan faaliyetleriyle oluşan emisyonlar, araç kullanımından kaynaklanan emisyonlar, sanayileşme sonucu yeşil alanların insan eliyle hızla yok edilmesi, sanayide enerji ihtiyacının fosil yakıtlardan sağlanması sonucu emisyonların atmosfere salınımı atmosferin doğal bileşimini olumsuz etkilemiştir. Atmosferin yapısının bozulmasına karbondioksit, metan, nitrik oksitler, diazotmonoksit gibi gazlar neden olmaktadır (Apaydın 2002).

Sera gazları normalde atmosfer bileşiminde belli oranda bulunurlar ve iklim şartlarını belirlemede önem taşırlar. Güneşten yansıyan ışınlar yeryüzeyine ulaşır. Güneşten gelen ve yeryüzünden yansıyan radyasyonun bir kısmı sera gazları tarafından tutulur. Bu durum yeryüzünde doğal sera etkisi yaratır. Aslında dünyanın yaşanılabilir olmasını sağlayan durum var olan doğal sera etkisidir. Doğal sera etkisi olmasaydı yeryüzü sıcaklığı daha düşük olacağından dünyada bir hayat mümkün olamazdı. Fakat sera gazlarının atmosferdeki anormal artışı canlılar ve iklim sistemi için olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu olumsuz sonuçların meydana gelmesi küresel ısınma ve iklim değişikliği olarak adlandırılmaktadır (Apaydın 2002).

Artan sera gazı salınımlarını kontrol altına alabilmek ve azaltabilmek için son dönemde yasal faaliyetler hayata geçirilmiştir. Günümüzde enerjinin doğru kullanılması, enerji verimliliği uygulamaları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır (Apaydın 2002).

Kyoto İklim Sözleşmesi ile sera etkisine yol açan gazların azaltılması ve önlenmesi amaçlanmaktadır. Fosil yakıtlar yerine yeşil yakıtların, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile atmosfere salınan sera gazlarının oranının düşürülmesi, zararlı etkinin ortadan kaldırılması hedeflenmektedir (Apaydın 2002).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları 1970' li yılların başından itibaren ele alınmaya başlanmış ve çözüm arayışı başlatılmıştır. 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurularak sorunlara çözüm arayışında ilk adımlar atılmıştır. Birleşmiş Devletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında düzenlenen uluslararası müzakereler ile ülkeler biraraya getirilmiştir. İlk çözüm

önerilerinin temelleri 1992 yılında Rio Konferansı'nda, 2005'te yürürlüğe giren Kyoto Protokolü ve Paris Antlaşması'nda atılmıştır. Çözümün temelinde küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonlarının analiz edilmesi yer almaktadır (Özçağ ve ark. 2017).

Kaynakların zarar verilmeden gelecek nesillere aktarılabilmesi için sürdürülebilir kalkınma anlayışı benimsenmiştir. Sürdürülebilirliği sağlayabilmek için karbon ayak izinin belirlenmesi ve karbon ayak izinin azaltılması gerekmektedir. Kişilerin, kurum ve kuruluşların küresel ısınmadaki payları karbon ayak iziyle ortaya koyulmaktadır.

Karbon ayak izini kısaca tarif etmemiz gerekirse bir kişinin bir yıl içerisindeki faaliyetlerinden kaynaklanan atmosfere saldığı CO₂ miktarının eşdeğer olarak ifade edilmesidir (Ulusal 2021). Karbon ayak izi doğrudan (birincil) ve dolaylı (ikincil) olmak üzere iki ana başlığa ayrılır. Enerji tüketimleri, ulaşım faaliyetleri, fosil yakıt kullanılması doğrudan karbon ayak izini oluştururken kullandığımız ürünlerin yaşam döngülerinde atmosfere salınan CO₂ dolaylı (ikincil) karbon ayak izi olarak değerlendirilir.

Kurumsal karbon ayak izi, üretim ve işletme faaliyetlerinin tamamında atmosfere salınan emisyonların CO₂ eşdeğeri olarak ifade edilir. Kurumlar yasal gereklilikler, müşteri istekleri, sürdürülebilir kalkınmaya destek ve kurum prestiji çerçevesinde karbon ayak izlerini belirlemek durumundadırlar (Üreden ve Özden 2018). Kurumsal karbon ayak izinin temelini ürünlerin yaşam döngüleri, nakliye hizmetleri, üretim teknikleri, işletmede kullanılan enerji türleri, ürünlerin dağıtımı, kullanımı ve geri dönüşüm süreçleri oluşturmaktadır (Finkbeiner ve König 2013; Harangozo ve Szigeti 2017).

Bu çalışmada, Bursa ilinde otomotiv yan sanayinde faaliyet gösteren bir işletme incelenmiş olup çalışmanın başlıca amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Üretim adımlarında ortaya çıkan ve atmosfere verilen sera gazlarının analiz ve tespitinin yapılması,
- Emisyon kaynaklarının ISO 14064 standardı ve GHG (Sera Gazı) Protokolüne uygun şekilde sınıflandırılması,
- Enerji verimliliği çalışmalarının yapılması,
- CO₂ emisyonlarının önlenmesi için iyi uygulama önerileri değerlendirilmesi

Bu kapsamda, iyi uygulama önerilerinin yatırım maliyet hesapları yapılmış ve iyileştirme sonrası sağlanan maddi tasarruf belirlenmiştir. Tüm bu uygulamaların çevresel boyutunu irdelenmek için önlenebilir CO₂ miktarları hesaplanmış ve dikilmesi gereken ağaç sayıları belirlenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

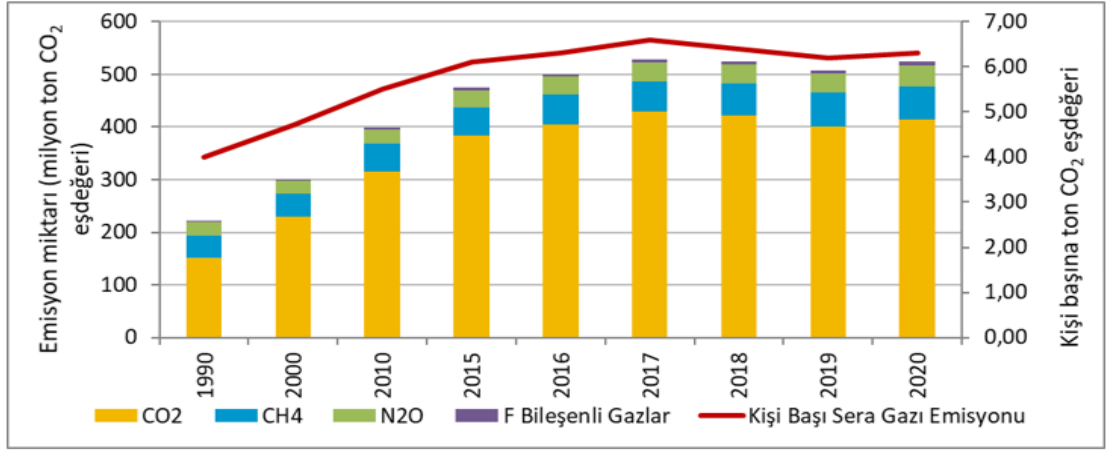
2.1. Sera Etkisi, Küresel Isınma ve Sebepleri

Güneşten gelen radyoaktif ışınlar, dünyamıza ulaşır. Yeryüzüne ulaşan ışınların belli bir kısmı yeryüzünden yansır, belli bir kısmı atmosferdeki sera gazları tarafından tutulur. Yüksek ısı tutma kapasitelerine sahip olan sera gazları atmosferde ısıyı hapseder. Sera gazları tarafından tutulan ısı yer kürenin ısısının artmasına neden olur. Bu olaya sera etkisi adı verilmektedir.

CO₂ (Karbondioksit), CH₄ (Metan), N₂O (Diazot monoksit), H₂O (Su buharı), O₃ (Ozon), ve CFC (Kloroflorokarbon) gazları, azotoksitler (NO_x), metan olmayan uçucu organik bileşikler (NMVOC), amonyak (NH₃), karbonmonoksit (CO) ve kükürtdioksit (SO₂) emisyonları sera etkisine sebep olur.

İnsan faaliyetleri sera etkisini arttırarak küresel ısınmaya sebep olur. En önemli paya sahip sera gazı emisyonu karbondioksittir. Karbondioksit emisyonunun payının artmasına petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtların yakılması, insan faaliyetleri, yeşil alanların kaybedilmesi ve sanayileşme sebep olmaktadır.

Şekil 2.1. 'de 1990 yılı ve 2020 yılı kıyaslandığında CO₂ eşdeğerinin %8,4, arttığı görülmektedir. Sera gazı envanteri sonuçlarına göre, 2020 yılı toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla göre artarak 523,9 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğeri (eşd.) olarak hesaplanmıştır. Türkiye'de kişi başı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılında 4 ton CO₂ eşd., 2019 yılında 6,1 ton CO₂ eşd. ve 2020 yılında 6,3 ton CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır (Anonim 2022).



Şekil 2.1. Sera Gazı Emisyonları (Anonim 2022)



Şekil 2.2. Atmosfer Katmanları

Şekil 2.2' de görüleceği üzere atmosfer gezegenimizin etrafını portakal kabuğu gibi sarar. Farklı özelliklere sahip olan bu katmanlarından dünya yüzeyine en yakın olanı troposferdir. Küresel ısınma, atmosferin tabakalarından biri olan troposfer tabakasındaki sıcaklığın doğal olaylar ve insan faaliyetleri ile artması olarak tanımlanabilir.

Atmosferdeki bu sıcaklık artışı, güneşten dünyaya gelen görünür ışınlar, dünya yüzeyine çarpıp yansıyan ışınların bir kısmının sera gazları tarafından tutulması ve troposfer tabakasındaki ısınmadan kaynaklanır. CO₂' in ısıyı absorbe etme düzeyi yüksek olmasına

karşın emisyon hacmi yüksektir. Bu yüzden atmosferdeki ısısıl değişimin en önemli faktörü olarak karbondioksit miktarı gösterilir.

2.2. Küresel Isınmanın Etkileri

2.2.1 İnsan Sağlığına Olası Etkileri

İklim değişimine uzun vadede önlem alınmaması durumunda insan sağlığının olumsuz etkileneceği öngörülmektedir. Küresel ısınma sonucu sıcaklıkların artmasıyla kardiyovasküler rahatsızlıklar, solunum yolu hastalıklarında artış gözlemleneceği düşünülmektedir. Değişkenlik gösteren hava olaylarının insanlarda psikolojik rahatsızlıklara, artan sıcaklıkların ve nemin ölümlere sebep olacağı öngörülmektedir. Ayrıca sıcaklık artışı böcekler ve diğer bulaşıcı hastalık taşıyıcılarının çoğalmasına ve yayılmasına neden olacaktır. Kuraklık sonucu azalan su kaynakları kolera gibi hastalıkların yayılmasına, tarımın azalması sonucu açlık ve beslenmede yetersizlik yaşanmasına neden olacaktır (Apaydın 2022).

2.2.2. Biyolojik Çeşitlilik Üstündeki Olası Olumsuz Etkiler

Dünya sıcaklığının 1-2 °C artması ekvator bölgesindeki sıcaklığın aşırı artmasına ve sıcaklık artışının kutup bölgelerine doğru yönelmesine neden olacaktır. Pek çok canlı türü değişime hızlı adapte olamayıp yok olma tehlikesiyle burun buruna gelecektir. Sıcaklık artışlarının olumsuz etkisi olarak görülecek orman yangınları hem bitki türlerinin yok olmasına hemde ormanda yaşayan canlıların yaşam alanlarını ve yaşamlarını yitirmelerine sebep olacaktır (Apaydın 2022).

2.2.3. Deniz Sahili Ülkelere Olası Olumsuz Etkileri

Küresel ısınmanın önemli ve belirgin etkilerinden buzulların erimesi deniz seviyesinin 10-20 cm yükselmesine sebep olmuştur. Yapılan modellemeler sonucu deniz seviyesinin önümüzdeki yüzyıl içerisinde 15-95 cm yükseleceği düşünülmektedir. Deniz seviyesindeki 1 metrelik artıştan kıyı bölgeler ve küçük adaların olumsuz etkileneceği öngörülmektedir. Modellemeler doğrultusunda Uruguay'ın % 0.05'i, Mısır'ın % 1 'i, Hollanda'nın %6'sı ve Bangladeş'in % 17.5'nin sular altında kalacağı tahmin edilmektedir (Apaydın 2022).

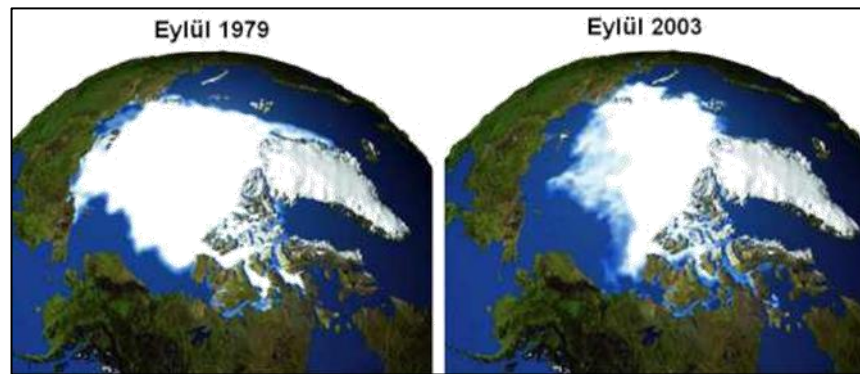
2.2.4. Su Kaynaklarına Olası Olumsuz Etkileri

Dünya üzerinde belli bölgelerde yağış artış gösterirken belli bölgelerde yağış miktarında azalma yaşanacaktır. Yağış miktarında meydana gelecek değişimler nemliliği etkilerken bitki örtüsünde değişimlere sebep olacaktır. Belli bölgelerde oluşan buharlaşma bulut oluşumunu ve yağış miktarını etkileyecektir. Artan yağış miktarı sonrası toprak suya doymun hale gelecek ve bunun sonucu seller meydana gelecektir. Su sıcaklıklarında yaşanacak değişimler su ekosistemindeki canlıların çoğalmasını ve hayatta kalmalarını olumsuz etkileyecektir (Apaydın 2022).

2.2.5. Küresel Isınmanın Dünyaya Etkileri ve Başa Çıkma Yolları

Küresel ısınmanın dünya üzerindeki olumsuz etkileri incelenecek olduğunda, 1880 yılından günümüze uzun zaman aralığında sıcaklığın 1 °C artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu sıcaklık artışı Antartika kıtasındaki buzulların erimesine, buzul kütlelerindeki erime dolayısıyla deniz seviyesinde artışa sebep olmuştur (Pachauri ve Meyer 2014).

Şekil 2.3'te ki görselde 24 yıllık süre zarfında artış gösteren CO₂ emisyonunun etkisiyle dünya ısısında yaşanan artışın buzul kütleleri üzerindeki olumsuz etkileri görülmektedir (BBC 2019).



Şekil 2.3. 1979-2003 Yılları Arasında Değişen Buzul Kütleleri (Anonim 2020)

Günümüzde küresel ısınmanın önüne geçebilmek adına sera gazlarının salınımının sınırlandırılması için ulusal ve uluslararası önleme çalışmaları hayata geçirilmektedir.

Ülkemizde emisyon değerlerinin kontrolü için çevre izin belgesine tabi tutulan işletmelerin 2 yılda 1 emisyon ölçümü yaptırmaları ve beyan etmeleri gerekmektedir.

2.3. Karbon Ayak İzi Kavramı

İnsan ve üretim faaliyetleri sonucu oluşan çevreye zararlı sera gazı miktarının CO₂ eşdeğeri olarak ifade edilmesi karbon ayak izi olarak tanımlanır. Birimi “kg.CO₂-eşdeğer” veya “ton.CO₂-eşdeğer” dir. Yasal zorunluluklar, kurumsal kimlik, müşteri gereklilikleri veya yatırım talepleri, sera gazı emisyonu azaltımında zorunlu veya gönüllü olunması kurumları karbon ayak izini hesaplamaya yöneltmektedir.

Karbon ayak izini;

- 1- Kişisel Karbon Ayak İzi
- 2- Kurumsal Karbon Ayak İzi olmak üzere iki farklı katagoride incelenmektedir.

Kişisel Karbon Ayak İzi:

Bir kişinin 1 yıl içerisinde yaşamsal faaliyetlerinden kaynaklı atmosfere salınan emisyon miktarı olarak tanımlanır. Kişisel karbon ayak izinin tespit edilmesi ve emisyonların azaltılması için kişisel bilincin artırılması gerekmektedir.

Kişisel Karbon Ayak İzi 2 ana unsurdan oluşmaktadır;

- a. Birincil Karbon Ayak İzi: Tüketilen elektrik, ulaşım amacıyla araçlarda kullanılan yakıtların CO₂ emisyonları bu grupta değerlendirilir.
- b. İkincil Karbon Ayak İzi: Kişilerin kullandıkları ürünlerin tüm yaşam döngüsünü yani, imalatından en son bozunumlarına kadar olan süreçteki dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür.

Kurumsal Karbon Ayak İzi:

Kurumların 1 (bir) yıllık faaliyetlerinden kaynaklı atmosfere salınan emisyonlarının CO₂-eşdeğeri olarak ifade edilmesi kurumsal karbon ayak izi olarak tanımlanmaktadır.

Kurumsal Karbon Ayak İzi 3 ana unsurdan oluşmaktadır;

- a. Doğrudan Karbon Ayak İzi (Kapsam 1): Üretim faaliyetlerinde kullanılan fosil yakıtlar ve araçlarda kullanılan fosil yakıtların neden olduğu emisyonlar Kapsam 1 başlığı altında değerlendirilmektedir.
- b. Dolaylı Karbon Ayak İzi (Kapsam 2): İşletmede tüketilen elektrik enerjisinden kaynaklanan emisyonlar, dışarıdan satın alınan buhar, soğutma veya sıcak suya bağlı emisyonlar Kapsam 2 başlığı altında değerlendirilmektedir.
- c. Diğer Dolaylı Karbon Ayak İzi (Kapsam 3): İşletmelerin kullandıkları ürünler, taşıyon faaliyetleri, kiraladıkları araçlarda kullandıkları yakıtlar, kara, deniz ve hava ulaşimleri emisyonları Kapsam 3 başlığı altında değerlendirilmektedir. Kapsam 3 için gereken verilerin neredeyse tamamının tedarikçilerden sağlanması gerekmektedir. Bu yüzden hesaplama yapılması oldukça zordur.(Bekiroğlu 2011).

Sera Gazı (GHG) Protokolü çerçevesinde kurumsal karbon ayak izi kapsam 1-2-3 başlıkları ve kapsadığı aktiviteler aşağıdaki gibidir;

Kapsam 1:

- Sabit yanmalar
 - Doğalgaz
 - Mazot (Jeneratör, makine vb.)
 - Diğer yakıtlar
- Hareketli yanmalar
 - Şirkete ait araçlar
 - Kiralık araçlar
 - Forklift vb.
- Proses Emisyonları
 - Oksidasyon ve yüksek-düşük sıcaklık üniteleri emisyonları
 - Yangın söndürücüler
 - Soğutucu gazlar

Kapsam 2:

- Dışarıdan satın alınan elektrik
- Dışarıdan satın alınan ısıtma/soğutma

Kapsam 3:

- 01: Satın alınan hammaddeler ve servisler
- 02: Demirbaş Varlıklar
- 03: Enerji ile İlgili Aktiviteler
- 04: Üretim Öncesi Nakliye ve Dağıtım
- 05: Üretim Atıkları
- 06: İş Seyahatleri
- 07: Çalışan Ulaşımı
- 08: Üretim Öncesi Kiralanan Varlıklar
- 09: Üretim Sonrası Nakliye ve Dağıtım
- 10: Satılan Ürünlerin İşlemleri
- 11: Satılan Ürünlerin Kullanımı
- 12: Satılan Ürünlerin Bertarafı
- 13: Üretim Sonrası Kiralanan Varlıklar
- 14: Franchising
- 15: Yatırımlar

2.4. Karbon Ayak İzi Oluşumunun Çevreye ve Canlılara Etkileri

Yaşamsal ve üretimsel faaliyetler sonucunda oluşan CO₂ emisyonları kişisel ve kurumsal karbon ayak izini oluşturmaktadır. Karbon ayak izinin çevre ve iklim değişikliği açısından birçok olumsuz etkisi mevcuttur. Kutuplardaki buz kütlelerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Buz kütlelerinin erimesi sonucu meydana gelen deniz seviyesindeki artışlar, denizde yaşayan canlıları olumsuz etkilemektedir. Sıcaklıklardaki değişimler kuşlarda erken yumurtlamaya, göç eden deniz canlılarında sıcaklık değişimlerinden etkilenme, göç ediş sürelerinin değişmesine ve değişen koşullara ayak uyduramamaları sonucu ölümlerine sebep olmaktadır. Oluşan yüksek karbok ayak izi sebebiyle hava

kirliliğinin artması solunum yolu hastalıklarında beraberinde getirmektedir (Sreng 2016).

2.5. Karbon Ayak İzi Azaltım Yöntemleri

Kyoto Protokolü'ne tabi ülkeler karbon ayak izilerini azaltma taahhütünde bulunmuşlardır. (Bekiroğlu 2011). Protokole tabi ülkeler emisyon sınır değerlerini belirlemekte ve sınır değerlerin aşılması durumunda karbon vergileri gibi parasal yaptırımlar uygulamaya hazırlanmaktadır.

İşletmeler bu yasal para cezalarına maruz kalmamak ve marka değerlerini koruyabilmek amacıyla emisyon azaltım faaliyetlerini devreye almaya başladılar (Bekiroğlu 2011). Emisyon azaltımı çalışmalarında ilk olarak emisyonların kaynağının doğru tespit edilmesi ve çıkan emisyon miktarının doğru hesaplanması gerekmektedir.

Emisyonların azaltılması için uygulanabilecek bazı öneriler;

1-Enerji Verimliliği: Enerji verimliliği uygulamalarıyla tasarruf potansiyeli olan alanlar belirlenerek tüketilen enerji ne kadar azaltılabilirse emisyon salınımda o oranda önlenmiş olur.

2-Geri Dönüşüm: İşletmede ki atıkların geri dönüşümü yapılarak yada %100 geri dönüşümlü ürünler tercih edilerek emisyon miktarlarında düşüş sağlanabilir.

3-Ağaç Dikmek: Karbon emisyonlarının önlenmesi için akla gelen ilk yöntem ağaçlandırma yapmaktır. Bitkiler fotosentez yoluyla havadaki CO₂ 'i absorbe ederek yaşamları için gerekli besini oluştururken canlılar için oksijen üretirler.

4-Yenilenebilir Enerji Kullanımı: Nüfus artışıyla beraber artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Fosil yakıtların kullanımı atmosferdeki CO₂ miktarını arttırmaktadır. Bu yüzden enerji yenilenebilir enerji kaynaklarından (rüzgar, su, güneş vb.) sağlanabilirse atmosfere salınan karbon emisyonları önlenmiş olur.

5-Karbon Salınımı Düşük Ürün ve Hizmetleri Tercih Etmek: %100 geri dönüşümlü ürünlerin tercih edilmesi, kullanılan yada yeni yatırı yapılacak cihazlarda enerji performans düzeylerinin yüksek olması göz önünde bulundurulmalıdır, hatta mümkünde sıfır emisyonlu ürün sağlayıcılarının tercih edilmesi gerekmektedir.

6-Ulaşım Tercihlerini Değiştirmek: Kişisel araçlar yerine toplu taşımanın tercih edilmesi karbon ayak izimizi aşağı çekmemize olanak sağlar.

7-Yakıt Tercihini Deęiřtirmek: Araçlarda dūřuk emisyonlu yakıtların tercih edilmesi veya elektrikli araçların üretilmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması emisyon salınımında önemli ölçüde dūřuř sağlayacaktır. İşletmelerde ve evlerde ısıtma ihtiyacında doğalgaz kullanımı emisyonların azaltılmasında uygulanabilecek yöntemlerden biridir.

8-Karbon Azaltım Kredisi Almak: Karbon kredisi; karbon azaltım projelerinin yaratmış olduğu veya mevcut karbon salım kotasının altında kalan her ton.CO₂ için akredite kuruluşlarca sağlanan sertifikalardır. İşletmeler karbon azaltım kredileri satın alarak emisyonlarını azaltabilirler (Bekiroğlu 2011).

2.6. Kurumsal Karbon Ayak İzi Belirleme alışmaları ve nemi

Kurumsal karbon ayak izi belirleme çalışmaları, işletmenin çevresel açıdan olumsuz etkilerini anlayabilmek için önemli bir adımdır. Atmosfere salınan sera gazı miktarının hesaplanması karbon emisyonlarının azaltılabileceği alanları belirlemeyi mümkün kılar. İşletmenin kurumsal karbon ayak izini ölçmesi ve azaltması sadece evre açısından yararlı olmakla kalmaz, aynı zamanda işletmelere mali açıdan tasarruf imkanı sağlar. İşletmeler karbon ayak izini belirlendikten sonra, bu düzenlemelere uyum sağlamaları halinde cezalardan kaçınırlar.

Kurumsal karbon ayak izini azaltmak enerjinin verimli kullanılması ve diğer işletme maliyetlerinin azaltılması anlamına gelmektedir. İşletmeler karbon emisyonlarını azaltabilecekleri alanları tespit ederek, enerji faturalarından ve diğer masraflardan önemli oranda tasarruf edebilir.

Tüketicilerin, kullandıkları ürün ve hizmetlerin çevresel etkileri konusunda bilinç seviyesi günden güne artmaktadır. İşletmeler karbon ayak izini azaltıcı faaliyetlerini hayata geçirerek mūřterilerinin gözündeki itibarlarını artırır ve yeni kitlelere hitap etme olanağı sağlarlar.

2.6.1. Kurumsal Karbon Ayak İzi Belirleme Aşamaları ve Hesaplama Yöntemleri

Karbon emisyonu hesaplamalarında, GHG Protokolünde, belirtilen parametrelere bağlı olarak ISO (Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu) tarafından geliştirilen, sera gazı emisyonlarının kurum seviyesinde hesaplanması ve raporlanması (ISO 14064-1), sera gazı emisyon azaltmalarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin hesaplanması, izlenme ve raporlanması (ISO 14064-2) ve sera gazı beyanlarının onaylanması ve doğrulanması (ISO 14064-3) kılavuz ve özellikleri belirten seriler (Anonim 2011a; Anonim 2013), karbon ayak izi hesaplamaları, yapılan hesaplamaların raporlanması ve doğrulayıcı kuruluş tarafından doğrulanması için gerekli hesaplama yöntemlerini ve ilkeleri belirtir (Sreng 2016).

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), sera gazı emisyonlarını 3 farklı aşama (tier) ile hesaplayan metodolojileri paylaşmıştır.

Karbon ayak izi hesaplamasında veri ve metodolojinin karmaşıklığına göre Tier 1, Tier 2 ya da Tier 3 yöntemlerinden biri seçilerek hesaplama yapılır.

Tier 2 ve Tier 3 genellikle yüksek aşama yöntemleri olarak ifade edilirler ve daha fazla bilgiyi değerlendirildiği ve daha çok veri elde ettiği için Tier 1'e kıyasla daha doğru olarak kabul edilirler. İşletmenin kaynaklarına göre kullanılacak olan yöntem değişkenlik gösterebilir. Örneğin bir işletme karbon emisyonunu hesaplarken elektrik tüketimini göz önünde bulundurduğunda Tier 2 yöntemini, doğal gaz tüketiminin neden olduğu salınım için Tier 1 yöntemi kullanabilir.

2.6.1.1. Tier 1

Tier1 yaklaşımında IPCC kılavuzunda açıklanan emisyon faktörlerini ve diğer parametreleri kullanır. Bu yöntemin basitleştirici varsayımları vardır ve dışarıdan aldığı bazı verileri kendi bulgularıyla birleştirebilir.

Bu yöntemde;

1. Tüketilen yakıt miktarı ve
2. Standart emisyon faktörü olmak üzere iki ana veriye ihtiyaç duyulur.

Formül;

Emisyon GHG, FUEL (kg GHG) = Yakıt Tüketimi (TJ) x Emisyon Faktörü (Kg GHG/TJ)

2.6.1.2. Tier 2

Tier 1 ile aynı yaklaşım prensibine sahiptir ama ülkeye özgü emisyon faktörleri ve diğer parametrelerine başvurulur. Ülkeye özgü emisyon faktörleri ve emisyon parametreleri, o ülkedeki ormanlara, iklim bölgelerine ve arazi kullanım sistemlerine daha uygundur. Bu parametrelerden bazıları yakıtın kalitesi, karbon içeriği ve kullanılan yakma teknolojisidir.

Bu yöntem ile hesaplama yapabilmek için;

1. Tüketilen yakıt miktarı ve
2. Her yakıt için ülkeye özel emisyon faktörünün belirlenmesi gerekir.

Emisyon GHG,FUEL (kg GHG) = Yakıt Tüketimi (TJ) x Emisyon Faktörü (Kg GHG/TJ)

2.6.1.3. Tier 3

Tier 3 yaklaşımı diğer yaklaşımlara kıyasla daha karışık modeller içerir ve daha fazla veri gerektirir. Sonuçların şeffaflığının ve verilerin modelleme entegrasyonunun artması için geliştirilmiştir. Genellikle alt aşamalardan daha sağlıklı hesaplama yapıldığı kabul edilir.

Tier 3 yöntemi kullanılacak yakıt tüketimi ve emisyon faktörünü tesise özgü olarak hesaplar. Bu nedenle de gerçeğe daha yakın hesaplama yaptığı düşünülür.

Tier 3 yöntemi, tesise özgü parametreleri bulabilmek için;

1. Kullanılan yakıt tipi
2. Yakma teknolojisi
3. Çalışma şartları
4. Kontrol teknolojisi
5. Bakımın kalitesi

6. Yakıtı yakan ekipmanların yaşı gibi spesifik bilgilere ihtiyaç duyulur.

Bu yöntemlerin doğru hesaplama yapabilmesi için sağlanan verilerin gerçekliği büyük önem taşımaktadır. Verilerin elde edilmesi, hesaplama ve raporlama aşamasında gerçekleşecek herhangi bir hata sürecin baştan başlamasına neden olabilir.

Ancak doğru ve sağlıklı ilerlendiğinde, %100'e yakın sonuç elde edilebilir (<https://www.semtree.com>, 2022).

2.7. İklim Değişikliği Konusunda Yapılmış Çalışmalar

2.7.1. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü; küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele etmek amacıyla sera etkisi yaratan gazların salımlarını (emisyon) kısmak üzere taraf ülkelere çeşitli hedefler belirleyen uluslararası tek çerçevedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır. Bu protokolü imzalayan ülkeler, karbon dioksit ve sera etkisine neden olan diğer 5 beş gazın salınımını azaltmaya veya bunu yapamıyorsa salınım ticareti yoluyla haklarını arttırmaya söz vermişlerdir. Protokol, ülkelerin atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmelerini gerekli kılmaktadır.

2.7.2. Paris Anlaşması

Paris Anlaşması, temel olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne dayanmaktadır ve Kyoto Protokolü'nün sona erme tarihi olan 2020 sonrası iklim değişikliği rejimini düzenlemeyi amaçlamaktadır.

Paris Anlaşması, 2020 sonrası süreçte, iklim değişikliği tehlikesine karşı küresel sosyoekonomik dayanıklılığın güçlendirilmesini hedeflemektedir. Paris Anlaşması, iklim krizinin önüne geçmek amacıyla 197 ülkenin ortak hareket etmeleri gerektiğini kabul ettikleri uluslararası bir anlaşmadır. İklim krizinin önüne geçmek için küresel ortalama yüzey sıcaklığındaki artışı 2 derece ile sınırlandırmak, mümkünse 1,5 derecenin altında tutmayı amaçlar.

2.8. Kurumsal Karbon Ayak İzi Hesaplamaları Sektörel Uygulama Örnekleri

Ülkemizde ve dünyada karbon ayak izi hesaplanması ve değerlendirilmesi ile ilgili çok çeşitli sektörlerde çalışmalar bulunmaktadır.

Pekin (2006) *ulaşım sektöründe* sera gazı emisyonu hesaplanması çalışması yapmıştır ve yakıt tüketimi artışı ile CO₂ emisyonlarının arttığını tespit edilmiştir. Ulaştırma sektöründe bulunan alt grupları içerisinde karayolu ulaşımının en büyük emisyon kaynağı olduğu bilinmektedir. 1993 yılında yapılan karbon emisyonu hesaplamasında karayolu kaynaklı CO₂ emisyonları toplam emisyonların %93' ünü oluştururken, havayolu ulaşımının kullanımının artması sebebiyle 2004 yılında yapılan hesaplamada %84'e gerilediği tespit edilmiştir. Emisyon oranının dahada azaltılabilmesi için, eski model araçların trafikten tamamen çekilmesi, yakıt tasarruflu araçların kullanımının artması, bireysel araçlar yerine toplu taşıma araçlarının kullanımının artması, yakıt tüketim oranına göre vergilenmeye gidilmesi gibi önlemler ile karayolu kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılabileceği sonucuna varılmıştır.

Özlem (2013) *kağıt fabrikasında* karbon ayak izinin belirlendiği çalışmasında, temel yıl olarak 2011 yılını seçmiş ve üretim faaliyetlerinden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarı hesaplanmıştır. Tesiste belirlenen kapsam ve sınırlar dahilinde oluşan toplam CO₂ miktarının 98 948 429 kg olduğu, bunun 52 372 kg'ı şirket araçlarından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tesiste % 100 hurda kağıt ile üretim gerçekleştirildiğinde, ham selüloz ile üretim yapan firmalara istinaden CO₂ yutaklarından olan ormanlık alanların korunmasına da önemli ölçüde katkıda bulunulacağı belirtilmiştir. Tesisteki buhar üretimi kısmında yapılacak optimizasyon ile hem enerji tasarrufu sağlanacak hem de CO₂ azaltımı sağlanacağı öngörülmüştür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile emisyon azaltımı konusunda önemli yararlar sağlanacağı vurgulanmıştır.

Ford Mazda Motor Co. Ltd. şirketinin CO₂ emisyonlarının sürekli izlendiği sistemi bulunmakta ve DKE'nin geliştirdiği sera gazı emisyon hesaplamaları kullanılarak sera gazı emisyonlarının belirlenmesi sağlanmıştır. Yapılan hesaplamalarda 2014 yılı elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyon miktarı 17 935 mtCO₂ olarak bulunmuştur (Anonim 2014a).

Jochem ve Wolfram (2014) tarafından Volkswagen *Otomotiv Endüstrisi*' nin dolaylı emisyonları, iş seyahatleri, lojistik süreçleri, araç kullanımı ve bertarafı, tedarik zinciri faaliyetleriyle oluşan sera gazı emisyonlarının hesaplaması yapılmıştır. Hespalamada WRI metodukullanılmıştır. 2014 yılındaki arabalar ve hafif ticari araçlar için çıkan emisyon miktarı 0,048 milyon ton, grup üretim yerlerinden kaynaklanan sera gazı emisyon miktarı ise 4,79 kg/araç olarak tespit edilmiştir (Sreng 2016).

Sreng (2016) tarafından *otomotiv endüstrisinde* yapılan çalışmada uluslararası standartlar ile karbon ayak izi hesaplama ve raporlama yöntemleri, karbon ayak izinin insan sağlığı, iklim değişikliğine etkileri ve küresel otomotiv endüstrisi konuları ele alınmıştır. Otomotiv endüstrisinde yaşam döngüsü kapsamında değerlendirildiğinde karbon ayak izinin her aşamada meydana gelebileceği üzerinde durulmuştur. Yıllık olarak 1 milyon araç üretiminin gerçekleştiği durumda araçların üretim aşamasında ortaya çıkan emisyon 1 700 000 tCO₂-eşd.'i kadar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tesiste araç üretimi sırasında elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyon miktarı 1 478 235,91 tCO₂-eşd.'i kadardır. Sabit yanmada kullanılan doğalgaz kaynaklı emisyon miktarı ise 2 450,45 tCO₂-eşd.'i kadar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. CO₂ emisyonunun azaltılması için yeşil alanların artırılması ve enerji üretiminde yenilenebilir güneş enerjisinin kullanılması önerilerinde bulunulmuştur. Yapılan hesaplamalar ile elektrik tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonunun sınırlanabilmesi için 250-watt gücündeki güneş panellerinin yeterli olacağı belirtilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. İncelenen İşletmenin Tanıtımı

Bu çalışmada seçilen firma Bursa ilinde faaliyet gösteren otomotiv yan sanayi metal sektöründe kalıp, teçhizat ve çeşitli parçalar tasarlayan, geliştiren ve üreten uluslararası bir şirkettir. Özellikle inovatif ürünler tasarlayarak daha güvenli ve daha hafif araç tasarımlarına destek olmakta ve buna bağlı olarak insan güvenliğinin artırılması, enerji tüketimlerinin azaltılması ve çevrenin korunması ana ilkelerine hizmet etmektedir.

Şirket, Holding çatısı altında 1976 yılında faaliyetlerine başlamıştır. Kısa sürede kalıp tasarımı ve imalatı ile sac şekillendirme konularında sektöründe lider konumagelerek yeni ürün ve teknolojilerini geliştirmeye devam etmiştir. 2007 yılında İspanya merkezli uluslararası alanda otomotiv metal sektöründe öncü bir şirket ile ortaklık yaparak Türkiye’de ulaştığı başarıyı Dünya ölçeğine taşımıştır. Firma, sac şekillendirme ve kalıpcılık alanında Türkiye’nin ilk AR-GE merkezine sahiptir.



Şekil 3.1. İşletmenin Teknoloji ve Yetenek Portföyü

Şekil 3.1' de görüldüğü üzere soğuk şekillendirme üzerine kurulan şirket, farklı teknolojiler üzerine çalışan bir yapıya sahiptir. Üretim, değer zincirinin tamamında geniş bir teknoloji ve yetenek portföyü kullanarak yapılmaktadır.

İşletme bünyesindeki üretim süreçleri ve teknolojiler;

- a) Sac Hazırlama – Soğuk Şekillendirme (Pres, Dilme, Boylama)
- b) Transfer ve G1 hattı
- c) Kaynak (Punta robotları, Gazaltı robotları, Projeksiyon)
- d) Sıcak Şekillendirme (Press Hardening)
- e) Kalıp Üretim (Tandem, Prograsif, Transfer, Grup)
- f) Lazer Kesim Teknolojisi
- g) Roll Form & Mekanizma & Stretch Bending olarak sıralanabilir.

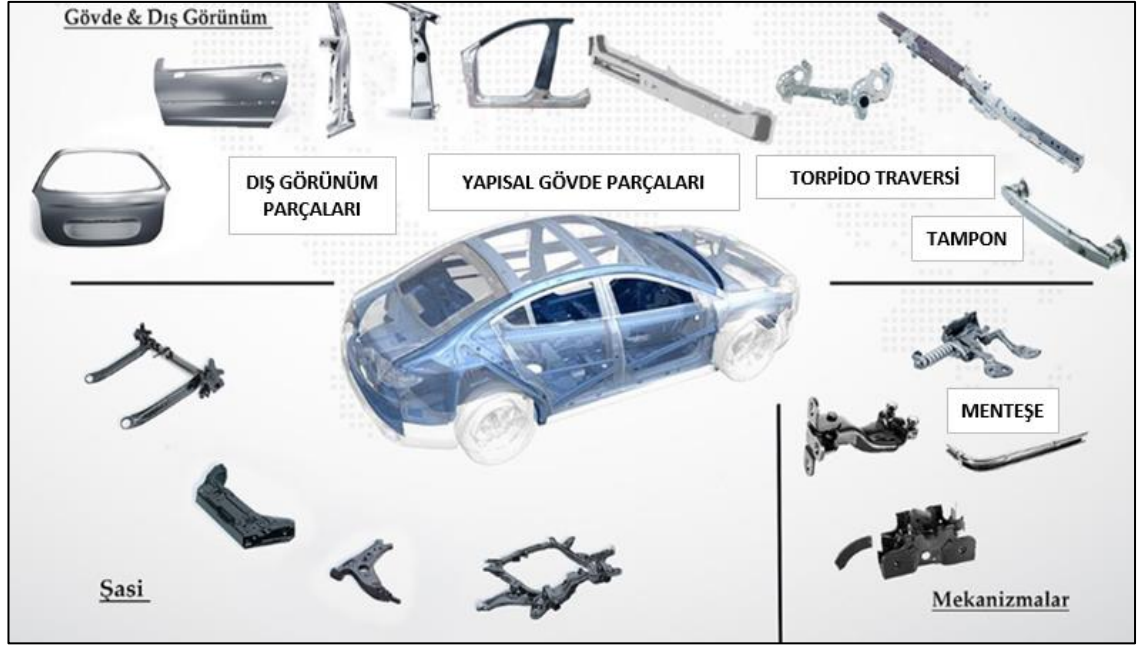
3.2. İşletmenin Faaliyet Verilerinin Belirlenmesi ve Çalışmanın Kapsamı

İşletme, 6 farklı lokasyonda toplamda 242.000 m²'lik tesislerinde otomotiv sektöründe çeşitli ürün gamında üretim yapmaktadır. 2022 yılında işletmede 1076 personel çalışmaktadır.

İşletme faaliyetleri,

- Araç gövdesi için metal parçalar
- Şasi ve Mekanizmalar ana ürün hatlarını oluşturmaktadır.

Şekil 3.2' te üretim hatlarından çıkan gövde&dış görünüm parçaları, tampon, şasi ve mekanizma parçaları araç üstünde bir araya getirilmektedir.

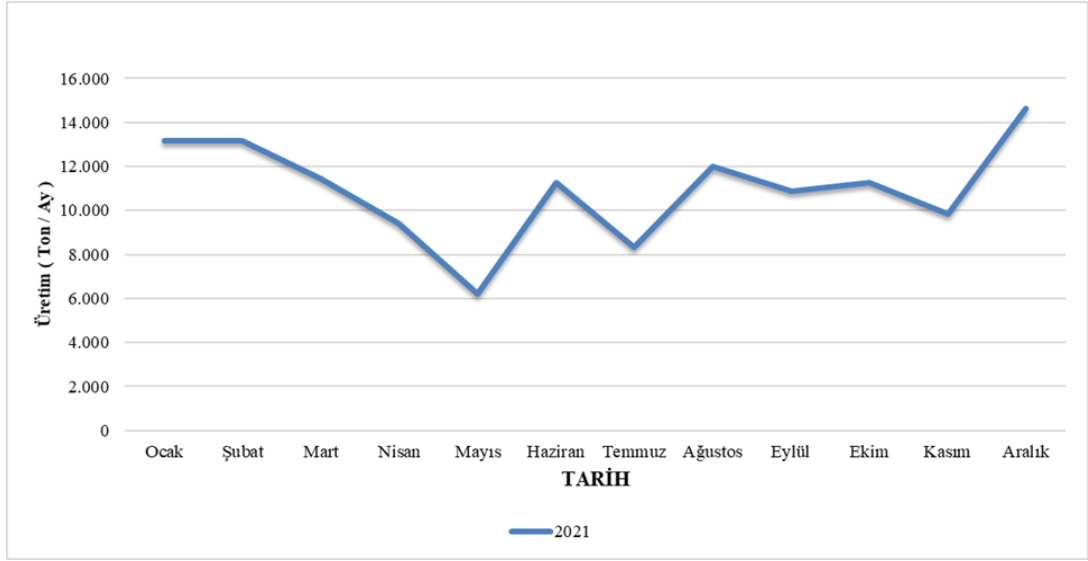


Şekil 3.2. İşletmenin Çelik Saclardan İmal Ettiği Ürün Yelpazesi

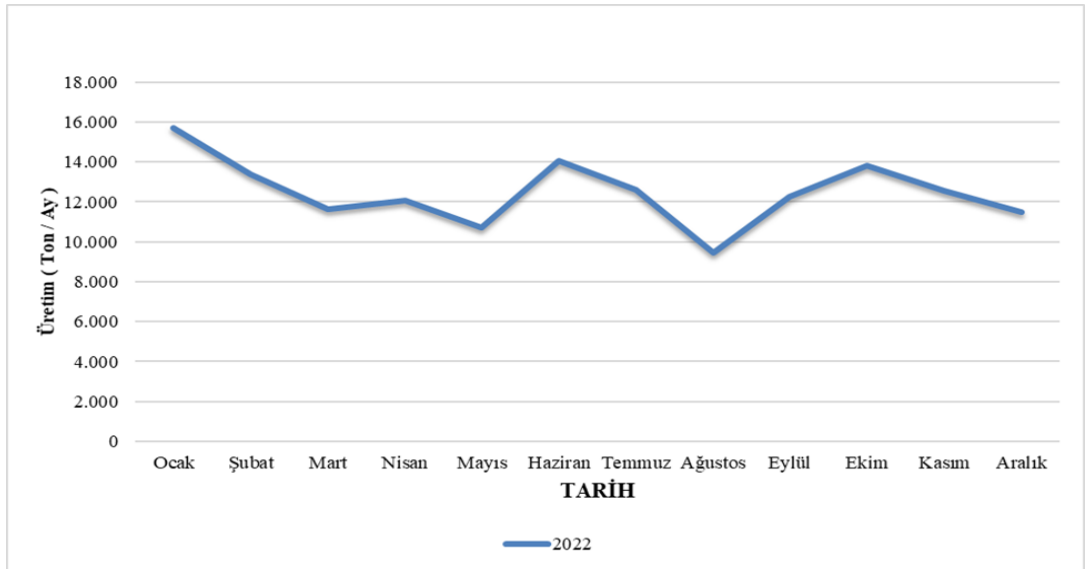
İşletmenin 2021 ve 2022 yıllarındaki üretim kapasitesi ton bazında Çizelge 3.1’ de paylaşılmıştır.

Çizelge 3.1. İşletmenin Üretim Kapasitesi (Ton/Yıl)

Aylar	2021	2022
Ocak	13 145	15 724
Şubat	13 148	13 394
Mart	11 421	11 649
Nisan	9 388	12 086
Mayıs	6 214	10 688
Haziran	11 268	14 037
Temmuz	8 327	12 585
Ağustos	12 015	9 439
Eylül	10 854	12 268
Ekim	11 248	13 809
Kasım	9 836	12 557
Aralık	14 646	11 491
Toplam	131 510 (Ton/Yıl)	149 727 (Ton/Yıl)



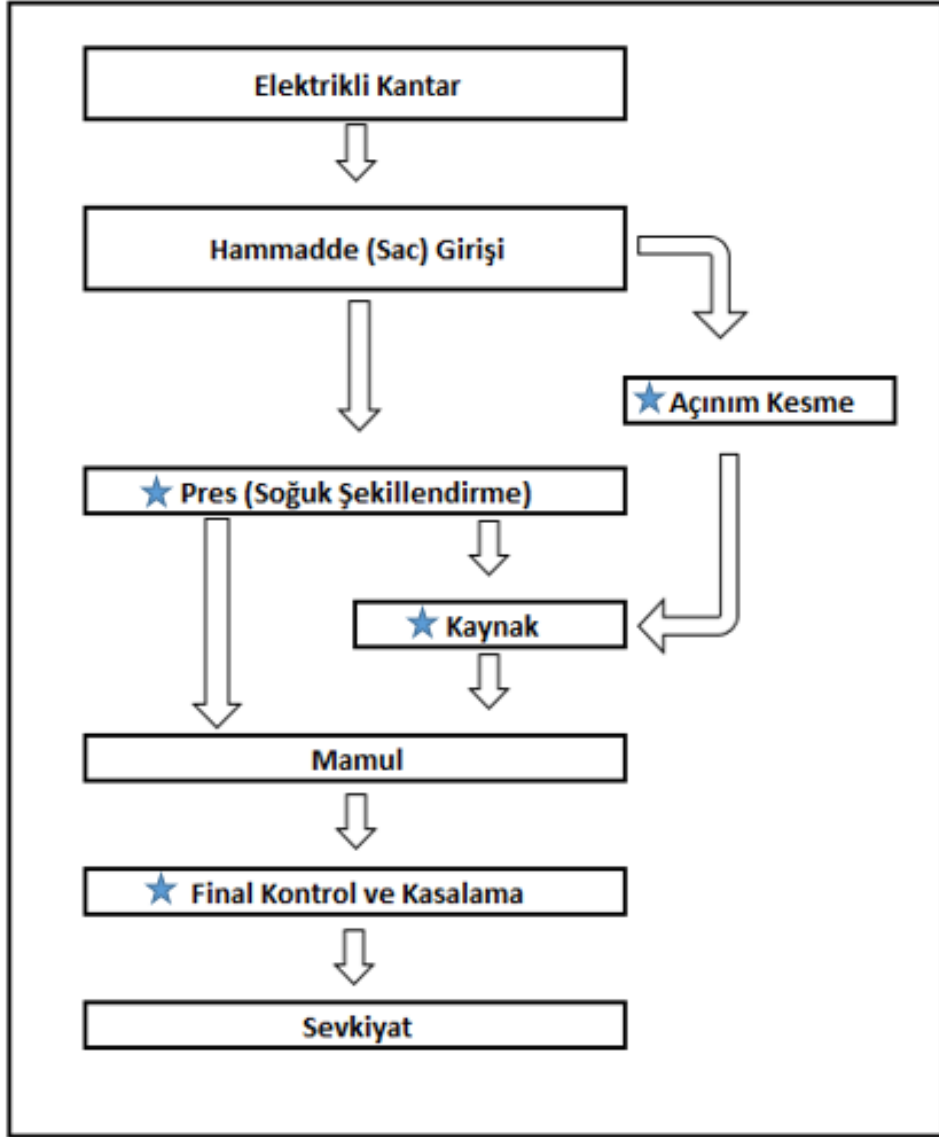
Şekil 3.3. 2021 Yılı Aylık Üretim Grafiği (Ton/Ay)



Şekil 3.4. 2022 Yılı Aylık Üretim Grafiği (Ton/Ay)

Şekil 3.5’ te otomotiv sac parçalarının üretim (Pres ile Soğuk Şekillendirme ve Kaynak) faaliyetinin iş akışı şematize edilmiştir. İşletme otomotiv sac parçaları üretimi konusunda faaliyet göstermekte olup, tesiste sac girişi, pres şekillendirme ünitesi ve kaynak ünitesi bulunmaktadır. Sac girişi ve ihtiyaca göre açınım kesme işlemi yapıldıktan sonra, preslere alınan sac malzeme istenen şekillere uygun olan kalıplarda

şekillendirilmektedir. Kaynak ünitesinde ise şekillendirilen parçaların üzerine monte edilmesi gereken veya birbirine monte edilmesi gereken parçaların kaynak işlemi gerçekleştirilmektedir. Kasalara konulan parçaların ambardan sevkiyatı yapılmaktadır.



Şekil 3.5. Üretim İş Akış Şeması

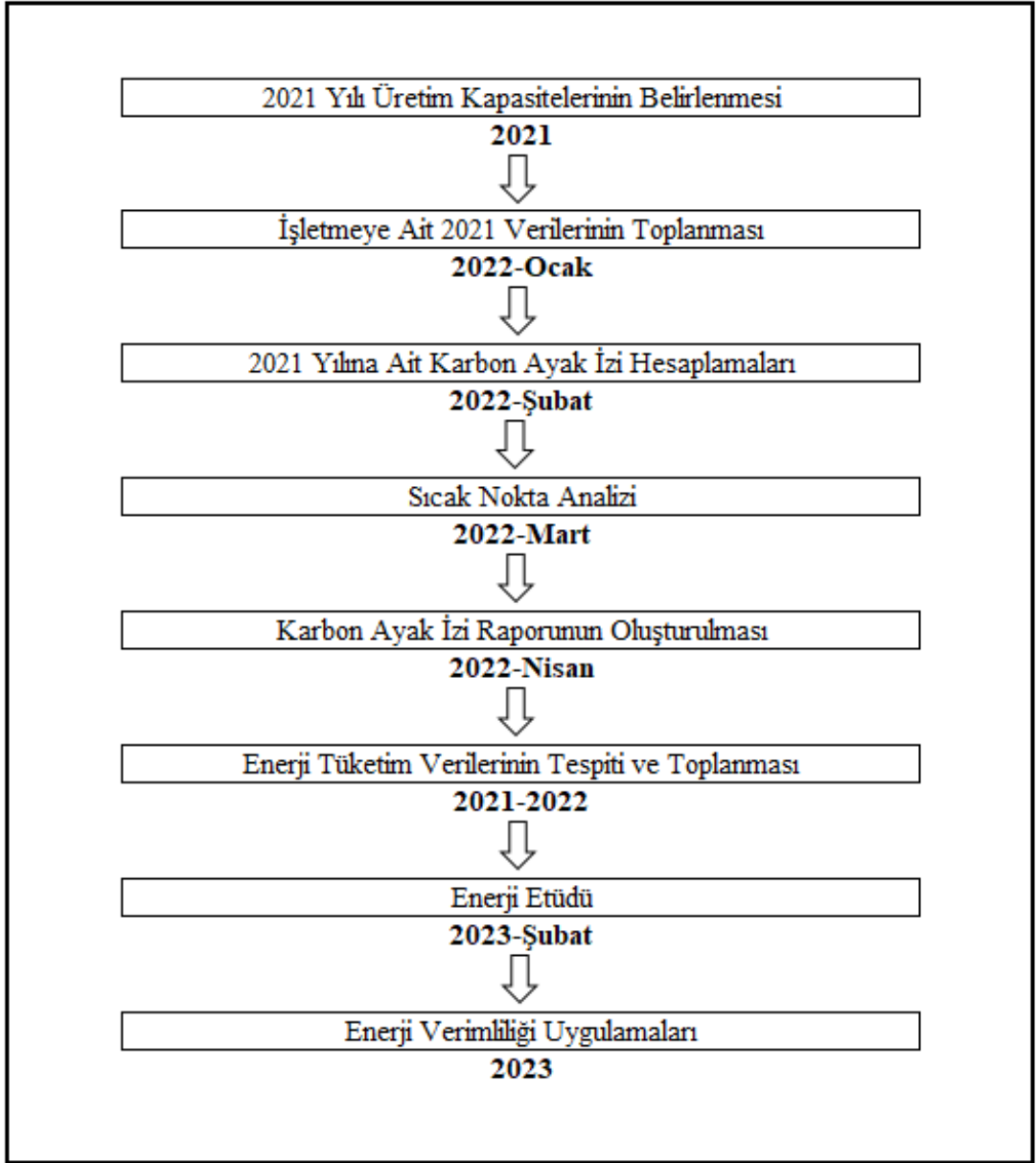
Şekil 3.3' te görülen yıldızlar (★) enerji verimliliği uygulamalarının yapıldığı alanları ifade etmektedir.

1. Hammadde (Sac) Girişi: Rulo sac malzemeler, sac levhalar, tartılarak tesise girer.

2. Açınım Kesme: Parçanın form vermeye girmeden önceki istenen ölçülerde kesilmesi sağlanır.
3. Pres (Soğuk Şekillendirme): Açınım kesme işlemi gerçekleştirilen sac parçaların presle form verme işlemi gerçekleştirilmektedir. Pres türü ve özelliğine göre bir günde basılan parça sayısı değişkenlik göstermektedir.
4. Kaynak: Kaynak robotlarında, punta ve gaz altı kaynak işlemleriyle presle şekillenmiş veya açınım kesme işlemi gerçekleştirilmiş parçalara kaynak yapılır.
5. Mamul: Presle şekillenmiş, kaynak ihtiyacı olan parçaların ise kaynak işlemi gerçekleştirilmiş olarak kasalamaya ve sevkiyata hazır hale gelmiş üründür.
6. Final Kontrol ve Kasalama: Sevkiyattan önce son kontrolün yapıldığı ve sevkiyat öncesi parçaların kasalara yerleştirildiği işlemdir.
7. Sevkiyat: Daha sonra forkliftler ile kamyon ve tırlara yüklenen parçaların sevkiyatı yapılır.

Tez çalışması kapsamında yapılanlar:

Bu tez kapsamında yapılan çalışmaları ve tarihsel sıralamasını Şekil 3.6' te ki gibi özetleyebiliriz. 2021 yılında aylık olarak üretim verileri belirlenmiştir. 2022 yılının Ocak ayında 2021 yılına ait tüm veriler toplanmıştır. Elde edilen veriler ışığında işletmenin karbon ayak izi hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonrası yüksek düzeyli emisyon kaynaklarının tespit edilmesi için sıcak nokta analizi 2022 yılının Nisan ayında tamamlanmış olup, karbon ayak izi raporu oluşturulmuştur. Sıcak nokta analizine göre enerji tüketimi kaynakları emisyonların yüksek çıkması sonucu işletmede 2021 ve 2022 yılına ait enerji tüketim verileri incelemeye alınmıştır. 2023 yılı Şubat ayında enerji verileri üzerinden enerji etüdü çalışması yapılmıştır. Enerji etüdü verileri doğrultusunda işletme için 10 iyi uygulama önerisi sunulmuştur.



Şekil 3.6. Tez Kapsamında Yapılan Çalışmaların Tarihsel Sıralaması

3.3. Kurumsal Karbon Ayak İzi Hesaplamaları

2021 verileri kullanılarak yapılan kurumsal karbon ayak izi hesaplamalarında iki metottan faydalanılmıştır. Bunlar;

- ISO 14064 Standardı ve
- GHG (Sera Gazı) Protokol'dür.

Otomotiv yan sanayi tesisi Sera Gazı Emisyonları ISO 14064'e göre doğrulanmaya uygun olup, gelecekte yapılabilecek Karbon Saydamlık Projesi (CDP), Bilim Temelli Hedefler Girişimi (SBTi), Sürdürülebilirlik Raporlamaları (GRI) gibi global rapor ve beyanlara temel oluşturması amacı ile tez içerisinde bu iki metot için sonuçlara yer verilmiştir.

İki metot için hesaplama metodolojisi aynı temellere dayanırken sonuçların ifade edilmesinde farklı terminolojiler kullanılmaktadır. Kullanılan terminolojiler ve gruplamalar aşağıda bulunan çizelgedeki gibidir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. GHG Protokolü ve ISO 14064-1:2018 Metodolojisi İçin Kullanılan Terminolojiler

GHG PROTOKOLÜ		ISO 14064-1:2018	
Kapsam	GHG Protokolü	Kategori	ISO 14064-1:2018
Kapsam 1	Doğrudan Emisyonlar	Kategori 1	Doğrudan SG salımları ve uzaklaştırmaları
Kapsam 2	Satın Alınan Enerji Dolaylı Emisyonlar	Kategori 2	İthal edilen enerjiden kaynaklanan dolaylı SG salımları
Kapsam 3	04: Üretim Öncesi Nakliye ve Dağıtım 05: Üretim Atıkları 06: İş Seyahatleri 07: Çalışan Ulaşımı 09: Üretim Sonrası Nakliye ve Dağıtım	Kategori 3	Ulaşımından kaynaklanan dolaylı SG salımları
Kapsam 3	01: Satın alınan hammadde ve servisler 02: Öz Sermaye Malları 03: Yakıt ve Enerji ile İlgili Aktiviteler (Kapsam 1-2 Dışında Kalan) 05: Üretim Atıkları * 08: Üretim Öncesi Kiralanan Varlıklar	Kategori 4	Kuruluş tarafından kullanılan ürünlerden kaynaklanan dolaylı SG salımları
Kapsam 3	10: Satılan Ürünlerin İşlemleri 11: Satılan Ürünlerin Kullanımı 12: Satılan Ürünlerin Bertarafı 13: Üretim Sonrası Kiralanan Varlıklar 14: Franchising 15: Yatırımlar	Kategori 5	Kuruluşa ait ürünlerin kullanımıyla bağlantılı dolaylı SG salımları
Kapsam 3		Kategori 6	Diğer kaynaklardan dolaylı SG salımları.

SG: Sera Gazı

ISO 14064 standardı sera gazı emisyonlarını ölçmek, izlemek, raporlamak ve doğrulamak için oluşturulmuştur (Bastianoni vd. 2014). GHG ve ISO 14064 karbon ayak izi değerlendirme standartları kıyaslandığında (Çizelge 3.2' de verildiği gibi) terminolojik farklılıklar olduğu görülmektedir.

3.3.1. GHG Protokolünün Kullanımı

Sera Gazı Protokolü, doğrudan (birincil) ve dolaylı (ikincil) sera gazı emisyonlarının ölçülmesi ve raporlanması için işletmelere kılavuzluk etmektedir (Harangozo ve Szigeti 2017). GHG, ISO 14064 uluslararası standartlarının temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında;

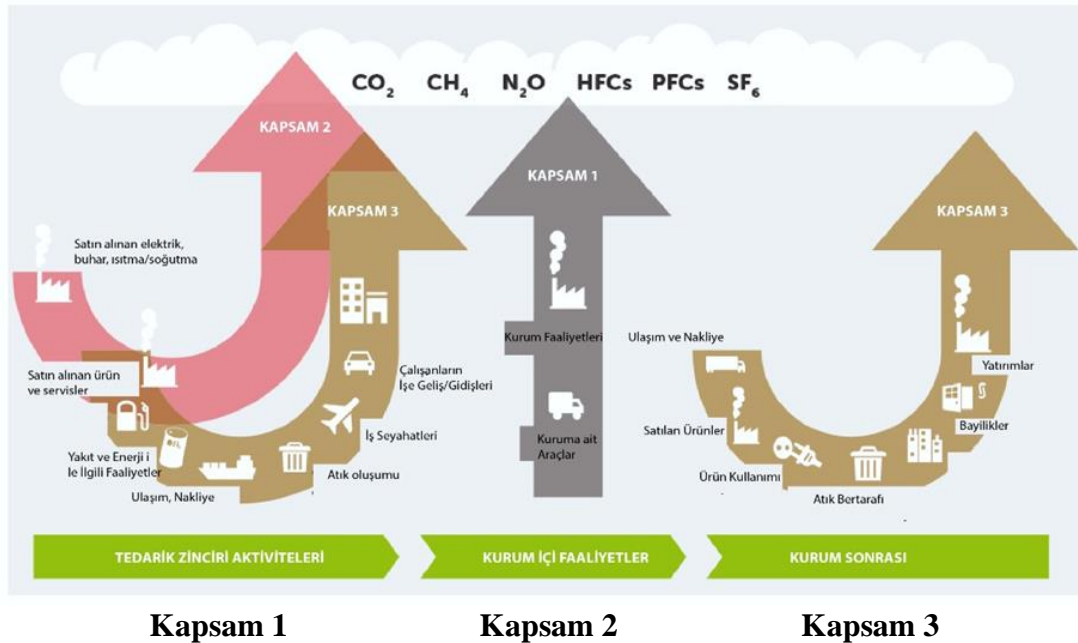
- Kurumsal karbon ayak izinin hesaplanabilmesi için öncelikle hesaplamanın yapılacağı işletmeye ait üretim tonajları, tedarik süreçleri, ulaşım araçlarının kullanımı, kullanılan enerji türleri belirlenerek faaliyet sınırları oluşturulmuştur.
- Sınırlar dahilinde doğrudan (birincil) ve dolaylı (ikincil) sera gazı emisyonları sınıflandırılmıştır.
- İşletmede kurumsal karbon ayak izi hesaplamalarında sera gazı emisyonları salan faaliyetleri belirlemek, sınıflandırmak, hesaplamak, izlemek, raporlamak ve doğrulamak için GHG protokolü ve ISO 14064 Standardı kullanılmıştır.
- Oluşturulan faaliyet sınırları alt başlıklar halinde detaylandırılmıştır.
- Veri toplamak için, veri toplama havuzu oluşturulmuştur. Veri toplama havuzuna işletmedeki tüm emisyon kaynakları dahil edilmiştir.
- Veri toplama havuzunda toplanan veriler faaliyet sınıflarına göre gruplandırılmıştır.
- IPCC ve DEFRA beyanlarında yayınlanan emisyon faktörleri veri havuzuna dahil edilmiştir.
- Kurumsal Karbon ayak izi hesaplaması fabrikadan elde edilen veriler doğrultusunda ilgili emisyon faktörleri ile çarpılarak faaliyetlere göre emisyon verileri karbondioksit eşdeğeri (CO₂ eşd.) cinsinden elde edilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Hesaplama için profesyonel karbon ayak izi hesaplama yazılımı kullanılmıştır. Yazılımda hesaplamalar için (3.1) ve (3.2) kullanılmıştır.

Kullanılan yazılım programı emisyon kaynağına sebep olan alanların emisyon haritasını oluşturarak, harita üzerinde görüntüleme ve bu emisyonların azaltılabilmesi için azaltım hedefleri koyabilmeyi ve verileri yıl bazlı grafiksel olarak takip edebilme olanağı sunmaktadır.

$$\text{Faaliyet Karbon Ayak İzi, FKA (CO}_2 \text{ eşd.)} = \text{Faaliyet verisi (birim)} \times \text{Emisyon Faktörü (CO}_2 \text{ eşd. / birim)} \quad (3.1)$$

$$\text{Toplam Karbon Ayak İzi (CO}_2 \text{ eşd.)} = \text{FKA}_1 + \text{FKA}_2 + \dots + \text{FKA}_n \quad (3.2)$$

Kurumsal karbon ayak izi hesaplaması gerçekleştirilirken Şekil 3.7’de gösterildiği gibi Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 olmak üzere üç farklı kategoride değerlendirilmektedir.



Şekil 3.7. GHG Protokolü Faaliyet Sınırları Şeması

- Hesaplamalar gerçekleştirilirken Kapsam 1 ve 3 değerleri Tier 1 metoduna göre, Kapsam 2’de bulunan satın alınan elektrikten kaynaklanan emisyon ise Tier 2 metodu ile çalışılmıştır.
- Hesaplanan karbon emisyonları sonuçları değerlendirilerek iyileştirme için önceliklendirme (**Sıcak nokta analizi**) yapılmıştır.

3.3.2. ISO 14064 Standart Prensipleri

İncelenen işletmede; Sera Gazı Emisyonları Hesaplanması ve Doğrulanması ISO 14064’e uygun olarak hazırlanmıştır.

Sera Gazı Emisyon Envanter Raporu kapsamında bağlı kalınan ve ISO 14064-1 Standardında belirtilen sera gazı emisyonu hesaplama ve raporlama prensipleri aşağıdaki gibidir:

Uygunluk: Hedef kullanıcının ihtiyaçlarına uygun sera gazı kaynakları, sera gazı yutakları, sera gazı rezervuarları, veriler ve metodolojiler seçilir.

Tamlık: İlgili sera gazı salımları ve uzaklaştırmalarının tamamını içerir.

Tutarlılık: Sera gazına ilişkin bilgilerin anlamlı karşılaştırılmasına imkân sağlar.

Doğruluk: Sistemik hatalar ve belirsizlikler mümkün olduğu kadar azaltılır.

Şeffaflık: Hedef kullanıcıların güvenli bir şekilde karar vermesine imkân sağlamak amacıyla, sera gazına ilişkin yeterli ve uygun bilgiler açıklanır.

3.3.3. Hesaplama Sistem Sınırları

Karbon ayak izi ISO 14064 ve Sera Gazı Protokolü (GHG) tarafından oluşturulan uluslararası standartlara göre yapılan hesaplamalarda kullanılan fonksiyonel birim, işletmenin 2021 yılına ait aktiviteleridir ve bu aktivitelerden kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır.

Sistem sınırları, kurumsal karbon ayak izi hesabına dahil edilen emisyon kaynaklarını içermektedir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Otomotiv Yan Sanayi Tesisi Hesaplama Sistem Sınırları

Kapsam	Aktivite	Yorum
Kapsam 1	Sabit Yanma	İşletmede ısınma ve enerji ihtiyacı amaçlı doğalgaz ve motorin kullanılmaktadır. Yakıtların yanması kaynaklı emisyonlar bu başlık altında hesaplanmıştır.
	Hareketli Yanma	İşletme kontrolündeki tüm araçların yakıt tüketiminden kaynaklı emisyonlar bu başlık altında hesaplanmıştır.
	Kaçak Emisyonlar	Raporlama yılında soğutma gazı olarak R410A ve R407C, kullanılmıştır. Kullanım kaynaklı emisyonlar, gazların yıllık teorik kaçak oranları ile bu başlıkta hesaplanmıştır.
	Proses Emisyonu	CO2 içerikli kaynak gazlarından meydana gelen direkt proses emisyonları bu başlık altında hesaplanmıştır.
Kapsam 2	Satın Alınan Elektrik	İşletmenin elektrik tüketiminden kaynaklı emisyonlar bu başlık altında hesaplanmıştır.
Kapsam 3	3.1: Satın Alınan Hammadde ve Ambalaj	Bu başlık altında işletmenin satın aldığı hammadde ve ambalajlardan kaynaklı etkiler hesaplanmıştır. Önem seviyesinin altında kalan satın almalar hesaba dahil edilmemiştir.
	3.2: Sermaye Malları	Tesisin hesaplama yılı içerisinde bünyesine kattığı demirbaş varlıklardan kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır.
	3.3: Yakıt ve Enerji ile İlgili Aktiviteler (Kapsam 1&2 Dışında)	Tüketilen her yakıt için kuyudan pompaya kadar olan emisyonlar ve kullanılan elektriğin şebeke kaybına bağlı emisyonları bu başlık altında hesaplanmıştır.
	3.4: Üretim Öncesi Taşıma	Satın alınan hammaddelerin işletmeye nakliyesinden kaynaklı emisyonlar dikkate alınmıştır.
	3.5: Üretim Atıkları	Üretim esnasında fabrikada ortaya çıkan atıkların bertarafından kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır. Atıkların ilgili tesislere taşınımından meydana gelen emisyonlar da hesaba dahil edilmiştir.

3.6: İş Seyahatleri	Raporlama yılında çalışanların yapmış olduğu iş seyahatlerinden kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır. Yalnızca havayolu ulaşımı hesaba dahil edilmiştir.
3.7: Çalışan Servisleri	Çalışanların servis ile gidiş gelişinden kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır. Çalışan servislerinin yakıt tüketimi dikkate alınmıştır. Personelin kullandığı kiralık araç ve servis araçları dışındaki yöntemler hesaba dahil edilmemiştir.
3.9: Üretim Sonrası Dağıtım	İşletmede üretilen ürünlerin müşterilere ulaşımından kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır.
3.12: Satılan Ürünlerin Bertarafı	Satılan ürünlerin ve ambalajlarının bertarafından kaynaklı emisyonlar, bu başlık altında hesaplanmıştır.

3.3.4. Belirsizlik Seviyesinin Tespiti

Belirsizlik seviyesi, hesaplama içerisinde ilgili değişkenlerdeki belirsizliklerin nicelleştirilmesi yoluyla veri keskinliğine karar vermeye teknik bir katkı sağlamayı amaçlar.

Otomotiv yan sanayi tesisi kurumsal karbon ayak izi çalışması kapsamında 2021 yılı için belirsizlik hesaplaması yapılmış; Kapsam 1 ve Kapsam 2 toplam belirsizlik: +/-% 1 olarak bulunmuş olup, veri keskinliği “Yüksek” olarak sınıflandırılmıştır.

Kapsam 1, Kapsam 2 ve Kapsam 3 kümüle belirsizlik değeri +/-% 5 olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda, makul güven seviyesi değerleri içerisinde çalışıldığı görülmüştür.

Belirsizlik seviyesi hesaplaması çalışmasında, belirsizlik matrisi kullanılmış olup, matris ve değerlendirme kriterleri Çizelge 3.4 ‘te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Belirsizlik Analizi Değerlendirme Kriterleri

Veri Temin Yöntemi	Emisyon Faktörü Temin Yöntemi	Belirsizlik Değeri (%)
Yasal Metrolojik Kontrole Tabi Ölçüm Cihazı	IPCC, DEFRA	1,5
Kalibrasyon Tarihi Geçerli Ölçüm Cihazı	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	1,5
Kalibrasyon Tarihi Geçerli Değil/ Kalibrasyon Yok	Ülkelere ait ulusal envanterler	2,5
Etiketlenmiş Tedarikçi Verisi (Gaz Dolum Kapasitesi vb.)	Etiketlenmiş Tedarikçi Verisi (MSDS vb.)	3,5
Tedarikçi Verisi /Bakanlığa Yapılan Beyan	Tedarikçi Verisi	5
Mesafe Ölçüm Programları (Google Maps vb.)	Varsayım	7

Belirsizlik seviyesi hesaplamasında, yüzde oranında belirsizlik değerini belirlemek için öncelikle içerisinde yer alan veri temin yöntemi ve bu yönteme ait belirsizlik değeri (%) ile emisyon faktör temin yöntemi ve bu yönteme ait belirsizlik değeri (%) seçilmiştir. Belirsizlik değerlerinden yüksek olan ve bu değere ait yöntem seçilerek belirsizlik değeri (%) belirlenmiş olur.

3.3.5. Sıcak Nokta Analizi

Sıcak nokta analizini, yapılan kurumsal karbon ayak izi çalışmasında hesaplanan mevcut CO₂ eşd. durumunun analiz edildiği özet tablo olarak tanımlamamız mümkündür. İşletmenin tüm aktivitelerinden kaynaklı karbon ayak izi ISO 14064/GHG Protokolü' ne uygun şekilde hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonrasında tesisin emisyonlarının büyükten küçüğe sıralanmıştır. Sıcak nokta analizi, en büyük değere (ton CO₂ eşd.) sahip ilk 3 aktivitenin yorumlanması ve emisyon miktarlarının düşürülmesi için önerilerde bulunulmasını hedefler.

3.4. Enerji Etüdü

İşletmedeki enerji kaynaklarının en verimli şekilde kullanılabilmesini sağlamak amacıyla yapılan çalışmaların tümünü enerji etüdü olarak tanımlamaktayız. İşletmede gerçekleştirilen enerji etüdünün amacı enerjinin etkin kullanılması, enerji tasarruf imkânlarının belirlenmesi, mevcut durumda verimlilik arttırıcı projelerin belirlenmesi, yapılan etütle birlikte çevrenin korunması ve enerji maliyetlerinin işletme bütçesi üzerindeki yükünün hafifletilmesidir. Bu projelerde sağlanan tasarruf ile üretim maliyetlerinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Çalışmanın kapsamı;

- Isı yalıtım, kayıp kaçak incelemesi
- Tüm makine ve ekipmanların boşa çalışma kayıplarının azaltılmasına yönelik incelemeler
- Basınçlı hava sistemlerinde verimli ve prosese uygun olanın seçimi, basınçlı hava ihtiyacı ile üretim miktarlarının optimizasyonu yapıp kayıp kaçaklar ve atık ısı geri kazanım sistemlerinin incelenmesi
- Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin genel mekanik tesisatlarının incelenmesi
- Aydınlatma sistemlerinin incelenmesi

Yukarıdaki maddeler göz önünde bulundurularak veriler ve gözlemler sonucunda fırsat tespit edilen hususlar detaylı olarak incelenmiştir.

3.4.1. Etüt Çalışmasında Kullanılan Cihazlar

İşletmenin 2021 verileri toplanarak 2021 yılına ait karbon ayak izi çalışmaları 2022 yılında tamamlanmıştır. Bölüm 4.1.2' de paylaşılan *sıcak nokta analizi* incelendiğinde elektrik tüketim verilerinden kaynaklı karbon emisyonlarının yüksek olduğu görülmüştür. Enerji etüdü çalışması 2023 yılının Şubat ayında yapılmıştır. Enerji etüdü sırasında kullanılan cihazların listesi ve cihazların kalibrasyon bilgileri Çizelge 3.5' te verilmiştir. 2021-2022 seneleri içinde durum tespiti yapılmış olup, 2023 yılında yapılan enerji etüdü analizi sonrası verimlilik çalışmalarına yönelinmiştir.

Çizelge 3.5. Ölçüm Cihazları Listesi

Cihaz Tipi	Cihaz Adı	Kalibrasyon Bilgileri				Etüt Sırasında Kullanıldığı Yer
		Seri No	Tarih	Geçerlilik Süresi	Yapan Kurum	
Enerji Analizörü	Chauvin Arnoux	181649MLH	15.08.2022	1 yıl	KAL-MET	Kompresör, elektrik motoru, Pompa enerji ölçümleri
Çok Yönlü Ölçüm Cihazı	KIMO-AMI300	14060335	26.08.2022	1 yıl	Ram Ölçü ve Kontrol Sistemleri	Ortam ve yüzey sıcaklık ölçümü
Hava Kaçağı Test Cihazı	ULTRAPROBE 10000MPH SD	105192	-	-	-	Basıncılı hava hatlarında kaçak kontrolü
Ultrasonik Debimetre	GE Transport	PT7-10360E	29.03.2022	1 yıl	ELDAŞ	Akışkan debisi ölçümü

3.4.2. Enerji Tüketimleri ve Maliyetler

Ton Eşdeğer Petrol (TEP), çeşitli enerji kaynaklarının miktarlarını tanımlamak için ve farklı birimleri karşılaştırmak için kullanılan bir birimdir. TEP, 1 ton ham petrolün yakılmasıyla açığa çıkan enerji miktarını tanımlayan bir enerji birimidir. 1 TEP yaklaşık olarak 10 milyon kcal (kilokalori), 42 GJ (gigajoule) veya 11 628 kWh (kilowatt-saat), 1200 m³ doğalgaz değerlerine eşittir (Anonim, 2023a).

İncelenen işletmede üretim yapılırken sadece elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Bu yüzden elektrik tüketim değerleri büyük bir paya sahip olmaktadır. İşletmede kömür ve fuel oil tüketimi olmadığından tüketim değerleri sıfır olarak gözükmemektedir. Doğalgaz sadece ısıtma amacıyla kullanılmaktadır.

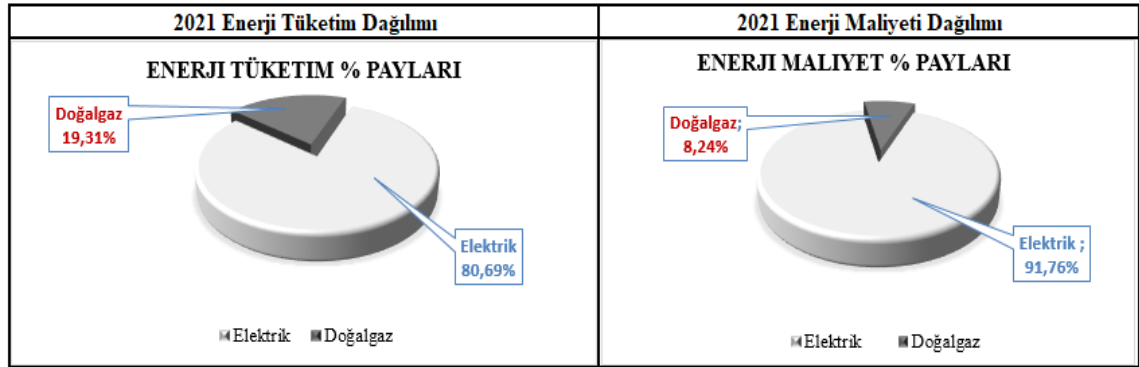
Çizelge 3.6' da 2021 yılı, Otomotiv Yan Sanayi firması enerji tüketimi ve maliyetlerine ilişkin veriler verilmiştir. 17 772 399 kWh elektrik enerjisi tüketimi 1528,43 TEP' e

eşittir. Hesaplanan TEP değeri Şekil 3.9’ da görüleceği üzere işletmede kullanılan enerji türünün %80,68’ ine denk gelmektedir.

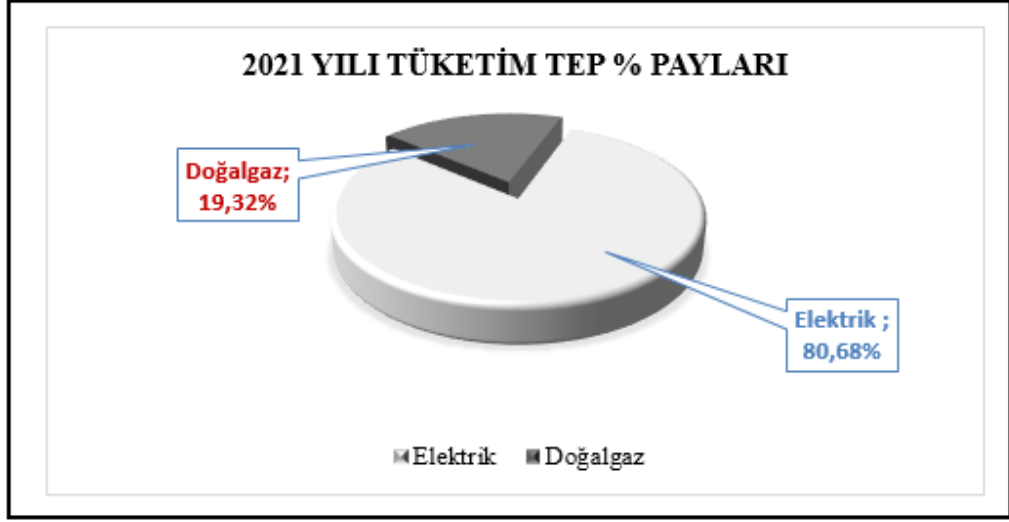
443 595 m³ ‘lük doğalgaz tüketimi 365,97 TEP’ e denk gelmektedir. Hesaplanan TEP değeri Şekil 3.9’ te görüleceği üzere işletmede kullanılan enerji türünün %19,32’ sine denk gelmektedir.

Çizelge 3.6. 2021 Yılı Enerji Tüketimleri

2021									
Enerji Türü	Tüketim						Maliyet		Birim Maliyeti
	Miktar	Birim	Eşdeğer kWh	kWh	TEP	Toplam	TL	Toplam	TL/TEP
Elektrik	17.772.399	kWh	17.772.399	80,69%	1.528,43	80,68%	11.878.050,63	91,76%	7.771
Kömür	0,00	Kg	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
Fuel Oil	0,00	Ton	0,00	0,00%	0,00	0%	0,00	0%	0,00
Doğalgaz	443.595	Sm ³	4.254.076,05	19,31%	365,97	19,32%	1.067.247,32	8,24%	2.916
TOPLAM		kWh	22.026.475,05	100%	1.894,39	100%	12.945.297,95	100%	6.833



Şekil 3.8. 2021 Yılı Enerji Tüketimi, Maliyet Dağılım Grafiği



Şekil 3.9. 2021 Yılı Enerji Tüketim TEP %'leri

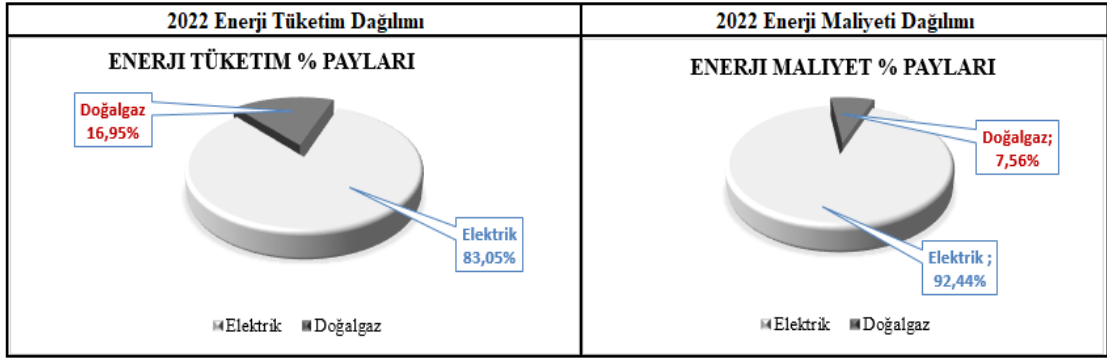
2021 yılında 131 510 (Ton/Yıl), 2022 yılında 149 727 (Ton/Yıl) üretim gerçekleşmiştir. 2021 ve 2022 yılları arasında üretim kapasitesinde %14' lük artış meydana gelmiştir. Elektrik enerjisinin büyük çoğunluğu üretimde kullanıldığından Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7 kıyaslandığında %14' lük üretim artışından kaynaklı elektrik tüketimlerinin arttığı, doğalgaz kullanımının mevsimsel şartların farklılığından dolayı azaldığı görülmektedir.

2022 yılında incelenen işletmeye ait enerji tüketim ve maliyetlerine ilişkin veriler Çizelge 3.7' de verilmiştir. 18 913 521 kWh elektrik enerjisi tüketimi 1626,56 TEP' e eşittir. Hesaplanan TEP değeri Şekil 3.10' te görüleceği üzere işletmede kullanılan enerji türünün %83,05' ine denk gelmektedir.

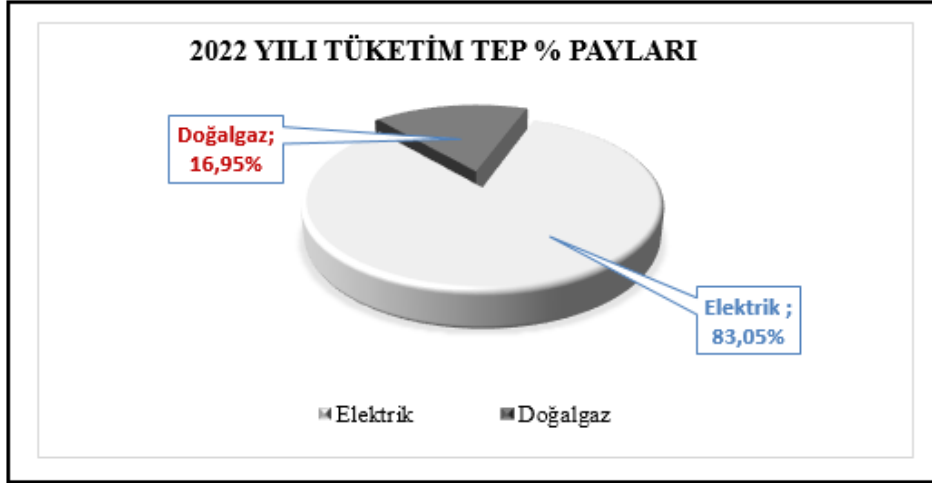
382 840 m³ 'lük doğalgaz tüketimi 332,06 TEP' e denk gelmektedir. Hesaplanan TEP değeri Şekil 3.11' da görüleceği üzere işletmede kullanılan enerji türünün %16,95' ine denk gelmektedir.

Çizelge 3.7. 2022 Yılı Enerji Tüketimleri

2022									
Enerji Türü	Tüketim						Maliyet		Birim Maliyeti
	Miktar	Birim	Eşdeğer kWh	kWh	TEP	Toplam	TL	Toplam	TL/TEP
Elektrik	18.913.521	kWh	18.913.521	83,05%	1.626,56	83,05%	52.367.073,91	92,44%	32.195
Kömür	0,00	Kg	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,00
Fuel Oil	0,00	Ton	0,00	0,00%	0,00	0%	0,00	0%	0,00
Doğalgaz	382.840	Sm ³	3.859.907,87	16,95%	332,06	16,95%	4.281.416,99	7,56%	12.894
TOPLAM		kWh	22.773.428,87	100%	1.958,62	100%	56.648.490,90	100%	28.923



Şekil 3.10. 2022 Yılı Enerji Tüketimi, Maliyet Dağılım Grafiği



Şekil 3.11. 2022 Yılı Enerji Tüketim TEP %'leri

3.4.3. Enerji Verimliliği Uygulamaları Kapsamında İşletmede İncelenen Birimler/Teçhizatlar

3.4.3.1. Aydınlatma Sistemi

Endüstri tesislerinde amaç, görme koşullarını iyileştiren düzeyde düzgün ve kamaşmasız bir aydınlatma yaratılması olmalıdır. Bu da amaca uygun ışık kaynağı, armatürlerin doğru seçimi ve yerleştirilmeleri ile mümkün olmaktadır. Üretim hollerinin genel aydınlatmaları için çizgisel ve noktasal olmak üzere iki temel tip çözüm önerilmektedir. Çizgisel çözüm için önerilen armatürler genellikle tüp floresan ışık kaynaklı armatürlerdir. Noktasal çözümler ise, daha çok yüksek tavanlı hacimlerde içlerinde yüksek güçlü noktasal ışık kaynakları bulunan sanayi tipi armatürlerle gerçekleştirilmektedir.

Tüp floresan lamba ve armatür reflektör tekniğinde gerçekleşen teknolojik ilerlemeler ile bu tip ışık kaynakları ile de yüksek tavanlarda çözümler yaratılabilmektedir. Bir endüstri tesisinde hangi tip armatürün kullanılacağını belirleyen en önemli faktör tavan yüksekliğidir. (<https://www.sektorundergisi.com>, 2023; Yılmaz 2014).

3.4.3.2. Chiller Sistemi

Isıyı bir kaynaktan alarak başka bir kaynağa transfer eden, enjeksiyon soğutma sistemi olarak adlandırılan sistemlerdir. Kompresör, kondanser, genleşme vanası ve evaporatörden oluşan chiller soğutma sistemleri, kompresörde sıkıştırılan ve ısınan gazın kondanserde soğutulması ile çalışır. Daha sonra genleşme vanasından geçen gazın basıncı dolayısı ile sıcaklığı düşer ve sıvılaşır. Evaporatörden geçerken soğutulmak istenen sıvının üzerinden ısıyı alır alçak basınçta gaz olarak kompresöre gelir, yeniden sıkıştırılır. Çalışma sistemi bu şekilde devam eder. Chiller sistemi;

- Su soğutmalı chiller
- Hava soğutmalı chiller olarak 2'ye ayrılır.

Chiller soğutma sistemleri farklı özelliklerine göre gruplandırılır. En büyük ayırım ise ısı kaynağının ne olduğudur. Eğer ısı havaya atılıyorsa hava kaynaklı soğutma grubu, suya atılıyorsa su kaynaklı soğutma grubu olarak adlandırılır. Hava soğutmalı chiller

sistemleri, chiller içerisindeki soğutucu gazın, evaporatör ve kompresör üzerinden kazandığı enerjisinin hava soğutmalı bataryalar üzerinde atması şeklinde çalışır (<https://www.chiller.com.tr>, 2023, Seven 2020).

3.4.3.3. Pompa Sistemleri

Pompalar, sıvıların basıncını ve toplam enerjisini artırır. İçine çektiği akışkana kinetik ya da potansiyel enerji kazandırmaya yarar. Genel olarak pompa, akışkanları bir yerden bir yere iletmeye, daha yükseğe çıkarmaya ve gazları sıkıştırıp kapalı kapıların içindeki gazların boşaltılmasına yarar. İşletmede kaynak makineleri soğutma suyu tedarikini pompalar tarafından sağlanmaktadır (<https://masgrup.com>, 2023).

3.4.3.4. Basınçlı Hava Sistemi

Havanın bir iş yapabilmesi amacıyla kompresörle yüksek basınçlara çıkartılarak kullanılan sistemlere basınçlı hava (pnömatik) sistemleri denir. Basınçlı hava sistemlerinde kompresör ve bağlı olduğu elektrik motoru elektrik enerjisini mekanik vasıta ile havaya aktarır ve havayı basınçlandırılmış hava haline dönüştürür. Hava enerji taşıyıcısı olarak mekanik işi tüm sistem boyunca taşır ve kullanılabilir hale getirir. Doğrusal, dairesel, açısal hareketlerin, karmaşık ve pahalı mekanik tasarım yerine basınçlı hava donanımları ile gerçekleştirilmesi, tasarım kolaylığı ve sistem maliyet açısından çok avantajlıdır (Soylu 2017).

Enerji verimliliği açısından basınçlı hava sistemlerinin enerji kullanımı değerlendirildiğinde basınçlı hava sistemlerinin enerji kullanımı tesisin enerji kullanımının yaklaşık olarak %10'una denk gelirken 10 yıllık bir işletme sonucunda sıkıştırılmış hava sisteminin doğurduğu maliyetlerin %10'u bakım çalışmalarına, %15'i işletme masraflarına ve %75'i de enerji masraflarına ayrılır. Enerji maliyetlerinin bu kadar yüksek olması da basınçlı hava sistemlerinde yapılabilecek verimlilik çalışmaları ile elde edilebilecek tasarrufun maliyetini yükseltmektedir (Üren 2010).

3.4.3.5. Kompresörler

Kompresörler gaz akışkanların basınçlandırılması için kullanılan ve elektrik enerjisini gaz akışkana yükleyen basınçlı hava sistemi elemanlarıdır. Basınçlı hava sistemlerinde

kullanılmasının yanında endüstride ve evsel kullanımda birçok alanda kullanımı mevcuttur (Soylu 2017).

3.5. Enerji Verimliliği Uygulamalarında Kullanılan Hesaplama Yöntemleri

Enerji tasarrufu potansiyeli tespit edilen makine ve alanlarda yapılan enerji verimliliği uygulamalarının işletmeye sağladığı yıllık enerji tasarrufu miktarlarının hesaplanması, tasarruf sonucu önlenen CO₂ emisyonunun tespiti, CO₂ emisyonunun tamamının sıfırlanabilmesi için dikilmesi gereken ağaç sayısının hesabı ve uygulamaların yatırım maliyetleri ile geri ödeme sürelerinin hesaplanması çalışması için aşağıda belirtilen hesap formülleri kullanılmıştır.

Yatırım Maaliyeti Hesabı:

Yatırım Maliyeti Fiyatı = Alış Fiyatı + Giderler

Tasarruf Miktarı Hesabı:

Tasarruf Miktarı (TL/Yıl) = Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh) x Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl)

Önlenen Emisyon Miktarı Hesabı:

Önlenen Emisyon Miktarı (Ton CO₂/Yıl) = (Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl) x 0,5) / 1000

Ağaç Sayısı Hesabı:

Yetişkin geniş yapraklı bir ağaç her bir kilo karbon bağında havadan 3,7 kg karbondioksit (CO₂) emer. Bir yetişkin ağaç günde 8 saat fotosentez yaptığı düşünülmektedir.

Emisyon Değerini Sıfırlayabilmek için Dikilecek Ağaç Sayısı (Adet) = Önlenen Emisyon Miktarı (Ton CO₂/Yıl) x 3

Geri Ödeme Süresi Hesabı:

Geri Ödeme Süresi (Yıl) = Yatırım Tutarı (TL) / Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kurumsal Karbon Ayak İzi Değerlendirmeleri

4.1.1. İşletmede Kurumsal Karbon Ayak İzi Sonuçları

Çalışmanın bu kısmında, otomotiv yan sanayisinde parça üretimi yapmakta olan işletmenin 2021 yılına ait gerçek verileri kullanılmıştır. İşletmeye ait kurumsal karbon ayak izi hesaplaması gerçekleştirilmiştir, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Temel Yıl Seçimi: İşletmede sera gazı emisyonları hesaplanması ve raporlanması ilk defa 2021 yılı için yapılmış olup, temel yıl 01.01.2021 – 31.12.2021 gün aralığını kapsamaktadır.

İşletmenin 2021 yılı faaliyetlerine ait kurumsal karbon ayak izi değeri, GHG Protokol kapsamlarına göre aşağıdaki gibidir (Çizelge 4.1);

Çizelge 4.1. Tesis Kurumsal Karbon Ayak İzi (GHG Protokolü)

Kapsam	ton CO ₂ eşd.	%
Kapsam 1	1 580	0,6%
Kapsam 2	9 295	3,7%
Kapsam 3	239 452	95,7%
Toplam (Kapsam 1-2)	10 875	4,3%
Toplam (Kapsam 1-2-3)	250 328	100%

Tablodaki değerlerin hesaplanmasında profesyonel karbon ayak izi hesaplama yazılımından faydalanılmıştır.

Yapılan kurumsal karbon ayak izi hesaplaması sonucunda, Çizelge 4.1’ de otomotiv yan sanayi tesisinin değer zincirinde oluşan emisyonları kapsayan Kapsam 3 emisyonlarının, toplam emisyonları arasında yaklaşık %96’lık bir paya sahip olduğu görülmüştür. Toplam kurumsal karbon ayak izi içerisinde Kapsam 2’nin içerdiği elektrik tüketimi kaynaklı emisyonların %3,7’lik bir paya, doğrudan emisyonların ise %0,6’lık bir paya sahip olduğu hesaplanmıştır.

Avrupa Yeşil Mutabakat'ının yol haritasında temiz enerji, sürdürülebilir sanayi, inşaat ve yenileme, daha sürdürülebilir gıda sistemleri, kirliliğin ortadan kaldırılması gibi uygulama alanları ve bu alanlar için araçlar bulunmaktadır (European Commission, 2022). Bu araçlardan bir tanesi olan "Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması" (SKDM) karbon salınımlarını sınırlandırmak için oluşturulmuştur. SKDM, Avrupa Birliği (AB)'nin ithal ettiği bazı ürünlerin karbon içeriklerine göre sınırda belirli oranlarda karbon salınımı vergisi alınmasını öngörmektedir (Ertunga ve Seyhun 2022).

Bu vergiler, AB bölgesine ithal edilen mallara atfedilen GHG'ye göre önceliklendirilen (Çelik, alüminyum, çimento gibi) sektörlerdeki kapsam 1 ve kapsam 2 için karbon emisyon miktarlarını kapsamaktadır. Ancak, AB'nin kabul ettiği karbon fiyatlandırma mekanizmalarına sahip olan ülkelerdeki üreticiler bu vergiden muaf tutulabileceklerdir. Eğer az sayıda karbon temiz tedarik kaynağı mevcut ise AB şirketleri, ya bu verginin ek maliyetini ithal ettiği firmaya karşılatma ya da alt tüketicilere aktarma seçeneklerine yönelebileceklerdir (Türe 2023).

Bu nedenle, AB tarafından sınırda karbon vergisinin tam mekanizması ve zamanlaması belirlenip onaylanıncaya kadar, Avrupa'ya ihracat yapan ülkelere ait şirketlerin, rekabet avantajı sağlamak ve mevcut ihracat kapasitelerini korumak üzere, ürünleri için karbon ayak izini belirleme, maliyetlerini ölçme, raporlama ve hesaba katma gerekliliğine şimdiden hazırlanmaları büyük önem taşımaktadır. Çünkü küçük karbon ayak izine sahip ürünlerin üretimine yönelik yaratılacak olan küresel baskı, Avrupa'ya ihracat yapan şirketler için çok yakında bir zorunluluk haline gelecektir (Türe 2023).

Bu bölümün amacı, işletmenin ihracat yapısı çerçevesinde, SKDM'den olumsuz etkilenebilecek ürünlerin ve faaliyetlerin karbon ayak izinin hesaplamasında kapsam 1,2,3 belirlenmesi, ISO 14064:2018/GHG sistem sınırlarının belirlenmesi, kaynak haritalandırması ve hesaplama süreçleri ile yönetilmektedir. Süreç yönetiminde özellikle sınırda karbon vergisi (CBAM) hesabına uygunluk, yıllara göre karbon emisyonlarının değişimi, sıcak nokta analizleri konularına önem verilmektedir. Bu tezde yapılan hesaplamalar ile sera gazı emisyonlarının kontrol altına alınması, emisyon önleme çalışmaları için bir temel oluşturulması hedeflemektedir.

Çizelge 4.2’ de tesis emisyonlarının aktiviteleri GHG protokolü’ne göre Kapsam 1,2,3 dağılımlarının CO₂ eşd. değerleri hesaplanmış ve sunulmuştur. Toplam emisyonun %90,9’ u satın alınan hammaddelerden kaynaklanmaktadır. Bunu %3,7’ lik payla elektrik tüketimi ve %1’ lik payla üretim sonrası taşıma faaliyetleri takip etmektedir. Çizelge 4.2’ te aktivitelerin GHG Protokolü’ ne göre kapsam bazlı dağılımı yapılmıştır. Çizelge 4.3’ te toplam emisyonun katagorilere göre dağılımı yapılmıştır. Çizelge 4.4’ te aktivitelerin ISO 14064:2018’ e göre kategori bazlı dağılımı yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Tesis Emisyonlarının Aktivitelere Göre Dağılımı (GHG Protokolü)

Aktiviteler	Kapsam	Değer, ton CO₂ eşd.	%
Sabit Yanma	Kapsam 1	851	<1%
Hareketli Yanma	Kapsam 1	676	<1%
Kaçak Emisyonlar	Kapsam 1	40	<1%
Proses Emisyonu	Kapsam 1	14	<1%
Elektrik Tüketimi	Kapsam 2	9 295	3,7%
Satın Alınan Hammaddeler	Kapsam 3	227 634	90,9%
Sermaye Malları	Kapsam 3	2 310	<1%
Üretim Atıkları	Kapsam 3	1 056	<1%
Yakıt ve Enerji ile İlgili Aktiviteler	Kapsam 3	1 729	<1%
Üretim Öncesi Taşıma	Kapsam 3	2 134	<1%
Üretim Sonrası Taşıma	Kapsam 3	2 506	1,0%
Çalışan Servisleri	Kapsam 3	372	<1%
İş Seyahatleri	Kapsam 3	31	<1%
Satılan Ürünlerin Bertarafı	Kapsam 3	1 679	<1%
Toplam	-	250 328	100%

Çizelge 4.3. Toplam Emisyonun Kategorilere Göre Dağılımı (ISO 14064:2018)

Kategori	Değer, ton CO ₂ eşd.	%
Kategori 1: Doğrudan Sera Gazı Salımları ve Uzaklaştırmaları	1 580	0,6%
Kategori 2: İthal Edilen Enerjiden Kaynaklanan Dolaylı Sera Gazı Salımları	9 295	3,7%
Kategori 3: Ulaşımdan Kaynaklanan Dolaylı Sera Gazı Salımları	5 322	2,1%
Kategori 4: Kuruluş Tarafından Kullanılan Ürünlerden Kaynaklanan Dolaylı Sera Gazı Salımları	232 451	92,9%
Kategori 5: Kuruluşa Ait Ürünlerin Kullanımıyla Bağlantılı Dolaylı Sera Gazı Salımları	1 679	0,7%
Kategori 6: Diğer Kaynaklardan Dolaylı Sera Gazı Salımları	-	-
Toplam	250 328	100%

Çizelge 4.4. Tesis Emisyonlarının Aktivitelere Göre Dağılımı (ISO 14064:2018 Standard)

Aktiviteler	Kategori	Değer, ton CO ₂ eşd.	%
Sabit Yanma	Kategori 1	851	<1%
Hareketli Yanma	Kategori 1	676	<1%
Kaçak Emisyonlar	Kategori 1	40	<1%
Proses Emisyonu	Kategori 1	14	<1%
Elektrik Tüketimi	Kategori 2	9 295	3,7%
Satın Alınan Hammaddeler	Kategori 4	227 634	90,9%
Sermaye Malları	Kategori 4	2 310	<1%
Üretim Atıkları	Kategori 4	778	<1%
Yakıt ve Enerji ile İlgili Aktiviteler	Kategori 4	1 729	<1%
Üretim Öncesi Taşıma	Kategori 3	2 134	<1%
Üretim Sonrası Taşıma	Kategori 3	2 784	1,0%
Çalışan Servisleri	Kategori 3	372	<1%
İş Seyahatleri	Kategori 3	31	<1%
Satılan Ürünlerin Bertarafı	Kategori 5	1 679	<1%
Toplam	-	250 328	100%

Yapılan kurumsal karbon ayak izi hesaplaması sonucunda, Çizelge 4.4'te otomotiv yan sanayi tesisi değer zincirinde oluşan emisyonları kapsayan Kategori 4 emisyonlarının,

toplam emisyonları arasında yaklaşık %93'lük dominant bir paya sahip olduğu görülmüştür.

Toplam kurumsal karbon ayak izi içerisinde Kategori 2'nin içerdiği elektrik tüketimi kaynaklı emisyonların %3,7, doğrudan emisyonların %0,6, üretim sonrası süreçlerden kaynaklanan emisyonların %0,7, taşıma ve ulaşım kaynaklı emisyonların ise %2,1'lik paylara sahip olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5'te, Kapsam 1 emisyonlarının kendi içerisindeki dağılımı verilmiştir. Sabit yanma kaynaklı emisyonların %53,8 oranı ile baskınlığı görülmektedir. İşletmede ısınma ve enerji ihtiyacı amaçlı doğalgaz ve motorin kullanılmaktadır. Bu yakıtların yanması kaynaklı emisyon değeri yüksek çıkmıştır. CO₂ içerikli kaynak gazlarından meydana gelen direkt proses emisyonları %0,9 (<1%) ile en az emisyon payına sahiptir. Bunun sebebi kaynak işleminin punta kaynak robotları tarafından yapılması ve üretim esnasında VOC emisyonunun yasal sınır değerden çok düşük olmasıdır.

Çizelge 4.5. Kapsam 1 Emisyonlarının Aktivitelere Göre Dağılımı (GHG Protokolü)

Aktiviteler	Değer, ton CO ₂ eşd.	%
Sabit Yanma	851	53,8%
Hareketli Yanma	676	42,8%
Kaçak Emisyonlar	40	2,5%
Proses Emisyonu	14	0,9%
Toplam	1 580	100%

Kapsam 2 emisyonları elektrik tüketimi, ısıtma ve soğutma kaynaklı emisyonları kapsamaktadır. Tesis bünyesinde herhangi bir ısı ve soğutma satın alımı mevcut değildir. Dolayısıyla ile kapsam 2 emisyonları doğrudan elektrik tüketimi ile oluşmuş olup 9 295 ton CO₂ eşd'dir. Kapsam 3 emisyonlarının kendi içinde aktivitelere göre dağılımı aşağıdaki gibidir. Çizelge 4.6' da Kapsam 3 emisyonlarının aktivitelere göre dağılımı incelendiğinde %95,1 lik 227 634 ton CO₂ eşd. ile satın alınan hammadelerin 1. Sırada yer aldığı görülmüştür. Bunun sebebi fabrikanın ürün gamındaki ürünleri tamamen satın alınan hammadeleri şekillendirerek oluşturmasıdır. Fabrikanın girdilerine baktığımızda

en yüksek girdi payını hammaddeler oluşturmaktadır. Çelik hammadde kullanımı karbon emisyonunun yüksek olmasına sebebiyet vermektedir.

Çizelge 4.6. Kapsam 3 Emisyonlarının Aktivitelere Göre Dağılımı (GHG Protokolü)

Aktiviteler	Değer, ton CO ₂ eşd.	%
Satın Alınan Hammaddeler	227 634	95,1%
Sermaye Malları	2 310	1,0%
Üretim Atıkları	1 056	<1%
Yakıt ve Enerji ile İlgili Aktiviteler	1 729	<1%
Üretim Öncesi Taşıma	2 134	<1%
Üretim Sonrası Taşıma	2 506	1,0%
Çalışan Servisleri	372	<1%
İş Seyahatleri	31	<1%
Satılan Ürünlerin Bertarafı	1 679	<1%
Toplam	239 452	100%

4.1.2. Sıcak Nokta Analizi ve Nihai Değerlendirme

Yapılan kurumsal karbon ayak izi çalışması sonucunda işletmenin tüm aktivitelerinden kaynaklı karbon ayak izi hesaplanmış ve sıcak noktaları belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Sıcak Nokta Analizi

Emisyon kaynakları değerleri büyükten küçüğe sıralandığında ilk üç sraya giren başlıklar Şekil 4.1’te gösterilmiştir. Toplam emisyonun yaklaşık %95,1’ine denk gelen satın alınan hammadde ve hizmetlerden kaynaklı emisyonlar oransal olarak önemli bir paya (**1. sıcak nokta**) sahiptir. Bu başlık irdelendiğinde, hammaddelerden kaynaklı emisyonların tamamına yakını yassı çelik malzemeler oluşturmaktadır. Bu etkiler içerisinde USIBOR malzemelerin %48, sıcak galvanizli yassı çeliğin %27, soğuk haddelenmiş yassı çeliğin %22 etkipayı vardır. Satın alınan alüminyum ve kaynak gazından gelen etkiler ise çelik malzemelere oranla çok daha düşük seviyededir.

Çelik üretiminden kaynaklanan emisyonlar, üretim metotlarına göre farklılık gösterir. Elektrik ark ocağında, hurda çeliklerin geri kazanımı ile üretilen ikincil çelik, bazik oksijen fırınlarında cevherden üretilen birincil çeliğe göre çok daha düşük karbon ayak izine sahiptir. Ancak otomotiv sektöründeki çelik kullanımı incelendiğinde, birincil çeliğin ön plana çıktığı görülmektedir. Bunun sebebi ise, otomotiv sektörünün tercih ettiği kalite standartlarındaki yassı çelik mamüllerinin, birincil çelik üreticileri tarafından üretiliyor olmasıdır. Bu sektörel gerçeklik göz önünde bulundurulduğunda da, dünya standartlarında imalat gerçekleştiren tesisin kullandığı tüm çelik mamüllerin birincil üretim olması, beklenen bir durumdur.

Karbon ayak izi yönetimi ile birlikte kaynakların ve işin sürdürülebilirliği adına ikame hammadde mümkün olmadığı için mevcut hammadde için tedarikçi araştırması yapılarak hammadde tedarikinde düşük karbon ayak izine sahip birincil çelik üreticilerinden satın alma yapılabilir. Özellikle çelik, üretildiği ülke ve üretiminde kullanılan enerji türüne göre karbon ayak izi açısından fazla değişkenlik göstermektedir. Üretim proseslerindeki gelişmeler son yıllarda oldukça ivme kazanmış ve düşük karbonlu çelik üretim teknolojileri, sektörde günden güne daha da fazla önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Daha düşük karbon ayak izine sahip yassı çelik mamüllerinin satın alınması durumunda, tesisin kurumsal karbon ayak izinde önemli bir düşüş sağlanabilir.

Şekil 4.1.’ de **2. sıcak nokta** incelendiğinde elektrik tüketiminden kaynaklı emisyonlar %3,7’lik bir oranla karşımıza çıkmaktadır. Elektrik tüketimi kaynaklı emisyonlar Kapsam 2 başlığı altında değerlendirilmekte olup, bu başlık 2 konuda değerlendirilebilir. Birinci değerlendirme kullanılan elektriğin kaynağıdır. Dünyada birçok firma ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini kendibünyesinde tamamını veya bir kısmını üretememekte olup, bu ihtiyacını şebeke elektriğinden karşılamaktadır. Şebeke elektriğinin birim karbon ayak izi,

o ülkede üretilen elektrik kaynağı karışımına bağlıdır. Tesisin bünyesinde üretim gerçekleştiren tesisler, Türkiye şebeke elektriğini kullanmakta ve kullanılan ülke karışımına herhangi bir müdahalede bulunamamaktadır. İkinci değerlendirme ise yenilenebilir enerji satın alımıdır. %100 yenilenebilir enerji satın alma durumunda elektrik kullanımından kaynaklı emisyonlar neredeyse sıfır kabul edilecek ve bu da toplam emisyonlarda yaklaşık %3,7'lik bir düşüş sağlanabileceği anlamına gelir.

Üretim sonrası ürün sevkiyatlarını kapsayan lojistik faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlar, elektrik tüketiminden kaynaklı emisyonlardan sonra Şekil 3'te belirtildiği üzere **3. sıcak nokta** olarak öne çıkmıştır. Toplam emisyonların içinde yaklaşık %1'lik bir paya sahip olan lojistik faaliyetleri, karayolu ve havayolu ile gerçekleştirilmektedir. Yurtiçi sevkiyatların tamamında karayolu, yurtdışı sevkiyatlarda ise karayolu ve havayolunun tercih edildiği görülmüştür. Yurtiçi sevkiyatların tamamının karayolu ile yapılmış olması ise, coğrafi nedenlerden ötürü kaynaklanan bir durumdur. Sevk edilen ürünlerin ağırlığının yanı sıra, yurtiçi nakliye ve sevkiyatlarında denizyolu ulaşımının tercih edilebilir olmaması ve tesisin lojistik ağının, dünyanın birçok bölgesini kapsamamasından dolayı tüm karbon ayak izi emisyonları içerisinde lojistik faaliyetlerden kaynaklı emisyonların 3. sırada olması beklenen bir durumdur. Bu hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucunda ileriye dönük yönetim ve yatırım planlarında iklim değişikliği ve karbon ayak izi sonuçları gözönünde bulundurulmalıdır.

4.2. Enerji Etüdü Verilerinin Değerlendirilmesi

Yapılan ölçümler ve çalışmalar neticesinde; enerji verimliliği çalışma önerileri 9 önlem kategorisinde incelenmiştir.

Geleceğe yönelik projeksiyon, enerji ve mali tasarruf potansiyeli gerekli yatırım miktarı, CO₂ azaltım miktarları ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Yapılan analizler Çizelge 4.7 özetlenmiştir.

Çizelge 4.7' de verilen önlemler kısa, orta ve uzun vadede değerlendirildiğinde en yüksek enerji tasarrufu potansiyeli sırasıyla verimsiz kompresörlerin verimliliğiyle değiştirilmesi (1 475 473 kWh tasarruf potansiyeli), yeni kompresörlerle atık ısı geri kazanım

uygulaması (1 186 517 kWh enerji tasarruf potansiyeli), basınçlı hava kaçaklarının giderimi (375 622 kWh enerji tasarruf potansiyeli) uygulamalarında tespit edilmiştir.

Verimsiz kompresörlerin verimlisiyle değiştirilmesi uygulaması ile önlenecek CO₂ miktarı yıllık 737,74 tondur, yıllık tasarruf miktarı 5 506 465 TL' dir.

Yeni kompresörlerle atık ısı geri kazanım uygulaması ile önlenecek CO₂ miktarı yıllık 239,68 tondur, yıllık tasarruf miktarı 1 970 804 TL' dir. Basınçlı hava kaçaklarının giderimi uygulaması ile önlenecek CO₂ miktarı yıllık 187,81 tondur, yıllık tasarruf miktarı 1 401 820 TL' dir.

Çizelge 4.7' de genel bulgular tablosunda bulunan 4 ve 7 numaralı projeler aynı kaynaktan faydalanılarak tasarruf edilen noktalar olması sebebiyle bunlardan bir tanesinin seçilip uygulanması uygundur.

Çizelge 4.7. Genel Bulgular ve Öneriler Tablosu

Projeler	Önlemler	Enerji Türü	Enerji Birim Maliyet (TL/kWh)	Tasarruf				CO ₂ Azalma Miktarı Ton/Yıl	Yatırım Miktarı TL	Geri Ödeme Süresi Yıl	Uygulama Planı Vade
				Miktar	Birim	TEP/Yıl	TL/Yıl				
1	Basınçlı Hava Kaçaklarının Giderilmesi	Elektrik	3,732	375 622	kWh	32,3	1 401 820	187,81	362 765	0,3	Kısa Vade
2	Üretim Kısmı Aydınlatma Led'e Dönüşüm	Elektrik	3,732	77 359	kWh	6,7	288 704	38,68	384 838	1,3	Orta Vade
3	Verimsiz Kompresörlerin Verimliyle Değiştirilmesi	Elektrik	3,732	1 475 473	kWh	126,9	5 506 465	737,74	7 462 900	1,4	Orta Vade
4	Yeni Kompresörlere Atık Isı Geri Kazanım Uygulanması	Doğalgaz	1,661	1 186 517	kWh	102,0	1 970 804	239,68	4 976 074	2,5	Uzun Vade
5	Chiller ve Sirkülasyon Pompalarının Verimliyle Değiştirilmesi	Elektrik	3,732	37 260	kWh	3,2	139 054	18,63	461 052	3,3	Uzun Vade
6	Verimsiz Chillerin Verimliyle Değiştirilmesi	Elektrik	3,732	20 065	kWh	1,7	74 882	10,03	302 550	4,0	Uzun Vade
7	Yeni Kompresörlere ORC Uygulanması	Elektrik	3,732	129 600	kWh	11,2	483 667	64,80	2 639 000	5,5	Uzun Vade
8	Verimsiz Elektrik Motorlarının Verimliyle Değiştirilmesi	Elektrik	3,732	23 443	kWh	2,0	87 491	11,72	592 476	6,8	Uzun Vade
TOPLAM				3 325 339	kWh	286,0	9 952 888	1 309,1	17 181 655	1,7	Orta Vade

Çizelge 4.8. Güneş Enerjisi Tasarruf Miktarı

Enerji Türü	Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl)	Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)	Yaklaşık Yatırım Miktarı (TL)	TEP Miktarı	Karbondioksit (Ton/Yıl)	Ağaç Sayısı	Geri Ödeme Süresi
Güneş Enerjisi	1 389 772,14	5 718 656,66	18 532 924,85	119,5	694,90	2 085	3,2

Çizelge 4.8' de 2022 yılı işletme toplam elektrik tüketim miktarı baz alınarak hesaplanmıştır.

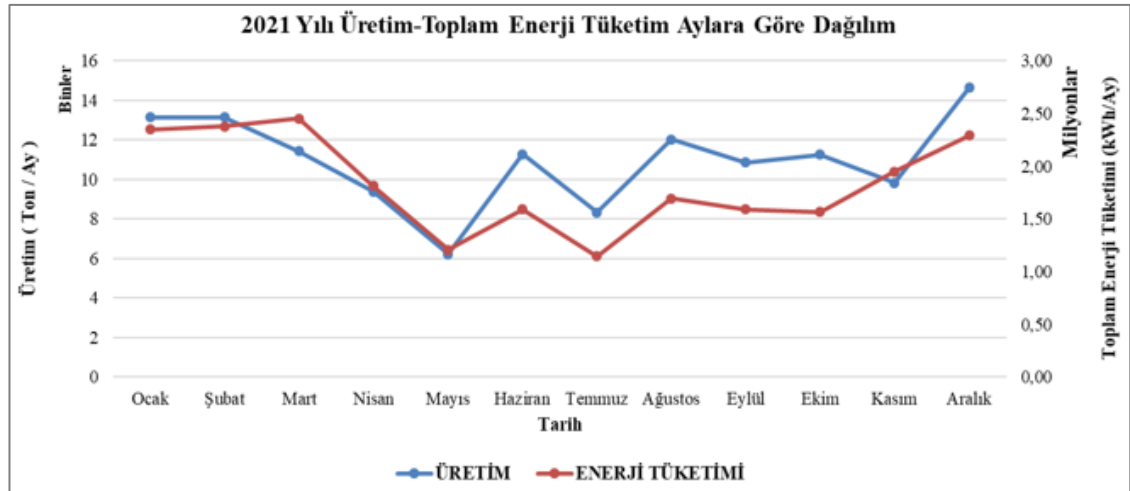
Güneş panelleri kurulması için önerilen uygulama 2022 yılı veriler esas alınarak yapılmıştır. Çizlege 4.8’ de işletmenin çatısında 12 815 m² lik alana uygulanan güneş panelleri sayesinde sağlanan enerji tasarrufunun hesaplamaları özetlenmiştir. 1 m² lik alanda 0,905 kwp (Panellerin normal test koşullarında maksimum ürettiği güçtür) güç elde edilir. 12 815 m² lik alanda bu değer 1160 kwp olarak hesaplanmaktadır. Güneş enerjisi panelleri uygulamasında 1 389 772,14 kWh enerji tasarruf potansiyeli tespit edilmiş olup, güneş enerjisi panelleri uygulaması ile önlenen CO₂ miktarı yıllık 694,90 tondur, yıllık tasarruf miktarı 5 718 656,66 Tl’ dir.

4.2.1. Endüstriyel İşletmenin Enerji Tüketiminin İncelenmesi

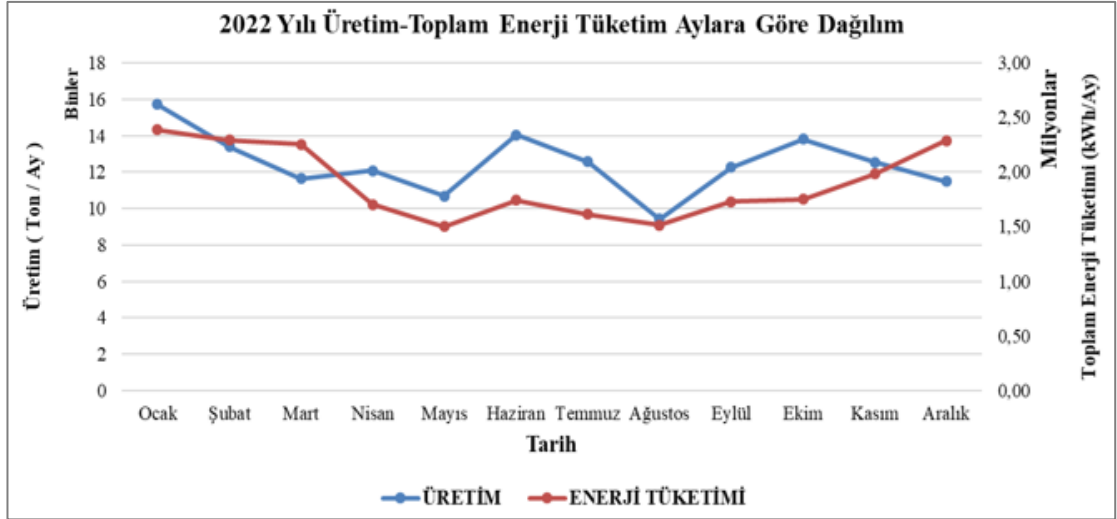
Bu bölümde işletmede kullanılan enerji tüketimleri ve üretim tonajları aylık olarak ve ayrı ayrı çizelgeler ve grafikler halinde verilmiş, detaylı analizleri yapılmıştır.

4.2.2. Üretim–Tüketim Analizleri

Üretim – Tüketim dağılımı grafiği, aylık bazda tüketilen enerjilere karşılık üretim tonajlarını göstermektedir. 2021 ve 2022 yıllarına ait üretim-enerji tüketiminin aylara göre dağılımları 2021 yılı için Şekil 4.2’ te 2022 yılı için Şekil 4.3’ te verilmiştir;



Şekil 4.2. 2021 Yılı Üretim-Enerji Tüketimlerinin Aylara Göre Dağılımı



Şekil 4.2. 2022 Yılı Üretim-Enerji Tüketimlerinin Aylara Göre Dağılımı

Şekil 4.2 ve 4.3' te dikkat edeceğimiz husus iki yılı değerlendirirken aynı üretim miktarlarının olduğu yerde enerji tüketim değerleri değerlendirilmesidir. Yani eğer aynı üretim varken bir önceki ay veya yıl daha fazla enerji tüketimi var ise o ay veya yıldaki bu durumu etkileyen parametreler incelenmelidir. Bu grafiklerin çıkartılmasındaki temel amaç kayıpları sayısal olarak analiz edip kayıplara müdahale etmektir. Aynı üretim miktarlarında enerji tüketimlerinde yukarı yönlü dalgalanma yaşanılması kaçaklar olduğu anlamına gelir. Örneğin hatlarda en sık yaşanan durumlardan biri olan hava kaçağı enerjinin boşa gitmesine sebep olur. Şekil 4.2' de 2021 yılında toplam 131 500 ton üretim yapıldığında tüketilen enerji miktarı 22 026 475,05 kWh' tır. Şekil 4.3' de toplam üretim miktarı 149 727 ton, tüketilen enerji miktarı 22 773 428, 87 kWh olarak hesaplanmıştır. 2 yıl içerisinde benzer enerji tüketim alışkanlığı gerçekleşmiş olsaydı, 2022 yılı toplam enerji tüketim değeri 25 079 528 kWh olmalıydı fakat 2022 yılında üretim kapasitesi artmasına rağmen enerji tüketiminde azalış görülmesi 2022 yılında enerjinin daha verimli kullanıldığı manasına gelir.

4.2.2.1. Spesifik Enerji Tüketimi

Enerji yönetiminin temel amacı, tüketilen enerjinin daha efektif kullanılmasını sağlamak ve işletmenin kayıplarını azaltmaktır. Öncelikli olarak enerji durumunun tespit edilmesi gerekmektedir. Tüketimle birlikte üretimdeki değişmelerin de dikkate alınması gerekir ve

bunun için her aya ait "Spesifik Enerji Tüketimi" (SET) hesaplanmalıdır. “Spesifik enerji tüketimi, bir birim ürün elde etmek için kullanılan enerji miktarıdır “Eğer spesifik enerji tüketimi azaltılırsa, aynı miktarda ürün elde etmek için daha az enerji kullanılması gerekecektir. Böylelikle enerji verimliliği artacaktır. Spesifik enerji tüketiminin yıllara göre dağılımı Çizelge 4.9’da (kWh/Ton) ve üretim kapasitesi Çizelge 4.10’ da (ton) ve yıllara göre enerji tüketimi (kWh) Çizelge 4.11 ‘de görülmektedir.

Çizelge 4.9. İşletmenin Yıllara Göre Spesifik Enerji Tüketimi (kWh/Ton)

SET (kWh/Ton)		
Aylar	2021	2022
	SET	SET
Ocak	178,61	151,79
Şubat	180,99	171,39
Mart	214,76	193,71
Nisan	193,35	140,99
Mayıs	194,23	140,59
Haziran	141,14	124,22
Temmuz	137,54	128,43
Ağustos	141,08	160,43
Eylül	146,45	141,01
Ekim	139,16	126,83
Kasım	198,16	158,04
Aralık	156,32	199,09
Toplam	2 021,8	1 836,5

Çizelge 4.10. İşletmenin Yıllara Göre Üretim Kapasitesi (Ton)

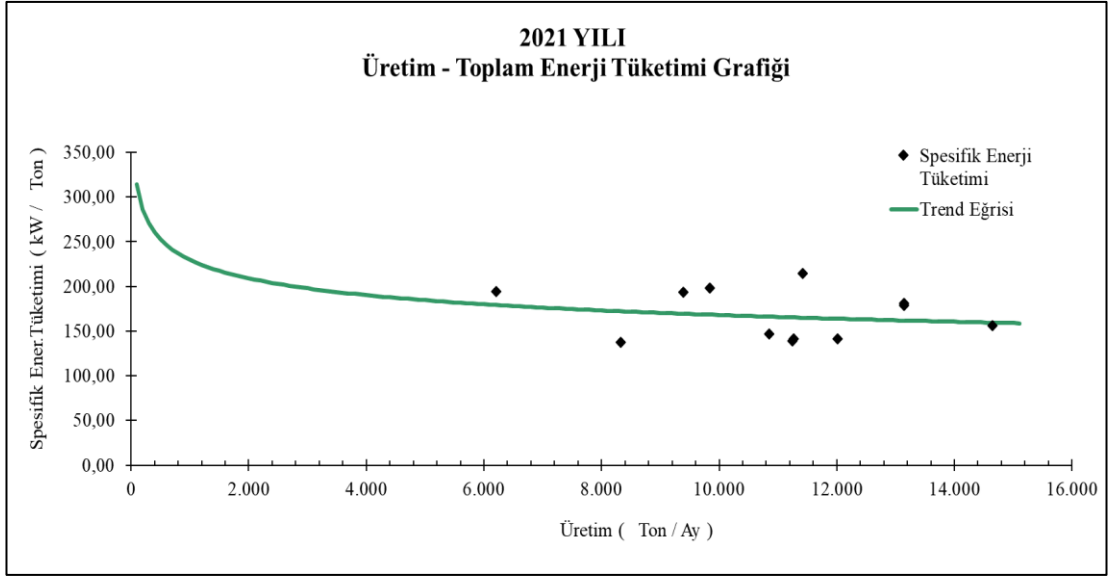
ÜRETİM		
Aylar	2021	2022
	Ton	Ton
Ocak	13 145	15 724
Şubat	13 148	13 394
Mart	11 421	11 649
Nisan	9 388	12 086
Mayıs	6 214	10 688
Haziran	11 268	14 037
Temmuz	8 327	12 585
Ağustos	12 015	9 439

Eylül	10 854	12 268
Ekim	11 248	13 809
Kasım	9 836	12 557
Aralık	14 646	11 491
Toplam	131 510	149 727

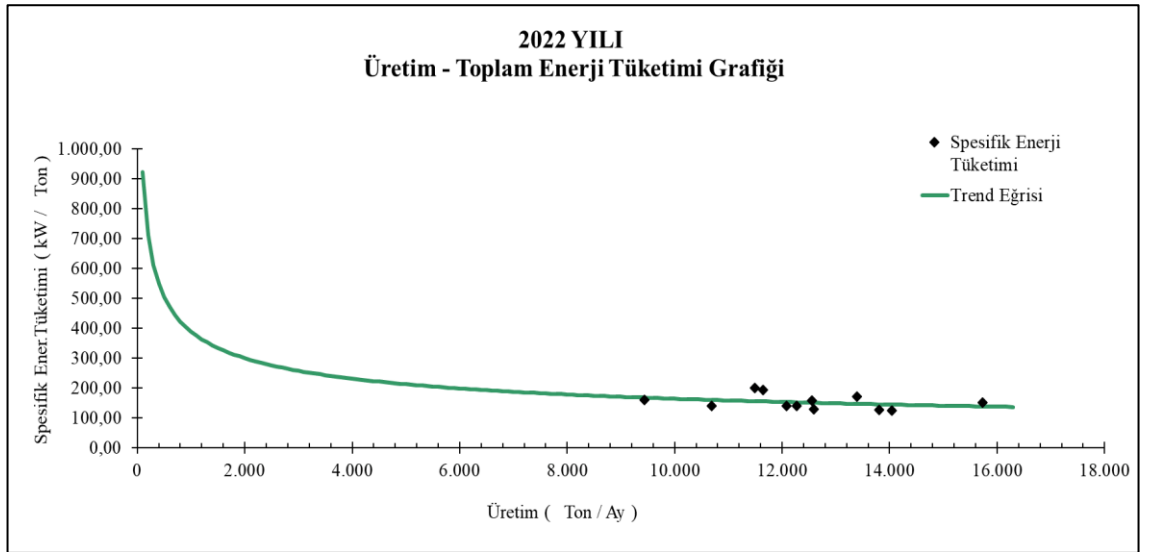
Çizelge 4.11. İşletmenin Yıllara Göre Enerji Tüketimi (kWh)

ENERJİ TÜKETİMİ		
Aylar	2021	2022
	kWh	kWh
Ocak	2 347 779,27	2 386 739,53
Şubat	2 379 661,09	2 295 658,98
Mart	2 452 731,83	2 256 550,61
Nisan	1 815 166,53	1 704 025,58
Mayıs	1 206 916,92	1 502 643,99
Haziran	1 590 342,25	1 743 736,73
Temmuz	1 145 273,97	1 616 264,62
Ağustos	1 695 128,65	1 514 333,12
Eylül	1 589 620,22	1 729 905,24
Ekim	1 565 226,85	1 751 368,08
Kasım	1 949 145,81	1 984 463,78
Aralık	2 289 481,66	2 287 738,61
Toplam	22 026 475,05	22 773 428,87

Çizelge 4.9' daki SET (kWh/Ton) değeri, Çizelge 4.11' de bulunan aylık enerji tüketiminin Çizelge 4.12' de ki aylık üretim tonajına bölümüyle elde edilir. Çizelge 4.9' u aylık enerji tüketimleri ve üretim tonajı bakımından yorumladığımızda işletmenin 2021 yılında üretim kapasitesi 131 510 tondan, 149 727 tona çıkmasına rağmen spesifik enerji tüketiminde azalış meydana gelmesinin sebebi yapılan enerji verimliliğinin olumlu etkileri olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.4. 2021 Yılı Spesifik Enerji Tüketimi Grafiği



Şekil 4.5. 2022 Yılı Spesifik Enerji Tüketimi Grafiği

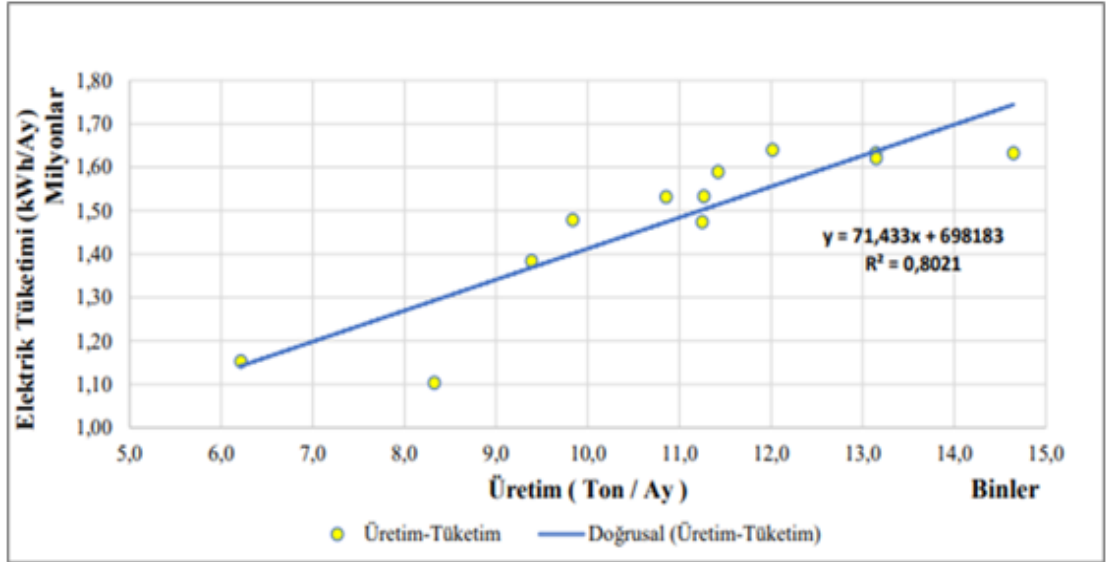
Şekil 4.4. ve 4.5. 'te 2021 yılı spesifik enerji tüketimleri ve 2022 yılı spesifik enerji tüketimleri verilmektedir.

Şekil 4.4-4.5 'e göre noktalar eğriye ne kadar yakın olursa üretim ve enerji tüketimi arasında olumlu ilerleme sağlandığı söylenebilir.

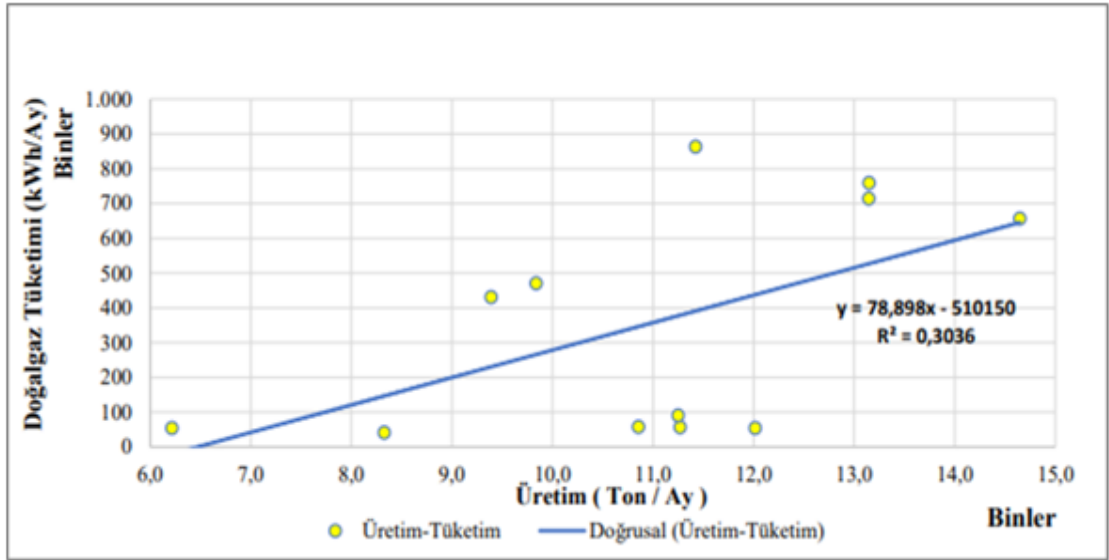
2021 ve 2022 yıllarını kıyasladığımızda üretim ve tüketim arasındaki ilişkinin 2022 yılında, yapılan iyileştirmeler sayesinde verim sağlandığını söylememiz mümkündür.

4.2.3. Enerji Verilerinin İstatistiksel Değerlendirmeleri

Bu çalışmada üretim ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde regresyon analizi kullanılmıştır. Regresyon analizi, bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi tahmin etmek için kullanılan istatistiksel bir araçtır. Spesifik olarak, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerdeki değişikliklere göre nasıl değiştiğine odaklanır. Ayrıca değişkenler arasındaki gelecekteki ilişkinin modellenmesine de yardımcı olur. Şekil 4.6' te 2021 yılı için bağımsız değişken elektrik tüketimi (kWh), bağımlı değişken ise üretim (ton)' dur. Şekil 4.7' da 2021 yılı için bağımsız değişken doğalgaz tüketimi (kWh), bağımlı değişken ise üretim (ton)' dur.



Şekil 4.6. 2021 Yılı Üretim – Elektrik Tüketimleri Arasındaki İlişki

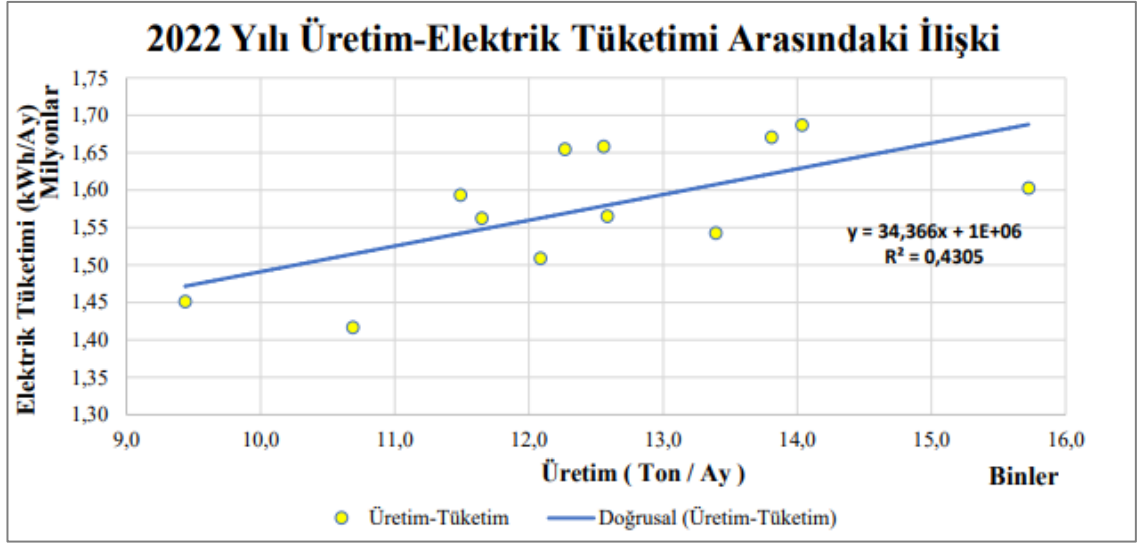


Şekil 4.7. 2021 Yılı Üretim – Doğalgaz Tüketimleri Arasındaki İlişki

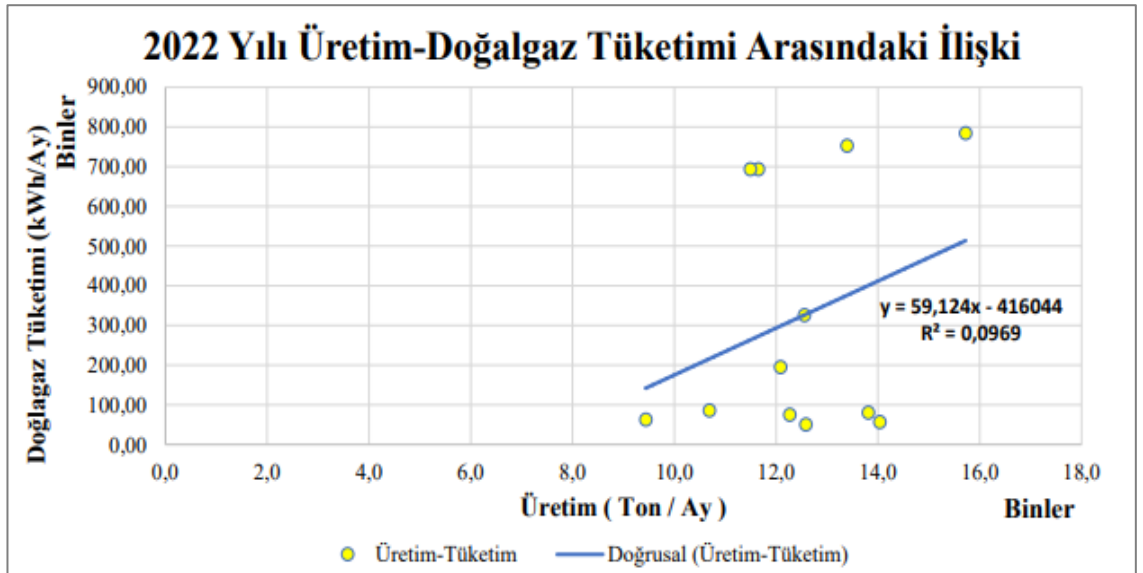
Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’ da lineer (1. dereceden) formüllerinde de görülebileceği üzere, 2021 yılı üretim miktarı (Ton) ile elektrik ve doğalgaz tüketimleri arasındaki ilişki sırasıyla %80,21 - %30,36’dur. Regresyon analizinde, bir değişkenin başka bir değişken üzerinde etkili olduğunu söyleyebilmek için o değişkeni en az %75 oranında etkilemesi gerekmektedir. Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’ de verilen üretim-tüketim ilişkisi incelendiğinde, sadece elektrik enerjisi (%80,21) tüketim türünün üretim üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

Elektrik için;

$$y = 71,433x + 698\ 183 \quad x = \text{Üretim Miktarı (Ton)}$$



Şekil 4.8. 2022 Yılı Üretim – Elektrik Tüketimleri

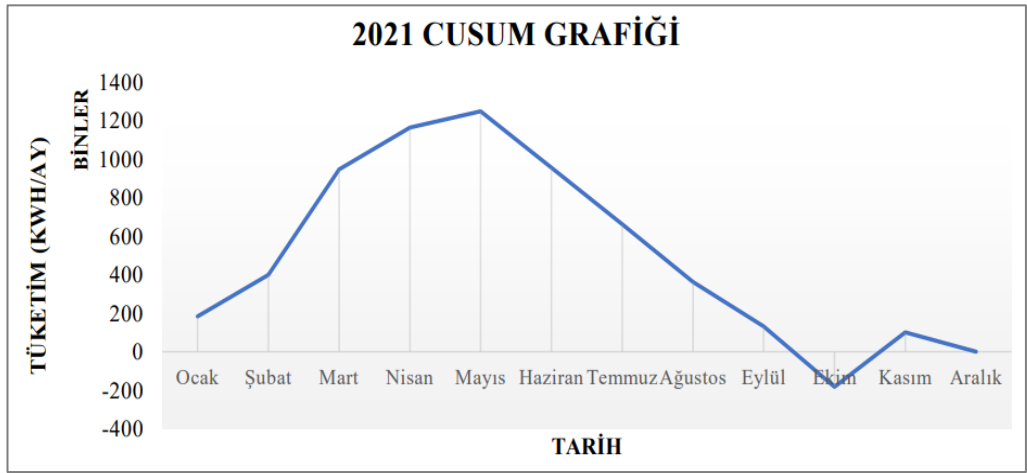


Şekil 4.9. 2022 Yılı Üretim – Doğalgaz Tüketimleri

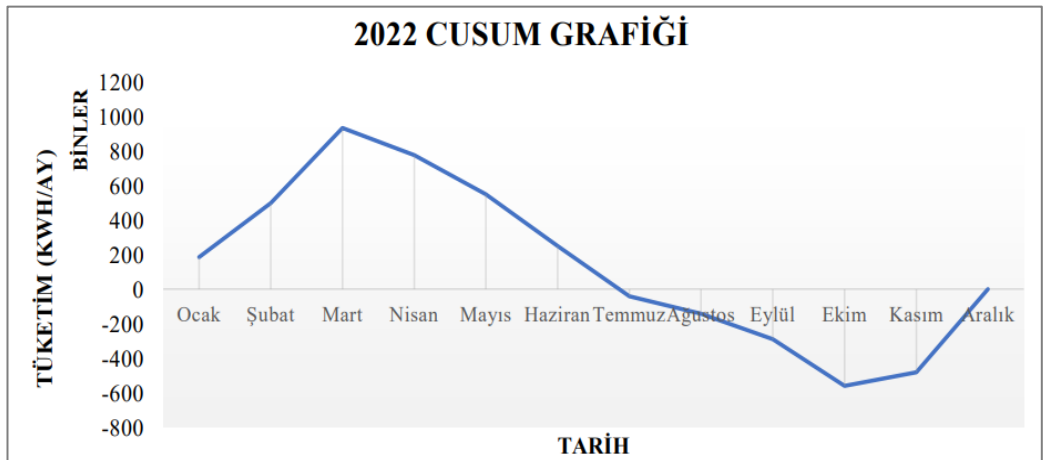
Yukarıdaki grafiklerden (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9) lineer (1. dereceden) formüllerinde de görülebileceği üzere, 2022 yılı üretim miktarı (Ton) ile elektrik ve doğalgaz tüketimleri arasındaki ilişki sırasıyla %43,05 ve %9,69'dur. Şekil 4.8 ve Şekil 4.9' da verilen üretim-tüketim ilişkisi incelendiğinde doğalgaz ve elektrik enerji türü değişkenlerinin üretim üzerinde etkili olmadığı tespit edilmiştir. Bu veriler neticesinde, üretimi etkileyen başka faktörler olduğu sonucuna varılmıştır.

4.2.3.1. CUSUM (Cumulative Sum) Grafiği

İşletmenin mevcut üretimleri ve bunlara karşılık gelen enerji tüketimlerine göre oluşan trende bağlı olarak ay bazında hedef noktalar belirlenir. Aylık gerçekteşen tüketimler ile hedef noktalar arasındaki farklar, yani bu iki değer arasındaki sapma miktarları toplanarak hedeften toplamda ne kadar sapma olduğu tespit eden grafiklerdir. Böylece hedef değerlerine bağlı kümülatif olarak sağlanacak enerji tasarruf potansiyeli belirlenir. Eğri, yukarı yönde ise hedefin üzerinde gerçekteşme, aşağı yönde ise hedefin altında gerçekteşme söz konusudur.



Şekil 4.10. 2021 Yılı CUSUM Grafiği



Şekil 4.11. 2022 Yılı CUSUM Grafiği

Enerji tüketim ve üretim verileri tahmin formülüyle beraber değerlendirilerek o aydaki olabilecek tahmini enerji tüketim değerini aylık bazda tekrar değerlendirilir. Toplam tahmini trend değerleri ile aylık bazda gerçek tüketimle tahmini tüketim arasındaki farkları alınır. Pozitif çıkarsa formülasyonun tahmin ettiği değer gerçek tüketimden az olduğunu gösterir. Negatif çıkarsa tahmin ettiğimiz değer gerçek tüketimden fazla olduğunu gösterir.

CUSUM grafiği yukarı doğru gidiyorsa tahmin edilenden daha fazla tüketimin olduğunu gösterir. Eğer grafik negatif yöneliyorsa tahmin edilenden daha az tüketim olduğunu gösterir.

Şekil 4.10' da görüleceği üzere 2021 yılı Ekim ve Kasım aylarında gerçek tüketim değerlerinin tahmin edilen değerlerin altında kalmasından dolayı grafik negatif yönde görülmektedir.

Şekil 4.11' de 2022 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında benzer durum söz konusudur.

4.3. Enerji Verimliliği İçin İşletmede Yapılan İyileştirmeler ve Değerlendirmeler

4.3.1. Aydınlatma Sisteminin Değerlendirilmesi

İşletmenin ana yüksek tavan aydınlatmalarında 250 armatürde LED dönüşüm gerçekleştirilmiş. LED'e dönüşüm sonrasında elde edilecek tasarruf miktarı hesaplanmıştır.



Şekil 4.12. Aydınlatma Alanı Görünümü



Şekil 4.13. Önerilen EAE Revoled Armatür

Önerilen armatürler EAE markasının REVOLED-X modelinde bulunan LED armatürlerdir.

Çizelge 4.12 incelendiğinde en fazla tasarrufun B kapı idare bölgesinde bulunan 101 adet floresan tip mevcut armatürün led armatür ile değişimi sonucunda elde edildiği görülmektedir. B kapı idare bölgesinde değiştirilen armatürler sayesinde yıllık toplam 24 710 kWh enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Çizelge 4.12. Floresan Tip Mevcut Armatür Aydınlatmaların LED ile Değişiminde Sağlanan Tasarruf Miktarları

Konum	Mevcut Armatür Tipi	Mevcut Armatür Sayısı	Çalışan Armatür Sayısı	Mevcut Armatür Cinsi	Mevcut Armatür Tahmini Güç (kW)	Yeni Led Cinsi	Yeni Led Tahmini Güç (kW)	Yıllık Çalışma Saati (h/Yıl)	Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl)	Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)	Yatırım Tutarı (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
(*)Preshane	Floresan	24	24	4X58W	0,220	128W	0,128	3000	3,73	6624	24 721	49 790	2,0
Kaynak	Floresan	13	13	4X58W	0,220	128W	0,128	5000	3,73	5980	22 317	26 970	1,2
Depo	Floresan	6	6	4X58W	0,220	128W	0,128	5000	3,73	2760	10 300	12 448	1,2
Firewall Alanı	Floresan	14	14	4X58W	0,220	128W	0,128	5000	3,73	6440	24 034	29 044	1,2
B Kapı İdare Bölgesi	Floresan	14	14	4X58W	0,220	128W	0,128	5000	3,73	6440	24 034	29 044	1,2
	Floresan	87	87	2X36W	0,070	28W	0,028	5000	3,73	18 270	68 184	73 837	1,1
1. Hat Teshih+Firewall	Floresan	23	23	4X58W	0,220	128W	0,128	5000	3,73	10 580	39 485	47 716	1,2
1. Hat	Floresan	29	29	2X54W	0,105	70W	0,070	5000	3,73	5075	18 940	43 755	2,3
2. Hat	Floresan	21	18	4X58W	0,220	128W	0,128	5000	3,73	8280	30 901	37 343	1,2
	Floresan	6	6	2X36W	0,070	28W	0,028	5000	3,73	1260	4702	5092	1,1
Pres103-104	Floresan	22	6	4X58W	0,220	128W	0,128	5000	3,73	2760	10 300	12 448	1,2
Mamül Ambarı	Floresan	128	4	4X58W	0,220	128W	0,128	5000	3,73	1840	6867	8298	1,2
	Floresan	39	6	2X54W	0,105	70W	0,070	5000	3,73	1050	3919	9053	2,3

Çizelge 4.12 ‘ de bulunan (*)Preshane armatür iyileştirmesi için **örnek hesaplama**;

Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl) = (Mevcut Armatür Tahmini Güç (kW)- Yeni Led Tahmini Güç (kW)) x Yıllık Çalışma Saati (h/Yıl) x Çalışam Armatür Sayısı

Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl) = (0,220-0,128)x3000x24 = 6624 (kWh/Yıl)

Tasarruf Miktarı (TL/Yıl) = Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh) x Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl)

Tasarruf Miktarı (TL/Yıl) = 3,73 x 6624 = 24721 (TL/Yıl)

Yatırım Tutarı (TL) = 110 x Çalışam Armatür Sayısı x 18,86

Yatırım Tutarı (TL) = 110 x 24 x 18,86 = 49 790 (TL)

Geri Ödeme Süresi (Yıl) = Yatırım Tutarı (TL) / Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)

Geri Ödeme Süresi (Yıl) = 49 790 / 24 721 = 2 (Yıl)

Bu bölümde preshane için yapılan örnek hesaplama yer verilmiştir. Diğerleri için de hesaplamalar benzer şekilde yapılmış olup elde edilen veriler Çizelge 4.12’ye yazılmıştır. Bundan sonraki bölümlerde hesaplamalar tek tek yapılmamış olup elde edilen sonuçlar doğrudan ilgili çizelgelere işlenmiştir.

Çizelge 4.13’ te görüleceği üzere işletmede farklı alanlarda bulunan 250 adet floresan tip mevcut armatürün led armatür ile değişimi sonucunda yıllık toplam 77 359 kWh enerji tasarrufu sağlanmıştır. Değişim sonrası önlenen emisyon miktarı yıllık 38,68 tondur. Bu emisyon değerini sıfırlamak için 116 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.13. Tüm Aydınlatmaların LED İle Değişimi Sonucunda Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Tasarruf Miktarı		Önlenen Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
77 359	288 704	38,68	116	384 838	1,3

Çizelge 4.13' te bulunan (*) preshane armatür iyileştirmesinde önlenecek emisyon miktarı, dikilecek ağaç hesabı ve geri ödeme süresi için **örnek hesaplama**;

$$\text{Önlenecek Emisyon Miktarı (Ton CO}_2\text{/Yıl)} = (\text{Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl)} \times 0,5) / 1000$$

$$\text{Önlenecek Emisyon Miktarı (Ton CO}_2\text{/Yıl)} = (77\ 359 \times 0,5) / 1000 = 38,68 \text{ (Ton CO}_2\text{/Yıl)}$$

$$\text{Emisyon Değerini Sıfırlayabilmek için Dikilecek Ağaç Sayısı (Adet)} = \text{Önlenecek Emisyon Miktarı (Ton CO}_2\text{/Yıl)} \times 3$$

$$\text{Emisyon Değerini Sıfırlayabilmek için Dikilecek Ağaç Sayısı (Adet)} = 38,68 \times 3 = 116 \text{ (Adet)}$$

$$\text{Yaklaşık Yatırım Maliyeti} = \text{Toplam Yatırım Maliyeti (TL)} = 384\ 838 \text{ (TL)}$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi (Yıl)} = \text{Yatırım Tutarı (TL)} / \text{Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)}$$

$$\text{Geri Ödeme Süresi (Yıl)} = 384\ 838 / 288\ 704 = 1,3 \text{ (Yıl)}$$

4.3.2. Chiller Sisteminin Değerlendirilmesi

İşletmede 2 adet chiller bulunmaktadır. Proses gereği kaynak makinelerinin soğutmaları yapılmaktadır.

Chillerler;

- 1) ALDAĞ MSA-104 C (YT-L002)
- 2) TRANE ECGAN400J (YT-L003)



Şekil 4.14. Trane Chiller Dış Görünüş

4.3.2.1. Enerji Verimlilik Oranı (EER)

Enerji Verimlilik Oranı (EER), bir soğutma cihazında evaporatörde elde edilen soğutma kapasitesinin (kW), cihazın tükettiği toplam elektrik enerjisine (kW) oranıdır. **EER** değeri sadece soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Isıtma ve soğutma cihazlarının enerji tüketiminin sınıflandırılması COP ve EER değerleri ile belirlenmektedir.

A	A	$EER > 3.20$	A	$COP > 3.60$
B	B	$3.20 \geq EER > 3.00$	B	$3.60 \geq COP > 3.40$
C	C	$3.00 \geq EER > 2.80$	C	$3.40 \geq COP > 3.20$
D	D	$2.80 \geq EER > 2.60$	D	$3.20 \geq COP > 2.80$
E	E	$2.60 \geq EER > 2.40$	E	$2.80 \geq COP > 2.60$
F	F	$2.40 \geq EER > 2.20$	F	$2.60 \geq COP > 2.40$
G	G	$2.20 \geq EER$	G	$2.40 \geq COP$

Şekil 4.15. EER (Enerji verimlilik oranı) Değerinin Değerlendirmesinde Kullanılan Enerji Sınıfları

Çizelge 4.14. TRANE ECGAN400J EER Değeri

Ort. Debi (m ³ /h)	Ort. Güç (kW)	Tgiriş (°C)	Tçıkış (°C)	DT (°C)	Q (kW)	EER (kW/kW)
10,274	24,322	19,6	14,5	5,1	60,927	2,5

4.3.2.2. EER Değerinin Hesaplanması;

$$\text{EER} = \text{Soğutma Yüğü (kW)} / \text{Ölçülen Elektrik Güç (kW)}$$

$$Q, \text{ Soğutma Yüğü (kW)} = (m * DT) / 0,86$$

(a)-Chiller Debisi: 10,274 m³/h (Çizelge 4.14' ten alınmıştır.)

(b)-Chiller Su Giriş Sıcaklığı: 19,6 C (Çizelge 4.14' ten alınmıştır.)

(c)-Chiller Su Çıkış Sıcaklığı: 14,5 C (Çizelge 4.14' ten alınmıştır.)

(d)-Ölçülen Elektrik Güç(kW): 24,322 kW 1kCal = 0,86 kW

$$(e)- Q, \text{ Soğutma Yüğü (kW)} = a * (b - c) / 0,86$$

$$Q, \text{ Soğutma Yüğü (kW)} = 10,274 * (19,6 - 14,5) / 0,86 = 60,927 \text{ kW}$$

$$(f)- \text{EER (kW/kW)} = e / d$$

$$\text{EER (kW/kW)} = 60,927 / 24,322 = 2,5$$

Trane chillerin EER değeri (soğutma verimliliği) değerlendirildiğinde 2,5 kW/kW olduğu tespit edilmiştir. EER değeri Şekil 4.15'e göre E verimlilik sınıfına denk gelmektedir. Bu sebeple potansiyel olan nokta olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.6. Aldağ Chiller Dış Görünüş

Çizelge 4.15. ALDAĞ MSA-140 C EER (Enerji Verimlilik Oranı) Değeri

Ort. Debi (m ³ /h)	Ort. Güç (kW)	Tgiriş (°C)	Tçıkış (°C)	DT (°C)	Q (kW)	EER (kW/kW)
72,698	51,854	19,9	17,8	2,1	177,519	3,4

$$\text{EER} = \text{Soğutma Yüğü (kW)} / \text{Ölçülen Elektrik Güç (kW)}$$

$$Q, \text{ Soğutma Yüğü (kW)} = (m * DT) / 0,86$$

(a)- Chiller Debisi: 72,698 m³/h (Çizelge 4.15' ten alınmıştır.)

-Chiller Su Giriş Sıcaklığı: 19,9 C (Çizelge 4.15' ten alınmıştır.)

-Chiller Su Çıkış Sıcaklığı: 17,8 C (Çizelge 4.15' ten alınmıştır.)

-Ölçülen Elektrik Güç(kW): 51,854 kW 1kCal = 0,86 kW

$$(e)- Q, \text{ Soğutma Yüğü (kW)} = a * (b - c) / 0,86$$

$$Q, \text{ Soğutma Yüğü (kW)} = 72,698 * (19,9 - 17,8) / 0,86 = 177,519 \text{ kW}$$

$$(f)- \text{EER (kW/kW)} = e / d$$

$$\text{EER (kW/kW)} = 177,519 / 51,854 = 3,4$$

Hesaplanan E.E.R değeri 3,4 olmaktadır, EER değeri Şekil 4.15'e göre A verimlilik sınıfına denk gelmektedir. Bu değer kabul edilebilir aralıktadır.

EER değeri hesaplanan TRANE ECGAN400J chiller yerine YORK YMAA100PE chiller önerilerek tasarruf hesabı gerçekleştirilmiştir.

Yeni Net Soğutma Kapasitesi: 99 kW

Yeni Net Toplam Güç Girişi: 32,9 kW

1kW Soğutma için harcanan enerji = $32,9 / 99 = 0,333$ kW/kW olmaktadır

Eski Sistem Mevcut Soğutma: 60,927 kW (Çizelge 4.14' ten alınmıştır.)

Eski Sistem Toplam Güç Girişi: 24,322 kW (Çizelge 4.14' ten alınmıştır.)

1kW Soğutma için harcanan enerji = $24,322 / 60,927 = 0,399$ kW/kW olmaktadır.

Mevcut Soğutma İhtiyacı: 60,927 kW

Yıllık Yükte Çalışma Saati: 5000 h/Yıl

Elektrik Birim Fiyatı: 3,732 TL/kWh

Yaklaşık Yatırım Bedeli: 302 550 TL

Enerji Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl) = $(b - a) * c * d$

Maddi Tasarruf Miktarı (TL/Yıl) = $g * e$ Geri Ödeme Süresi (Yıl) = f / h

Sistemin soğutma ihtiyacı 60,927 kW olması sebebiyle hesaplama aşağıdaki şekilde yapılmıştır;

Enerji Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl) = $(0,399 - 0,333) * 5000 * 60,927 = 20 064,75$ kWh/Yıl

Maddi Tasarruf Miktarı (TL/Yıl) = $20 064,75$ kWh/Yıl * $3,732$ TL/kWh = $74 881,65$ TL/Yıl

Geri Ödeme Süresi (Yıl) = $302.550 / 74 881,65 = 4$ Yıl

Çizelge 4.16'da görüleceği üzere eski chillerde 1kW soğutma için harcanan enerji miktarı 0,399 kw iken yeni önerilen chiller ile beraber soğutma için harcanan enerji 0,333 kW' a gerilemiştir. 302 550,00 TL' lik iyileştirme yatırım yapılması halinde işletmede yıllık 20

064,75 kWh enerji tasarrufu sağlanırken, elektrik birim fiyatı 3,732 TL/kWh kabul edildiğinde işletmedeki yıllık tasarruf miktarı 74 881,65 TL olmaktadır.

Çizelge 4.17’ da görüleceği üzere eski chillerin verimlisi ile değiştirilmesi sonucu önlenen emisyon miktarı yıllık 10,03 tondur. Bu emisyon değerini sıfırlamak için 30 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.16. Chiller Sistemleri Verimlilik Sonuç Değerleri

Eski Chiller 1kW Soğutma için Harcanan Enerji (kW)	Yeni Chiller 1kW Soğutma için Harcanan Enerji (kW)	Sistem Soğutma Yükü (kW)	Yıllık Yükte Çalışma Saati (h/Yıl)	Yıllık Enerji Tasarrufu (kWh/Yıl)	Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	Yıllık Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)	Yaklaşık Yatırım Maliyeti (TL/Yıl)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
0,399	0,333	60,927	5000	20 064,75	3,732	74 881,65	302 550,00	4,0

Çizelge 4.17. Trane Chiller Sistemi ile Önlenebilir Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Tasarruf Miktarı		Önlenebilir Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
20 064,75	74 881,65	10,03	30	302 550	4,0

4.3.3. Pompa Sistemlerinin Değerlendirilmesi

İşletmede kaynak makineleri soğutma suyu tedarikini aşağıda ölçümleri gerçekleştirilen pompalar tarafından sağlanmaktadır. Yapılan ölçümler neticesinde aşağıdaki tespitler saptanmıştır.

Tespitler;

- Chiller Sirkülasyon Pompa Grubu;

Çizelge 4.18' de görüleceği üzere pompa basma basıncı, debi ve güç değerleri baz alındığında pompa verimi %46,80 olarak hesaplanmıştır. Yeni seçilen sürücülü Grundfos TPE 80-5202 A-F-A-BQQE-PW1 Pompa ile aynı debi ve basınç değerlerinde 9,616kW güç çekeceği Çizelge 4.20' de yer almaktadır.



Şekil 4.16. Chiller Sirkülasyon Pompa Grubu Chiller 1-2 Numaralı Pompa



Şekil 4.17. Önerilen Grundfos A-F-A-BQQE-PW1 Pompa Dış Görünüş

Çizelge 4.18. İşletme Soğutma Grup Pompaları Verim Hesap Tablosu

Konum	Debi (m ³ /h)	Yoğunluk (kg/m ³)	Y. Çekimi (m/s ²)	E. Basıncı (kPa)	B. Basıncı (kPa)	Hid. Güç (kW)	Çek. Güç (kW)	E. Boru Çapı (m)	B. Boru Çapı (m)	Vo (m/sn)	Vi (m/sn)	H (m)	Verim
Chiller Sirkülasyon Pompası	68,50	998	9,81	0	325	6,257	13,369	0,089	0,089	3,067	3,067	33,61	46,80%
Chiller Pompa 1-2	81,84	998	9,81	0	200	4,869	8,237	0,073	0,073	5,434	5,434	21,89	59,12%

Çizelge 4.19. İşletme Önerilen Soğutma Grup Pompaları ile Tasarruf Hesap Tablosu

Konum	Yeni Pompa Marka	Yeni Pompa Model	Mevcut Güç (kW)	Yeni Güç (kW)	Tasarruf (kW)	Yıllık Çalışma Saati (h/Yıl)	Yıllık Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl)	Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	Yıllık Tasarruf (TL)	Yaklaşık Yatırım Miktarı (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Chiller Sirkülasyon Pompası	Grundfos	TPE 80-520/2 A-F-A-BQQE-PW1	13,369	9,616	3,753	7.200	27 021,60	3,732	100 844,61	267 676,50	2,7
Chiller Pompa 1-2	Grundfos	TPE 80-330/2 A-F-A-BQQE-NWB	8,237	6,815	1,422	7.200	10 238,40	3,732	38 209,71	193 375,00	5,1

Çizelge 4.20. İşletme Soğutma Grup Pompaları Değişim ile Önlenebilir Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Tasarruf Miktarı		Önlenebilir Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
37 260	139 054,32	18,63	56	461 051,50	3,3

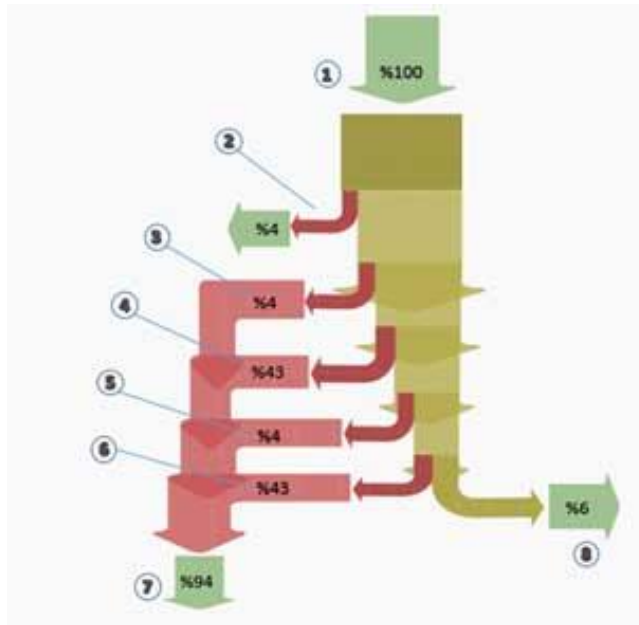
Çizelge 4.18’ de pompa basma basıncı, debi ve güç değerleri baz alındığında pompa verimi %59,12 olarak hesaplanmıştır. Bu hidrolik verim gayet iyi düzeydedir.

Yeni seçilen sürücülü TPE 80-330/2 A-F-A-BQQE-NWB pompa ile aynı debi ve basınç değerlerinde 6,815kW güç çekeceği Çizelge 4.19’ da yer almaktadır.

Çizelge 4.20.’ de chiller sirkülasyon pompa grubu yerine aynı debi ve basınç değerlerinde daha az güç tüketimi olduğu için seçilen sürücülü Grundfos TPE 80-5202 A-F-A-BQQE-PW1 tip pompa değişimi yapıldığında sağlanacak toplam enerji tasarruf miktarı yıllık 37 260 kWh’tır. Önlenecek emisyon miktarı yıllık 18,63 tondur. Bu emisyon değerini sıfırlamak için 56 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir.

4.3.4. Basınçlı Hava Sisteminin Değerlendirilmesi

Kompresörler işletmelerde proses esnasında en çok kullanılan yardımcı ekipmanlar listesinde en başlarda yer almaktadır. Çok kullanılmasının yanı sıra üretilen basınçlı hava en pahalı enerji kısmında da en başlarda yer almaktadır. Şekil 4.18’da sistemden geri kazanılabilen ısı miktarı ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 4.18. Sistemde Geri Kazanılabilen Isı Miktarı

1. Elektrik motorundan şafta verilen güç % 100

2. Radyasyon kayıpları %4
3. Alçak basınç kademesinden ısı geri kazanımı %4
4. Ara soğutucudan ısı geri kazanımı %43
5. Yüksek basınç kademesinden ısı geri kazanımı %4
6. Son soğutucudan ısı geri kazanımı %43
7. Teorik olarak geri kazanılabilen ısı %94
8. Basınçlı havada kalan ısı %6

Teorik olarak geri kazanılabilen ısı miktarı %94 olsa bile entegre edilecek ısı geri kazanım sisteminin verimi ve kayıpları dahil edildiğinde bu oran yaklaşık %60-70 bandında olmaktadır.

Kompresörler;

Sarmak Regetta 200-YTK 001

Sarmak Regetta 200-YTK 002 (Uygun ölçüm yeri bulunmamaktadır)

Sarmak Regetta 200-YTK 003 (Uygun ölçüm yeri bulunmamaktadır)

Sarmak Regetta 200-YTK 004

Sarmak Regetta 200-YTK 005

Sarmak Regetta 200-YTK 006

Sarmak Regetta 210-YTK 007

Aykom ATV-160A YTK-008

Basınçlı Hava Kaçaklarının Hesaplanması: İşletmenin muhtelif yerlerinde toplamda 67 adet hava kaçağı noktası tespit edilmiştir. Bunlar hava tabancası, hava separatörü, valf, pnömatik hortum, regülatör vb. ekipmanlarda meydana gelen arıza veya gevşek bağlantılardan kaynaklanmaktadır. Bu yüzden basınçlı hava kaçaklarının yatırım tutarı daha az olmaktadır. Hava kaçaklarındaki arızalara ve gevşek bağlantılar bakım marifetiyle giderilmektedir.

Çizelge 4.21' de görüleceği üzere işletmenin belirli yerlerinde olan hava kaçaklarının yıllık kaybı 375 621,58 kWh, maliyeti ise toplamda 1 401 819,74 TL olduğu Çizelge 4.21' de görülmektedir. Ayrıca bu kaçakların enerji tüketimine sebep olması dolayısıyla buna bağlı olarak CO₂ emisyon değeri yıllık 187,81 Ton olmaktadır. Bu emisyon değerini

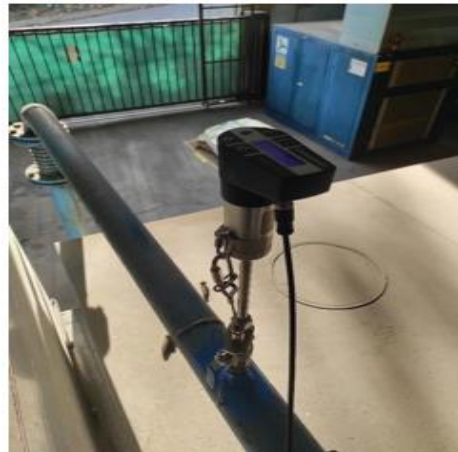
sıfırlamak için 563 Adet ağaç dikilmesi gerekmektedir. Bu basınçlı hava kaçaklarının tamiratı için işletmenin 3 ay gibi bir süreyi kullanacağını ve ayrıca oluşacak malzeme sarfiyatını göz önünde bulundurursak toplamda 362 764,80 TL bandında yatırım maliyeti oluşabilmektedir. Basınçlı hava kaçaklarını basit bir yatırım maliyeti yaklaşık 3,5 ayda geri ödemektedir.

Çizelge 4.21. Basınçlı Hava Kaçaklarının Giderimiyle Önlenecek Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Tasarruf Miktarı		Önlenecek Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
375 621,58	1 401 819,74	187,81	563	362 764,80	0,3

4.3.5. Mevcut Kompresörlerin Verimliliğiyle Değiştirilmesi

İşletme de aktif olarak çalışan 8 kompresör bulunmaktadır. Bu kompresörlerden, 6 tanesinde uygun debi ölçüm yeri olması sebebiyle bu 6 kompresör ile alakalı eşzamanlı debi, güç ölçümü gerçekleştirilerek spesifik enerji tüketiminin belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 4.19. Kompresör Güç Ölçüm



Şekil 4.20. Kompresör Debi Ölçümü

Ölçümü gerçekleştirilen kompresörler sırasıyla;

- 1. Sarmak Regetta 200-YTK 001**
- 2. Sarmak Regetta 200-YTK 004**
- 3. Sarmak Regetta 200-YTK 005**
- 4. Sarmak Regetta 200-YTK 006**
- 5. Sarmak Regetta 210-YTK 007**
- 6. Aykom ATV-160A YTK-008** şeklinde olmaktadır.

2 ve 3 numaralı Sarmak Regetta 200 kompresörlerin uygun debi ölçüm yeri olmaması sebebiyle değerlendirme yapılamamıştır.



Şekil 4.21. Sarmak Regetta 200-YTK 001 Kompresör Dış Görünümü



Şekil 4.22. Sarmak Regetta 200-YTK 004 Kompresör Dış Görünümü

Çizelge 4.22. Sarmak Regetta 200-YTK 001 Kompresör Spesifik Enerji Tüketimi

Regetta 200-YTK 001		
Ort. Debi	838,20	m ³ /h
Ort. Güç	116,08	kW
Ort. SET	0,1385	kWh/m ³
Ort. Basınç	7,10	Bar

Spesifik Enerji Tüketimi = Ortalama Güç (kW) / Ortalama Debi (m³/h) Spesifik Enerji Tüketimi = 116,08 / 838,20 = 0,1385 kWh/m

Çizelge 4.23. Sarmak Regetta 200-YTK 001 Maksimum Değerler

Maks Debi	966,98	m ³ /h
Maks Güç	119,94	kW
Maks Bas.	7,27	Bar

Mevcut durumda bulunan 8 adet kompresör yerine Çizelge 4.24'te 4 adet yeni teknolojiye sahip verimli kompresör önerimi ve tasarruf hesapları verilmiştir. Yeni kompresörlerin SET(kWh/m³) değeri daha düşük olduğundan aynı debi basınç değerlerinde kompresörler daha düşük güç tüketimi yapacaktır.

Çizelge 4.24' te sarı olarak işaretlenen YTK-002,003 kompresörlerinin çıkışında uygun bir debi ölçüm yeri olmadığı için burada öneri sunulurken YTK-004,005 verimleri ve debisi ile beraber örnekleme yapılarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Hesaplama gerçekleştirilirken ise her kompresörün toplam ortalama debideki yüzde kaç debi veriyorsa spesifik enerji tüketimleri o yüzdelerle çarpılarak yıllık tasarruf hesabına dahil edilmiştir.

Çizelge 4.24. Kompresör Değişimi Tasarruf Miktarları

VERİMLİ KOMPRESÖR İLE DEĞİŞİM SONUCUNDA VERİMLİLİK TUTARLARI										
Kompresör Adı	(a) Mevcut Kompresör SET (kWh/m ³)	Yeni Kompresör Adı	(b)Yeni Kompresör SET (kWh/m ³)	(c)Toplam Ortalama Kompresör Debisi (m ³ /h)	(ç)Yıllık Çalışma Saati (h/Yıl)	(d)Yıllık Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl)	(e)Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	(f)Yıllık Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)	(g)Yatırım Maliyeti (TL)	(h)Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Aykom ATV-160A YTK-008	0,1219	Atlas Copco GA200 VSD	0,110	1 716,65	7200	266 076,58	3,732	992 97,81	2 319 550	2,3
Sarmak Regetta 200-YTK 001	0,1385									
Sarmak Regetta 200-YTK 002	0,1460	Atlas Copco GA160+	0,110	1 703,68	7200	338 805,91	3,732	1 264 423,65	1 815 300	1,4
Sarmak Regetta 200-YTK 003	0,1303									
Sarmak Regetta 200-YTK 004	0,1460	Atlas Copco GA160+	0,110	1 703,68	7200	338 805,91	3,732	1 264 423,65	1 815 300	1,4
Sarmak Regetta 200-YTK 005	0,1303									
Sarmak Regetta 200-YTK 006	0,1805	Atlas Copco GA132+	0,110	1 321,43	7200	531 784,63	3,732	1 984 620,23	1 512 750	0,8
Sarmak Regetta 210-YTK 007	0,1545									

Örnek Tasarruf Hesabı;

b = Yeni kompresör SET değeri kompresör markasının modelindeki CAGI datasheet'in deki yaklaşık değeri alınmıştır.

Yıllık Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl) = (Mevcut Kompresör SET (kWh/m³) – Yeni Kompresör SET (kWh/m³)) * Toplam Ortalama Kompresör Debisi (m³/h) * Yıllık Çalışma Saati (h/Yıl)

Yıllık Tasarruf Miktarı (TL/Yıl) = Yıllık Tasarruf Miktarı (kWh/Yıl) * Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)

Geri Ödeme Süresi (Yıl) = Yatırım Maliyeti (TL) / Yıllık Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)

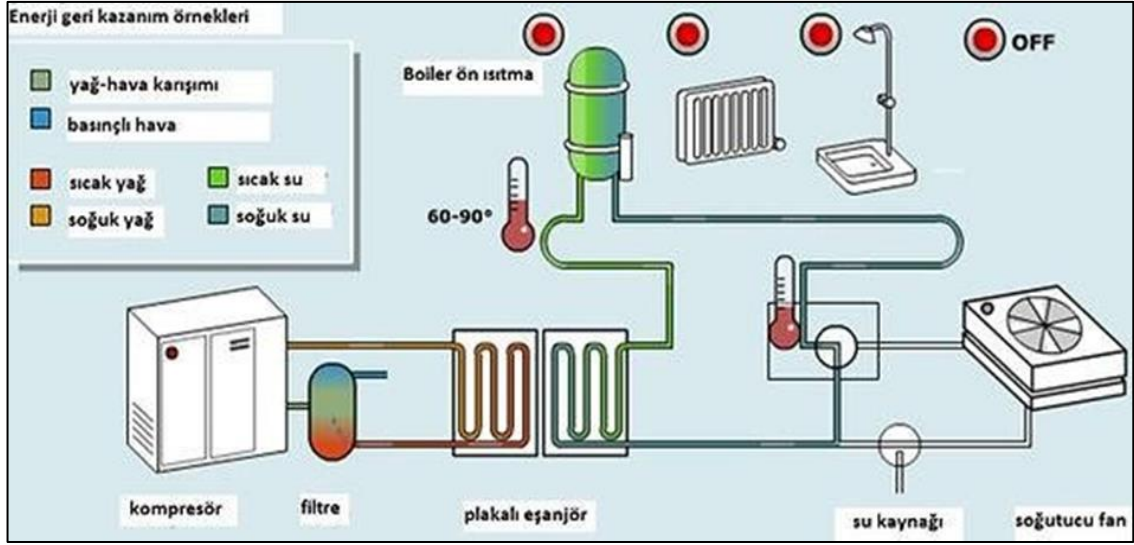
Mevcut durumda 8 adet kompresörün Çizelge 4.24'te 4 adet yeni teknolojiye sahip verimli kompresör ile değişimi yapıldığında Çizelge 4.25' te görüldüğü üzere sağlanacak toplam enerji tasarruf miktarı yıllık 1 475 473,03 kWh'tır. Önlenen emisyon miktarı yıllık 738 tondur. Bu emisyon değerini sıfırlamak için 2213 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.25. Kompresör Değişim ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Tasarruf Miktarı		Önlenen Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
1 475 473,03	5 506 465,34	738	2213	7 462 900	1,4

4.3.6. Kompresör Atık Isı Geri Kazanımdan Ortam Isıtma Uygulaması

İşletmenin kompresör dairesinde 8 adet kompresörler bulunmaktadır. Bu kompresörler verimlisiyle değiştirildikten sonra 4'e düşecektir. Bu sebeple bu 4 adet kompresörün atık ısısı kullanılarak kışın yani yılın yaklaşık 5 ayı (3000 h/Yıl) ısıtma sistemine destek olacak şekilde faydalanabilecek bir sistem haline gelecektir.



Şekil 4.23. Kompresör Atık Isı Geri Kazanım İle Ortam Isıtma

Çizelge 4.26. GA200 VSD+ Önerilen Kompresör Atık Isı Geri Kazanım Hesabı

Önerilen Kompresör Gücü	200	kW
Tahmini Önerilen Kompresör Yüğü	94%	%
Kompresör Ortalama Çalışma Gücü	188	kW
Geri Kazanılabilir Enerji	103	kW
Kompresör Sayısı (Aktif)	1	Adet
Kompresörün Yıllık Tam Kapasite Çalışma Süresi	7200	Saat/Yıl
Kazanılan Enerjinin Kullanılma Süresi	3000	Saat/Yıl
Kompresörlerden Elde Edilebilecek Enerji Miktarı	310 200	kWh/Yıl
Mevcut Isıtma Sistemi Yaklaşık Verimi	89%	%
Aynı Enerjiyi Vermek için Gerekli Doğalgaz	348 539,33	kWh/Yıl
Doğalgaz Birim Fiyatı	1,661	TL/kWh
Elde Edilecek Tasarruf	578 923,82	TL/Yıl

$$1\text{kW} = 860 \text{ kCal}$$

Kompresör ısı geri kazanım su giriş sıcaklığı: 50 °C

Kompresör ısı geri kazanım su çıkış sıcaklığı: 70 °C

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$88\ 924,0 \text{ kCal/h} = m \times 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \times (70-50) ^\circ\text{C}$$

Kompresör Geri Kazanım Su Debisi (kg/h) = 4 446,2 kg/h

Kompresör Geri Kazanım Su Debisi (m³/h) = 4,446 m³/h

Çizelge 4.27. GA 160+ Sabit Devirli Önerilen Kompresör Atık Isı Geri Kazanım Hesabı

Önerilen Kompresör Gücü	160	kW
Tahmini Önerilen Kompresör Yüğü	100%	%
Kompresör Ortalama Çalışma Gücü	160	kW
Geri Kazanılabilir Enerji	88	kW
Kompresör Sayısı (Aktif)	2	Adet
Kompresörün Yıllık Tam Kapasite Çalışma Süresi	7200	Saat/Yıl
Kazanılan Enerjinin Kullanılma Süresi	3000	Saat/Yıl
Kompresörlerden Elde Edilebilecek Enerji Miktarı	528 000	kWh/Yıl
Mevcut Isıtma Sistemi Yaklaşık Verimi	89%	%
Aynı Enerjiyi Vermek için Gerekli Doğalgaz	593 258,43	kWh/Yıl
Doğalgaz Birim Fiyatı	1,661	TL/kWh
Elde Edilecek Tasarruf	985 402,25	TL/Yıl

1kW = 860 kCal

Kompresör ısı geri kazanım su giriş sıcaklığı: 50 °C

Kompresör ısı geri kazanım su çıkış sıcaklığı: 70 °C

$Q = m \times c \times \Delta T$

75 680,00 kCal/h = m x 1 kcal/kg °C x (70-50) °C

Kompresör Geri Kazanım Su Debisi (kg/h) = 3784 kg/h

Kompresör Geri Kazanım Su Debisi (m³/h) = 3,784 m³/h

Çizelge 4.28. GA 132 Sabit Devirli Önerilen Kompresör Atık Isı Geri Kazanım Hesabı

Önerilen Kompresör Gücü	132	kW
Tahmini Önerilen Kompresör Yüğü	100%	%
Kompresör Ortalama Çalışma Gücü	132	kW
Geri Kazanılabilir Enerji	73	kW
Kompresör Sayısı (Aktif)	1	Adet
Kompresörün Yıllık Tam Kapasite Çalışma Süresi	7200	Saat/Yıl
Kazanılan Enerjinin Kullanılma Süresi	3000	Saat/Yıl
Kompresörlerden Elde Edilebilecek Enerji Miktarı	217 800,00	kWh/Yıl
Mevcut Isıtma Sistemi Yaklaşık Verimi	89,0%	%
Aynı Enerjiyi Vermek için Gerekli Doğalgaz	244 719,10	kWh/Yıl
Doğalgaz Birim Fiyatı	1,661	TL/kWh
Elde Edilecek Tasarruf	406 478,43	TL/Yıl

$$1\text{kW} = 860 \text{ kCal}$$

Kompresör ısı geri kazanım su giriş sıcaklığı: 50 °C

Kompresör ısı geri kazanım su çıkış sıcaklığı: 70 °C

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$62.436,00 \text{ kCal/h} = m \times 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \times (70-50) ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kompresör Geri Kazanım Su Debisi (kg/h)} = 3121,8 \text{ kg/h}$$

$$\text{Kompresör Geri Kazanım Su Debisi (m}^3\text{/h)} = 3,121 \text{ m}^3\text{/h}$$

Çizelge 4.26' da GA200 VSD+ kompresörden, Çizelge 4.27'de GA 160+ Sabit Devirli kompresörden ve Çizelge 4.28' de GA 132 Sabit Devirli kompresörden atık ısı geri kazanımı ile elde edilecek tasarruf miktarları verilmiştir. Bu çizelgelere göre kompresörlerden elde edilecek enerji tasarruf miktarı toplamda 1 186 516,85 kWh/Yıl, toplam tasarruf miktarı yıllık 1 970 804,49 TL' dir. Toplam veriler Çizelge 4.29'da yazılmıştır.

Çizelge 4.29. Önerilen Kompresörler Isı Geri Kazanımı ile Önlenebilir Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Toplam Tasarruf Miktarı		Önlenebilir Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
1 186 516,85	1 970 804,49	240	719	4 976 074,13	2,5

Çizelge 4.29’ da Kompresör atık ısı geri kazanımından ortam ısıtma uygulaması ile sağlanacak toplam enerji tasarruf miktarı yıllık 1 186 516,85 kWh’tır. Önlenebilir emisyon miktarı yıllık 240 tondur. Bu emisyon değerini sıfırlamak için 719 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir.

4.3.7. Kompresör Isı Geri Kazanım ile Organik Rankine Uygulaması

Organik Rankine Çevrimi (ORC) sisteminde farklı atık ısı kaynaklarından elektrik enerjisi elde edebilmek için geleneksel akışkan olarak su yerine hidrokarbon bileşenli organik akışkanlar kullanılmaktadır. Düşük sıcaklıklarda çalışılmak istenildiği için bu değerlere en uygun çalışma sıvısı olarak soğutucu akışkan R245fa kullanılmaktadır.

Mikro ORC (MORC), çeşitli kaynaklardan elde edilen ısı enerjisi evaporetöre aktarılarak akışkanın buharlaştırılması, sıcaklığı ve basıncı yüksek akışkan buharının türbini tahrik ederek elektrik elde edilmesi şeklinde çalışmaktadır. Türbinde genişleyen akışkan kondenserde sıvı hale dönüştürülmekte ve pompa yardımıyla basıncı yükseltilip tekrar evaporatöre gönderilerek çevrim tamamlanmaktadır. Mevcut kompresör sistemindeki atık ısı, organik rankine çevriminde kullanılarak elektrik üretimi sağlanabilir. Ayrıca kompresörün mevcut yağı bu sistem dolayısıyla soğutulacağı için fan kısmı da ekstra bir enerji tüketimine neden olmayacaktır.

15,12 m³/h debi 70°C giriş 50°C çıkış sıcaklığında su için tasarlanan sistem 20kW kurulu güce sahiptir. Yaklaşık 10kW iç tüketime sahip olan sistemin verimi ve iç tüketimi çevre şartlarına göre değişebilmektedir. Tesisin çalışma sürecinde atık ısı kaynağını sağlayan

tüm kompresörlerin çalıştığı ve tesisin yıllık çalışma saatinin 7200 saat olduğu kabul edildiğinde yıllık yaklaşık 72000 kWh geri kazanım yapması beklenmektedir. Ayrıca her bir kompresör fan motoru çalışma ihtiyacı duymayacağı için kompresör başına 1,5kW fan gücü olmak üzere 4 adet kompresör için 6kW'lık bir enerji tüketiminde azalma olacaktır.

Çizelge 4.30. Kompresör ORC Yaklaşık Tasarruf Tablosu

Kompresör Isı Geri Kazanım Organik Rankine		
Kompresör Adet	4	Adet
ORC'den Elde Edilebilecek Yaklaşık Elektrik	10	kW
Kompresör Fan Elektrik Tasarruf	8	kW
Toplam Elektrik Tasarruf Miktarı	18,0	kW
Yıllık Çalışma Saati	7.200	h/Yıl
Yıllık Elektrik Tasarruf Miktarı	129.600	kWh/Yıl
Elektrik Birim Fiyatı	3,732	TL/kW
Yıllık Elektrik Tasarruf Miktarı	483.667,20	TL/Yıl

Çizelge 4.31. Kompresör Atık Isı Geri Kazanım Organik Rankine ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Toplam Tasarruf Miktarı		Önlenen Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
129 600,00	483 667,20	65	194	2 639 000	5,5

Çizelge 4.31' te görüldüğü üzere Kompresör atık ısı geri kazanım organik rankine uygulaması ile sağlanacak toplam enerji tasarruf miktarı yıllık 129 600,00 kWh'tır. Önlenen emisyon miktarı yıllık 65 tondur. Bu emisyon değerini sıfırlamak için 194 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir.

4.3.8. Basınçlı Hava İzleme Sistemi

Basınçlı hava sisteminin incelenmesi, sistemin olabildiğince verimli tutulmasına ve uzun süreli veri saklama şansı tanımaktadır. Buna bağlı olarak ilerleyen süreçlerde yapılacak yatırımlar veya daha yeni ekipmanlarla yapılacak değişiklikler daha sağlıklı bir şekilde uygulanmasına olanak sağlayacaktır.

Ortalama Yatırım Maliyeti; 7567 Euro (1 Kompresör için)



Şekil 4.24. Basınçlı Hava İzleme Sistemi

4.3.9. Elektrik Motorlarının Verimliliyle Değiştirilmesi

İşletmenin pres kısmında yüksek güçlü motorlar kullanılmaktadır. İşletmede ki motor etiketleri incelendiğinde herhangi bir verimlilik sınıfını gösteren bir ibare bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple tasarruf hesabı gerçekleştirilen motorları IE2 verimlilik sınıfı olduğunu kabul ederek IE4 ile değişimi sonucunda oluşacak tasarruf hesabı aşağıda gerçekleştirilmiştir.

$$K=t.P_N.X.k.(1/\mu-1/\mu_{eff})$$

K: Yıllık toplam tasarruf (TL)

t: Yıllık toplam çalışma saati (h)

P_N: Motorun anma gücü (kW)

x: Motorun yüklenme oranı (Örnek olarak; yüklenme oranı %80 ise $x=0,8$ olarak alınır.)

k: Elektrik enerjisinin birim fiyatı (TL/kWh)

μ : Mevcut motorun verim değeri (Örnek olarak; verim değeri %80 ise $\mu =0,8$ olarak alınır.)

μ_{eff} : Yüksek verimli motorun değeri %85 ise $\mu_{eff}= 0,85$ olarak alınır.)

Çizelge 4.32' de işletmede farklı alanlarda bulunan 5 ana motorun, mevcut motor güçleri korunarak sadece verim oranı yüksek motor değişimi yapıldığında sağlanacak yıllık enerji tasarrufları yer almaktadır.

Çizelge 4.33' te görüldüğü üzere elektrik motorlarının verimlisiyle değiştirilmesi uygulaması ile sağlanacak toplam enerji tasarruf miktarı yıllık 23 443 kWh'tır. Önlenecek emisyon miktarı yıllık 11,72 tondur. Bu emisyon değerini sıfırlamak için 35 adet ağaç dikilmesi gerekmektedir.

Çizelge 4.32. Verimli Elektrik Motoru Değişimi ile Sağlanan Tasarruf Miktarları

Motor Yeri	Motor Etiket Gücü (kW)	Adet	Çekilen Güç (kW)	Mevcut Motor Verimi	Yüklenme Oranı	Yeni Motor Gücü (kW)	Yeni Motor Verimi	Çalışma Süresi (Yıl/Saat)	Elektrik Tasarruf (kW/Yıl)	Birim Fiyat (kWh/TL)	Tasarruf Miktarı (TL/Yıl)	Yatırım Miktarı (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
MTP 230 Ana Motor	90	1	11,1	93,3%	23%	90	95,9%	7200	4271	3,732	15940	91 620	5,7
MTP 208 Ana Motor	75	1	11,1	93,1%	21%	75	95,8%	7200	3469	3,732	12946	76 350	5,9
MTP 209 Ana Motor	132	1	11,1	93,8%	19%	132	96,1%	7200	4660	3,732	17392	134 376	7,7
MTP 903 Ana Motor	125	1	11,1	93,6%	20%	125	96,1%	7200	4889	3,732	18246	127 250	7,0
Pres 701 Ana Motor	160	1	11,1	94,0%	19%	160	96,5%	7200	6154	3,732	22968	162 880	7,1

Çizelge 4.33. Verimli Elektrik Motoru Değişimi ile Önlenebilir Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Toplam Tasarruf Miktarı		Önlenebilir Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
23 443	87 491	11,72	35	592 476	6,8

4.3.10. Fotovoltaik Sistem Uygulaması

İşletmenin çatı alanı değerlendirildiği zaman ortaya değerlendirilebilir bir fotovoltaik çatı kurulum potansiyeli ortaya çıkmaktadır. İşletme sınırları içerisinde bulunan ve değerlendirilebilir çatı alanı yaklaşık 12 815 m² olan bu yerleşimin çatı alanı fotovoltaik kurulum için uygun olup hesaplanan, çatı statik hesaplarının sağlıklı olduğu düşünülerek veriler Çizelge 4.35’ te yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar yapılırken herhangi bir panel boyutuna ve adedine bağlı kalınmadan m² başına güç potansiyeli kWp olarak hesaplanmış ve öngörüler yapılmıştır.

1 m² = 0,0905 kWp’ dir. Uygulama alanı 12 815 m²

Güç Potansiyeli (kWp) = 12 815 x 0,0905 = 1160 kWp’ dir.

İşletmede belirtilen alan için hesaplama yapıldığında çıkan yaklaşık kurulu güç potansiyeli 1160 kWp olmaktadır. Fakat işletmenin sözleşme gücüne göre bu değer daha düşük, yüksekte olabilmektedir. Elektrik fiyatı tüm yıllar boyunca sabit Ocak 2023 değeri olan 3,732 TL/kWh olarak alınmıştır, bu birim fiyatın sürekli artış gösterme potansiyeli olduğu için geri ödeme süresi hesaplanandan daha az da olabilir. Çizelge 4.34’ te güneş panellerinin aylık tahmini enerji üretim kapasiteleri verilmiştir. Tabloda yazılan değerler güneş enerjisi teknolojisi, fotovoltaik sistem performanslarının tahmin edilmesi için sanal ortamda geliştirilen simülasyon programından alınan yaklaşık değerlerdir. Kullanılan uygulama Pvgis’ tir. Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGIS) güneş enerjisi harita tabanlı envanter sağlar.

Çizelge 4.34. Güneş Enerjisi Tahmini Aylık Üretim

Aylar	Enerji Üretimi kWh/Ay	Aylar	Enerji Üretimi kWh/Ay
Ocak	73 409	Temmuz	191 282
Şubat	81 553	Ağustos	185 966
Mart	117 480	Eylül	152 734
Nisan	142 770	Ekim	121 393
Mayıs	156 708	Kasım	101 185
Haziran	170 265	Aralık	75 619
Ortalama	130 864	Yıllık Toplam	1 570 364

Güneş panelleri üreticileri panellerin ilk 10 yılda %100 verimle çalışacağını garanti eder, 10 yıldan sonra verim kayıpları ile bu oran %90' a düşer ve 25 yıl tamamlandığında %80 verim göstereceği öngörülür. Çizelge 4.35' de yıllara göre verim kayıpları, üretilen enerji miktarının hesaplamaları görülmektedir.

Örnek Hesaplama;

Panellerin Enerji Üretimi (kWh/Yıl)= Panel Verimi x Yıllık Toplam Enerji Üretimi

Çizelge 4.35' in 3. satırı için hesaplama Panellerin Enerji Üretimi (kWh/Yıl)= %98 x 1 570 364 = 1 538 957 kWh/Yıl

Yıllık Gelir (TL)= (1 538 957 kWh/Yıl x 4,14)+Yıllık Gider (-35 000 TL) = 6 336 281 TL

Yaklaşık Yatırım Bedeli = Proje Bedeli (TL) = - 18 532 925 TL

Yatırımın Geri Dönüşü (TL) = Toplam Yıllık Gelir (TL) + Yaklaşık yatırım Bedeli (TL)
=

Yatırımın Geri Dönüşü (TL) = 6 466 307 (1.yıl) + 6 401 294(2. Yıl) + 6 336 281 (3. Yıl)
+ (- 18 532 925) = 670 957 TL

Çizelge 4.36' da işletmenin 12 815 m²' lik çatı alanına kurulacak olan fotovoltaik sistem ile yıllık toplam enerji tasarrufunun 1 389 772,14 kWh olduğu görülmektedir. Fotovoltaik sistem ile önlenen emisyon miktarı yıllık 694,89 tondur.

Çizelge 4.35. Fotovoltaik Sistem Tasarruf Miktarı

Yıl	Panel Verim Kaybı	Panel Verimi	Enerji Üretimi kWh/Yıl	Yıllık Gelir TL	Yaklaşık Yatırım Bedeli TL	Yıllık Gider TL	Yatırımın Geri Dönüşü TL
1	100%	100,00%	1 570 364	6 466 307	-18 532 925	-35 000	-12 066 618
2		99,00%	1 554 660	6 401 294		-35 000	-5 665 324
3		98,00%	1 538.957	6 336 281		-35 000	670 957
4		97,00%	1 523 253	6 271 268		-35000	6 942 225
5		96,00%	1 507 549	6 206 255		-35 000	13 148 479
6		95,00%	1 491 846	6 141 242		-35000	19 289 721
7		94,00%	1 476 142	6 076 229		-35 000	25 365 949
8		93,00%	1 460 439	6 011 215		-35 000	31 377 165
9		92,00%	1 444 735	5 946 202		-35 000	37 323 367
10		91,00%	1 429 031	5 881 189		-35 000	43 204 557
11	90%	90,00%	1 413 328	5 816 176		-35 000	49 020 733
12		89,29%	1 402 178	5 770 017		-35 000	54 790 750
13		88,57%	1 390 871	5 723 208		-35 000	60 513 957
14		87,86%	1 241 750	5 105 843		-35 000	65 619 801
15		87,14%	1 231 574	5 063 715		-35 000	70 683 516
16		86,43%	1 357 266	5 584 080		-35 000	76 267 596
17		85,71%	1 345 959	5 537 270		-35 000	81 804 866
18		85,00%	1 334 809	5 491 111		-35 000	87 295 977
19		84,29%	1 323 660	5 444 952		-35 000	92 740 928
20		83,57%	1 312 353	5 398 142		-35 000	98 139 070
21		82,86%	1 301 204	5 351 983		-35 000	103 491 053
22		82,14%	1 289 897	5 305 174		-35 000	108 796 227
23		81,43%	1 278 747	5 259 014		-35 000	114 055 241
24		80,71%	1 267 441	5 212 205		-35 000	119 267 446
25	80%	80,00%	1 256 291	5 166 046		-35 000	124 433 492

Çizelge 4.36. Fotovoltaik Sistem ile Önlenen Emisyon Miktarı ve Geri Ödeme Süresi

Toplam Tasarruf Miktarı		Önlenen Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yaklaşık Yatırım Maliyeti	Geride Ödeme Süresi
kWh/Yıl	TL/Yıl	Ton CO ₂ /Yıl	Adet	TL	Yıl
1 389 772,14	5 718 656,66	694,89	2085	18 532 925	3,2

(Yatırım miktarı ortalama alınmıştır, farklılık göstermektedir.)

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada otomotiv yan sanayi işletmesinde karbon emisyonlarının hesaplanması ve enerji verimliliği çalışmaları yapılacak alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. ISO 14064/GHG protokolüne göre aktiviteler kapsamlara ve katagorilere ayrılarak sistem sınırları belirlenmiştir. Karbon ayak izi hesaplaması sonucunda sıcak nokta analizi yapılmıştır. Son olarak enerji verimliliği çalışmaları kapsamında 10 iyi uygulama önerisi değerlendirilmiş ve herbir çalışma ile sağlanacak tasarruf ve önlenecek CO₂ emisyon miktarları belirlenmiştir Bu uygulamalarla ilgili veriler aşağıda Çizelge 4.37’de topluca verilmiştir.

Çizelge 4.37. Enerji Verimliliği Uygulamaları ve Sağladığı Faydalar

Toplam Tasarruf Miktarı	Önlenen Emisyon Miktarı	Ağaç Sayısı	Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
Aydınlatma Sistemi				
TL/Yıl	Ton CO₂/Yıl	Adet	TL	Yıl
77 359	38,68	116	384 838	1,3
Chiller Sistemi				
20 064,75	10,03	30	302 550	4
Pompa Sistemi				
37 260	18,63	56	461 051,50	3,3
Basınçlı Hava Sistemi				
1 475 473,03	738	2213	7 462 900	1,4
Kompresör Isı Geri Kazanım				
1 186 516,85	240	719	4 976 074,13	2,5
Kompresör Isı Geri Kazanım ile Organik Rankine				
129 600	65	195	2 639 000	5,5
Verimli Elektrik Motoru Değişimi				
23 443	11,72	35	592 476	6,8
Fotovoltaik Sistem				
1 389 772,14	694,89	2085	18 532 925	3,2

Bu tez çalışmasında elde edilen başlıca sonuçlar aşağıdaki özetlenmiştir:

- Sıcak nokta analizine göre ilk sırada %95,1'lik emisyon payı ile satın alınan hammaddelerden kaynaklandığı görülmüştür. Emisyonun %3,7'lik kısmı elektrik tüketimi, %1.0'lik kısmı üretim sonrası lojistik ve taşıma faaliyetleri kaynaklıdır.
- İşletmedeki en büyük emisyon payını üretim için satın alınan hammaddeler oluşturduğu tespit edilmiştir. Bunun temel sebebi dışarıdan alınan çeliğin büyük bir kısmının Yüksek Fırınlı Bazık Oksijen Fırın (BOF) yöntemi ile üretilmesidir.
- İncelenen işletmenin yıllık emisyon miktarı 250 328 ton CO₂ eşd. olarak hesaplanmıştır. Karbon ayak izi hesaplanmasında işletmenin tüm faaliyetleri (ulaşım, üretim, ısınma, yeme-içme, enerji tüketimleri vb.) göz önüne alınmıştır.
- Karbon emisyonunun büyük bir bölümünü oluşturan satın alınan hammaddeler (çelik) için yeşil tedarikçi araştırması yapılması gerekmektedir. Hidrojen yakıtlı yeşil çelik üretimi yapan tedarikçiler tercih edilebilir. Mevcut satın alınan hammaddenin düşük karbonlu çelik mamüller ile ikamesi sağlanmalıdır.
- Yeşil satınalma süreçlerinin işletmede benimsenmesi gerekmektedir. Karbon nötr üretim modeline geçilmelidir. Ürünlerin yaşam döngüleri, bertaraf yöntemleri, çevreye dost ürünlerin satın alınması, üretim süreçlerinin çevreye en zararsız hale getirilebilmesi için kullanılan ambalaj/kutulama/kasalalama ve taşıma metotlarında çevre değerleri ön planda tutulmalıdır. Enerji verimliliği sağlamak adına önerilen 10 uygulama sonrasında toplam enerji tasarruf miktarı 4 715 110,35 kWh, toplam yıllık tasarruf miktarı 15 671 544,4 TL, toplam önlenecek emisyon miktarı 2004,76 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.
- 10 iyi uygulama önerisinin uygulama planları kısa, orta ve uzun vadede değerlendirildiğinde en yüksek enerji tasarrufu potansiyeli sırasıyla verimsiz kompresörlerin verimlisiyle değiştirilmesi (1 475 473 kWh tasarruf potansiyeli), güneş enerjisi panelleri (1 389 772,14 kWh enerji tasarruf potansiyeli), yeni kompresörlerle atık ısı geri kazanım uygulaması (1 186 517 kWh enerji tasarruf potansiyeli), basınçlı hava kaçaklarının giderimi (375 622 kWh enerji tasarruf potansiyeli) uygulamalarında tespit edilmiştir.
- Verimsiz kompresörlerin verimlisiyle değiştirilmesi uygulaması ile önlenen CO₂ miktarı yıllık 737,74 tondur, yıllık tasarruf miktarı 5 506 465 TL' dir. Güneş enerjisi panelleri uygulaması ile önlenen CO₂ miktarı yıllık 694,90 tondur, yıllık

tasarruf miktarı 5 718 656,66 Tl' dir. Yeni kompresörlerle atık ısı geri kazanım uygulaması ile önlenen CO₂ miktarı yıllık 239,68 tondur, yıllık tasarruf miktarı 1 970 804 Tl' dir. Basınçlı hava kaçaklarının giderimi uygulaması ile önlenen CO₂ miktarı yıllık 187,81 tondur, yıllık tasarruf miktarı 1 401 820 Tl' dir.

- Enerji tasarruf miktarları ve önlenen karbon emisyonları değerlendirildiğinde verimsiz kompresörlerin verimlisiyle değiştirilmesi uygulaması ve güneş enerjisi panelleri uygulamalarının en verimli uygulamalar olduğu görülmüştür.
- İşletme çatısına 12 815 m² 'lik alana 1160kWp güç potansiyeline sahip paneller kurulması halinde, 1 389 772,14 kWh kadar enerji tasarrufu sağlanacağı tespit edilmiştir. 12 815 m²' lik çatı alanına kurulacak olan fotovoltaik sistem ile yıllık toplam enerji tasarrufunun 1 389 772,14 kWh olduğu tespit edilmiştir. Bu tasarruf sayesinde yaklaşık 3 yıl içerisinde kendi yatırım maliyetini çıkartarak sonrasında işletmeye yüksek mali kazanç sağlaması beklenmektedir.

Sonuç olarak, işletmede yeşil üretim teknolojilerinin benimsenmesinin, önerilen 10 uygulamanın dikkate alınmasının ve bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının, zamana bağlı enerji tasarrufu önlemlerinin alınması, CO₂ salınımlarını azaltmak ve enerji verimliliğini sağlamak adına faydalı olacağı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Anonim, (2004). The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard, World Resources Institute (WRI). Erişim adresi: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Anonim, 2011a. The Greenhouse Gas Protocol and Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard, World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development. Erişim adresi: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-ReportingStandard_041613_2.pdf

Anonim 2011b. Karbon Yönetimi Standartları 7. Geri Dönüşüm, Çevre Teknolojileri ve Atık Yönetimi Uluslararası Fuarı, Tüyap Fuar ve Kongre Merkezi, 10 Haziran 2011, İstanbul.

Anonim 2013. International Organization for Standardization. Erişim adresi: <https://www.iso.org/search.html?q=14064>

Anonim, 2014a. Ford Lio Ho Motor Co. Ltd., Greenhouse Gas Inventory Report. Taiwan, 15-20, 2014.

Anonim, 2014b. PAS 2060:2014 Specification for the demonstration of carbon neutrality, British Standards Institution, London, United Kingdom, s. 40.

Anonim,2019. ISO 14064-1 Kurumsal Karbon Ayak İzi Raporlama. Erişim adresi: <https://www.tse.org.tr/IcerikDetay?ID=3039>

Anonim 2020. A European Green Deal. Erişim adresi: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Anonim 2022. Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Seragazi Emisyon İstatistikleri, 1990-2020 Haber Bülteni, 30/03/2022, Sayı:45862. Erişim adresi: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/seragazi-emisyonlari-i-85722>

Anonim, 2023a. Ton Eşdeğer Petrol Hesaplamaları. Erişim adresi: <https://www.epod.com.tr/ton-esdeger-petrol-hesaplama/>

Anonim 2023b. Aydınlatma Sistemleri. Erişim adresi: <https://www.sektorumdergisi.com/fabrikalarda-yuksektavan-aydinlatma-armaturu-uygulamasi/-/>

Anonim 2023c. Pompa Sistemleri. Erişim adresi: <https://masgrup.com/pompa-nedir-ne-ise-yarar-cesitleri-nelerdir>

Apaydın A. (2002). Sera Etkisi Yapan Gazlar ve Küresel Isınma, *Populerbilim makalesi*, 01.06.2002, s. 24-29.

Bekiroğlu, O. (2011). Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi, II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi. Erişim adresi: http://www.emo.org.tr/ekler/49c17cab08ed10e_ek.pdf

Finkbeiner M., König P. (2013). Carbon Footprint And Life Cycle Assessment Of Organizations, *Journal of Environmental Accounting Management*, 1(1): 55-63.

Harangozo G., Szigeti C. (2017). Corporate Carbon Footprint Analysis In Practice – With A Special Focus On Validity And Reliability Issues, *Journal of Cleaner Production*, 167:1177-1183.

Jochem, H., Wolfram, T. (2014). Carbon Footprint Environment Sustainability Report. Volkswagen, pp: 126-129.

Özçağ, M., Yılmaz, B. , Sofuoğlu, E. (2017). Türkiye’de Sanayi ve Tarım Sektörlerinde Seragazı Emisyonlarının Belirleyicileri: İndeks Ayırıştırma Analizi, *Uluslararası İlişkiler*, 14(54): 175-195.

Pachauri, K. R., Meyer, L. (2014). Climate Change 2014 Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.

Seven, İ., (2020). Evaporatif Soğutma ile Chiller Veriminin Arttırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa.

Sreng, R., (2016). Otomotiv Endüstrisinde Karbon ayak izi. *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya.

Soylu, E. (2017). Ocak Basınçlı Hava sistemlerinde enerji verimliliği. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/105359101-Basincli-hava-sistemlerinde-enerji-verimliliği.html>

Türe, C., (2023). Avrupa Birliği (AB) Tarafından Onaylanan İklim Yasası Eskişehir Sanayi İhracatını Nasıl Etkiler?. Erişim adresi: <https://www.eso.org.tr/avrupa-birligi-ab-tarafından-onaylanan-iklim-yasasi-eskisehir-sanayi-ihracatini-nasil-etkiler->

Ulusal A. (2021). Tarımda Karbon Ayak İzimiz, Toros İnovasyon Bülteni, Haziran 2021, Sayı 19. Erişim adresi: <https://www.toros.com.tr/documents/KURUMSALL/Hakk%C4%B1nda/AR-GE%20Merkezi/toros-inovasyon-bulteni-sayi-19.pdf>

Üreden A., Özden S. (2018). Kurumsal Karbon Ayak Izi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(2):98-108.

Üren, S. (2010). Basınçlı Hava Sistemleri. *Sanayide Enerji Ekonomisi*, pp. 142-169. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.

Yılmaz, F. Ő., (2014). Sürdürülebilir Çevre için Mimari Aydınlatma Sistemi Tasarımında Kullanılabilecek Bir Yaklaşım. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mimarlık Ana Bilim Dalı Yapı Bilimleri Programı, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Selin Bengü EDİZ
Doğum Yeri ve Tarihi :
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Bursa Gazi Anadolu Lisesi
Lisans : Kocaeli Üniversitesi/Çevre Mühendisliği
Yüksek Lisans : -

Çalıştığı Kurum(lar) : Beyçelik Gestamp Otomotiv A.Ş.

İletişim (e-posta) :

Akademik çalışmalar* : EDİZ, S.B., ŞANLI, G. E., 2022. Energy Consumptions and Energy Efficiency Applications in the Automotive Supplier Industry: A Case Study of Sheet Forming and Welding Plant in Bursa, Turkey. 5th International Congress on Agriculture, Environment and Health, 17-19 February 2022, Aydın.