

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BİR İŞLETMENİN ÇEVRE ETKİSİNİN EKOLOJİK AYAK İZİ
UYGULAMASI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLHAN SAĞER

DENİZLİ, KASIM - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BİR İŞLETMENİN ÇEVRE ETKİSİNİN EKOLOJİK AYAK İZİ
UYGULAMASI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLHAN SAĞER

DENİZLİ, KASIM - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

İlhan SAĞER tarafından hazırlanan “Bir İşletmenin Çevre Etkisinin Ekolojik Ayak İzi Uygulaması İle Değerlendirilmesi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 20.11.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

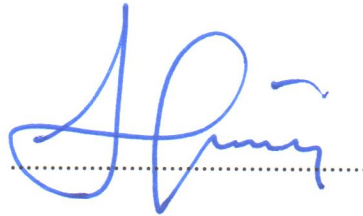
Danışman
Prof. Dr. Aşkîner GÜNGÖR

Üye
Doç. Dr. Olcay POLAT
Pamukkale Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Aslan Deniz KARAOĞLAN
Balıkesir Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
18/12/2019 tarih ve ...50/15... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

BEYAN

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

İlhan SAĞER



ÖZET

BİR İŞLETMENİN ÇEVRE ETKİSİNİN EKOLOJİK AYAK İZİ UYGULAMASI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLHAN SAĞER

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. AŞKİNER GÜNGÖR)

DENİZLİ, ARALIK - 2019

Çevre etkisi araştırmalarında, son dönemlerde, ekolojik ayak izi yöntemi, sahip olduğu geniş perspektif, ölçülebilirliği ve izlenebilirliği özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu tezde, ekonomik potansiyeli ve yarattığı istihdam yönünden olduğu kadar çevresel etkileri bakımından önemli sektörlerden birisi olan tekstil sektöründe faaliyet gösteren yarı entegre bir firmanın çevresel etkisi, ekolojik ayak izi hesaplanarak ortaya çıkarılmıştır. Firmanın çevre etkisinin azaltılması, diğer bir ifade ile ekolojik ayak izinin küçültülmesi için hayata geçirebileceği projeler, hem literatüre dayalı olarak, hem de firma bünyesinde oluşturulan odak grup çalışmaları ile belirlenmiştir. Belirlenen projelerin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ve TOPSIS kullanılmıştır. Tekstil sektöründe ilk kez ekolojik ayak izi uygulamasını gerçekleştirmesi, ekolojik ayak izi hesaplanmasına yönelik yeni katsayılar kazandırması ve disiplinlerarası bir çalışmaya dayalı olarak çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik projeleri değerlendimesi yönleri ile önerilen tez hem teoriye hem de uygulamaya önemli katkılar sağlamaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: Çevre; Tekstil, Ekolojik Ayak İzi; Karbon Ayak İzi; AHP; TOPSIS

ABSTRACT

EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF AN ORGANIZATION WITH ECOLOGICAL FOOTPRINT APPLICATION

MSC THESIS

İLHAN SAĞER

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
INDUSTRIAL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:PROF.DR. ASKINER GUNGOR)

DENİZLİ, DECEMBER 2019

In environmental impact studies, ecological footprint method has recently come to the fore with its wide perspective, measurability and traceability features. In this thesis, the environmental impact of a semi-integrated company operating in the textile sector, which is one of the important sectors in terms of its economic potential and employment, as well as its environmental impacts, is determined by calculating the ecological footprint. The projects that the company can implement to reduce the environmental impact, in other words to reduce the ecological footprint, have been determined both on the basis of literature and focus group studies established within the company. AHP and TOPSIS, which are multi-criteria decision making techniques, were used in the evaluation of the identified projects. The thesis proposed for the first time in the textile sector, introducing new coefficients for the calculation of ecological footprint, and evaluating projects aimed at reducing environmental impacts based on an interdisciplinary study provides important contributions to both theory and practice.

KEYWORDS:Environment; Textile; Ecological Footprint; Carbon Footprint; AHP; TOPSIS

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR	vi
ÖNSÖZ.....	vii
1. GİRİŞ.....	8
2. ÇEVRE SORUNLARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK.....	11
2.1 Çevre Sorunları.....	13
2.2 Ekolojik Ayak İzi Kavramı ve Temel Bileşenleri	15
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	17
4. MATERYAL VE METOT.....	26
4.1 Çalışmanın Genel Yaklaşımı.....	27
4.2 Ekolojik Ayak İzi Hesaplama Metodu.....	27
4.2.1 Küresel Ayak İzi Ağı Açık Hesaplama	28
4.2.2 Küresel Ayak izi Ağı Basitleştirilmiş Hesaplama.....	28
4.2.3 Dönüşüm Katsayıları Metodu	28
4.3 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).....	29
4.4 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)	33
5. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME.....	37
5.1 Uygulama Yapılacak Firmanın Tanıtımı	37
5.1.1 Hesaplama Verilerinin Elde Edilmesi	39
5.1.2 Çalışmaya Katkı Sağlayan Uzmanlar ve Karar Mekanizması	39
5.2 Firmanın Ekolojik Ayak İzi hesaplaması.....	39
5.3 Firma Ayak İzinin Genel Analiz	52
5.4 Ekolojik Ayak İzinin İndirgenmesi	53
5.4.1 Karar Kriterlerinin Belirlenmesi	53
5.4.2 EAİ İndirgeme Projelerinin Belirlenmesi	56
5.4.3 Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	67
5.4.4 Projelerin TOPSIS ile Önceliklendirilmesi.....	69
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	78
7. KAYNAKLAR	80
8. ÖZGEÇMİŞ.....	86

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4. 1: Hiyerarşinin yapısal gösterimi	30
--	----

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1: AHP’de Kullanılan Saaty 1-9 Ölçeği.....	30
Tablo 5.1: Gıda Alanındaki Ayak İzi Katsayısı.	41
Tablo 5.2: Firma Yıllık Araç Karbondioksit Salınımları.	44
Tablo 5.3: Karayolu İle Taşıma Ve Enerji Katsayıları.	45
Tablo 5.4: Havayolu İle Taşıma Ve Enerji Katsayıları.....	45
Tablo 5.5: Global Ayak İzi Katsayıları.	46
Tablo 5.6: Karbondioksit Salınımının Karbon Ayak İzi (KAİ).	46
Tablo 5.7: Hammadde Kullanımı Eşdeğerlik ve Verim Faktörü Hesaplaması.	47
Tablo 5.8: Firma Pamuk Kullanım Detayı.	48
Tablo 5.9: Hammadde Ekolojik Ayak İzi.	48
Tablo 5.10: Hammadde Kullanımı ve Ekolojik Ayak İzi Katsayısı.	48
Tablo 5.11: Dünya su kapasiteleri	49
Tablo 5.12: Ayak İzinin Sınıflandırılması.....	50
Tablo 5.13: Firmanın Toplam Ayak İzi.	51
Tablo 5.14: Firma Ayakizi Ayrıştırması.	53
Tablo 5.15: Saaty Ölçeklendirilmesi.....	55
Tablo 5.16: İTT Projesi Ekolojik Ayakizi İndirgemesi.	64
Tablo 5.17: SPT Projesi Ekolojik Ayakizi İndirgemesi.....	65
Tablo 5.18: KBE Projesi Ekolojik Ayakizi İndirgemesi.....	67
Tablo 5.19: Karar Kriterlerinin Kıyaslanması.....	67
Tablo 5.20: Normalize Edilmiş Kriter Ağırlıkları.	68
Tablo 5.47: Topsis Yöntemi Karar Matrisi.	70
Tablo 5.48: TOPSIS Yöntemi Kareler Matrisi.....	71
Tablo 5.49: TOPSIS Yöntemi Normalizasyon Matrisi.	72
Tablo 5.50: TOPSIS Yöntemi Ağırlıklandırma Matrisi.....	72
Tablo 5.51: Topsis Yöntemi İdeal Ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri.	73
Tablo 5.52: TOPSIS Yöntemi İdeal Çözüme Göre Uzaklık Hesaplama Matrisi. .	74
Tablo 5.53: Topsis Yöntemi Negatif İdeal Çözüme Göre Uzaklık Hesaplama Matrisi.....	75
Tablo 5.54: Topsis Yöntemi İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Matrisi.	76
Tablo 5.55: AHP Ve Topsis Yöntemlerinin Karşılaştırılması.	77

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process)
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
NBD	: Net Bugünkü Değer
EAI	: Ekolojik Ayak İzi
KAI	: Karbon Ayak İzi
kha	: Küresel Hektar
kWh	: Kilowatt Saat
gm²	: Küresel Metre Kare

ÖNSÖZ

Çalışmaya geçmeden önce çalışma yolunu gösteren ve çalışma boyunca her türlü desteği sunmaktan geri kalmayan değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Aşkın GÜNGÖR 'e teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca bugünlere gelmem de emeği olan ve bunun sağlayıcısı olan varlık kaynağım yol göstericilerim Annem Özcan SAĞER, Babam Ümit Kurucu SAĞER ve çalışma sürecim boyunca motivasyonumu ve direncimi yüksek tutmam için elinden geleni yapan, hayatıma girdiği andan beri hep yanımda ve en büyük motivasyon kaynağım olan kardeşim Çise SAĞER başta olmak üzere tüm yakınlarıma minnet duygularıyla teşekkürü borç bilirim.

Çalışma sürecim boyunca desteğini benden esirgemeyen her fedakarlığı yapan Feyza ÇOBAN ve Umut METE'ye teşekkürü borç bilirim.

Yine Çalışma sürecindeki desteklerinden dolayı değerli jüri üyelerim Doç. Dr. Olcay POLAT ve Doç. Dr. Deniz Aslan KARAOĞLAN' a teşekkürü borç bilirim. Ve bana çalışmam için veri desteği sağlayan firma ve yöneticilerime teşekkürü borç bilirim.

İlhan SAĞER

1. GİRİŞ

Canlılığın varoluşundan bu yana tüm farklı formlarına rağmen tüm yaşamsal faaliyetler bazı benzer doğal kaynaklara ihtiyaç duymaktadır. Yaşayan bir ekonomik sistem de yaşamak için belli doğal kaynaklara talep oluştururken yaşamın devamlılığını sağlayan doğal sistem tüm kaynaklarıyla bir arz meydana getirmektedir. Çağlar boyunca insan yaşam kaynaklarını doğadaki arzdan karşılarken, toplayıcılıktan başlayan öyküsünü zamanla düşünme yeteneği ile ticarete dönüştürmüş ve çeşitli teknolojiler geliştirerek ihtiyaç olgusunu zamanlar boyunca sürekli değiştirmiş ve karşılamayı bilmiştir. İnsanın zamanla kurduğu bölgesel ticaret noktaları yerel pazarlara, bugün ise pazarların birleşmesiyle birlikte küresel pazarlara dönüştürmüştür. Bu dönüşüm talep eğilim ve miktarlarında da ciddi değişimlere sebep olmuştur.

Globalleşen günümüz koşullarında, gelişen teknoloji ve değişen tüketim alışkanlıkları ve genel eğilimler dünya pazarlarında sınırları ortadan kalkmaya zorlamaktadır. Genel tüketim alışkanlığı geçmiş dönemlerde ihtiyaçtan talebe doğru oluşurken, günümüz koşullarında gelişen teknoloji ve değişen eğilimler önce ihtiyacı yaratıp ardından talep oluşturma yönünde evrilmektedir. Benzer şekilde geçmiş dönemlerde talep, ihtiyacı karşılamak yönünde oluşurken bugün ihtiyacın çok üzerinde bir talep oluşmaktadır. Bu durum üretim ve ticaret eğilimlerinde küreselleşme ihtiyacını ve ihtiyacın çok üzerinde bir üretim olgusunu meydana getirmektedir. Gelişen teknoloji ve buna bağlı pazarlama, lojistik ve tedarik ağlarında küçük pazarları tek bir dünya pazarı olma yönünde zorlamaktadır. Bu durum pazar rekabet koşullarını da oldukça arttırmaktadır.

Yeni oluşan bu pazar koşulları üretimi de etkilemiş ve üretim boyutlarını çok fazla arttırmıştır. Artan teknoloji ile birlikte artan üretim ve endüstrileşme insan ve insan talepleri için mükemmel diye görülen sonuçlar doğursa da konunun başında bahsedilen yaşam kaynakları için doğaya sunduğu talebi de inanılmaz arttırmıştır. Artık insanlık çevresel kaynaklara geliştirdiği bütün süreçlerle çok daha fazla ihtiyaç oluşturmuş, bir taraftan gerçekleştirdiği doğa katliamları ile Dünya'nın arzını da azaltmıştır. Doğadaki bu arz talep dengesinin talep yönünde bozulmasının ardından

Dünya geçen binlerce yıl boyunca biriktirdiği doğal sermayesini de kullansa da bu farka daha fazla katlanamayarak ekolojik açlık, kıtlık olguları ortaya çıkmaya başlamıştır.

İnsanlık son yüzyılda artan endüstrileşmeyle birlikte çevresel sorunları farketmiş olmakla birlikte çevresel felaketleri genelde “çok uzak” kabul edip kayıtsız kalmıştır.

Daha fazla farkındalık ve önlem için çok sayıda araştırma çalışması yapılmaya başlanmıştır. Önleyici çalışmalar ile sürdürülebilirlik ve bu olguya engel olan çevre sorunları çözülmeye çalışılmaktadır. Örneğin, ekolojik ayak izi kavramı (hala üzerinde tartışmalar devam etse de) çevresel sorunlara kapsamlı bir ölçülebilirlik kazandırmış ve çevresel etkilerin somut ve kolay bir şekilde anlaşılmasına yardımcı olmuştur.

Yapılan bu çalışmada çevresel etkinin en yoğun olduğu alanlardan biri olan endüstriyel çevresel etki alanına odaklanarak, çevre etki araştırmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Tezde, ekonomik potansiyeli ve yarattığı istihdam yönünden olduğu kadar çevresel etkileri bakımından önemli sektörlerden birisi olan tekstil sektöründe faaliyet gösteren yarı entegre bir firmanın, çevresel etkisi, ekolojik ayak izi hesaplanarak ortaya çıkarılmıştır. Firmanın çevre etkisinin azaltılması için hayata geçirebileceği projeler hem literatüre dayalı olarak hem de firma bünyesinde oluşturulan odak grup çalışmaları ile belirlenmiştir. Belirlenen projelerin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme teknikleri kullanılmıştır. Tekstil sektöründe ilk kez ekolojik ayak izi uygulamasını gerçekleştirmesi, ekolojik ayak izi hesaplanmasına yönelik yeni katsayılar kazandırması ve disiplinlerarası bir çalışmaya dayalı olarak çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik projeleri değerlendirmesi yönleri ile önerilen tez hem teoriye hem de uygulamaya önemli katkılar sağlamaktadır.

Tezin organizasyonu şu şekildedir: Tezin birinci bölümünde çalışmaya giriş ve önemli noktalara vurgu yapılmıştır. Bunun ardından sürdürülebilirlik kavramı detaylı anlatılarak çevre sorunlarına ve bu çalışmada kullanılan çözüm yaklaşımı olan ekolojik ayak izine teorik olarak değinilmiş bu olgular detaylı anlatılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde bugüne kadarki bilim insanlarının bu konuda

yaptıkları çalışmalardan örneklere yer verilmiş ve literatür araştırmasının kapsamı ve bu çalışmaya sağladığı motivasyon vurgulanıp devamında da bu çalışmanın literatüre katkısı anlatılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde uygulamada kullanılan materyal ve metotlar teorik olarak anlatılmıştır. Ardından yapılan uygulama sistematik biçimde detaylı olarak anlatılmış, bulgular ve değerlendirmeler okuyucuya tablolaştırılarak sunulmuştur. Çalışmanın sonuç kısmında ise genel değerlendirme ve çıkarımlar yapılmış ve alanda gelecekte yapılabilecek çalışmalara ışık tutulmuştur.

2. ÇEVRE SORUNLARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Kelime anlamı olarak sürdürülebilirlik, bir varlığın mevcut durumunu devam ettirebiliyor durumda olması ya da durumunu devam ettirmek için ihtiyacı olan kaynaklarını yenileyebiliyor olması olarak kabul edilebilir. Buradan hareketle sürdürülebilirlik gerek bir organizmanın yaşamsal faaliyetlerinin devamlılığını sağlama kabiliyeti, gerek bir sistemin devamlılığını getirebilme düzeyi olsun temel olarak yenilenebilir kaynaklar ve dengelenmiş bir tüketim durumunu gerektirmektedir.

Sürdürülebilirlik ortaya atıldığı zamandan bu yana bilimsel çalışmalar için oldukça ilgi görmüş ve evrim geçirmiştir.

Ortaya atıldığı 1987 yılı Birleşmiş Milletler Brundtland Komisyonu ve yayımlandığı “*Ortak Geleceğimiz Raporu*” ile dünya genelinde kabul görmüştür ve sistematik bir kavramdan çok üzerine odaklanılması gereken bir çalışma alanı olarak kabul edilmiştir (Brundtland ve diğ. , 1987).

Bu toplantı ve raporun ardından dünya genelinde bu alanda atılmış en önemli adımlardan biri de 1992 yılında 178 ülkeden 17 bin katılımcı ile gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Dünya Zirvesi ya da bir diğer adıyla Rio Zirvesi’dir. İncedayı (2004) yaptığı çalışmasında bu toplantılara geniş yer vermiştir. Yapılan incelemelerde bu zirvenin sürdürülebilirlik kavramının dünya tarafından kabulü için 2. önemli adım olarak görülmektedir.

Atılan bu adımların ardından dünya genelinde oluşan bilinç ve araştırmaların başarılı etkisi olarak gösterilebilecek 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü kavramın genel kabulünü gösterir niteliktedir.

Sürdürülebilirlik kavramının öneminin ve dünya geneli kabulündeki birkaç temel adımın ardından, bu kavram üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde sürdürülebilirliğin 3 temel boyutu olduğu görülmektedir. Bunlar; toplumsal boyut, ekonomik boyut ve çevresel boyuttur. Literatür incelendiğinde sürdürülebilirlik

çalışmalarının bu üç temel boyut üzerinde toplandığı gözlemlenmiştir. Bu üç temel boyut aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

- **Sürdürülebilirliğin Toplumsal Boyutu:** Toplumsal boyut kurulmuş olan her sistemin devamlılığının sağlanması için toplum refahını merkeze alan görüştür. Goel ve Sivam (2015) yaptıkları çalışmada sürdürülebilirlik çalışmalarının teknolojik, ekonomik boyutlarının incelenmesindeki yoğunlaşmanın aksine, kavramın bireye ve topluma bağlılığının da incelenmesini önermişlerdir. Woodcraft ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada sosyal sürdürülebilirliğin sağlanacağı alanların inşasına dikkat çekmişlerdir.
- **Sürdürülebilirliğin Ekonomik Boyutu:** Goodland (2002) yaptığı çalışmada ekonomik sürdürülebilirliğin en kabul gören tanımına vurgu yaparak sermayenin bozulmasını engelleyerek ekonomik devamlılığın sağlanmasına dikkat çekmiştir. Vivien (2008) yaptığı çalışmada modern ekonomide yenilenebilir kaynakları ekonominin merkezine koyarak enerji dönüşümü, hammadde dönüşümü, atıkların geri dönüşümü konularına değinerek daha verimli üretimin ekonomik olarak sürdürülebilir yönünü vurgulamıştır.
- **Sürdürülebilirliğin Çevresel Boyutu:** Sürdürülebilirlik kavramının ilk ortaya çıkışından itibaren en çok vurgulanan ve belki temel boyutu olarak gösterilebilecek boyuttur. Tüm diğer boyut ve faaliyetlerin devamlılığının canlılığın devamlılığına bağlılığı düşünülünce bu boyutun önemi daha da ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilirlikten bahsedebilmek için ekolojik devamlılığın ve ekosistemdeki dengenin ekonomik sistemdeki gibi sürdürülebilirliğinin sağlanması en temel gerekliliktir. Canlılar yaşamsal faaliyetleri ile tüketim yaratırken, ekosistem buna karşılık sürekli bir üretim içerisindedir. Binlerce yıldır korunan bu denge temel anlamda sürdürülebilir olsa da son dönem insan faaliyetleri ile ortaya çıkan aşırı tüketim unsuru yaratan çevresel sorunların tüketim hızını üretim hızının önüne geçirmesi tehlikesi ekolojik sürdürülebilirlik anlamında son derece büyük bir risk oluşturmaktadır.

2.1 Çevre Sorunları

Sürdürülebilirlik boyutları incelendiğinde ekosistem içerisinde temel boyutun gerçekleştirilmesi (çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması) ile binlerce yıldır süregelen yaşamsal faaliyetler içerisinde insan, kurduğu toplumsal birliktelikler ve meydana getirdiği ekonomik sistemler ile sürdürülebilirliğin diğer boyutları (ekonomik ve toplumsal boyutlar) üzerine eğilmiştir. Bunun için gerçekleştirdiği mal ve hizmet üretimi ile gelişen ve değişen ihtiyaçlarını karşılama fırsatını her dönem kendine sağlamıştır. Ancak bu durum bir noktadan itibaren tersine dönmüştür.

Özellikle sanayi devrimi ile artan üretim kapasiteleri ve buna destek olan teknolojik gelişmeler ile artan mal ve hizmet üretimi ekolojik anlamda ciddi bir tüketim meydana getirmiştir. Meydana gelen bu ekolojik tüketim, ihtiyaçtan fazla gerçekleştirilen mal ve hizmet üretimi ile ciddi boyutlara tırmanmıştır. Bu noktada çevresel sürdürülebilirlik kapsamında ciddi tahribatlar ve riskler ortaya çıkmıştır.

Söz edilen riskler, hızlı nüfus artışı ve buna bağlı önüne geçilemeyen çevresel tahribatla birlikte çok ciddi boyut kazanmıştır. Fulekar ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada insanlığın uzunca yıllar tükenmez olarak kabul ettiği ve tahrip etmekten çekinmediği çevrenin, artık tahribat karşısında yenik düşmeye başlaması ile birlikte doğal dengedeki bozulma ve çevresel yıkımdan söz etmişlerdir.

Kutting (2004) yaptığı çalışmada bahsi geçen bu yıkım sonucu ortaya çıkan sonuçlara değinerek, orman arazileri tahribatından çölleşme sorununun baş göstermesine, küresel ısınma ve sera gazları etkisi ile ozon tabakasındaki incelmeye kadar çeşitli çevresel sorunlara dikkat çekmiştir.

Bahsedilen çevresel sorunlar genel başlıklar altında gruplandırılmak istenirse aşağıdaki gibi örneklendirilebilir:

- **Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri:** Dünya iklimleri oluşumunda son derece etkili unsurlardan biri olan ozon tabakasının hava kirliliği ile başlayıp sera gazlarıyla devam eden tahribat süreci ile incelmeyeyle ortaya çıkan bu sorun sera etkisi adı verilen ve iklim değişiklikleri ile son dönem baş gösteren sıkıntılara sebep olmuştur. Dünya sıcaklık ortalamalarındaki genel artış

buzullarda erimeyle başlayarak canlılık faaliyetleri açısından ortaya çıkan birçok sorun bu kapsamda incelenebilir.

- **Ozon Tabakasının İncelmesi:** Dünya'yı Güneş Sistemi'nde yaşam olan tek gezegen yapan özelliğinin atmosferi olduğu bilinmektedir. Atmosfer katmanları içerisindeki Güneş'ten gelen radyoaktif tehlikeyi azaltan ve canlılığı koruyan ozon tabakası insan tahribatıyla başlayarak sanayileşme ile oldukça zarar görmüştür. Günsoy (2013) yaptığı çalışmasında bu durum ve etkilerine değinerek sanayileşmenin ve sanayileşmiş ülkelerin yarattığı tahribata dikkat çekmiştir.
- **Toprak ve Su Kaynaklarının Azalması ve Kirlenmesi:** Ozon tabakasının tahribatı ve küresel ısınma ile baş gösteren sıcaklık artışı su ve toprak kaynaklarında son dönemde çölleşme sorununu ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte endüstriyel kirliliğin de önlenemez artışıyla bu sorun bugün gözle görülür etkiler yaratmaktadır.
- **Canlı (Biyçeşitlilik) Çeşitliliğinin Azalması:** Toprak ve su kaynaklarındaki azalma ile son dönemde binlerce yıl varlığını sürdürmüş birçok canlı türü günümüzde yaşam fırsatı bulamamış ve tarihe karışmıştır. Teknolojik gelişmeler bu kıyımın önüne geçememiş, hatta hız kazandırmış ve yalnızca azalan türler hakkında bilgi sahibi olunmasını izlemekle kalmıştır.
- **Nükleer Kirlilik ve Nükleer Atık:** Başlangıçta oldukça temiz ve son derece sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak araştırmalarda odak noktası olsa da özellikle 2. Dünya Savaşı dönemi ve sonraki dönem termonükleer yarış ve yaşanan nükleer kazaların da etkisiyle son dönem insanlığın karşısına çıkmış olan bu tehdit günden güne artarak etkisini hissettirmektedir.
- **Hızlı Nüfus Artışı ve Doğal Kaynakların Yetersizliği:** İnsan nüfusundaki kontrolsüz artış önceki kısımda bahsedilen tüketimi arttırırken doğal kaynaklarda meydana gelen bu düşüşler bir ekolojik kıtlık riski ortaya çıkararak sürdürülebilirliğin çevresel boyutunda çok büyük risk meydana getirmiştir.

2.2 Ekolojik Ayak İzi Kavramı ve Temel Bileşenleri

Sürdürülebilirlik kavramının günden güne öneminin daha çok hissedilmesi birçok bilimsel araştırmanın bu alana odaklanmasına neden olmuştur. Özellikle ortaya çıkan çevresel sorunların etkisinin artık gözle görülür hale gelmesiyle insanlar kendi eliyle yarattığı bu tahribatın zararlarıyla doğrudan karşı karşıya kalarak çözüm arayışı içerisine girmişlerdir. Bu alanda birçok çalışma yapılmış birçok farklı yöntemle bu duruma dikkat çekilmiş, boyutları hesaplanmaya çalışılmış ve çözüm önerileri ortaya atılmıştır.

Tahribatın çok boyutluluğu ve Dünya kaynaklarının çeşitliliği nedeniyle tarihsel süreçte Dünya kaynak kapasitesi ve canlılığın devamı için kullanım ve buna bağlı olarak çevre sorunları için dönem tahmini net biçimde hiçbir zaman yapılamamış ve yapılması olanaksız olarak gösterilmiştir.

1990'lı yılların başında çevre ve çevresel sürdürülebilirlik çalışması öncülerinden Mathis Wackernagel ve ekolojist bilim insanı William Rees bu konuda bir devrim olarak gösterilebilecek bir yöntem önermişlerdir. Ortaya attıkları “*ekolojik ayak izi*” kavramı ile tüm canlılık faaliyetlerinin devamlılığı için gerekli dünya kapasitesi ile canlılığın ihtiyacını Dünya kapasitesi bazında hesaplamışlardır. Bununla birlikte hesaplanan “biyokapasite” ile dünya üretimi tüketim ile kıyaslanarak sorunun irdelenmesine öncülük etmişlerdir (Wackernagel ve Rees, 1997).

Günümüzde üzerinde tartışmalar hala daha sürse de ekolojik araştırmalarda hala *ekolojik ayak izi* güncelliğini korumaktadır. Hesaplama 6 ana alt bileşen ile, çevresel ihtiyacı hesaplamaktadır. Bu 6 alt bileşen aşağıdaki gibidir:

1. **Karbon Ayak İzi:** Canlılığın temel faaliyetlerinin birçoğunda ön plana çıkan ve temel atıklardan olan karbondioksit (CO₂) gazı salınımı, insan faaliyetleri ile (ulaşım, enerji vb.) artış göstererek özellikle endüstriyel faaliyetlerle katlanarak artış göstermektedir. Meydana gelen bu karbondioksit okyanuslar ve orman alanları tarafından geri emilmektedir. Bu geri emilim için gerekli dünya kapasitesinin ya da farklı bir bakış açısıyla sera gazı etkisinin indirgenmesi için gerekli dünya kapasitesinin salınan CO₂ gazı miktarı cinsinden ölçüsüdür. Ertekin

(2012) yaptığı çalışmasında nüfus artışı ve buna bağlı üretim ve tüketimdeki artışla bu bileşenin sürekli artışına dikkat çekmiştir.

2. **Otlak Alanı Ayak İzi:** İnsanlığın tükettiği tüm hayvansal gıdaların yanı sıra, yine kullandığı deri, yün gibi hayvansal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi amacıyla yetiştirilecek hayvanlar için gerekli otlak alanının dünya alanı cinsinden ölçüsüdür.
3. **Tarım Alanı Ayak İzi:** İnsanlığın tükettiği tüm bitkisel kaynakların yetiştirilebilmesi ya da temel tanımıyla insanlığın bitkisel kaynak kullanımına devam edebilmesi için gerekli dünya alanı ölçüsüdür.
4. **Balıkçılık Alanı Ayak İzi:** İnsanların tükettiği deniz ürünlerinin üretilmesi ya da bu tüketim seviyesinin sürdürülebilirliği için gerekli dünya kapasitesi ölçüsüdür.
5. **Orman Alanı Ayak İzi:** İnsanlığın faaliyetlerinde kullandığı odun, talaş, kereste, kağıt vb. orman ürünlerinin elde edilmesi için gerekli dünya orman alanı ölçüsüdür.
6. **Yapılmış Alan Ayak İzi:** İnsanların tüm ihtiyaçları için kullandığı konut alanı, ticari alanlar, endüstriyel alanlar, hizmet alanları vb. kapalı alan gereksiniminin mevcut durumunda devamlılığını sağlayabilmesi ölçüsüdür.

Ekolojik ayak izi hesaplamalarının alt bileşenlerinin kaynak kullanımına göre ayrıldığı ortadadır. Bunun yanı sıra yöntemin uygulanışında kullanılan ortak hesaplama birimi “küresel hektar”dır. Kısaltması olarak bu adımdan itibaren “kha” ibaresi kullanılmıştır. Bazı hesaplamalarda dönüşüm katsayıları “küresel metrekaare” cinsinden verilmiştir. Bu durumlarda uygun dönüşüm yapılacaktır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür analizi kronolojik bir yaklaşımla sunulmuş, önerilen tezin literatüre katkısına vurgu yapılmıştır.

Rees (1995) yaptığı çalışmada küresel değerlendirme bağlamında kümülatif değerlendirmenin rolünü incelemiştir. Kalkınmanın yalnızca yerel ve bölgesel kümülatif etkilerini değerlendirmenin yeterli olmadığı, bunların yanı sıra küresel kısıtlamaların da dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Ekonomik olarak kalkınmada doğal sermaye kaybının olabileceğine, düşük doğal sermaye kaybıyla ekonomik kalkınmaya dair yolların belirlenmesi gerektiğine değinmiştir.

Rees ve Wackernagel (1996) çalışmalarında kentlerin ekolojik rolünü değerlendirmede yeni bir yaklaşım tanımlamak ve ekosfer üzerindeki etkilerinin ölçüğünü tahmin etmek amaçlanmıştır. Analiz, enerji ve malzeme tüketiminin düşümleri olarak şehirlerin nedensel olarak küresel ekolojik gerilemeyi hızlandırmakla bağlantılı olduğunu ve kendi başlarına sürdürülebilir olmadıklarını göstermektedir. Aynı zamanda, şehirler ve sakinlerinin, küresel sürdürülebilirliğin sağlanmasında büyük rol oynayabilecekleri vurgulanmıştır.

Wackernagel ve Rees (1997) çalışmalarında ekolojik ayak izi bakış açısıyla doğal sermayeye yatırım yapmanın algısal ve yapısal engelleri değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, doğal sermaye yatırımlarını teşvik etmekten çok uzak olan algısal çarpıtmaların ve ekonomik rasyonalitenin, doğal sermaye stoklarının tükenmesini hızlandırmaktan uzak olduğu savunulmuştur. Bireysel haklara verilen vurgu ile dengeyi yeniden sağlamak için topluluğun ve sosyal değerlerin ve sorumlulukların yeniden belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Buna ek olarak sanayi toplumunun mevcut rekabetçi davranışlarını dengelemek için kooperatif faaliyetin daha fazla takdir edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Borgström ve Wackernagel (1999), çalışmalarında ekosistem hizmetlerinin parasal değerlendirmelerinin aksine, ekolojik ayak izi değerlendirmesi hizmetlerin kullanılabilirliğinin sınırlarını sunduğu ve böylece biyo-üretken alanın daha fazla tahsis edilmesinin normalde kalan ekosistemler üzerinde artan baskı içerdiği

gerçeğini açıkladığı vurgulanmıştır. Belge, mevcut eğilimleri takip etmek yerine toplumları yeniden yerleştirmek için, Biyosferdeki insan genişlemesinin sınırlarının görünür hale getirilmesi üzerinde durulmuştur.

Brown ve diğ. (2000), çalışmalarında Kosta Rika ekonomisinin kaynak tabanını, bu tabanın sürdürülebilirlik ve taşıma kapasitesiyle ilişkisini ve uzun vadede ilişkisini tahmin etmede nispeten yeni yaklaşımlarla karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Sürdürülebilirlik, kaynakların tükenmesini içerecek şekilde kantitatif olarak tanımlanmalı ve bir ekonomideki tüm ölçeklerdeki kaynakların ödemeler dengesi hususlarını da içermelidir. Sürdürülebilirlikle ilgili turizm ve ekoturizmin giderek daha önemli olması, nüfus artış hızının düşmesi ve hidroelektrik potansiyelin büyük olması gibi bazı olumlu işaretlere dikkat çekmişlerdir.

Robèrt ve diğ. (2002) çalışmalarında sürdürülebilirliğin geliştirilmesi için gerekli unsurların, araçların ve yaklaşımların birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu göstermek ve sürdürülebilirlik planlaması için birlikte kullanımlarını incelemek amaçlanmıştır. Sürdürülebilirlik gibi karmaşık sistemlerde strateji uygulanması oldukça güçtür. Bunun için sürdürülebilirlikte nihai hedeflere ilişkin genellikle netlik bulunmadığı göz önüne alındığında, çalışmanın göstergeleri genellikle belirsiz bir şekilde seçilir.

Haberl ve diğ. (2004) çalışmalarında toplum-doğa etkileşimini izleyen sürdürülebilirlik göstergelerinin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlayan özel bir konu ortaya koymaktadırlar. Ekolojik ayak izinin hem ekosistemlerin insan kullanımının yoğunluğuna odaklandığını hem de kaynakların olası aşırı kullanımı hakkında bilgilendirebildiği belirtilmiştir. HANPP'nin (human appropriation of net primary production-net birincil üretimin insan tahsisatı) peyzaj yapısı ve çeşitlilikle ilgili olduğunu ve bu da biyoçeşitlilikle ilgili olduğunu göstermektedir. Tüm bu bilgi parçaları, entegre biyofiziksel/ekonomik modellerin gelecekteki gelişimi için ve ayrıca yaşam biçimleri, nüfus, kaynak verimliliği, tüketim düzeyleri ve sürdürülebilirlik bilimine ve politikasına katkıda bulunabilecek gelirler arasındaki ilişkilere ilişkin sosyal-bilimsel araştırmalar için gereklidir.

Krausmann ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada toplum-doğa etkileşimini ölçmek ve maddi ve enerji akışı muhasebesi araç kutusunu sunmak amaçlanmıştır.

Avusturya 1950-2000'i ampirik bir örnek olarak kullanarak, fiziksel ve parasal büyümenin ilişkisini değerlendirmek için MEFA (material and energy flow accounting- malzeme ve enerji akışı hesabı) araçlarının nasıl kullanılabileceğini gösteriliş ve sosyo-ekonomik metabolizma ve arazi kullanımındaki değişikliklerin nasıl ilişkili olduğu tartışılmıştır. MEFA çerçevesindeki tüm verilerin ekonomik akışlarla (yani, Ulusal Hesaplar Sisteminde açıklandığı gibi parasal akışlar) ve sosyal değişkenlerle ilişkilendirilmesini mümkün kılar. MEFA'da kullanılan ekonomik sektör tanımları veya sistem sınırları, ekonomik muhasebe sistemlerinde kullanılan tanımları olabildiğince yakından takip etmektedir. Aynı zamanda, MEFA sosyo-ekonomik süreçleri tanımlamak için fiziksel verileri kullandığı için, sosyo-ekonomik süreçleri sistem ekolojik modelleriyle uyumlu bir şekilde analiz etmeyi sağlar.

Monfreda ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada ekolojik ayak izi ile ilgili hesapların oluşturulduğu varsayımları ve veri kaynaklarının seçimini açıkladıktan sonra, bu rapor, daha kapsamlı veri kaynakları kullanarak, kazançları daha tutarlı bir şekilde hesaplayarak, daha tutarlı hale getirerek, daha kapsamlı ve farklı veri kaynakları kullanarak, bu hesapların en yeni sürümünün nasıl daha tutarlı, güvenilir ve ayrıntılı hale getirildiğini göstermek amaçlanmıştır. Sonuç olarak elde edilen yöntem ülkelerin nihai tüketimi veya ekonomik üretimleri arasında daha anlamlı karşılaştırmalar sağlayabilir ve ticarete yer alan Ekolojik Ayak İzini analiz etmeye yardımcı olabilir. Daha yüksek ayrıntı seviyesine sahip olan hesaplar, bir ekonominin sektörel değerlendirmelerini veya tüm bu yönlerin zaman eğilimlerini oluşturabilir.

Wackernagel, Monfreda, Erb, ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada zaman serilerinde Ekolojik Ayak İzlerinin hesaplanmasında metodolojik gelişmeler sunmakta ve bunları 1961'den 1999'a kadar olan süre boyunca Avusturya, Filipinler ve Güney Kore'ye uygulamaktadır. Tüketim rakamlarını yansıtan sonuçlar, Güney Kore'deki hızlı sanayileşmenin ekolojik ayak izinde sert bir artışa yol açtığını, 1961'de ise zaten geniş olan Avusturya'nın ayak izlerinin analiz sürecinde yalnızca yavaş büyüdüğünü göstermektedir. Rapor ayrıca, Filipinler'deki ormanlardaki insan talebini orman ürünleri ihracatıyla karşılaştıran sektörel bir ekolojik ayak izi analizi sunmaktadır. Bu zorlukların tartışılmasının ardından, bu makalenin hem ayak izi analiz sonuçlarını önceki yöntemlerin sonuçlarıyla karşılaştırmak hem de analitik kapasitesini göstermek için Avusturya, Filipinler ve Güney Kore için zaman

serilerini sergilemeye devam ettiği belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada ekolojik ayak izi ve biyokapasite arasında arz talep ilişkisi benzerliği kurularak ekosisteme ekonomi bakış açısı yaklaşımı yapılmıştır.

Wackernagel, Monfreda, Schulz, ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada yöntem tasarımını belirleyen iki kavramsal konuyu ele almaktadır bunlar ekolojik aşınmanın özel anlamı ve ölçüm zorlukları ve gerçek hektarlara karşı üretkenlik ayarlı hektarlarla ele alınabilecek araştırma soruları yelpazesidir. Ekolojik Ayak İzi zaman serilerini hesaplarken ortaya çıkan kavramsal zorlukları ele almaktadır. Ulusal ve küresel ölçekte mevcut olan çeşitli ayak izi zaman serilerinden kaynaklanan temel kaygılar üzerine inşa edilen bu makale, kavramsal ve metodolojik sonuçları tartışmakta ve ekolojik ayak izi sonuçlarının netliğini, geçerliliğini ve güvenilirliğini artırmak için iyileştirmeler önermektedir. Statik hesaplardan farklı olarak, zaman serileri araştırmacıların verilerdeki gürültüyü test etmesine izin veren eğilimleri gösterir. Ayrıca, zaman serileri, metodolojik alternatifleri karşılaştırmak için verimli bir zemin olan sonuçları inceleme ve yorumları sorgulama fırsatı sunar.

Smith ve diğ. (2006) yaptıkları çalışmada ER (epifaunal recolonisation) kavramının doğa üzerindeki etkisini belirlemek için üç yıllık bir süre boyunca Kuzey Denizi ve İngiliz Kanalı'ndaki dört kum ve çakıl çıkarma alanı incelenmiştir. Gözlenen biyolojik paternler ve türetilmiş hidrodinamik endeksler arasındaki ilişkiler de araştırılmış ve doğal fiziksel bozulma derecesinin, tarama faaliyetinin sona ermesinin ardından epifaunal topluluk yapısını etkilemede önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

McKenzie ve Rees (2007) çalışmalarında kahverengi yazı yazma temsili bir örneği eleştirel bir analizinin sunulması amaçlanmıştır. Ekolojik meselelerin kamu temsilleri üzerinde önemli bir etkisi, ekolojik sorunların ciddiyetini asgariye indirmeye ve çevre düzenlemelerine karşı bir tepkiyi körüklemeye çalışan kahverengi kiriş olarak adlandırılan şeydir. Sonuç olarak kamusal söylemde kahverengi çatlak müdahalelerinin, ekolojik ekonomistleri ilgilendiren ve bunlarla ilgilenmesi gereken bir sorun olduğu öne sürülmüştür.

Wilber ve diğ. (2007) çalışmalarında araştırılan malzemenin ince tabaka bertaraf edilmesine yönelik Bentik topluluk tepkileri, Mississippi Sound, ABD'deki üç

tesiste değerlendirilmiştir. Topluluk bileşimi, her elden çıkarma olayı için elden çıkarma ve referans alanları (ANOSIM) arasında farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Bertaraf ve referans sahaları (nMDS) arasındaki topluluk kompozisyonundaki farklılıklar, 16 aylık çalışma süresi boyunca sürmüş, ancak tortu kompozisyonunun elden çıkarma ile değiştirilmediği yerde daha az belirgin olduğu görülmüştür. Bazı taksonların (örneğin, gastropod ve hemikordat) büyüklük dağılımları, yetişkinlerin yeni biriken çöktelleri ya dikey göç veya bitişik bölgelerden yanal göç yoluyla yeniden kolonize ettiğini göstermektedir. İnce tabaka bertarafı, geleneksel açık su bertarafı uygulamalarına uygulanabilir bir alternatif sunar ve daha derin batimetreler ve farklı hidrodinamik rejimler içeren diğer alanlar için daha fazla araştırma yapılmasını garanti eder

Moran ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada 0,80'den az olmayan bir insani gelişme endeksinin ve kişi başına küresel olarak mevcut biyolojik kapasiteden daha düşük bir kişi başına Ekolojik Ayak İzinin, küresel olarak kopyalanabilen sürdürülebilir kalkınma için minimum gereksinimleri temsil ettiği iddia edilmiştir. Sürdürülebilir kalkınmanın küresel olarak açık bir politika hedefi olarak benimsenmesine rağmen, 2003 yılında ankete katılan 93 ülkeden sadece birinin bu minimum gerekliliklerin her ikisini de karşıladığı tespit edilmiştir.

Wackernagel (2009), çalışmasında yapmış olduğu ekolojik ayak izi çalışmasının genel değerlendirmesini yapmıştır. Çalışmada son on yılda ilerlemenin kaydedildiğini ve bu ilerlemenin devam etmesi gerektiğini belirtmiştir.

Moran ve diğ. (2009), çalışmalarında ekonomik faaliyetlerin ekolojik ayak izini hesaplamaya yönelik çalışılmıştır. Yapılan çalışmada ekolojik ayak izi için ticaret yapan ülkelerin verilerini ton, hektar cinsine çevrilerek matematiksel bir hesap yapılmıştır. Çalışmada ekonomik ticaretin ülkelerdeki ekolojik ayak izi baskılarının hesaplanması amaçlanmıştır.

Kissinger ve Rees (2009) , çalışmalarında Kanada'da bulunan çayır ve tarım alanlarının ekolojik ayak izini hesaplamaya çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada malzeme akış analizi ve ayak izi analizini kullanmışlardır. Ülkelerin ithalat-ihracat dengelerinin tartışılmasını amaçlamışlardır.

Kitzes ve diğ. (2009), yaptıkları çalışmada ekolojik ayak izi hesaplamasının genel bir gözden geçirilmesi yapılmıştır. Ülkeler ve işletmeler için ekolojik ayak izi hesaplamasının geliştirilmesi üzerine genel bir literatür taraması yapılarak geliştirilmesine yönelik veri toplanması amaçlanmıştır.

Kissinger ve Rees (2010) , çalışmalarında ABD sistemi üzerinden ithal miktarlarının karşılaştırılmasına çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada ABD'ye ithalat edilen ürünlerin miktarlarını ve ülkeleri belirleyerek ABD'ye ayrılan üretim alanının ekolojik ayak izinin hesaplanmasına çalışılmıştır. Gelecek dönemlerde ilişkilerle ilgili tahminlerde bulunulmuştur.

Niccolucci ve diğ. (2011), yaptıkları çalışmada ekolojik ayak izine klasik yaklaşımdan farklı olarak üç boyutlu bir yaklaşım sunmuşlardır. Yapılan yaklaşımda yüzen alanının yanında yükseklik ve derinlik hesaplarında işleme konulmaktadır. Klasik Ekolojik Ayak İzi denklemlerinin yapısını ve avantajlarını korurken, doğal sermaye akışlarının kullanımı ile doğal sermaye stoklarının tükenmesi arasında ayırım yapılmasına yardımcı olabilir.

Kissinger ve diğ. (2011), çalışmalarında bölgeler arası sürdürülebilir kalkınmayı araştırmışlardır. Bölgeler arasında sürekli olan kaynak değişimi ve kullanılan malzeme nedeniyle uluslararası bir dengenin oluştuğunu göstermektedir. Bölgelerin kendi aralarındaki ilişkilerin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki etkilerini bulmayı amaçlamışlardır.

Durrieu de Madron ve diğ. (2011), çalışmalarında Akdeniz alanın ekosistemini içlemişlerdir. Ekolojik olarak daha ılıman bölgede bulunan Akdeniz alanının ekonomik olarak büyümesinin oluşturduğu baskı üzerine ekolojik olarak bir inceleme ortaya koymuşlardır.

Galli ve diğ. (2012), çalışmalarında kişi başına ekolojik ayak izi miktarlarını ülke gelişmişliğine göre ayrıştırılması üzerine çalışmıştır. Kişi başı ekolojik ayak izi gelişmiş ülkelerde artmış, gelişmekte olan ülkelerde düşmüş ya da aynı kalmış, gelişmemiş ülkelerde ise düşmüştür. Yüksek nüfusa sahip gelişmekte olan ülkelere Çin ve Hindistan ekolojik ayak izi üzerine bir gelecek tahmin çalışmaları yapılmıştır.

Moore ve diğ. (2013), çalışmalarında 2006 yılında kentleşme üzerine bir ayak izi hesaplaması yapmıştır. Yaptığı çalışmada Vancouver şehrine ait kullanım verilerini ortaya koymaktadırlar. Şehrin su kullanımını 424,86 milyon ton, gıda kullanımını 2,63 milyon ton vb. değerlere göre ayak izi miktarlarını su için 23.100,00 *kha*, gıda için 4.514.400 *kha*, şeklinde hesaplayarak şehre ait toplam ayak izini hesaplamışlardır. Kişi başı ayak izini 4,76 *kha* olarak ortaya koymuşlardır. Bölgenin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için toplam alanın 36 katı kadar bir alana sahip olması gerekmektedir.

Borucke ve diğ. (2013), çalışmalarında ülke ayak izlerinden yola çıkarak 200 ülkenin ayak izini hesaplayarak dünya ayak izini hesaplamıştır. Hesaplamalar daha sonra 2011 yılında ulusal ayak izi hesaplarıyla karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar doğrultusunda dünyada kullanıma göre alan ihtiyacı 1961 yılında 0,70 dünya alanı iken 2008 yılında 1,50 gezegen alanına yükselmiştir.

Van Der Molen ve diğ. (2014) çalışmalarında rüzgâr tribünlerinin deniz ekosistemine etkisini incelemişlerdir. İncelemelerini biyojeokimyasal model, dalga yayılma modeli ve akustik enerji dalma modeli üzerinden yapmışlardır. Rüzgâr tribünlerinin konumlanması ve düzenlenmesinin etkilerini hesaplamışlardır.

Galli ve diğ. (2014), çalışmalarında sürdürülebilir kalkınma ve dünya ekosisteminin korunmasına yönelik yapılan 2010 Nagoto toplantısını ele almıştır. Toplantının öncesi alınan kararların başarısızlığı üzerinde durarak çalışmada gelecekte başarılı olunmasına yönelik yapılması gerekenleri belirtmiştir. Çalışmada genel başarının sağlanmasına yönelik yapılması gerekenleri belirtmişlerdir.

Vogt ve diğ. (2015) çalışmalarında arazi kullanımında azot döngüsünü hesaplamaya çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada iki yan yana İskoçya'da arazisi belirleyerek organik azot miktarı ve yapay azot miktarı üzerinde hesaplamalar yapmışlardır. Azot döngüsünün daha iyi anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadırlar.

Coskun ve diğ. (2016) çalışmalarında tüketim ekonomisi içinde yer alan öğelerin oluşturduğu ayak izi faktörlerini incelemişler ve bireyleri yeşil, tutarsız ve kırmızı bireyler olarak sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırmaya tabi olan bireyleri bir

dizi senaryoya göre sorgulamışlar ve tüketim temelli ekonomilerdeki çarpıklıklara öneri sunmuşlardır.

Mancini ve diğ. (2016), çalışmalarında orman türleri üzerinde araştırma yapmışlardır. Farklı türlerdeki ormanların karbondioksit emülsiyonu üzerine hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmanın amacı karbon ayak izi bileşeninin arkasındaki gerekeçeyi ve metodolojiyi gözden geçirerek ve hesaplanmasında AFCS 'nin (Average Forest Carbon Sequestration-Ortalama Orman Karbon Ayrımı) anahtar faktörünü güncelleyerek Ekolojik Ayak İzinin netliğini ve şeffaflığını arttırmaktır.

Galli ve diğ. (2016) çalışmalarında ekolojik ayak izi üzerine eleştirel bir yaklaşım getirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada ekolojik ayak izinde en fazla tartışılan konularda genel değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Çalışmalarında ekolojik ayak izine farklı bakış açılarını getirmeyi amaçlamaktadırlar.

McBain ve diğ. (2017), çalışmalarında küresel olarak ekolojik ayak izinde dünya kaynakların tüketimine bağlı olarak bir hareketlenmenin ne zaman gerçekleşeceğine ait öngörülerde bulunmuştur. Doğal olarak kaynak tüketiminde ve kaynakların bitmesinin insanlarını toplumsal olarak ekolojik bilinçlenmeye yönlmesini hesaplamıştır.

Mancini ve diğ. (2017), ekolojik ayak izi araştırmalarında yeni bir araştırma alanı üzerinde çalışmışlardır. Güncel çalışmalarda kaynaklar ve kaynak tüketimi üzerine çalışılmıştır bu çalışmanın amacı ekolojik ayak izinin hesaplanması stok miktarı ile stokların kullanımı arasındaki farkın hesabından yola çıkılabilmesini amaçlamaktadır.

Bamberg ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada iklim değişikliğini psikolojik bir süreç olarak işlemişlerdir. İklim değişikliğinde toplumun rolleri ve toplumda oluşan psikolojik süreçleri değerlendirmeyi amaçlamaktadırlar.

Wackernagel ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada ekolojik ayak izinin önemi ve ekolojik ayak izinde dünyanın son yıllarda bulunduğu durumu araştırmıştır. Dünyada son yıllarda artık ekolojik olarak kaynakların tüketimine başlandığı ve dünyanın ekolojisinin tüketim miktarını karşılayamadığına ait veriler sunmuştur.

Ekonomik olarak kalkınmayla ekolojik ayak izi verilerin düşürülmesi gerekliliğini hesaplamıştır.

Pittman ve diğ. (2019) çalışmalarında kıyı şeridinde yaşanan şehirlerde doğayla uyum içinde yaşamak için deniz parkları projesini ortaya çıkarmıştır. Deniz park projesiyle deniz kenarlarında şehirleşmiş alanların doğayla olan uyumunun korunması amaçlanmaktadır.

Lienhardt ve diğ. (2019) çalışmalarında baklagil üretiminin Avrupa ekosistemi üzerinde ihtiyaç duyulan yem ve protein ihtiyacını karşılama miktarlarını hesaplamıştır. Ormanlık alanlara göre karşılaştırmalar yapılarak baklagil üretiminin 439 Tg CO₂ eşdeğeri ve 8,45 Tg N eşdeğeri/yıl olarak ekosisteme katkı sunma potansiyelinin olduğunu hesaplamışlardır.

Yapılan ekolojik ayak izi literatür araştırmasında, bölgesel (belirli bir kasaba, şehir, ülke, bölge vb.) ekolojik ayak izi çalışmalarına sıklıkla rastlanmıştır. Benzer şekilde belirli bir kurum ya da grup ayak izi (üniversite, lise, akademisyenler, öğretmenler, öğrenciler vb.) çalışmalarının da sıkça yer bulduğu görülmüştür. Özellikle karbon ayak izinin sıklıkla kullanılan çevresel etki ölçüm aracı olduğu da dikkat çekmiştir.

Literatür incelendiğinde endüstri alanına yönelik çok az sayıda ekolojik ayak izi hesaplaması çalışmasının bulunduğu görülmüştür. Özellikle endüstrinin ilk adımı olarak görülebilen tekstil endüstrisinde kapsamlı bir çalışmanın olmadığı saptanmıştır. Buna ek olarak ekolojik ayak izi araştırmalarında disiplinlerarası etkileşimli çalışmaların da sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Önceki çalışmalar incelendiğinde çalışmaların neredeyse tamamında odaklanılmış alanda ekolojik ayak izinin hesaplanmış olduğu, ekolojik ayak izi indirgenmesi yönelik sözel önerilere yer verildiği görülmüştür. Dolayısı ile literatüre analizi sonucu yapılan bu tespitler, önerilen tezin gerçekleştirilerek literatüre katkı sağlanması yönünde başlıca motivasyon olmuştur.

4. MATERYAL VE METOT

Çalışma süreci 4 ana adım üzerinden planlanmıştır. Başka bir deyişle çalışma 4 temel süreçte yürütülmek üzere planlanmıştır. Bu aşamalar aşağıdaki gibidir:

1. **Ekolojik Ayak İzi Hesaplaması:** Çalışmanın yola çıkış noktası olan tekstil endüstrisinde bir firmanın çevre etkisinin hesaplanmasında ekolojik ayak izi çalışması gerçek verilere dayalı olarak gerçekleştirilmiştir.
2. **İndirgeme Projelerinin Belirlenmesi:** Çalışmanın ikinci aşamasında bahsedildiği gibi literatürde yapılmış diğer çalışmaların aksine bu çalışmada indirgeme önerileri yerine indirgeme amaçlı projeler oluşturulup seçime gidilmiştir. Projelerin belirlenmesi aşamasında, ikisi ekolojik ayak izi alanında çalışma yapmış akademisyen ve biri firmada orta düzey yönetici olarak çalışan konu hakkında bilgi sahibi ve firma karar mekanizmasına hakim üç endüstri mühendisinden oluşan bir uzman grup katkı sağlamıştır. Bunun yanı sıra projelere ait maliyet, süre verileri firmanın iş ortakları (dış hizmet tedarikçi gerçekleştirdiği firmalar) ile danışılarak teklif ve görüş alınarak gerçekleştirilmiştir.
3. **Karar kriterlerinin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması:** Çalışmada projelerin değerlendirilmesi için kriterler firma yapısına uygun olması açısından firmada çalışan ekip üyesi mühendis tarafından yapılmış olup bu kriterlerin ağırlıklandırılması için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi uygulanmış tutarlılık analizi yapılarak tutarlı kriter ağırlıkları ile çalışma sürdürülmüştür.
4. **Projelerin önceliklendirilmesi ve sıralanması:** AHP sürecinden elde edilen kriter ağırlıkları ile proje alternatifleri TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiş ve firmaya uygun sıralama yapılmıştır. Böylece firmaya en uygun alternatif belirlenip iki yöntem bulgusu kıyaslanmıştır.

4.1 Çalışmanın Genel Yaklaşımı

Çalışmanın temel amacı olan dünyanın en yaygın endüstri kollarından biri olan tekstil endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmanın çevre etkisi değerlendirmesi için öncelikle uygun yöntem yukarıda bahsedildiği gibi ekolojik ayak izi olarak belirlenmiştir. Bu aşamada aşağıda belirtilen faaliyetlere yer verilmiştir:

- Firmadan toplanan veriler analiz edilmiş hesaplama alt yapısı oluşturulmuştur.
- Ekip üyelerinin detaylı tanıtımı yukarıda verilen karar verici ve değerlendirici ekip üyeleri ile görüşülmüş uygulayıcı ekip oluşturulmuştur.
- Firmanın tedarik sürecinden başlanarak planlama, üretim ve lojistik süreci baştan sona incelenmiş ve çalışma kapsamı belirlenmiştir.
- Karar alternatifleri ve kriterleri belirlenmiş AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır.
- Projelere ait maliyetler için 10 yıllık süre amortisman süresi olarak uygun bulunmuş 10 yıllık gelir gider tahminlerinden Net Bugünkü Değer (NBD) hesaplaması ile beklenen maliyetler oluşturulmuştur.
- Proje ekolojik ayak izi indirgeme potansiyel değerleri ekolojik ayak izi hesaplama yöntemleri ile hesaplanmıştır.
- Son olarak TOPSIS yöntemi ile ekolojik ayak izi indirgeme proje önerisi sıralaması oluşturulmuş ve değerlendirilmiştir.

4.2 Ekolojik Ayak İzi Hesaplama Metodu

Çalışmanın ikinci bölümünde kavramsal olarak anlatılan ekolojik ayak izi değerlendirmesinin uygulamaya geçiş aşamasında literatür araştırmasında incelenen ve üçüncü bölümde sunulmuş çalışmaların hesaplamak için kullanılan yöntemlerden bu çalışma için uygun görülüp uygulamada yer verilecek olanlar bu kısımda gösterilmiştir.

4.2.1 Küresel Ayak İzi Ağı Açık Hesaplama

David Lin ve diğ. (2019) yayınladıkları raporlarında belirttikleri hesaplama ekolojik ayak izi çalışmaları için ortaya atılmış en detaylı hesaplama olarak gösterilebilir.

$$EAI_p = \left(\frac{P}{Y_{Np}} \right) \times YF_p \times EQF_L \times IYF_p \quad (4.1)$$

Denklem (4.1)'in parametre ve değişkenleri aşağıdaki gibidir:

- EAI_p : p ürünü için ekolojik ayak izi
 P : P ürün ise kullanım/atık ise üretim miktarı
 Y_{Np} : p ürünü için N ülkesi verim değeri
 YF_p : p ürünü için ulusal verim / dünya verimi
 EQF_L : L tipi arazi için eşdeğerlik faktörü
 IYF_p : p ürünü için dönemler arası verim faktörü

4.2.2 Küresel Ayak izi Ağı Basitleştirilmiş Hesaplama

Denklem (4.1)'de “ YF_p ” ve “ YF_p ” değerlerinin kullanımı yerine eğer p ürününe ait dünya genel verimi biliniyorsa formül şu şekilde sadeleştirilerek kullanılabilir. İki operatörün kullanım amacı p ürününe ait ulusal verimden dünya verimine geçiş olduğu için dünya verimi operatörü yalnız başına yeterli olacaktır. Gösterimi Denklem (4.2)'deki gibidir.

$$EAI_p = \left(\frac{P}{Y_{Wp}} \right) \times EQF_L \times IYF_p \quad (4.2)$$

4.2.3 Dönüşüm Katsayıları Metodu

Bölüm 4.2.1 ve Bölüm 4.2.2 'de verilen Denklem (4.1) ve Denklem (4.2) her zaman tercih edilmemektedir. Bunun iki olası sebebi vardır. Bunlardan ilki çok fazla

ve detaylı veriye sahip olunması gereksinimi, bir diğeri ise hesaplama karmaşıklığı ve uygulama farklılıklarıdır.

Ekolojik ayak izi, hesaplanacak materyal kullanımına ait önceden detaylı çalışma yapmış ve literatüre dönüşüm katsayısı kazandırmış bilim insanlarının çalışmalarından yola çıkılarak dönüşüm katsayısı ile kullanım miktarı çarpılarak bulunur.

4.3 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

AHP, karar vericilere kolaylık sağlamak için 1970 'de Thomas Saaty tarafından geliştirilmesi amacıyla geliştirilmiş birçok kriterli karar verme yöntemidir. AHP, karar analizinde sayısallaştırılabilir ve kriterlerin birbirine göre önceliklendirilebilir bir yöntemdir(Güngör ve İşler, 2012). Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan teknikler içinde hem en temel hem de en çok kullanılanlardan biridir. Kriterleri ağırlıklandırmada bugün hala en öne çıkan modellerdendir. Kriterler bazında alternatiflerin değerlendirilme yapısı, uygulama kolaylığı, literatürünün zengin olması nedeniyle hala en çok tercih edilen yöntemlerdendir. Bu çalışmada da özellikle karar kriterlerinin ağırlıklandırılması amacıyla kullanılmıştır. AHP'nin temel işlem adımları aşağıda verilmiştir.

▪ Adım 1: Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

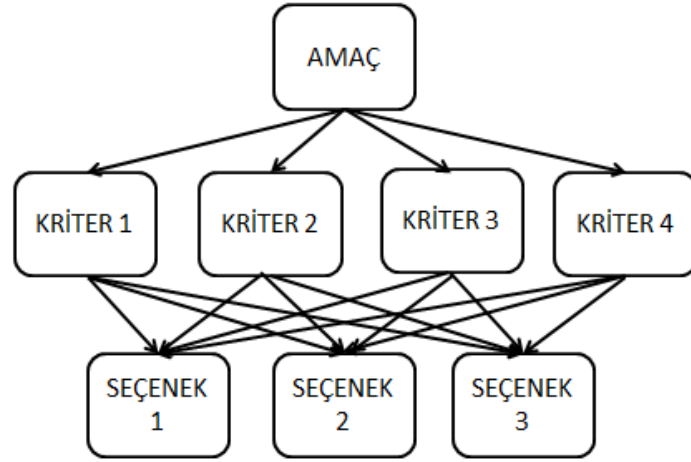
İlk adımda, eldeki verileri, nicel nitel ayrılabilen ve belli bir mantıkta seviyelendirilebilen bir hiyerarşi oluşturulur. Bu hiyerarşinin en üstünde amaç, daha sonra amacı etkileyen kriterler ve en alt seviyede ise alternatifler yer alır.

Hiyerarşinin yapısı Şekil 4.1'de verilmiştir(Saaty, 2000).

▪ Adım 2: Önceliklerin Belirlenmesi:

Hiyerarşiyi oluşturan elemanların karşılaştırılması ve birbirlerine göre ağırlıklarının/önceliklerinin belirlenmesidir. Karşılaştırma sırasında rakamların yorumlanması için Saaty tarafından oluşturulan 1-9 ölçeği kullanılır. Bu tablo aşağıda verilmiştir:(Saaty, 2008)

Tablo 4.1’de Saaty ölçeği önem dereceleri bunların anlamları ve bunlara dair açıklamalar ile ölçeklendirme tablosu sunulmuştur.



Şekil 4. 1: Hiyerarşinin yapısal gösterimi

Özellikle subjektif değerlendirmelerde bu tablo kişisel duygu ve düşüncelerden ve öznel değer yargılarından arındırmada kullanıldığından bu değerlendirme yöntemi çok fazla ön plana çıkmaktadır.

Tablo 4.1: AHP’de Kullanılan Saaty 1-9 Ölçeği.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Her iki aktivite amaca eşit katkı sağlar.
3	Orta derece önem	Tecrübe ve yargı, bir faaliyeti diğerine göre orta derece önemli kılar.
5	Güçlü derece önem	Tecrübe ve yargı, bir faaliyeti diğerine göre güçlü derece önemli kılar.
7	Çok güçlü derece önem	Bir faaliyet güçlü ve uygulamada baskın özellik gösterir.
9	Aşırı derece önem	Bir faaliyetin önemi diğerinin çok üstündedir.
2,4,6,8	Orta düzey değerler	Yukarıda listelenen öncelikler arasındaki uzlaşmayı temsil etmek için kullanılır.

Karar verici karşılaştırma yapılan ikili hakkında en uygun olanı seçer ve buna göre tablodaki sayısal değer kullanılır (Kecek ve Yıldırım, 2010)

▪ Adım 3: İkili Karşılaştırma Matrisi

AHP hiyerarşideki elemanları belli kriterlere göre ikişer ikişer karşılaştırırken diğer elemanları ele almaz. Bu karşılaştırmanın yapılması için oluşturulan karşılaştırma matrisinde bu kriter için satırlar ile sütunlar karşılaştırılırken satırda bulunan elemanın sütunda bulunan elemana göre öneminin bulunması amaçlanır. Bunun cevabı Tablodaki sayılar cinsinden ifade edilir. Elemanlara verilen bu sayısal değerler veya önem dereceleri w_i ve w_j değerlerinin birbirine oranı ile bulunan A ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir. A matrisi Denklem (4.5)'deki gibidir(Özdamar, 2004).

▪ Adım 4: Öncelik Vektörünün Oluşturulması

Bu adımda ağırlık vektörlerinin hesaplanması için ilişki matrisleri normalize edilir. Normalize matris her bir sütun değerinin o sütun toplamına bölünmesi ile elde edilir. Normalize matrisin her satırındaki değerlerin ortalamasının alınması ile kriterler, altkriterler ve alternatiflerin ağırlıkları/öncelik vektörü oluşturulur.

Kriterlerin bir alt seviyesini oluşturan alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisinden o kriterin özvektörü (öncelik vektörü) elde edilir. bu özvektör, bir üst seviyede yer alan kriterlerin ağırlık vektörleri ile çarpılır ve amaç için genel öncelik vektörü bulunur(Yılmaz, 2000) .

$$\frac{w_i}{w_j} = a_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (4.3)$$

$$a_{ij} \text{ ve } a_{ji} > 0 \quad (4.4)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (4.5)$$

$$\text{rank}(A)=1 \text{ ve} \quad (4.6)$$

$$a_{ij}=1 \text{ (i=j ise)} \quad (4.7)$$

$$w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T \quad (4.8)$$

Öncelik vektörünün her bileşeni Denklem (4.3)'deki gibi elde edilir bu noktada AHP yönteminin sistematığı gereği her değer için Denklem (4.4) ve Denklem (4.5) 'daki eşitliği sağlaması zorunludur. Denklem (4.6)'da ki durum eş değerlik olarak tabir edilebilir Denklem (4.7) eşitliği sağlanır. Denklem (4.8)'deki vektörü elde etmek için Denklem (4.9) kullanılır.

$$AW = \lambda W \quad (4.9)$$

λ	:	A matrisinin özdeğeri
w	:	λ 'ya karşılık gelen özvektörler
n	:	Matrisin satır veya sütun sayısı

AHP'de yalnızca en büyük λ değerinin veren vektör, özvektör olarak kabul edilir. Bağımsız vektör sayısı(rank) 1'e eşit olması nedeni ile özdeğer ve özvektör bir adet olur(Emel ve Emel, 1998; Saaty, 1990).

▪ Adım 5: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Tutarlılık, ikili karşılaştırmada bulunan önceliklerin birbirleri ile matematiksel ilişkisidir.

A matrisinin tutarlı olması için en önemli şart A 'nın en büyük özdeğerinin n 'e eşit olmasıdır. A 'daki tutarsızlık arttıkça maksimum λ değeri n 'den o kadar uzaklaşır. Ancak her durumda $\lambda_{max} \geq n$ 'dir.(Saaty, 2000).

İkili karşılaştırmaların tutarlılığını ölçen tutarlılık indeksi (TI) Denklem (4.10)'daki gibidir:

$$TI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (4.10)$$

Tutarsızlık oranı (TO) Denklem (4.11)'deki gibidir. Tutarlılık Oranı(TO), Denklem (4.10)'da hesaplanan tutarlılık indeksi (TI)'nın Rastgelelik İndeksi(RI)'ya oranıdır. Burada RI rassal oluşturulan kriter sayısına bağlı ortalama tutarsızlık indeksidir.

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (4.11)$$

Tutarsızlık oranının 0,10'dan küçük olması değerlendirmenin tutarlı olduğunun göstergesidir. (Öner ve Ülengin, 1995)

- **Adım 6: Nihai Sıranın Belirlenmesi**

İkili karşılaştırmalar matrisinden elde edilen önceliklerin birleştirilmesiyle en alt seviyede bulunan alternatiflerin sonuç ağırlıkları elde edilir. Bu ağırlıklara göre en iyi alternatif belirlenebilir (Kecek ve Yıldırım, 2010).

- **Adım 7: Duyarlılık Analizi**

Modelin sonuçlarının kontrolü için alternatiflerin sırasının ve seçilen alternatifin değişkenliklere karşı ne kadar duyarlı olduğunun değerlendirilmesi gerekir (Kecek ve Yıldırım, 2010).

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

Çok kriterli karar verme yöntemleri arasında tercihlerin önceliklendirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda TOPSIS en çok karşılaşılan yöntemlerdendir. En iyi çözüm yaratıp gerçek alternatiflerin buna göre konumlarının kıyaslanması ile çalışan bir yöntemdir. Aşağıda yöntemin uygulama adımları görülmektedir.

- **Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması**

Alternatifleri ve kriterleri göstermek için karar matrisi oluşturulur. Satırlarda üstünleri sıralanacak olan karar noktaları, sütunlarda karar vermek amacıyla kullanılacak olan değerlendirme faktörleri bulunur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Denklem (4.12)'de oluşturulan A_{ij} matrisinin elemanları olası tüm alternatifleri ifade eder ki, değerlendirme ve hesaplamaların tümü üzerinde yapılmasını sağlar.

▪ **Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması**

A matrisinin elemanları kullanılarak normalize karar matrisi oluşturulur.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (4.13)$$

R matrisi;

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

▪ **Adım 3: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması**

Değerlendirme faktörlerine ilişkin w_i ağırlık değerleri belirlenir. Ağırlık değerlerinin toplamı 1'e eşittir.

Daha sonra normalize karar matrisinin sütunları ile çarpılarak ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ & & \dots & \dots \\ & & & \dots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

▪ **Adım 4: İdeal ve Negatif-İdeal Çözümlerin Belirlenmesi**

İdeal eşitlik V^+ , negatif ideal eşitlik ise V^- olarak denklemleri Denklem (4.16) ve Denklem (4.17)'deki gibidir.

$$V^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \left\{ \left(\max_i v_n^+ / j \in J \right) \left(\min_i v_n^+ / j \in J^I \right) \right\} \quad (4.16)$$

$$V^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_i v_n^- / j \in J \right) \left(\max_i v_n^- / j \in J^I \right) \right\} \quad (4.17)$$

(\mathcal{A}) Fayda kriteri alternatifler arasında maksimum değeri, (w) maliyet kriteri ise minimum değeri istemektedir.

▪ **Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması**

Topsis metodunda her alternatifin ideal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları Öklidyen Uzaklık fonksiyonu yardımı ile bulunur. Bu hesaplamalar sonucu elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri İdeal Ayırım S_i^+ ve Negatif İdeal Ayırım S_i^- ölçüsüdür.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (4.18)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (4.19)$$

▪ **Adım 6: İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması**

İdeal çözüme göreli yakınlık aşağıdaki Denklem (4.20) ile hesaplanır.

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (4.20)$$

C_i her zaman $[0,1]$ aralığındadır ve bu değer arttıkça ideal çözüme ulaşılır. Yani belirli kriterler baz alınarak sıralanmak istenen alternatifler için C_i değeri hesaplanır. Bu değer en yüksekse alternatif en iyi, en düşükse alternatif en kötüdür(Ceylan, 2018).

5. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME

Çalışmaya dair tüm kavramsal açıklama ve kullanılan yöntem ve metotların anlatılmasından sonra bu bölümde çalışma için yapılan uygulamalara yer verilmiştir. Uygulama aşamaları sistematik olarak anlatılmış, çalışma bulguları sunulmuştur.

5.1 Uygulama Yapılacak Firmanın Tanıtımı

Ekoloji araştırmalarının son dönemde en çok işlenen başlıklarından olan ekolojik ayak izi araştırması bu çalışmada Türkiye’de Denizli ili sınırları içerisinde faaliyet gösteren tekstil firmasında 2018 yılına ait firmanın kullandığı veriler baz alınarak uygulanmıştır.

Ham pamuk lifi olarak hammadde alan bunu kendi bünyesinde ham ve mamul kumaş olarak işleyen ve kesim, dikim, paket süreçleri ardından erkek ve bayan dış giyim ürünü üreten firmanın 8 farklı konumda 9 üretim tesisi bulunmaktadır. Bundan ayrı olarak her fabrika kendi içinde yakın zaman depo tesislerini barındırmakta olsa da 2 büyük ana depolama tesisi de bulunmaktadır. İşletmenin birimleri aşağıda listelenmiştir.

- İplik üretim departmanı
- Örgü departmanı
- Boyahane departmanı
- Baskı
- Konfeksiyon (1 ana, 4 ara birim)
- Depolama

Tekstil endüstrisi uygulama için özellikle seçilmiştir. Çünkü birkaç temel özelliği bu endüstriyi ekolojik ayak izi daha genel tanımlamayla çevre etkisi anlamında ön plana çıkaracağı düşünülmüştür. Bu başlıca özellikler aşağıdaki gibidir:

- 1- Tekstil endüstrisi temel hammaddesi olan pamuktan dolayı, pamuğun yetiştirilme sürecinde yüksek ekolojik ayak izi meydana getirmektedir.
- 2- Tekstil endüstrisi emek yoğun bir sektör olduğundan dolayı aynı ciro sağlayan şirketlere kıyasla genellikle daha fazla personele sahiptir bu nedenle ekolojik ayak izi bakımından yükseltici etkisi olduğu düşünülmektedir.
- 3- Tekstil sektörü enerji tüketimi ve çevre tahribatı ortalamasının üzerinde bir sektör olarak görülmektedir. Bu nedenle ekolojik ayak izinin daha yüksek olduğu düşünülmüştür.
- 4- Tekstil endüstrisi endüstriyellemenin temel adımlarından olduğu için yüksek teknolojiye diğer endüstrilere kıyasla küresel çapta çok daha yaygın olduğundan bir işletmenin ayak izinden üretimin birim ayak izinde yapılabilecek bir indirgemenin küresel boyuttaki etkisinin fazla olacağı düşünülmüştür.
- 5- Ayrıca uygulamanın yapıldığı Türkiye, Dünya ülkeleri arasında tekstil endüstrisinde merkez konumdaki ülkeler arasında yer alırken, Denizli ili de buradan hareketle bu endüstrinin küresel merkezlerinden biri olarak görülmektedir.
- 6- Tekstil endüstrisi genel olarak güncel mühendislik uygulamalarından uzak kalarak verimliliğin düşük, kayıpların yüksek olduğu bir endüstri kolu olarak görülmektedir ki buradan hareketle küçük iyileştirmelerin büyük etkiler yaratması olası görülmektedir.

Özetle tekstil endüstrisi hem üretim süreçleri hem de ikincil faaliyetleri bakımından çevre etkisi yüksek, verimliliği düşük, küresel anlamda etkisi büyük ve iyileştirilmeye açık bir sektör olmasından bu çalışma için uygun endüstri kolu olarak seçilmiştir. Ayrıca çalışmanın yapılacağı bölge de küresel anlamda bu sektörün merkezlerindedir ki bu durum da avantaj olarak görülmüştür.

5.1.1 Hesaplama Verilerinin Elde Edilmesi

Çalışmada süreç tasarımı yapıp yol haritası çizildikten sonra hesaplama için ihtiyaç duyulan veriler firma veri bankasından alınmıştır. Tam 1 yıllık veri olması açısından 2018 yılı verileri alınmış ve yıllık veriler ile hesaplama yapılmıştır.

Alınan veriler ekolojik ayak izi alt bileşenleri doğrultusunda gruplandırılarak incelenmiş ve hesaplama dahil edilmiştir.

5.1.2 Çalışmaya Katkı Sağlayan Uzmanlar ve Karar Mekanizması

Çalışma incelendiğinde içerisinde sektörel (müşteri bakış açısı, proje getirileri vb.), teknik (proje uygulama süresi, ekonomik ömür vb.) ve firma yapısına has (personel bakış açısı, üst yönetim desteği, firmada uygulanabilirliği vb.) gibi özel uzmanlık içeren bilgilere ihtiyaç duyulmuştur.

İhtiyaç olan destek için bir destek grubu oluşturulmuş ve uzmanlıklarına göre görüşlerine başvurulmuştur. Bu uzman grubu endüstri mühendisliği anabilim dalından ekolojik ayak izi konusunda araştırmalarda bulunmuş iki akademisyen ve firmada 5 yıl tecrübeli orta kademe yönetici olarak çalışan bir endüstri yüksek mühendisi olmak üzere üç deneyimli ve konuya hakim uzmanlardan oluşmuştur. Ayrıca temel uzman grubu dışında çok sayıda farklı disiplinden kişilerin bilgilerine de başvurulmuştur.

Özellikle kriter ağırlıklandırılması ve karar alternatiflerinin karar kriterleri bazında değerlendirilmesi konusunda bu uzmanlarla yapılan toplantılarda Delphi Tekniği kullanılarak odak grup görüşmeleri ile gerçekleştirilmiştir.

5.2 Firmanın Ekolojik Ayak İzi hesaplaması

Çalışmanın bu aşamasında, çalışmanın temel amaçlarından ve ilk adımı olan firmanın çevre etkisi ekolojik ayak izi yaklaşımıyla değerlendirilmesi yapılmış ve gösterilmiştir.

Bölüm 5.1.1’de bahsedildiği gibi kullanımlarına ve ekolojik ayak izi alt bileşenlerine göre veriler ayrıştırılmış ve hesaplamalar ayrı ayrı yapılmıştır.

▪ **Gıda Kullanımı Kaynaklı Ayak İzi Hesaplaması**

Bu kısımda firma yemekhanesi ve mutfaklarının yıllık gıda verileri toparlanmış ve işlenmiştir. Hesaplama yapılırken gıda verileri kaynaklarına göre (hayvansal ve bitkisel) iki grupta incelenmiş ve hesaplanmıştır.

Firmanın gıda ayak izi hesaplamasında Bölüm 4.2.3’te bahsedilen dönüşüm katsayıları ile hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Denklem (4.3) kullanılmıştır.

Gottlieb ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada İsrail’de bir lise üzerinde ekolojik ayak izi hesaplaması üzerinde çalışmışlardır. Bunu yaparken ekolojik ayak izi bileşenlerini açıklayarak okul kullanımlarına göre materyaller için tek tek ekolojik ayak izi hesaplaması yapmışlardır. Bu hesaplama için her bir birim için kendi oluşturdukları dönüşüm katsayılarından faydalanmışlardır. Bu çalışmada firma kullanımı ilgili firmadan alınmış bazı materyaller için buradaki hazır dönüşüm katsayıları kullanılmıştır. Bu materyaller balık eti, yumurta, beyaz et (kanatlı hayvan) ve gıda kaynaklı ayak izi etmenlerinden genellikle tüm bileşenler içerisinde en büyük ekolojik ayak izi sebeplerinden olan kırmızı et (dana eti) tüketimine ait ekolojik ayak izi bu makaledeki hesaplanmış olan dönüşüm katsayılarından hesaplanmıştır. Bu makalede dönüşüm katsayıları diğer makalelerden farklı olarak genellikle küresel hektar birimi kullanılmasına karşılık küresel metrekare birimi ile verilmiştir. Fabrikadan gelen tüketim verileri kilogram birimi ile geldiğinden uygun dönüştürme yapılarak ekolojik ayak izi hesaplanmıştır.

Tablo 5.1 ’de firmanın gıda tüketimine dair ekolojik ayak izi katsayıları verilmiştir. Dönüşüm katsayıları Barrett ve diğ. (2002) ve Gottlieb ve diğ. (2012)’nin yaptıkları çalışmalardan alınmıştır. Tablo5.1’deki besin kullanımı firma çalışanlarının günde 1 öğün besin tüketimi üzerinden gerçekleşen veri olarak alınmıştır. Bireysel ekolojik ayak izi hesaplamalarındaki günlük ortalama 3 öğünlük beslenme verilerinden ayrı düşünülmelidir. Besinler sınıflandırılırken 7 hayvansal kaynaklı, 19 bitkisel kaynaklı ve son olarak 5 genel besin kaynağı olmak üzere 31 genel besin kaynağı üzerinden çalışma yapılmıştır. Kaynak kullanımları firmanın 1

yıllık gerçekleşen satın alma verileri üzerinden hesaplanmıştır. Bu hesaplamada süt ve yağ litre birimi, yumurta kullanımı “Adet x 63/1000” dönüşümü üzerinden kilogram cinsinden ve diğer tüm gıdalar kilogram üzerinden sistemden alınmıştır.

Tablo 5.1: Gıda Alanındaki Ayak İzi Katsayısı.

Gıda Türü	Firma		Ayak İzi (yıllık)(kha)	Toplam içinde Oranı
	Kullanımı(kg/yıl)	Dönüşüm Katsayısı		
Kırmızı Et	16.872	247,00gm ² /kg	416,74	46,92%
Beyaz Et	8.768	41,00gm ² /kg	35,95	4,05%
Hayvansal	3.032	25,00gm ² /kg	7,58	0,85%
Süt&Süt Ürünleri	25.356	3,61,00ha/ton	91,54	10,31%
Süt&Süt Ürünleri	3.700	2,35,00ha/ton	8,70	0,98%
Deniz Ürünü	520	80,00gm ² /kg	4,16	0,47%
Hayvansal Gıda	1.880	17,42ha/ton	32,75	3,69%
Sebze Patates	24.240	0,88ha/ton	21,33	2,40%
Sebze Diğer	5.176	1,06ha/ton	5,49	0,62%
Sebze Diğer	1.515	1,06ha/ton	1,61	0,18%
Sebze Diğer	6.416	1,06ha/ton	6,80	0,77%
Sebze Diğer	3.092	1,06ha/ton	3,28	0,37%
Sebze Diğer	436	1,06ha/ton	0,46	0,05%
Sebze Diğer	3.248	1,06ha/ton	3,44	0,39%
Sebze Yeşil	478	0,83ha/ton	0,40	0,04%
Sebze Yeşil	1.946	0,83ha/ton	1,62	0,18%
Meyve	3.028	1,42ha/ton	4,30	0,48%
Sebze Yeşil	5.400	0,83ha/ton	4,48	0,50%
Sebze Yeşil	3.918	0,83ha/ton	3,25	0,37%
Sebze Yeşil	4.453	0,83ha/ton	3,70	0,42%
Sebze Yeşil	2.240	0,83ha/ton	1,86	0,21%
Meyve	14.052	1,42ha/ton	19,95	2,25%
Meyve	16.258	1,42ha/ton	23,09	2,60%
Meyve	368	1,42ha/ton	0,52	0,06%
Meyve	9.600	1,42ha/ton	13,63	1,53%
Sebze Yeşil	2.108	0,83ha/ton	1,75	0,20%
Genel Besin	9.120	1,55ha/ton	14,14	1,59%
Genel Besin	25.888	1,11ha/ton	28,74	3,24%
Genel Besin	1.972	1,59ha/ton	3,14	0,35%
Genel Besin	13.040	8,40ha/ton	109,54	12,33%
Genel Besin	2.160	6,60ha/ton	14,26	1,61%
Toplam Kullanım	220.279	Toplam Ayak İzi	888,16	100,00%

▪ **Firmanın Elektrik Enerjisi Kullanımı Yoluyla Oluşturduğu Ayak İzinin Hesaplanması**

Firmanın yıllık tüketim verileri ve tarife ödemeleri incelenerek firmanın yıllık elektrik enerjisi kullanımı verisi ile hesaplama Bölüm 4.2.3’te bahsedilen dönüşüm katsayısı kullanılması yöntemiyle Denklem (4.3) kullanılarak hesaplanmıştır. Firmanın yıllık elektrik tüketimi 7.676.169,57 kWh’tir. Gottlieb ve diğ. (2012)

İsrail’de bir lise üzerinde ekolojik ayak izi hesaplamalarında çeşitli girdiler için dönüşüm katsayılarını literatüre kazandırmışlardır. Bu çalışmada elektrik alanında hesapladıkları dönüşüm katsayısından faydalanılmıştır. Çalışmalarında bir kWh’lik elektrik kullanımının geri dönüştürülebilmesi için 2,00gm²/kWh’lik dönüşüm katsayısını kullanmışlardır. Aynı dönüşüm katsayısı gerekli uyarlamalar yapılarak bu çalışmada da uygulanarak elektrik kullanımına ait ekolojik ayak izi hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda firmanın elektrik enerji kullanımıyla meydana getirdiği ekolojik ayak izi 1.535,23 kha’dır.

▪ **Firmanın Karbondioksit Salınımı Kaynaklı Ayak İzinin Hesaplanması**

Çalışmanın bu aşamasında firmanın doğal gaz kullanımı, personel servisleri, firma araçları taşıma ve ulaşım hareketleri, uçak yolculuklarından kaynaklanan karbondioksit salınımının meydana getirdiği ayak izi hesaplanmıştır.

Doğalgaz kullanım verisi kullanılarak online bir hesap makinesi yardımı ile doğalgaz kullanımından kaynaklı karbondioksit salınımı hesaplanmıştır (Muğla Belediyesi, 2019).

Firmanın doğalgaz kullanımı 925.602,07 m³’tür ve bu kullanımdan dolayı meydana gelen karbondioksit salınımı 1.968,76 ton CO₂’dir.

Firma süreçleri gözden geçirildiğinde sekiz farklı lokasyonda işletme ve çok miktarda hammadde, ara ürün, yardımcı malzeme ve nihai ürün taşıması gerçekleşmektedir. Yalnızca bunlarla kalmayarak işletmede çalışan personel taşıması da yapılmaktadır. Ayrıca süreçler içinde personel yer değişimleri ve son olarak üretilen ürünlerin dağıtımında ciddi bir taşıma gerçekleşmektedir. Ancak bu çalışmada firma üretim süreçlerinin ekolojik ayak izi incelendiğinden bu taşıma ve ulaşımın bir kısmı hesaplama dahil edilmemiştir. Sınır olarak fabrika sınırı belirlenmiştir. Yani fabrika kapısından içeride gerçekleşen süreçler ve bunların gerçekleşmesi için gerekli dış taşımalar hesaba dahil edilmiştir. Buna bağlı olarak işletme sınırlarına ulaşmış hammaddenin nihai ürüne dönüşüm sürecindeki taşıma ve ulaşımın hesaplama kapsamına alınmıştır

Bahsedilen bu kapsamda aşağıdaki listelenmiş hareketler hesaplama içine dahil edilmiştir.

- Personellerin evlerinden fabrikaya taşınmaları
- Personellerin fabrikadan evlerine taşınmaları
- Personellerin fabrikalar arası hareketleri
- İdari personelin kendine tahsis edilmiş araç kullanımları
- İdari ve pazarlama personelinin satış pazarlama hareketleri
- İdari ve teknik personelin teknik işlemler için hareketleri
- Fuar, seminer, sempozyum, konferans, eğitim vb. seyahatleri
- Fabrikalar arası hammadde ve ara stok taşımaları
- Satın alma anlaşmalarına bağlı olarak malzeme ve ekipman taşımaları
- İşletme ve fasonlar arası yarı mamul taşımaları
- Şehirler arası uçuşlar (yakın mesafe uçuş)
- Kıta içi yurt dışı uçuşlar (orta mesafe uçuş)
- Kıtalar arası uçuş (uzun mesafe uçuş)

Yukarıdaki maddelerden firma sınırı dışı ya da firma üretim ve ikincil süreçleri dışı görüldüğünden, ayrı olarak aşağıda listelenmiş olan hareketler hesap kapsamı dışında bırakılmıştır.

- Nihai ürünün fabrikadan çıktıktan sonra yaptığı taşınma hareketleri
- Hammadde olan pamuk ve diğer malzemelerin üretim süreçlerindeki hareketleri
- Hammaddelerin fabrikaya ulaştırılması sırasındaki hareketler
- Tedarikçi ve müşterilerin gerçekleştirdiği hareketler
- Denetim ve müşteri ziyaretleri için yapılan hareketler
- Kargo hareketleri
- Fabrikanın tahsis ettiği ulaşım imkanları dışında kendi imkanları ile personellerin gerçekleştirdiği hareketler
- Gıda ve sarf malzemelerinin fabrikaya taşınması
- Fabrika araçlarından bağımsız gerçekleşen tüm hareketler
- Müşteri dağıtım ağı kapsamında gerçekleştirdiği hareketler

Yukarıda bahsedilenlerden sonra hesaplama kapsamına alınan hareketlerin gerçekleştiği araç verileri firmadan alınmıştır. Firma gizliliği nedeniyle araç marka model verileri açıkça paylaşılmayarak araç 1, araç 2 vb. olarak gruplandırılmıştır.

Ancak karbondioksit salınımları hesaplanırken çevrimiçi bir hesap makinesi kullanılmıştır. Bu hesap makinesinde bütün veriler firma izini kapsamında tamamen girilerek yapılmıştır. Hesaplama kullanılan ancak açıklanmayan veriler; araç markaları, modelleri, motor seçenekleri doğrudan firmadan alınmıştır, kilometre başına yakıt tüketimleri hesap makinesi içinde yapılarak doğrudan karbondioksit salınımı hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan ve paylaşılan veriler araç türüne (aynı marka model yıl olan araçlar) ait araç sayısı, yakıt türü, araç sınıfı, yıllık katettiği kilometre verileridir. Hesap makinasından elde edilen yıllık karbondioksit salınımları da bu çalışmada aşağıdaki Tablo 5.2 'de gösterilmiştir. Çalışmanın nesnellüğünün korunması ve bulguların doğruluğundan emin olunması amacıyla birden fazla hesap makinası ve hesaplama üzerinde veriler işlenmiştir ve buradan elde edilen bulgular eş bulunarak hesaplama devam edilmiştir.

Tablo 5.2: Firma Yıllık Araç Karbondioksit Salınımları.

Araç	Adet	Sınıf	Yakıt	Km/Yıl	CO ₂ Salınımı(ton)
Araç1	1	Lüks Sedan	Benzin	26.000	6.916,00
Araç2	1	Lüks Sedan	Benzin	22.025	4.823,00
Araç3	3	Suv	Benzin	102.265	16.567,00
Araç4	1	Suv	Benzin	27.500	5.335,00
Araç5	1	Lüks Sedan	Benzin	32.000	6.048,00
Araç6	1	Lüks Sedan	Benzin	34.500	6.693,00
Araç7	1	Hatchback	Benzin	29.200	5.227,00
Araç8	1	Lüks Suv	Benzin	28.752	8.079,00
Araç9	1	Sedan	Benzin	19.855	2.819,00
Araç10	1	Sedan	Benzin	37.458	6.143,00
Araç11	45	Servis	Dizel	221.562	459,95
Araç12	22	Minivan	Dizel	514.800	124.685,00
Araç13	5	Kamyon	Dizel	780.000	211,85
Araç14	10	Kamyon	Dizel	1.170.000	319,95

Bu bölümde gerçekleştirilen karbondioksit salınımlarından idari araçlar karbondioksit salınımları, personel taşımacılığındaki karbondioksit salınımları ve şehir içi mal taşımacılığının karbondioksit salınımları Çektimur (2019) 'un yaptığı hesaplama ile, diğer karbondioksit salınımları ise (şehirlerarası mal taşıma ve fabrikalar arası minivan kullanımı kaynaklı) Muğla Belediyesi (2019) kaynağından hesaplanmıştır.

Tablo 5.3: Karayolu İle Taşıma Ve Enerji Katsayıları.

Araç Kullanım Grupları	CO₂ Salınım(ton CO₂)
İdari Araçlar CO ₂ Salınımı	68,65
Personel Taşımacılığı	459,95
Şehir İçi Mal Taşıma	211,85
Şehirler Arası Mal Taşıma	319,95
Fabrikalar Arası Minivan	124,69

Karayolu araçları kullanımından doğan karbondioksit salınımlarına ek olarak şehirler arası, yurt dışı orta mesafe ve kıtalar arası uzak mesafe olarak üç alt grupta incelenen uçuşlardan kaynaklı karbondioksit salınımları da bu kez Muğla Belediyesi (2019) kaynağındaki çevrimiçi hesap makinesinden faydalanılarak yapılmıştır. Elde edilen karbondioksit salınımı Tablo 5.4 'te gösterilmiştir.

Tablo 5.4: Havayolu İle Taşıma Ve Enerji Katsayıları.

Uçuş Tipi	Yıllık Miktar(ad/yıl)	Ortalama Süre(sa)	CO₂ Salınımı (ton)
Şehirler Arası Uçuş	110	1	8,95
Yurtdışı Uçuş Yakın	70	3	19,63
Yurtdışı Uçuş Kıtalararası	16	7	10,47

Çalışmanın bu aşamasında hesaplama denklemi ancak denklemdeki değerler ya ulusal ya küresel ortalama değerler olduğu için burada aynı formül ile yapılmış genel hesaplama bulguları üzerinden firmaya özgü bir karbondioksit salınımı başına düşen ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Bu değer bu çalışmaya özgü hesaplanmış bir CO₂ dönüşüm katsayısı durumundadır. Bu çalışmadaki hesaplama da dönüşüm katsayısı olarak Denklem (4.3) 'teki yaklaşımla karbon ayak izi hesaplaması yapılacaktır.

Burada hesaplanmış değer bundan sonra Türkiye ulusal değerleri ile hesaplama yapıldığından benzer şekilde yapılacak tüm çalışmalarda dönüşüm katsayısı olarak kullanılabilir. Dolayısıyla ile literatüre yeni bir dönüşüm katsayısı kazandırılmıştır.

Tablo 5.5: Global Ayak İzi Katsayıları.

Hesaplama Adımı	Bulgu	Birim
Türkiye Toplam CO ₂ Salınımı	4,49	Ton/Yıl
Türkiye Toplam EAI	2,77	Kha
Türkiye KAI/EAI	0,46	
Türkiye KAI	1,27	Kha
Birim CO ₂ Salınımı Ayak İzi	0,28	Kha

Literatüre kazandırılan dönüşüm katsayısı 0,28 kha/ton CO₂ ya da bir başka yorumla her ton karbondioksit salınımına karşılık gelen karbon ayak izi miktarı Denklem (4.3) 'teki gibi kullanılarak Tablo 5. 6'daki ayak izi değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 5.6: Karbondioksit Salınımının Karbon Ayak İzi (KAI).

Karbondioksit Kaynağı	Karbon Ayak izi(kha)
Doğalgaz Kullanımı	186,24
İdari Araçlar CO ₂ Salınımı	19,48
Personel Taşımacılığı	130,53
Şehir İçi Mal Taşıma	60,12
Şehirlerarası Mal Taşıma	90,80
Fabrikalar Arası Minivan	35,38
Şehirlerarası Uçuş	2,54
Yurtdışı Uçuş Yakın	5,57
Yurtdışı Uçuş Kıtalararası	2,97
Toplam	533,63

▪ Kullanılan Hammadde Kaynaklı Ekolojik Ayak İzi

Üretim süreçlerinin ekolojik ayak izinin hesaplanmasının ardından bu bölümde firmanın gerçekleştirdiği üretim için kullanılacak hammaddelerin üretimi için gerekli dünya alanını ifade eden hammadde ekolojik ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Bu noktada önemli olan ve anlaşılması gereken husus bu aşamada hesaplanan ayak izi yalnızca o hammadde üretimi için gerekli ekim alanı; kullanılan gübrelerin geri dönüşümü ve emilimi, kullanılan su miktarı gibi temel bileşenlerin hesaba katılıp; üretilen hammaddenin nakliye süreci yolculuğu, alım satım işlemleri, aracılık hizmetleri gibi ara süreçler, işçilikten ve yan süreçlerden doğan ekolojik ayak izi hesaplama dışı bırakılmıştır.

Firma üretim gamı incelendiğinde genel olarak pamuk içerikli ürünler üretmektedir. Hem bilgi birikimi hem tecrübe hem de teknik ve operasyonel kabiliyet gereği tüm süreçleri pamuklu üretime odaklıdır. Pamuk üretimin çok büyük kısmını

elinde tutmaktadır. Pamuk haricindeki üretimlerin de büyük çoğunluğu viskon, tensel, modal, bambu gibi organik içerikli doğal elyaflarla gerçekleştirilmektedir. Bu grup hammaddeler üretimin kalan kısmını büyük oranda elinde tutmaktadır. Bunlar haricinde kalan kısım ise üretimde eser miktarda sayılabilecek düzeydedir. Pamuk ve diğer doğal elyaflar haricindeki üretime dahil olan yardımcı malzemeler hesaplama dışı bırakılmıştır.

Pamuk ve diğer organik maddelerin ekolojik ayak izi ise David Lin ve diğ. (2019) tarafından ortaya konan yaklaşım ile hesaplanmıştır. Ekolojik ayak izi hesaplamaları incelendiğinde en detaylı hesaplama formülleri arasında bulunan bu formül yoluyla en büyük ekolojik ayak izi kalemlerinden biri olan hammadde ayak izi hesaplaması çalışmanın bulgusunu gerçek değere en yakın noktaya taşıyacağı düşünülmüştür.

Denklem (4.1) ve Denklem (4.2) kullanılarak yapılan hesaplama ile firmanın kullandığı pamuk hammaddesinin ekolojik ayak izi 2331,58 kha, diğer organik kaynaklı hammaddelerin (viskon, modal, bambu vb.) ekolojik ayak izi ise 787,11 kha olarak hesaplanmıştır.

Firmanın pamuk kullanımı (P) bilinmektedir. Pamuğun dünya verimi (Y_{wp}) yani bir ton pamuk üretebilmek için gerekli küresel hektar (Global Footprint Network, 2019) kaynağından alınmıştır. (EQF_L) toprak tiplerine ait eşdeğerlik faktörü (Kitzes ve diğ. , 2007) kaynağından alınmıştır. Son olarak ise (IYF_p) yani pamuk ürününe ait dönemler arası verim faktörü yani verimliliğin zaman serilerine göre değişimi (Global Footprint Network, 2019) kaynağından alınan verilere göre pamuk veriminin son dönem değişimini tahminleyen operatör olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.7: Hammadde Kullanımı Eşdeğerlik ve Verim Faktörü Hesaplaması.

Gıda Türü	Firma Kullanımı	Dünya Verimi	IYF	EQF Karbon	EQF Tarım	EQF Otlak	EQF Ekim	EQF Balıkçılık	EQF Yapı
Pamuk	1.993.505,85	2,14	1,00	1,28	1,28	0,46	2,50	0,37	2,50
Diğer Organik	672.982,44	2,14	1,00	1,28	1,28	0,46	2,50	0,37	2,50

Hammadde ekolojik ayak izini analiz edebilmek amacıyla firmanın kullandığı pamuk menşei bilgilerine göre ayrıştırılmıştır. Böylece analiz ve yorumlama da farklı bakış açısı kazandırılmıştır. Firmanın pamuk kullanım detayı Tablo5.8'deki gibidir.

Tablo 5.8: Firma Pamuk Kullanım Detayı.

Menşei	Kullanım(kg/yıl)
Türk	617.986,81
Yunan	578.116,70
Amerikan	797.402,34
Toplam	1.993.505,85

Hammadde kullanımları verilerinin de işlenmesinin ardından firmanın ekolojik ayak izi major etmenler üzerinden hesaplanmıştır. Hesaplamalar bu çalışmaya özgü oluşturulmuş bir MS Office Excel® paket programı yardımıyla yapılmıştır. Tüm veri ve çıktı tabloları bu paket program üzerinden çalışmaya eklenmiştir.

Hammadde kullanımından oluşan ekolojik ayak izinin ne olduğu neden kaynaklandığı önceki bölümde detaylı anlatılmıştı. Tablo 5.9’da hesaplama bulguları gösterilmiştir.

Tablo 5.9: Hammadde Ekolojik Ayak İzi.

Gıda Türü	Ekolojik Ayak İzi(kha)
Pamuk	2.331,58
Diğer organik	787,11

Tablo 5.9 göstermektedir ki firma süreçlerinin tamamında bu aşamaya kadar oluşan ayak izinden daha fazlası hammadde kaynaklı ekolojik ayak izi bu aşamada gözlenmiştir. Burada pamuğun yalnızca üretiminin salt ayak izi gösterilmiştir. Yani üretim süreçlerinde kullanılan araçlardan pamuğun işlenmesine, sevkiyatına kadarki süreçlerdeki ekolojik ayak izi oluşumları hesap dışı bırakılmıştır. Örnek olarak sevkiyatı için gerçekleşen karbondioksit salınımı kaynaklı karbon ayak izi bu değerle birleştirilebilir ve bu alanda yapılacak diğer çalışmalara bu durum ışık tutabilir diye düşünülmüştür.

Tablo 5.10: Hammadde Kullanımı ve Ekolojik Ayak İzi Katsayısı.

Kullanılan Pamuk Miktarı	Ekolojik Ayak İzi	Birim Ekolojik Ayak İzi
1.993.505,85 kg	2.331,58 kha	1,16 kha/ton

Elde edilen bulgular analiz edildiğinde eldeki veriler ışığında birim pamuk üretimi için bir ekolojik ayak izi hesaplaması yapılmıştır. Eldeki veriler el verdiğince

gerçeğe yakın bir değer hesaplanmıştır. Önceki kısımda bahsedilen düzeltmeler ve eklemelerle bu değer iyileştirilebilir. Bunun dışında bundan sonra bu alanda yapılacak çalışmalar için bulunan bu değer bir dönüşüm katsayısı referansı olarak kullanılabilir. Ayrıca buradan hareketle tekstil süreci sonunda üretilen pamuklu son ürünler için kullanılan brüt kumaş miktarı ve pamuk dönüşüm katsayısı ile ürün bazlı hesaplama yapılabilir.

▪ Farklı Bir Bakış Açısı ile Su Ayak İzi

Ekolojik ayak izi hesaplamalarından farklı incelenen ve ekolojik ayak izi çalışmalarına farklı bir bakış açısı olarak ortaya atılan su ayak izi analizi bu çalışma içerisinde de firma üzerinde yapılmıştır.

Pegram ve diğ. (2014) raporu incelendiğinde su ayak izinin üç ana kategoriden oluştuğu görülmektedir. Bunlar Mavi Su Ayak İzi, Yeşil Su Ayak İzi ve Gri Su Ayak İzidir. Mavi Su incelenen organizasyonun tükettiği tatlı su miktarını ifade eder. Bu nedenle biyolojik kapasite toplam su kapasitesi değil dünyadaki toplam tatlı su kapasitesi olarak görülmelidir. Yeşil Su Ayak İzi ise organizasyonun genel su tüketimini ifade eder. Burada biyolojik kapasite dünya toplam su kapasitesidir. Gri Su Ayak İzi ise, kirletilen su miktarını ifade eder ve bu çalışma için fabrikaların üretim süreçlerinden çıkan atık su bu kapsamda incelenmiştir. Ve biyolojik kapasite toplam su kapasitesi olarak kabul edilmiştir.

Dünya su kapasiteleri aşağıda Tablo 5.11’de verilmiştir.

Tablo 5.11: Dünya su kapasiteleri

Su Tipi	Tüketim(m³/yıl)
Tatlı Su	105.600,00
Kullanılan Su	55.729,00
Atık Su	49.196,00

▪ Ekolojik Ayak İzi Genel Bulguları

Yukarıda parça parça anlatılıp gösterilen bulgular bu aşamada birleştirilerek firmanın ekolojik ayak izine genel bir bakış ve yorumlama yapılmıştır. Tablo incelendiğinde firmanın bütün üretimsel ve yönetsel süreçleri içerisinde ekolojik ayak izi oluşumunda etkili 43 adet tüketim birimi ve bunların karşılanması için gerekli küresel hektar alanı yani bunlardan dolayı oluşan ekolojik ayak izi ve toplam içinde yüzdesel olarak aldıkları yer detaylı gösterilmiştir. Bu gösterimde ekolojik ayak izi etkileri bazında büyükten küçüğe sıralama yapılmıştır. En büyük ekolojik ayak izi etmeni %46,15 ile pamuk hammadde, bunu takiben %15,58; %10,13 ; %8,25 ; %3,69 oran sıralaması ile diğer hammadde, elektrik kullanımı, dana kırmızı et ve doğalgaz kullanımı gelmektedir.

Tüketim grupları beş ana grupta kategorize edilerek toplam ayak izi etkileri ekolojik ayak izi birimi olan küresel hektar ve yüzdesel olarak Tablo 5.12'de görülmektedir.

Tablo 5.12: Ayak İzinin Sınıflandırılması.

Ayak İzi Sınıfı	Ayak İzi(kha)	Yüzde
Gıda	1.000,87	18,32%
Hammadde	3.118,69	57,08%
Enerji	697,98	12,77%
İdari	317,66	5,81%
Ulaşım Taşıma	327,91	6,00%
Genel Toplam	5.463,12	100,00%

Tablo 5.12 incelendiğinde firma ayak izi için en büyük etmenin hammadde kaynaklı olduğu görülmektedir. Aradaki farktan da açıkça özellikle pamuk üretiminin çevre etkisinin firmanın tüm gıda kullanımından fazla olduğu yorumu yapılabilir. Bununla birlikte diğer ayak izi kalemleri listede görüldüğü üzere hammaddenin ardında ve çok gerisinde kaldığı görülmüştür. Buradan firmanın karbon ayak izi miktarının yüksek olduğu yorumu yapılması mümkündür. Çalışmanın bu kısmı birim ürün olarak hesaplandığında daha geniş çerçeveli başka çalışmalara ışık tutan bir çalışma çıkacağı kesin görülmektedir. Ayrıca başka firma örneği üzerinde genişletilerek yorumlamaya açıktır.

Tablo 5.13: Firmanın Toplam Ayak İzi.

Toplam	Ayak İzi(kha)	Yüzdellik
Pamuk Hammadde	2.331,58	42,68%
Diğer Hammadde	787,11	14,41%
Elektrik	511,74	9,37%
Dana Kırmızı Et	416,73	7,63%
Kâğıt	298,17	5,46%
Doğalgaz Kullanımı	186,23	3,41%
Personel Taşımacılığı	130,52	2,39%
Yumurta	120,30	2,20%
Yağ	109,53	2,01%
Yoğurt	91,53	1,68%
Şehirler Arası Mal Taşıma	90,79	1,66%
Şehir İçi Mal Taşıma	60,11	1,10%
Beyaz Et	35,94	0,66%
Fabrikalar Arası Minivan	35,38	0,65%
Tereyağı	32,74	0,60%
Ekmek	28,73	0,53%
Portakal	23,08	0,42%
Patates	21,33	0,39%
Elma	19,95	0,37%
İdari Araçlar CO ₂ Salınımı	19,48	0,36%
Çay	14,25	0,26%
Şeker	14,13	0,26%
Karpuz	13,63	0,25%
Süt	8,69	0,16%
Domates	6,80	0,12%
Yurtdışı Uçuş Yakın	5,57	0,10%
Soğan	5,48	0,10%
Marul	4,48	0,08%
Limon	4,29	0,08%
Balık	4,16	0,08%
Yeşillik Sebze	3,69	0,07%
Havuç	3,44	0,06%
Patlıcan	3,27	0,06%
Lahana	3,25	0,06%
Un	3,13	0,06%
Yurtdışı Uçuş Kıtalararası	2,97	0,05%
Şehirler Arası Uçuş	2,53	0,05%
Ispanak	1,85	0,03%
Fasulye	1,74	0,03%
Salatalık	1,61	0,03%
Biber Taze	1,60	0,03%
Çilek	0,52	0,01%
Mantar	0,46	0,01%
Kabak	0,39	0,01%
Toplam Ayak İzi	5.463,13	100,00%

5.3 Firma Ayak İzinin Genel Analiz

Firma ekolojik ayak izi firmanın toplam çevre etkisini tanımlamaktadır. Ancak daha kapsamlı bir değerlendirme için bu bölümde firmanın ayak izi üç kategoriye ayrılmıştır.

▪ **Firmanın Yapısal Ayak İzi**

Yapısal ayak izi firmanın sadece binalarından oluşan kısmının meydana getirdiği alt bileşenler yapı alanı ayak izidir. Aynı durumdaki firmalar ile kıyaslama yapılarak durum analizi yapılabilir. Ancak tablo incelendiğinde zaten etkisinin çok küçük olduğu görülmektedir.

Çevre maliyet muhasebesi benzetmesi yapılırsa işletmenin ilk yatırım maliyetlerine karşılık gelmektedir.

İyileştirme daha verimli alan kullanımı ve etkili tesis planlama projeleriyle ve çevre dostu malzeme kullanımı ile gerçekleştirilebilir. Tablo 5.14'de görüldüğü gibi firmanın yapısal ayak izi 9 kha'dır bu da toplam ayak izi içerisinde %0.16'lık etkiye sahiptir.

▪ **Firmanın Kapasitif Ayak İzi**

Kapasitif ayak izi olarak adlandırılan ayak izinde ise firma yapısal olarak ve üretime başlamaya hazır hale gelip henüz üretim yapmamış halinin ayak izidir. Burada amaç kapasitif ayak izi azaltıldığında üretime ve ciroya doğrudan etki yapmayan, endirekt ayak izidir. Ne kadar azaltılabilirse hem daha çevreci hem de daha verimli bir işletme anlamını taşır. Doğrudan üretim miktarıyla orantılı olmadığından sabit bir değer taşımaktadır ve minimum seviyede tutulmalıdır.

Çevre maliyet muhasebesi benzetmesinden yola çıkılırsa işletmenin sabit maliyetlerine karşılık gelmektedir. Verimliliğin arttırımı ve her türlü israftan kaçınarak iyileştirilebilir. İyileştirme de üretimi etkilemeden daha uygulanabilir. Tablo 5.14'de görüldüğü gibi firmanın yapısal ayak izi 1.671 kha'dır bu da toplam ayak izi içerisinde %31'luk etkiye sahiptir.

▪ **Firmanın Operasyonel Ayak İzi**

Operasyonel ayak izi hazır olan firmanın üretime geçtikten sonra meydana getirdiği etki olarak tanımlanabilir. En yalın tabirle üretim operasyonlarının çevre etkisinin ölçüğü olarak görülmüştür. Burada önemli olan özelliği üretilen ürün miktarı, personel sayısı ya da ciro başına düşen operasyonel ayak izi hesaplaması yapılarak çalışma genişletilebilir.

Çevre ekonomi benzetmesinde değişken maliyete karşılık gösterilebilir. Tablo 5.14’de görüldüğü gibi firmanın yapısal ayak izi 3.792 kha’dır bu da toplam ayak izi içerisinde %69’luk etkiye sahiptir.

Tablo 5.14: Firma Ayakizi Ayrıştırması.

Durum	Toplam Ayak izi (kha)	Toplam Ayak izi (%)
Kapasitif	1.670,500	31%
Operasyonel	3.792,400	69%
Yapısal	9,000	0%
Genel Toplam	5.471,900	100%

5.4 Ekolojik Ayak İzinin İndirgenmesi

Ekolojik ayak izi hesaplamasının ardından, proje bazlı yaklaşım oluşturulup firmanın çevre etkisinin indirgenmesine yönelik önceliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

5.4.1 Karar Kriterlerinin Belirlenmesi

Firma uzmanı; firma üst yönetiminin bakış açıları, stratejilerini, yeni projelere yaklaşımlarını değerlendirerek aşağıdaki 8 karar kriteri belirlemiştir. Çalışmanın devamında kriterler belirtilen kısaltma kodları ile kullanılacaktır. Karar kriterleri bazında alternatiflerin değerlendirilmesinde 2 temel uygulama vardır. Bu durumun temeli karar kriterlerinin yapısal farklılıklarıdır. Karar kriterleri bu bakımdan nitel ve nicel olmak üzere 2 grupta incelenmiştir.

Nitel Karar Kriterleri

Sayısal olarak değerlendirilemeyen objektif değerlendirme yapılamayan kişisel görüş ve bakış açısı ile subjektif değerlendirilebilen kriterlerdir. Saaty (2008)'nin yaptığı çalışmasında kullandığı değerlendirme sistemi ile değerlendirme yapılmıştır.

- **Üst Yönetim Desteği (ÜST):** İlgili proje alternatifine firma üst yönetimin bakış açısını ve proje sürecine desteğini ifade eden kriterdir. Ancak burada firmanın sadece stratejik yönetimi yani yalnızca yönetim kurulu görüşleri mutlak olarak değil bunlara bağlı yönetici ve idari personelin de yönlendirmeleri de dikkate alınmıştır.
- **Personel Kabul Düzeyi (PER):** İlgili proje alternatifine hem proje uygulayıcı orta kademe ve alt kademe yönetici ya da teknik ekibin projeyi kabul ve sahiplenme düzeyini hem de mavi yaka personelin kabul ve sahiplenme düzeyini ifade eder. Burada ayrı olarak verilmiş olsa da bu kriter aslında bir sonraki nitel kriter olan müşteri memnuniyetini de etkilemektedir. Çünkü firmanın müşterileri Avrupa menşeli müşteriler olduğundan denetimlerinde özellikle mavi yaka olmak üzere alt kademe personelin çalışma mutluluğu veya rahatsızlığını önemsemektedir. Bağımsız gibi görünse de bu etkileşim değerlendirmede diğer kriteri de etkilemiştir.
- **Projenin Uygulanabilirliği ve Uygulama Kolaylığı (UYG):** Önceki kısımlarda da bahsedildiği gibi birçok proje alternatifi (ekolojik ayak izini indirgeyecek) ortaya atılsa da bir kısmı işletmede uygulanma şansı olmadığından değerlendirmeye alınmamıştır. Örneğin kırmızı et ekolojik ayak izi için önemli bir etken olmasına rağmen kırmızı et sağlayabilmek için küçükbaş ya da büyükbaş hayvancılık yapılabilir. Bir şehir ülke veya herhangi bir bölge üzerinde yapılan bir çalışma olsa bu alternatif gayet önemli bir değerlendirme olabileceken tekstil işletmesinde uygulanma olanağı bulunmamaktadır. Her ne kadar bu gibi uygulanamayacak projeler kapsam dışı bırakılsa da uygulanabilir olarak değerlendirilen bu proje alternatifleri arasında da bu anlamda farklılıklar bulunmaktadır. Bunu değerlendirebilmek amacıyla bu kriter çalışma kapsamına dahil edilmiştir.

- **Müşteri Bakış Açısı (MÜŞ):** İlgili proje alternatifi ile ilgili müşterilerin bakışını ve yaklaşımını ifade eden kriterdir. Yukarıdaki bölümde de bahsedildiği gibi müşteri ziyaret ve denetimleri ile firmada uygulanan proje ve çalışmaları yakından takip etmektedir. Dolayısıyla fabrikada uygulanması düşünülen projelerin tamamında müşteri bakış açısı karar vermede dikkate alınan kriterlerdendir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında mutlaka değerlendirilmesi gerekli görülmüştür.
- **İşletmeye Uygunluğu (İŞL):** Üst yönetim birçok alanda (pazarlama, üretim geliştirme, maliyet indirgeme, personel döngüsü indirgeme vb.) proje fikrini sürekli olarak değerlendirmekte ve sürekli süreç geliştirme ve iyileştirme kararları almaktadır. Bu kriter firmada uygulanan veya uygulanacak olan diğer alandaki projelerle uyumluluk veya firmanın kendi öz dinamiklerine uygunluğu ele alınmıştır.

Yukarıda bahsedildiği gibi bu nitel kriterlerde alternatiflerin değerlendirilmesi Saaty ölçeklendirmesi ile yapılmıştır. Önceki kısımda verilen Saaty değerlendirmesine paralel olarak bu çalışmadaki karşılıkları aşağıdaki Tablo 5.15'deki gibi verilmiştir (Saaty, 2008).

Tablo 5.15: Saaty Ölçeklendirilmesi.

Önem Puanı	Önem Karşılığı
1	Kararsız
3	Kabul Edilmeli
5	Genellikle Kabul
7	İstisnalar Hariç Kabul Edilmelidir
9	Mutlak Kabul
2,4,6 ve 8	Ara Değerlendirme Kriterleri (Uzlaşma Değerleri)

Nitel Karar Kriterleri

Önceki kısımda bahsedilen kriterler sayısal değerlerle derecelendirilemeyen ve sübjektif değerlendirmelere açık kriterlerin aksine bu kısımda sayısal değerler ile değerlendirilen ve birimi olan ve objektif değerlendirme yapılan kriterler sunulmuştur.

Bu kriterler aşağıdaki gibidir:

- **Maliyet (MAL):** Her proje değerlendirmesinin olmazsa olmazı nitelikte olan proje uygulama sürecindeki tahmini maliyeti ifade eder. Proje maliyetleri fabrikanın ilgili konularda iş verdiği çalışma ortaklarından ve piyasa araştırmalarından alınmıştır. Maliyet hesaplamasında projelerin değerlendirilmesinde objektif ve gerçekçi değerlendirme yapılabilmesi açısından alınan ve hesaplanan getiri ve götürülerin 10 yıllık süreçteki (amortisman süreleri de göz önüne alınarak) net bugünkü değeri (NBD) hesaplanarak işleme alınmıştır.
- **Proje Süresi (SÜR):** Proje yönetimi çalışmalarının en önemli kalemlerinden biri de süredir. Maliyetteki gibi yine çalışma ortaklarından alınan verilerle çalışılmıştır. Unutulmamalıdır ki zaman projeler için soyut kaynak olarak görünse de projenin uygulama süresinin uzaması ek maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olur.
- **Ekolojik Ayak İzi İndirgeme Potansiyeli (POT):** Bu kriter çok kriterli karar verme probleminin çözümünde fayda olarak nitelendirilebilir. Önceki kısımda hesaplanmış olan ekolojik ayak izinin projeler desteğiyle indirgenme potansiyelini ifade eder.

Bu noktada birinci kısımdaki kullanılan verilere ek olarak gerekli teknik veriler piyasadan ya da firmanın o alandaki çalışma ortakları ve tedarikçilerinden alınarak hesaplanmıştır.

Her bir proje için ayrı ayrı hesaplanan bu değerler sonraki kısımda ayrıntılı biçimde sunulmuştur. Değerlerin kullanılan üründen ürüne ya da ortam şartlarına göre küçük farklılıklar gösterebileceği bilinse de bu farklılıklar nihai sonucu etkilemeyecek düzeyde olduğu görülmüştür. Bunun dışında tabii ki kullanım da potansiyeli değişirse de çalışmanın objektifliği için doğru kullanımlar üzerinden hesaplama yapılmıştır.

5.4.2 EAI İndirgeme Projelerinin Belirlenmesi

Firmanın çevre etkisinin ekolojik ayak izi ile değerlendirilmesinin ardından bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılan ve literatür araştırmalarında eksikliği

açıkça görülebilen, proje yaklaşımı ile ekolojik ayak izi indirilmesi aşaması bu bölümde anlatılmıştır.

Öncelikle proje alternatiflerinin belirlenme yönteminde Bölüm 5.1.2'de bahsedilen uzmanlardan oluşan kurul, odak grup toplantıları yöntemiyle toplanarak delphi tekniği uygulayarak alternatifler belirlemiş sonrasında firma yapısına uygun olmayanlar çıkarılıp uygulanabilir görülenler ile çalışma devam etmiştir.

Belirlenecek Projelerde Aranılan Özellikler aşağıdaki gibidir:

- 1- Proje firma yapısına uygun ya da uyarlanabilir olmalıdır.
- 2- Proje firmanın stratejik hedefleriyle örtüşmelidir.
- 3- Proje çalışmanın temel amacıyla örtüşmelidir.
- 4- Proje disiplinler arası nitelik taşımak zorundadır.
- 5- Proje süreci sonunda yeni oluşturulan düzen sistematik halini almalıdır.
- 6- Proje girdi ve çıktıları izlenebilir olmalıdır
- 7- Proje sürdürülebilir olmalıdır

Yapılan toplantılar sonucu uygun görülen projeler kısaltma kodlamaları ile birlikte aşağıda tanıtılmıştır.

▪ **Güneş Panelleri ile Elektrik Üretimi (GPE)**

Gelişen günümüz dünyasında artan teknolojik gelişmeler en büyük açığı enerji alanında oluşturmaktadır. Çalışmanın bu kısmında fabrikanın karbon ayak izinin azaltılması için temel enerji gereksinimi olan elektrik enerjisini yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı ile üreterek karbon ayak izi indirilmesi amaçlanan bir proje alternatifi tanıtılmıştır.

Yasal sınırlar gereği (fabrika elektrik üretim ve dağıtım lisansına sahip olmadığından 1 MW'a kadar elektrik enerjisi üretimi yapabilmektedir. Amaç sürdürülebilir ve ihtiyacı karşılamaya yönelik olduğundan bu elektrik enerjisi güneş panelleri ile sağlanması amaçlanmaktadır.

Varsayımlar:

- 1- İl bölgesel ortalama güneşlenme süresi baz alınmıştır.
- 2- Panel için fabrika alanın dört cephesi de açık olduğundan cephe kısıtı yok kabul edilmiştir.
- 3- Fabrika arazi eğimi göz ardı edilmiştir. Ancak fabrika çevresinde GES'lerin bulunması arazi eğiminin uygun aralıklarda olduğunu desteklemektedir.
- 4- Güneş panelleri üretim ve lojistik sürecinde yaratılan ekolojik ayak izi çalışma kapsamına alınmamıştır.

Proje maliyeti firmanın bu alandaki çalıştığı firmalar ve firma mühendisleri arasında yapılan görüşme ve beyin fırtınası faaliyetleri ile belirlenmiş olup değerler aşağıdaki gibi tahmin edilmiştir.

Proje için uygulanan maliyet analizi sonucunda, tüm panel/ekipman tedarik ve kurulum özetle proje ilk yatırım maliyeti 6.358.000₺ olarak hizmet sağlayıcısından alınmıştır. Buna istinaden bölgede benzer yöntemle yapılan elektrik üretimleri ortalaması ve uzman ekip tarafından kabul görmüş beklenen elektrik üretimi geliri 1.439.220,00₺/yıl olarak alınmıştır. Son olarak yine hizmet sağlayıcısı proje şirketinden dış kaynak olarak hizmet alımı yapılacak yıllık beklenen bakım ve işletme genel gideri toplamı 348.534,00₺/yıl olarak belirlenmiştir.

Proje tamamlanma süreci iş ortakları ve fabrika yönetimi ile görüşülerek süreç planlama, yönetim kurulu onayı, görüşmeler, ekipman tedariki, ekipman kurulumu, deneysel süreçler ve uygulamaya geçiş süreçleri olarak 180 gün olarak kabul edilmiştir.

Projenin ekolojik ayak izi indirgeme potansiyeli elektrik dönüşüm katsayısı kullanılarak dördüncü bölümde anlatıldığı gibi dönüşüm katsayısı ve kullanım miktarı çarpımı ile bulunmuştur.

▪ **Önleyici&Kestirimci Bakım Faaliyetleri (ÖKB)**

Çalışmadaki temel hesaplamalardan olan firmanın çalışma süresince meydana getirdiği ekolojik ayak izi göstermiştir ki firmada üretim devam ettikçe çevre

tahribatı her durumda gerçekleşecektir. Bu durumun önüne geçebilmek veya ekolojik ayak izi yaratmamak için günümüz endüstrilerinden vazgeçmek mümkün değildir. Ancak bu konuda daha yalın bir üretim ile israfları (bütün israflar bu aşamada zamana bağlı ele alınmıştır) azaltmak gereksiz meydana gelen ekolojik ayak izini azaltmak sonucunu da doğuracaktır. Buna bağlı olarak bir kurumsal kaynak planlama yazılımına ek önleyici ve kestirimci bakım paketi eklentisi ve bir takibinden sorumlu çalışan ile bu proje uygulamaya alınabilir düşüncesi bu kısımda değerlendirilmiştir.

Varsayımlar:

- 1- Proje beklenen getirisi için firmada makine arıza ve bakım duruşlarının genel kayıplar içerisindeki payı (%2) üzerinde odaklanmış iyileştirme öngörülmüştür.
- 2- Bu proje ile varolan kayıpların %50'si yani genel kayıplar içerisindeki payı ile %1 iyileştirme öngörülmüştür.
- 3- Çalışma kapsamında işe alınacak 1 kişi ortalama temel maaş üzerinden alınacağı varsayılmıştır.
- 4- İşe alınacak kişinin zaman süreci içerisinde alacağı terfi, zam ve prim ödülleri gözardı edilmiştir.

Proje maliyet analizi yapılırken ilk yatırım maliyeti hizmet sağlayıcıdan alınan fiyata istinaden ERP ek paket kurulum ücreti 10.000,00₺, sabit gider olarak işe alınacak kişi yıllık maliyeti 50.400,00₺/yıl ve beklenen getiri olarak da 107.892,00₺ kabul edilmiştir.

▪ **Kumaş Geri Dönüşüm Projesi (KGD)**

Firma üretiminde gerek planlama süreci hataları gerek ise üretim süreci belirsizlikleri kapsamında ihtiyaçtan fazla miktarda geçilen kumaş siparişleri nedeniyle bir miktar kumaş üretim fazlası olarak artmaktadır. Bu israf kumaşın önlenmesi bunun üretimi sürecinde meydana gelen ekolojik ayak izini de azaltacaktır.

Proje kısaca iki personel işe alarak, birisi üretimde gerçekleşen gramaj ölçümlerini yapmak diğeri ise bunların raporlama ve planlama geri bildirimini ve yönlendirmesini yapmak üzere işe alınacaktır.

Varsayımlar:

- 1- Proje kapsamında işe alınan kişilerin 100,00,00₺ altı toplam harcamaları (kırtasiye ve sarf malzemeleri... gibi) ayrıca hesaplama alınmamıştır. Yalnızca genel gider üzerinden maliyete eklenmiştir.
- 2- Artan (israf) kumaş miktarı yıllık ortalaması olarak ele alınmıştır. Değişimler göz ardı edilmiştir.
- 3- Kumaş fiyatında meydana gelecek değişimler göz ardı edilmiştir.
- 4- Artan kumaşların çevre etkisi genel ortalama üzerinden ele alınmıştır. İçeriğine (pamuk, bambu, polyester, elastan vb.) ve bunların çevre etkisine değinilmemiştir.
- 5- Kur güncel değer üzerinden hesaplama yapılmıştır.

Proje maliyet hesaplamalarında ilk yatırım maliyeti olmamakla işe alınan kişi maliyeti sabit gider olarak 100.800,00₺, iade kumaşta beklenen %10'luk iyileşme karşılığı getiri 682.500,00₺ olarak öngörülmektedir.

Proje Ekolojik Ayak İzi İndirgeme potansiyeli ise genel firma çalışma ekolojik ayak izi üzerinde %1'lik iyileşme olarak görülmüştür ve ele alınmıştır. Bu noktada geçmiş verilerden faydalanılmış ve yukarıdaki varsayımlar kabul edilmiştir.

▪ **Yalıtım (Polyurea) Projesi (YPP)**

Fabrika üretim ve kalite koşulları gereği belirli sıcaklık değerinde sabit tutulmaya çalışılmaktadır. Bu durum ortalama hava sıcaklığının gerekli sıcaklıktan düşük olduğu dönemlerde iç kısmın sıcaklığının muhafazası, hava sıcaklığının yüksek olduğu dönemde ise dış ısı akımından korunması yönünde enerji harcamasını meydana getirmektedir. Bu enerji de doğal olarak çevre tahribatı ve ekolojik ayak izi oluşturmaktadır.

Önerilen projede fabrika çeperinin polyurea ve polyuretan karışımının basınç altında uygulanması ile içeride oluşturulan uygun sıcaklık ortamının muhafazası yoluyla enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmiştir.

Proje Maliyet Analizinde, Yalıtım Kaplaması maliyeti (işçilik dahil) 257.850 ₺, Tasarruf edilmesi beklenen enerji gideri 46.200,00₺ olarak öngörülmüştür.

Varsayımlar:

- 1- Yalıtım malzemelerinin ısı geçirgenliği tasarruf miktarı kabul edilmiştir.
- 2- Yalıtım için daha uzun süre verilse de amortisman ömrü 10 yıllla sınırlandırılmıştır.
- 3- Malzeme uygulama kaynaklı değişkenlikler göz ardı edilmiştir.

▪ **Şirket Ormanı Projesi (ŞOP)**

Ekolojik ayak izi çalışmaları incelendiğinde en büyük ayak izi kaleminin karbon ayak izi olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu proje önerisinde firmanın karbon ayak izine sebep olan karbondioksit salınımı indirgenemeyeceğinden çevre tahribatının önüne geçilebilmesi adına firmanın karbondioksit salınımı kadar karbondioksit geri emilim seviyesine sahip firma ormanı oluşturması önerilmiştir. Proje sosyal yönü nedeniyle firmanın bu konuda fıstık çamı “pinus pinea” türü ağaçlardan satın alıp personel memnuniyetini arttırmak amacıyla firma çalışanlarına, yetkili devlet kurumunun tahsis ettiği alanda ağaç dikim şenliği organizasyonu yaparak hem dikim maliyetinin önüne geçilmesi hem de personelin proje ve firmayı sahiplenmesi sağlanması beklenen bir çalışma düşünülmüştür. Ayrıca çamlardan elde edilecek fıstıktan gelebilecek geliri firma talep etmeyip dikildiği bölgedeki köylülere serbest gelir kaynağı oluşturulması hedeflenmiştir.

Beklenen ayak izi indirgemesi firmanın bütün karbondioksit salınımını indirmek olduğundan firmanın karbon ayak izine eşittir. 534,00 kha olarak bulunmuştur.

Beklenen maliyet ise, piyasadadan alınan fiyat ve firma süreç giderleri olarak 289.291 adet ağaç ve süreçlerde oluşacak giderlerle birlikte 1.041.446,00 ₺ olarak hesaplanmıştır.

Varsayım ve uygulamalar:

- 1- Ağaçlar ve orman boyutu konusunda uzman görüşlerine başvurarak hedef belirlenmiştir.
- 2- Aynı türe ait bütün ağaçların özdeş olduğu varsayımı yapılmıştır.
- 3- Bölgesel farklılıklar toprak farklılıkları göz ardı edilmiştir.

- **PC-Laptop Dönüşümü Projesi (PLD)**

Bilgisayarların teknolojik gelişmelerle birlikte en hızlı evrim geçiren mekanizmalar olduğu bilinmektedir. Zamanla oda boyutlarında olan bilgisayarlar önce masaüstü hale sonra dizüstü hale şimdi ise cep bilgisayarı, tablet ve hatta mikro boyutlara indirgenmiştir. Gelişen endüstri faaliyetlerinde olmazsa olmaz ekipmanlar arasında yerini almıştır. Bu proje alternatifinde fabrikada kullanılabilir iki bilgisayar tipi arasında yapılacak bir değişimle indirgenmeye çalışılacaktır.

Ürünler incelendiğinde laptop olarak adlandırılan bilgisayarların masaüstü bilgisayarlara karşın ciddi bir elektrik tasarrufu sağladığı ortadadır. Enerji tüketimindeki azalma doğrudan ekolojik ayak izinde indirgemeye neden olacaktır. Piyasa araştırması ve tedarikçi görüşmesi ile markası modeli verilmesine de yeni alınacak laptop tarzı bilgisayarların 0,02 kwh enerji tüketimi gerçekleştirdiği verisine ulaşılmıştır. Buna karşılık fabrikada birden fazla marka model bilgisayar kullanılsa da incelendiğinde örneklemin tamamını yansıtacak boyutta olan hem ortalama bir tüketime hem de sayıca üstünlüğe sahip bilgisayar üzerinden hesaplama yapılmıştır. Burada bütün proje kapsamına alınacak bilgisayarların hepsi marka model verilmesine de aynı bilgisayar varsayımı yapılmıştır. Bu bilgisayarların ise gerçekleşen ortalama kullanımla (tabii ki gerçekleşende küçük farklılıklar gözlenebilse de belirli bir ortalama varsayımıyla hesaplanmıştır) 0,15,00 kwh enerji tüketimi gözlenmiştir.

Sonuç olarak bu dönüşüm ile her bir bilgisayar için saatte 0,13kw'lık tasarruf sağlanabilmektedir. Birim tasarruf ve bilgisayar sayısı ile birim kazanç çarpılarak hesaplama yapılır ve bu hesaplamadan elde edilen bulgu, 200 masaüstü bilgisayarın laptop tipi bilgisayar ile değiştirilmesi projesi ile yıllık kullanım üzerinden 11 kha ekolojik ayak izi indirgeme potansiyeli sağlanmıştır. Hesaplanan beklenen maliyet 2.500,00 ₺/adet bilgisayar üzerinden 500.000,00₺ olarak hesaplanarak sağlayacağı enerji tüketimi indirgemesi kaynaklı gelirin net bugünkü değeri 62.479,00₺ olarak bulunmuştur.

- **Fotosel Sistemi Entegrasyonu (FSE)**

Firmanın üretim kısmının aydınlatma sistemi incelenmiş olup uzman görüşü ve beyin fırtınası yöntemi ile aydınlatma sistemi ile ilgili inceleme yapılmıştır.

Projenin kabul görmesi durumunda 300 aydınlatma ünitesini kapsayacak bir alanda hareket gördüğünde yakan hareket olmadığında söndüren bir fotosel sistemi değişimi kullanımı öngörülmüştür.

Bu bağlamda yapılan piyasa araştırması ve uzman görüşü alınarak toparlanan veriler üzerinden hesaplama aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Tabii ki uygulama da küçük sapmalar gözlenebilir ancak burada tam ve doğru kullanımda ortalama beklenen değer üzerinden işlem yapılmıştır. Zaten değerlerde meydana gelecek değişkenlikler nihai sonucu değiştirmeyecek kadar düşüktür.

Çalışmanın bu kısmında fotosel sistemi tasarruf oranı ile elektrik dönüşüm katsayısı çarpılarak indirgeme potansiyeli hesaplanır. Buradaki dönüşüm katsayısı $2\text{gm}^2/\text{kwh}$ olarak literatür araştırmasından alınmıştır (Gottlieb ve diğ. , 2012).

Önceki kısımlarda da bahsedildiği gibi bu proje alternatifi için bazı nesnel olmayan durumlar vardır. Örneğin sistemin yaratacağı tasarruf sistemin doğru kurulum ve doğru kullanımı durumunda gerçekleşecek ortalama değerleri ifade etmektedir. Ancak tekrar unutulmamalıdır ki değişim gözlenirse dahi nihai süreci değiştiremeyecek düzeyde olduğundan çalışma sonucuna etki etmeyecektir.

Hesaplamalar sonucu projenin beklenen ayak izi indirgeme potansiyeli 2kha ve proje maliyeti (getirilerin net bugünkü değeri de hesaplanarak) $85.235,00\text{₺}$ olarak hesaplanmıştır.

Bunun yanı sıra malzeme ve hizmet tedariki gerçekleştirilecek iş ortağından alınan termin bilgisi proje süresi olarak kabul edilerek 10 gün olarak ele alınmıştır.

▪ İdari Personel Toplu Taşıma (İTT)

Literatür incelendiğinde üzerinde çalışılan kapsam ister birey (kişisel, öğrenci, akademisyen gibi literatürde örnekleri bulunmaktadır) ister kurum (okul öncesi, lise, fabrika, devlet kurumları gibi literatürde örnekleri bulunmaktadır) isterse bir bölge (köy, belde, il, ülke gibi literatürde örnekleri bulunmaktadır) olsun ekolojik ayak izi hesaplamalarında ve bulgularında en büyük payı karbon ayak izinin olduğu açıkça görülmektedir. Bu nedenle firmanın ekolojik ayak izinin indirgenmesi çalışmasında olmazsa olmaz alternatiflerden biri de firmanın karbon ayak izi

etmenlerine yönelik projeler olarak görülmektedir. Karbon ayak izini azaltabilecek uygulamalar incelenerek (personelin toplu taşımaya sevk edilmesi, malzeme sevkiyatının azaltılması vb.) çoğunluğu firma yapısına uygun olmadığı için değerlendirmeye dahi alınmamıştır. Ancak firmanın idari personeline sağladığı özel ulaşım aracı imkânı benzer güzergâh üzerinde çok sayıda aracın çalışmasına buna bağlı olarak karbondioksit salınımına yani gereksiz ekolojik ayak izine sebep olmaktadır. Ancak şu da düşünülmelidir ki idari personel için tek bir lüks van tipi araç temin edilebilir ve tek bir özel araçla karbondioksit salınımı kat kat indirgenebilir düşüncesine varılmıştır. Bu nedenle proje alternatifleri arasına alınmıştır.

Aşağıda bu proje alternatifinin hesaplamasını detaylı olarak gösteren tablo sunulmuştur. Hesaplama ve tüm ayrıntılar Tablo 5.16'da gösterilmiştir. Açıklaması da ayrıca verilmiştir.

Tablo 5.16: İTT Projesi Ekolojik Ayakizi İndirgemesi.

Parametre&Değişken	Değer	Birim
CO ₂ - EAİ Dönüşüm Katsayısı	0,28	Kha/ton CO ₂
İdari Araçlar CO ₂ Salınımı Mevcut	68,65	Ton CO ₂
İdari Araçlar EAİ Mevcut	19,48	Kha
Yeni sistem EAİ	3,33	Kha
EAİ İndirgeme Potansiyeli	16,16	Kha

Özetle yapılan hesaplamalar incelendiğinde 16kha'lık ekolojik ayak izi indirgemesi ve proje getirisi (ilk maliyet ve yakıt harcamaları indirgemesinin net bugünkü değeri ile birlikte) 720.213,00 ₺ olarak beklenmektedir.

▪ **Tasarruf Aydınlatma Ünitesi (TAÜ)**

Firmada ekolojik ayak izi çalışması başlamadan önce enerji tasarrufu tabanlı proje düşüncesi olduğu görüşülmüştü. Konu çevre etkisi ve bu doğrultuda ekolojik ayak izi indirgemesi olunca enerji tasarrufu tabanlı projeler bir kez daha ön plana çıkmış durumdadır. Bu sebepten bir kez daha elektrik enerjisi kullanımı tasarrufu üzerine bir proje alternatifi düşünülmüştür.

Bu proje kapsamında fabrikada kullanılan aydınlatma ünitelerinin (geleneksel olanların) yeni teknolojik ve tasarruflu modeller ile değişimi düşünülmüştür. Elde

edilecek olan tasarruf miktarı hesaplandığında (ortalama tüketim miktarı ile) kullanımın yarısına ineceği görülmüştür. Hesaplama sonucunda 84.240,00 kwh/yıl miktarında elektrik tasarrufu sağlanmıştır. Bulunan değer 2,00gm²/kwh değeri ile çarpılarak ekolojik ayak izi indirgeme potansiyeli 16,84 kha olarak bulunmuştur.

Projeye ait diğer detaylar firma çalışma ortakları ile görüşmeler ve piyasa araştırmaları ile bulunmuş ve hesaplama dahil edilmiştir. Proje getirisi net bugünkü değer hesaplamalarıyla birlikte 787.818,00 ₺ olarak hesaplanmıştır.

▪ Saydam (Polycarbon) Tavan Sistemi (SPT)

Yine enerji tasarrufu temelli bir proje alternatifi olan bu projede kapalı opak işletme tavanının işletme içerisini kararttığı gözlenmiştir. Buna karşılık ise özellikle kesimhane ve dikimhane kısımlarında aydınlık iş ortamı gereksinimi ortadadır. Ancak firmanın mimari yapısı incelendiğinde firmanın üretim kısmının üzerinde bir yapı bulunmamaktadır. Yani şeffaf polikarbon ile istenen aydınlanma istenen bölümde sağlanabilmektedir. Yapılacak karar verme de her firmada olduğu gibi maliyet önemli bir unsur olacağından sadece aydınlanma gerektiren (ve mevcut durumda yoğun aydınlatma ünitesi bulunan kısımda saydam polikarbon tavan uygulaması ile hem istenen aydınlanma sağlanacak hem de maliyet azalacaktır.

Yapılan tasarımda 240 aydınlatma ünitesi devre dışı kalacaktır. Bunların 0,20 kwh ortalama tüketim değerinden meydana getirdiği ekolojik ayak izi, aynı zamanda bu projenin ekolojik ayak izi indirgeme potansiyeli Tablo 5.17 'de gösterilmiştir.

Tablo 5.17: SPT Projesi Ekolojik Ayakizi İndirgemesi.

Parametre	Değer	Birim
Aydınlatma Ünitesi Sayısı	240,00	Adet
Birim Ünite Tüketim	0,20	Kwh/adet
Tasarruf	133.532,00	Kwh/yıl
Elektrik Dönüşüm Katsayısı	2,00	Gm ² /kwh
EAI İndirgeme Potansiyeli	26,71,00	Kha

Proje beklenen (gider ve getirinin net bugünkü değeri ile birlikte) getirisi 1.135.809,00 ₺ olarak hesaplanmıştır.

▪ **Kep Sistemine Geçiş (KEP)**

Firma üretim süreci haricinde firmada yapılan incelemelerde çok miktarda kâğıt sarfiyatı olduğu görülmüştür. Firmaya gelen bir kayıtlı elektronik posta hizmet sağlayıcısı teklifi ile firma yönetimi için değerlendirme sürecinde olan bu düşünce kâğıt sarfiyatını azaltacağından (bordro, personel bilgilendirme yazışmaları vb. gibi süreçleri ortadan kaldıracaktır) ekolojik ayak izi indirgeme çalışması kapsamında değerlendirmeye alınmıştır.

Yapılan analizlere göre firmanın kâğıt tüketiminin içindeki aşağıdaki faaliyetlerin azalacağı bu azalmanın da firma kâğıt tüketiminin yüzde %22'lik kısmına karşılık geleceği ön görülmektedir. Buradan firmanın kâğıt tüketimi kaynaklı ekolojik ayak izinin aynı oranda azalacağı yorumu yapılabilir.

- Ücret bordroları
- Personel bilgilendirmeleri
- İç yazışma formları

Bu azalmanın karşılığı yani bu proje alternatifinin ekolojik ayak izi indirgeme potansiyeli 66,00 kha'dır. Bununla birlikte proje beklenen maliyeti 29.862,00 ₺'dir.

▪ **Kırmızı- Beyaz Et Dönüşümü (KBE)**

Ekolojik ayak izi hesaplamaları incelendiğinde ister birey ister kurum ister bölge ya da ülke hesaplaması olsun gıda ayak izi alt bileşeninde kırmızı et tüketiminin oldukça etkili bir faktör olduğu görülmektedir. Gerek besi süreci gerek yan süreçler olsun kırmızı et her dönem her ekolojik ayak izi çalışmasının majör etmenlerden olması bu çalışma için indirgeme proje alternatifleri arasında olmazsa olmazlardandır. Tablo 5.18'de firmanın kırmızı ve beyaz et tüketimi, dönüşüm katsayısı ve buna karşılık gelen ekolojik ayak izi görülmektedir. Analiz sonucunda firmanın kırmızı et tüketimini beyaz et ile değiştirmesinin ekolojik ayak izi indirgeme potansiyeli 348,00 kha'dır

Projenin gideri olmamakla birlikte beklenen getirisinin net bugünkü değeri 159.759,00 ₺'dir.

Tablo 5.18: KBE Projesi Ekolojik Ayakizi İndirgemesi.

Kullanım	Miktar(kg/yıl)	Dönüşüm Katsayısı	Ekolojik Ayak İzi(kha)
Kırmızı Et	16,87	247,00	416
Beyaz Et	8,76	41,00	35
Dönüştürülecek Miktar	16,87	206,00 (247-41)	348

5.4.3 Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Bu kısımda firmanın bakış açısıyla karar kriterlerinin önem derecesine göre değerlendirilip önem katsayıları belirlenmiştir. Burada belirlenen kriter ağırlıkları yalnızca AHP’de değil aynı zamanda TOPSIS yöntemi uygulamasında da kullanılmaktadır. Ayrıca tutarlılık analizi yapılarak belirlenen ağırlıkların tutarlılığı da sınanarak tutarlı değerlerle analizlere devam edilmiştir.

Firma ile uzman görüşü alınarak yapılan değerlendirme objektif olarak firma yapısına uygun kriter ağırlığı değerleri alınmasını sağlamıştır. Kriter değerlendirmeleri incelendiğinde önceki paragrafta anlatılan önceliklendirme bakış açısı rakamlarla uygulamaya yansımıştır. Burada matristeki değer (a_{ij}) i . satırdaki kriterin j . sütündeki kritere kıyasla önem düzeyini tanımlar. Burada yine daha önce bahsedilen 1-9 arası değerlendirme ölçeği kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının hesaplanması Tablo 5.19 – Tablo 5.20 arasında sunulmuştur.

Tablo 5.19: Karar Kriterlerinin Kıyaslanması.

KARAR KRİTERİ	MAL	SÜR	POT	YÖN	PER	UYG	MÜŞ	İŞL
MAL	1	4	1	1	9	9	2	3
SÜR	0,25	1	0,25	0,25	0,44	0,44	0,5	0,75
POT	1	4	1	1	9	9	2	3
YÖN	1	4	1	1	9	9	2	7
PER	0,11	2,25	0,11	0,11	1	1	0,14	0,33
UYG	0,11	2,25	0,11	0,11	1	1	0,22	0,33
MÜŞ	0,5	2	0,5	0,5	7	4,5	1	1,5
İŞL	0,33	1,33	0,33	0,14	3	3	0,66	1
Σ	4,30	20,83	4,31	4,11	39,44	36,94	8,53	16,91

MAL: Proje Maliyeti, SÜR: Proje Uygulama Süresi, POT: Projenin Ekolojik Ayak İzi İndirgeme Potansiyeli, ÜST: Üst Yönetimin Projeye Desteği, PER: Personelin Projeyi Kabullenme Sahiplenme Düzeyi, UYG: Projenin Firmada Uygulanabilirliği Uygulama Kolaylığı, MÜŞ: Projeye Müşteri Bakış Açısı, İŞL: Projenin Firma Stratejik Hedeflerine ve İşletme Yapısına Uygunluğu

Buradan hareketle kriterler bazında yüzdesel ve objektif yargıya varabilmek için kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasındaki basit normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Aşağıdaki normalize edilmiş kriter ağırlık tablosu Tablo 5.21 'deki gibi elde edilir.

Normalizasyon işlemi şu şekildedir; her bir değer ilgili sütun toplamına bölünür böylece değerler 0-1 arası dağılımla puanlamaya indirgenmiş olur. Bunun gerekliliği ağırlıklandırmanın yüzdesel yapılmasıdır. Kriter ağırlıkları ilgili kriterin proje değerlendirmesinde yüzde olarak tercih düzeyini gösterir.

$$n_{ij} = a_{ij} / \sum_{j=1}^J a_{ij} \quad (5.1)$$

Tablo 5.20: Normalize Edilmiş Kriter Ağırlıkları.

	MAL	SÜR	POT	YÖN	PER	UYG	MÜŞ	İŞL	Ağırlıklar Matrisi (W)
MAL	0,23	0,19	0,23	0,24	0,22	0,24	0,23	0,17	0,22
SÜR	0,05	0,04	0,05	0,06	0,01	0,01	0,05	0,04	0,04
POT	0,23	0,19	0,23	0,24	0,22	0,24	0,23	0,17	0,22
YÖN	0,23	0,19	0,23	0,24	0,22	0,24	0,23	0,41	0,22
PER	0,02	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03
UYG	0,02	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
MÜŞ	0,11	0,09	0,11	0,12	0,17	0,12	0,11	0,08	0,12
İŞL	0,07	0,06	0,07	0,03	0,07	0,08	0,07	0,05	0,07
Σ	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 5.20 'den çıkarılacak sonuç şöyledir. Bu firma proje alternatifleri arasında karar verirken projelerin maliyetine ve proje süresine %22,94 olmak kaydıyla en çok önem vermektedir. Diğer kriter ağırlıkları da Tablo 5.20 'de gösterilmiştir. Toplamlarının 1 olması herhangi bir işlem hatası olmadan yapıldığının doğrulamasıdır.

Kriterler firma uzmanı eşliğinde firma öncelikleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Her işletme kâr amacı güden ve kar etmeyi merkeze koyan organizasyon olduğu gibi bu fabrikada da projenin temel önceliği proje maliyetidir. Ancak unutulmamalıdır ki projelerde uygulama süresi firma kaynaklarından zaman kaynağının kullanımını ifade eder ki bu da bir maliyeti oluşturmaktadır. Aynı zamanda proje devamlılığında organizasyon kabiliyet ve kapasitesi kullanıldığından proje süresinin maliyet değeri sadece işletme maliyeti değil getirinin gecikmesi yani

fırsat maliyeti ve kapasite tüketimi olarak da incelenmelidir. Bu nedenle süre de maliyet gibi ele alınmıştır. Tabi ki bütün stratejik kararlar gibi olmazsa olmaz olarak görülen kriterlerden biri de yönetim desteğidir. Aslında belirleyici kriterlerden biridir. Yönetimin desteği olmayan bir projenin uygulanma olanağı yoktur. Bunları takiben müşterinin projelere bakış açısı en önemli değerlendirme unsurlarındandır ki müşteri ziyaret ve denetimleri ile firma süreçlerini yakından takip etmektedir. İşletmeye uygunluk da yine orta derece önemli kriterler arasında incelenmiştir. Çünkü firma yapısı ve diğer çalışmalarla çelişen projelerin uygulanma olanağı çok azdır. Ekolojik ayak izi indirgeme potansiyeli de yine orta derece önemli kriterler arasında incelenmiş ve diğer kriterler (personel kabul düzeyi ve uygulama kolaylığı) düşük önem seviyeli kriterler olarak belirlenmiştir.

CR değeri bu çalışma için dördüncü bölümdeki gibi, hesaplandığında 0,06 olarak bulunmuştur. Yorumlaması ise kriter ağırlıklandırmasının tutarlılığının kabul edilebilir seviyelerde olduğunu ve çalışmadaki ağırlıklandırmanın kabul edilebilir olduğu yönündedir. Bu nedenle elde edilen ağırlıklar TOPSIS uygulamasında kullanılabilir kabul edilerek TOPSIS yöntemi ile alternatifler önceliklendirilmiştir.

5.4.4 Projelerin TOPSIS ile Önceliklendirilmesi

TOPSIS yöntemi çok kriterli karar verme problemlerinin, kriter ağırlıklandırmalarının yapıldığı durumlarda kullanıcıya en uygun ve ulaşabileceği en ideal çözüm sunan ve bu noktaya göre karar alternatiflerinin yakınlık ve uzaklıklarını belirleyen ve bu şekilde alternatifler arasında bir tercih sıralaması sunan bir yöntemdir. Ağırlıklandırma bulunduğu sürece en sık tercih edilen yöntemler arasında görülmüştür. Bu çalışmada da firmaya uygun bir ekolojik ayak izi indirgeme proje alternatifi seçimi için sıralamaya ulaşılmaya çalışılarak bu yöntem Analitik Hiyerarşi Prosesinde belirlenen karar kriteri ağırlıkları ile uygulanmıştır.

▪ Karar Matrisi Oluşturulması

Çalışmanın bu adımı TOPSIS yöntemi uygulama aşaması için bir hazırlık gibi düşünülebilir. Karar matrisinde satırlar karar alternatifleri (projeler), sütunlar ise karar kriterleri olacak şekilde değerler yerleştirilmiştir. Yerleştirilen değerler nicel

değerlendirilebilen kriterler için kendi değeri, diğerleri için ise 1-9 skalasında puanlama değerleri olarak alınmıştır (Saaty 2008).

Ayrıca yorumlama yapılabilmesi açısından karar kriterleri hem nitel ve nicel hem de ekonomik, ekolojik, idari, operasyonel ve müşteri olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca Analitik Hiyerarşi Prosesinden elde edilen karar kriter ağırlıklarına bu matriste yer verilmiştir.

Oluşturulan bu matriste nicel kriterler ise önceki kısımlarda bahsedilen bu çalışmaya özel MS Excel ® paket programı ile oluşturulmuş hesaplama aracından normalize edilerek 0-1 aralığında değerlere yerleştirilmiş değerler ile gösterilmiştir. Burada süre kriteri gibi minimizasyonun hedeflendiği durumlarda en küçük proje süresi 1 en uzun 0 olacak şekilde değerlendirilirken, maliyet kriterinde en yüksek götürü 0 en yüksek getiri 1 değerini alacak şekilde hesaplanmış değerler ile gösterilmiştir.

Oluşturulan karar matrisi Tablo 5.47'deki gibidir:

Tablo 5.21: Topsis Yöntemi Karar Matrisi.

AĞIRLIKLAR	0,2294 MAL	0,0438 POT	0,2294 SÜR	0,2294 YÖN	0,0365 PER	0,0379 UYG	0,1237 MÜŞ	0,0699 İŞL
GPE	0,0687	0,2434	0,0000	0,1667	0,1017	0,0377	0,1429	0,1290
ÖKB	0,0744	0,0144	0,0949	0,0556	0,0508	0,0566	0,0536	0,0645
KGD	0,2481	0,0350	0,0000	0,1481	0,0678	0,0566	0,0714	0,1452
YPP	0,0574	0,0419	0,1044	0,0741	0,1186	0,0755	0,0357	0,1290
ŞOP	0,0025	0,3515	0,0949	0,1111	0,1356	0,1132	0,1607	0,1452
PLD	0,0593	0,0063	0,0949	0,0185	0,1525	0,1509	0,0536	0,1129
FSE	0,0606	0,0004	0,1076	0,0926	0,0847	0,1321	0,0714	0,0484
İTT	0,0947	0,0095	0,0949	0,0370	0,1017	0,0377	0,0714	0,0323
TAÜ	0,0984	0,0100	0,1013	0,0926	0,0678	0,0755	0,1071	0,0968
SPT	0,1170	0,0165	0,0949	0,0741	0,0847	0,0189	0,0893	0,0484
KEP	0,0544	0,0426	0,1044	0,0741	0,0169	0,0755	0,1250	0,0323
KBE	0,0646	0,2285	0,1076	0,0556	0,0169	0,1698	0,0179	0,0161

Tablo 5.47 incelendiğinde üst yönetimin yani son karar vericilerin karar düzeyindeki aşırı etkililik ve bunun temeli olarak ekonomik temelli kriterler olduğu ortadadır. Yani ekonomik kriterler son karar vericiler tarafından oldukça önemli yer tutmakta ve firma karar sisteminin merkezini oluşturduğu görülmektedir. Bunun dışında ise idari personeli (maliyet harici konularda) etkileyen durumlar ise nihai kararı çok etkilememekte yani firma bu bağlamda kurumsal bir firma yapısı ile

hareket etmektedir. Mali kriterlerden hemen sonra ise müşteri bakış açısı orta derece önem taşıyarak müşteri denetimleri ve sosyal politikaları ile firma karar sisteminde gözle görülür etki oluşturduğu görülmektedir.

▪ Kareler Matrisi Oluşturulması

Hesaplama temel mantığı koordinatlar arası uzaklık hesaplama üzerine kurulu olduğu için (koordinat apsisi: karar alternatifi, ordinat: alternatifin aldığı değer) olacak şekilde karar matrisi üzerindeki değerlerin kareleri alınır. Yine bu aşamada kriterler bazında (sütun) toplamı hesaplanılmıştır. Kareler matrisi Tablo 5.48'deki gibidir.

Tablo 5.22: TOPSIS Yöntemi Kareler Matrisi.

KRİTER	MAL	POT	SÜR	YÖN	PER	UYG	MÜŞ	İŞL
GPE	0,0047	0,0592	0,0000	0,0278	0,0103	0,0014	0,0204	0,0166
ÖKB	0,0055	0,0002	0,0090	0,0031	0,0026	0,0032	0,0029	0,0042
KGD	0,0615	0,0012	0,0000	0,0219	0,0046	0,0032	0,0051	0,0211
YPP	0,0033	0,0018	0,0109	0,0055	0,0141	0,0057	0,0013	0,0166
ŞOP	0,0000	0,1236	0,0090	0,0123	0,0184	0,0128	0,0258	0,0211
PLD	0,0035	0,0000	0,0090	0,0003	0,0233	0,0228	0,0029	0,0127
FSE	0,0037	0,0000	0,0116	0,0086	0,0072	0,0174	0,0051	0,0023
İTT	0,0090	0,0001	0,0090	0,0014	0,0103	0,0014	0,0051	0,0010
TAÜ	0,0097	0,0001	0,0103	0,0086	0,0046	0,0057	0,0115	0,0094
SPT	0,0137	0,0003	0,0090	0,0055	0,0072	0,0004	0,0080	0,0023
KEP	0,0030	0,0018	0,0109	0,0055	0,0003	0,0057	0,0156	0,0010
KBE	0,0042	0,0522	0,0116	0,0031	0,0003	0,0288	0,0003	0,0003
Toplamlar	0,0823	0,1860	0,0495	0,0796	0,0804	0,0666	0,0635	0,0947

▪ Matrisin Normalize Edilmesi

Çalışmanın bu bölümündeki sözü edilen normalizasyon işlemi önceki bölümlerden farklıdır. Burada da yine birbirinden farklı aralıklarda değerler alan alternatifleri toplamaları 1 olacak şekilde kriter bazında 0-1 aralığında toplamak için uygulanmıştır. Ancak burada karar değerleri sütun kareler toplamı değerinin kareköküne bölünerek gerçekleştirilmiştir. Tablo 5. 49 'da normalize edilmiş karar matrisi görülmektedir.

Tablo 5.23: TOPSIS Yöntemi Normalizasyon Matrisi.

	MAL	POT	SÜR	YÖN	PER	UYG	MÜŞ	İŞL
GPE	0,2396	0,5643	0,0000	0,5909	0,3586	0,1463	0,5671	0,4193
ÖKB	0,2594	0,0333	0,4266	0,1970	0,1793	0,2194	0,2127	0,2097
KGD	0,8648	0,0811	0,0000	0,5252	0,2390	0,2194	0,2836	0,4717
YPP	0,2000	0,0972	0,4693	0,2626	0,4183	0,2925	0,1418	0,4193
ŞOP	0,0086	0,8150	0,4266	0,3939	0,4781	0,4388	0,6380	0,4717
PLD	0,2068	0,0146	0,4266	0,0657	0,5379	0,5850	0,2127	0,3669
FSE	0,2111	0,0008	0,4835	0,3283	0,2988	0,5119	0,2836	0,1572
İTT	0,3301	0,0221	0,4266	0,1313	0,3586	0,1463	0,2836	0,1048
TAÜ	0,3429	0,0232	0,4551	0,3283	0,2390	0,2925	0,4253	0,3145
SPT	0,4079	0,0383	0,4266	0,2626	0,2988	0,0731	0,3544	0,1572
KEP	0,1895	0,0989	0,4693	0,2626	0,0598	0,2925	0,4962	0,1048
KBE	0,2251	0,5299	0,4835	0,1970	0,0598	0,6581	0,0709	0,0524

▪ Ağırlıklandırma Aşaması

Çalışmanın bu aşamasında karar kriterlerinin karar vericiye göre olan önem düzeylerini ifade eden kriter ağırlıkları çalışma kapsamına dahil olmaktadır. Uygulamada oluşturulan normalize edilmiş matris değerleri bu aşamada Analitik Hiyerarşi Prosesinde bulunan karar kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış matris oluşturulur. Matris Tablo 5. 50' deki gibidir.

Tablo 5.24: TOPSIS Yöntemi Ağırlıklandırma Matrisi.

	MAL	POT	SÜR	YÖN	PER	UYG	MÜŞ	İŞL
GPE	0,0550	0,0247	0,0000	0,1355	0,0131	0,0055	0,0702	0,0293
ÖKB	0,0595	0,0015	0,0979	0,0452	0,0066	0,0083	0,0263	0,0146
KGD	0,1984	0,0036	0,0000	0,1205	0,0087	0,0083	0,0351	0,0330
YPP	0,0459	0,0043	0,1076	0,0602	0,0153	0,0111	0,0175	0,0293
ŞOP	0,0020	0,0357	0,0979	0,0904	0,0175	0,0166	0,0790	0,0330
PLD	0,0474	0,0006	0,0979	0,0151	0,0197	0,0222	0,0263	0,0256
FSE	0,0484	0,0000	0,1109	0,0753	0,0109	0,0194	0,0351	0,0110
İTT	0,0757	0,0010	0,0979	0,0301	0,0131	0,0055	0,0351	0,0073
TAÜ	0,0787	0,0010	0,1044	0,0753	0,0087	0,0111	0,0526	0,0220
SPT	0,0936	0,0017	0,0979	0,0602	0,0109	0,0028	0,0439	0,0110
KEP	0,0435	0,0043	0,1076	0,0602	0,0022	0,0111	0,0614	0,0073
KBE	0,0516	0,0232	0,1109	0,0452	0,0022	0,0249	0,0088	0,0037

▪ İdeal ve Negatif İdeal Çözümlerin Bulunması

Hesaplamaya geçmeden önce çalışma içerisinde daha önce yer verilmeyen çalışmanın temel amaç noktalarını ifade eden bu iki terimin açıklanması uygun görülmüştür.

İdeal Çözüm: Karar vericinin amaçları ve önem dereceleri dikkate alınarak ulaşabileceği maksimum fayda minimum maliyet noktasını ifade eden ulaşılması

genellikle (rasyonel karar verme ve rastgelelik koşullarında) imkânsız olan olabildiğince yaklaşılmaya çalışılan noktadır. Daha genel bir tabiriyle bütün karar kriterlerinden maksimum faydayı sağlayan çözüm noktasıdır.

Negatif İdeal Çözüm: Karar verici amaç ve önem derecelerine göre ideal çözümün aksine varılabilecek en kötü karar noktasıdır. Yine genellikle gözlenmez çünkü bütün karar kriterlerinden en düşük faydayı sağlayan çözüm noktasıdır. Olabildiğince uzaklaşmak temel amaçtır.

Son olarak ideal ve negatif ideal çözümlerin bulunması her bir kriter için en iyi sonuç veren alternatif ideal çözüm, en kötü sonuç veren ise negatif ideal çözüm olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda en önemli durum en iyi olarak seçilecek değer ne olduğu olduğunun açıklanmasına gerek duyulmuştur. En iyi olarak adlandırılan değer, her bir kriter için maksimizasyonun hedeflendiği kriterler için maksimum değerleri için minimum olarak belirlenmiştir.

Karar kriterleri içinde proje maliyeti ve proje uygulama süresi için minimum değerler ideal çözüm değeri maksimum değerler ise negatif ideal çözüm değeri olarak seçilirken; diğer kriterler için maksimum değer ideal çözüm değeri minimum değer ise; negatif ideal çözüm değeri olarak seçilmiştir.

Tablo 5.51'de ideal (A_i^+) ve negatif ideal (A_i^-) çözüm değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5.25: Topsis Yöntemi İdeal Ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri.

	MAL	POT	SÜR	YÖN	PER	UYG	MÜŞ	İŞL
İDEAL ÇÖZÜM(A_i^+)	0,0020	0,0000	0,0000	0,0151	0,0022	0,0028	0,0088	0,0037
NEGATİF İDEAL ÇÖZÜM(A_i^-)	0,1984	0,0357	0,1109	0,1355	0,0197	0,0249	0,0790	0,0330

▪ İdeal Çözüme Göre Uzaklık Matrisi

Çalışmanın bu kısmında alternatiflerin ağırlıklandırılmış normalize edilmiş çözüm değerlerinin dördüncü bölümde ayrıntılı anlatılıp açıklanan ideal çözüm değerlerine olan uzaklıkları hesaplanmıştır.

Bu hesaplamada ağırlıklandırılmış ve normalize edilmiş karar matrisinin her bir elemanının ideal çözüm değeri ile farkının kareleri alınarak (analitik uzaklık

hesaplaması ile) ve bu değerlerin toplamının karekökü alınarak ideal çözüme olan uzaklıklar hesaplanmıştır.

Tablo 5. 52'de hesaplama bulguları detaylı gösterilmiştir.

Tablo 5.26: TOPSIS Yöntemi İdeal Çözüme Göre Uzaklık Hesaplama Matrisi.

	MAL	POT	SÜR	YÖN	PER	UYG	MÜŞ	İŞL	TOPLA M	(S _i ⁺)
GPE	0,0028	0,0006	0,0000	0,0145	0,0001	0,0000	0,0038	0,0007	0,0225	0,1500
ÖKB	0,0033	0,0000	0,0096	0,0009	0,0000	0,0000	0,0003	0,0001	0,0143	0,1195
KGD	0,0386	0,0000	0,0000	0,0111	0,0000	0,0000	0,0007	0,0009	0,0513	0,2265
YPP	0,0019	0,0000	0,0116	0,0020	0,0002	0,0001	0,0001	0,0007	0,0165	0,1286
ŞOP	0,0000	0,0013	0,0096	0,0057	0,0002	0,0002	0,0049	0,0009	0,0227	0,1508
PLD	0,0021	0,0000	0,0096	0,0000	0,0003	0,0004	0,0003	0,0005	0,0131	0,1145
FSE	0,0022	0,0000	0,0123	0,0036	0,0001	0,0003	0,0007	0,0001	0,0192	0,1385
İTT	0,0054	0,0000	0,0096	0,0002	0,0001	0,0000	0,0007	0,0000	0,0161	0,1268
TAÜ	0,0059	0,0000	0,0109	0,0036	0,0000	0,0001	0,0019	0,0003	0,0228	0,1509
SPT	0,0084	0,0000	0,0096	0,0020	0,0001	0,0000	0,0012	0,0001	0,0214	0,1462
KEP	0,0017	0,0000	0,0116	0,0020	0,0000	0,0001	0,0028	0,0000	0,0182	0,1350
KBE	0,0025	0,0005	0,0123	0,0009	0,0000	0,0005	0,0000	0,0000	0,0167	0,1292

▪ Negatif İdeal Çözüme Göre Uzaklık Matrisi

Çalışmanın bu aşamasında alternatiflerin ağırlıklandırılmış normalize edilmiş çözüm değerlerinin ideal çözüm hesaplamasında da bahsedildiği gibi dördüncü bölümde detaylı anlatıldığı açıklanan negatif ideal çözüm değerine olan uzaklıkları hesaplanmaktadır.

Bu hesaplamada da yine ağırlıklandırılmış normalize edilmiş karar matrisi değerleri ile negatif ideal çözüm değerleri arasındaki farkın kareleri toplamının karekökü alınarak yine analitik hesaplama ile uzaklıklar hesaplanmıştır.

Tablo 5.53’de hesaplama bulguları detaylı gösterilmiştir.

Tablo 5.27: Topsis Yöntemi Negatif İdeal Çözüme Göre Uzaklık Hesaplama Matrisi.

	MAL	POT	SÜR	YÖN	PER	UYG	MÜŞ	İŞL	TOPLAM	(S _i)
GPE	0,0206	0,0001	0,0123	0,0000	0,0000	0,0004	0,0001	0,0000	0,0335	0,1830
ÖKB	0,0193	0,0012	0,0002	0,0082	0,0002	0,0003	0,0028	0,0003	0,0323	0,1798
KGD	0,0000	0,0010	0,0123	0,0002	0,0001	0,0003	0,0019	0,0000	0,0159	0,1260
YPP	0,0233	0,0010	0,0000	0,0057	0,0000	0,0002	0,0038	0,0000	0,0339	0,1842
ŞOP	0,0386	0,0000	0,0002	0,0020	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0409	0,2021
PLD	0,0228	0,0012	0,0002	0,0145	0,0000	0,0000	0,0028	0,0001	0,0415	0,2038
FSE	0,0225	0,0013	0,0000	0,0036	0,0001	0,0000	0,0019	0,0005	0,0299	0,1729
İTT	0,0150	0,0012	0,0002	0,0111	0,0000	0,0004	0,0019	0,0007	0,0305	0,1747
TAÜ	0,0143	0,0012	0,0000	0,0036	0,0001	0,0002	0,0007	0,0001	0,0203	0,1426
SPT	0,0110	0,0012	0,0002	0,0057	0,0001	0,0005	0,0012	0,0005	0,0203	0,1423
KEP	0,0240	0,0010	0,0000	0,0057	0,0003	0,0002	0,0003	0,0007	0,0321	0,1792
KBE	0,0215	0,0002	0,0000	0,0082	0,0003	0,0000	0,0049	0,0009	0,0359	0,1896

▪ İdeal Çözüme Göre Yakınlık Değeri

Çalışmanın bu son aşamasında artık Analitik Hiyerarşi Prosesinden elde edilmiş olan kriter ağırlıkları ile oluşturulmuş karar matrisinin normalizasyon ve ağırlıklandırma işlemleri ardından bulunan ideal ve negatif ideal çözümler ve bunlara olan uzaklıklar hesaplanmıştır.

Bu son aşamada her bir karar alternatifinin ideal çözüme ve negatif çözüme olan uzaklık değerleri ile ideal çözüme göreli yakınlık hesaplaması yapılmıştır. Hesaplama Denklem (5.13)’de verilmiştir:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (5.2)$$

Denklem (5.2)’de göstergelerin açıklaması aşağıdaki gibidir:

▪ C_i⁺ (İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Değeri)

Çalışmanın temel araştırdığı bulgu olan bu değer karar alternatifinin olabilecek en ideal sonuca yakınlığını ya da başka bir deyişle TOPSIS yöntemine göre tercih önceliğini verir. En yüksek olan değerden başlayarak tercih sıralaması yapılır.

▪ **S_i^- (Negatif İdeal Değere Uzaklık)**

Negatif ideal değerin karar kriterleri için alternatiflerin alabileceği en kötü değer olduğundan bahsedilmiştir. Buradaki ölçüt uzaklık hesaplaması olduğundan bu değere göre alternatiflerin kriterler için aldığı değerlerin bu noktadan uzaklığını temsil eder.

▪ **S_i^+ (İdeal Değere Uzaklık)**

Analitik olarak yakınlık değeri hesaplaması tanımını kullanılmadığından burada bahsi geçen gösterge negatif ideal çözümden olan uzaklığın, ideal (ulaşılmak istenen) çözüm noktası ile negatif ideal (kaçınılmak istenen) çözüm noktasına olan uzaklıklar toplamına oranıdır. Hesaplama alternatifin aldığı uzaklığın yüzdesel olarak ne kadarının kaçınılmak istenen noktaya olan uzaklığı olduğu ya da daha basit anlatımla katedilen mesafenin istenen noktaya doğru olan kısmının yüzdesi diye görülebilir.

Bu problem için bu gösterge değerleri Tablo 5.54'deki gibidir; yorumlaması diğer bölümde detaylı yapılmıştır.

Tablo 5.28: Topsis Yöntemi İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Matrisi.

PROJE	S_i^+	S_i^-	C_i^+
GPE	0,1500	0,1830	0,5497
ÖKB	0,1195	0,1798	0,6009
KGD	0,2265	0,1260	0,3574
YPP	0,1286	0,1842	0,5887
ŞOP	0,1508	0,2021	0,5728
PLD	0,1145	0,2038	0,6402
FSE	0,1385	0,1729	0,5552
İTT	0,1268	0,1747	0,5795
TAÜ	0,1509	0,1426	0,4858
SPT	0,1462	0,1423	0,4933
KEP	0,1350	0,1792	0,5704
KBE	0,1292	0,1896	0,5947

PLD: PC-Laptop Dönüşümü Projesi, ÖKB: Önleyici&Kestirimci Bakım Faaliyetleri, KBE: Kırmızı-Beyaz Et Dönüşümü, YPP: Yalıtım (Polyurea) Projesi, İTT: İdari Personel Toplu Taşıma, ŞOP: Şirket Ormanı Projesi, KEP: Kep Sistemine Geçiş, FSE: Fotosel Sistemi Entegrasyonu, GPE: Güneş Panelleri İle Elektrik Üretimi, SPT: Saydam (Polycarbon) Tavan Sistemi, TAÜ: Tasarruf Aydınlatma Ünitesi, KGD: Kumaş Geri Dönüşüm Projesi

Dördüncü bölümde ayrıntılı bir biçimde anlatılan Analitik Hiyerarşi Prosesinden elde edilen kriter ağırlıkları ile analitik işlemler kullanılarak kriterlerin

tümü için alternatifler arasında sıralama yapabilmek amacıyla TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. Bu kısımda bulguları okuyucuya sunulmuştur.

Son olarak iki yöntemden elde edilen değerlendirme puanları ve yöntemlerden aldıkları tercih sıraları Tablo 5.55'deki gibidir.

Tablo 5.55 incelendiğinde, TOPSIS yöntemi ile önceliklendirme de bulunulmuştur. Bu önceliklendirme de PC-Laptop dönüşümü projesi en tercih edilmesi gereken proje olarak ortaya çıkmıştır. Bunu önleyici Kestirimci bakım ve Kırmızı et beyaz et dönüşümü takip etmiştir. Üst yönetim ile bulgular tartışılmış Kırmızı et dönüşüm projesi sosyal açıdan sorun çıkaracağından ilk 2 projenin uygulamaya alınmasına karar verilmiştir.

Tablo 5.29:TOPSIS Yöntemi Bulguları.

PROJE	TOPSIS	
	PUAN	SIRALAMA
PLD	64%	1
ÖKB	60%	2
KBE	59%	3
YPP	59%	4
İTT	58%	5
ŞOP	57%	6
KEP	57%	7
FSE	56%	8
GPE	55%	9
SPT	49%	10
TAÜ	49%	11
KGD	36%	12

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada çevresel etkinin en yoğun olduğu alanlardan biri olan endüstriyel çevresel etki alanına odaklanarak, çevre etki araştırmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Tezde, ekonomik potansiyeli ve yarattığı istihdam yönünden olduğu kadar çevresel etkileri bakımından önemli sektörlerden birisi olan tekstil sektöründe faaliyet gösteren yarı entegre bir firmanın, çevresel etkisi, ekolojik ayak izi hesaplanarak ortaya çıkarılmıştır. Bu aşamada çalışmanın öne çıkan bir özgün değerlerinden birisi literatürde daha önce görülmemiş ve bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutar nitelikte firmanın ekolojik ayak izi bulgularının yapısal, kapasitif ve operasyonel olmak üzere üç kategoride incelenmiş ve projeler bu doğrultuda oluşturulmuş olmasıdır. Ayrıca firma gerçek değerleri ile yapıldığından çalışmanın özgünlüğünü koruyarak firmaya özgü ulusal değerlerden elde edilmiş karbon ayak izi dönüşüm katsayısı literatüre kazandırılmıştır.

Firmanın çevre etkisinin azaltılması için hayata geçirebileceği projeler hem literatüre dayalı olarak hem de firma bünyesinde oluşturulan odak grup çalışmaları ile belirlenmiştir. Bu projeler; PC-Laptop Dönüşümü Projesi, Önleyici&Kestirimci Bakım Faaliyetleri Projesi; Kırmızı- Beyaz Et Dönüşümü Projesi; Yalıtım (Polyurea) Projesi; İdari Personel Toplu Taşıma, Şirket Ormanı Projesi; Kep Sistemine Geçiş; Fotosel Sistemi Entegrasyonu; Güneş Panelleri İle Elektrik Üretimi; Saydam (Polycarbon) Tavan Sistemi; Tasarruf Aydınlatma Ünitesi ve Kumaş Geri Dönüşüm Projesi'dir. Belirlenen projelerin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ve TOPSIS kullanılmıştır. Tekstil sektöründe ilk kez ekolojik ayak izi uygulamasını gerçekleştirmesi, ekolojik ayak izi hesaplanmasına yönelik yeni katsayılar kazandırması ve disiplinlerarası bir çalışmaya dayalı olarak çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik projeleri değerlendirmesi yönleri ile önerilen tez hem teoriye hem de uygulamaya önemli katkılar sağlamaktadır.

Bu çalışmanın devamında yapısal, kapasitif ve operasyonel ayak izi hesaplamaları personel başına, üretim miktarı başına, ciro başına gibi yaklaşımlarla genişletilebilir ayrıca tekstil endüstrisindeki diğer firmalara aynı uygulama yapıp

firmalar arası ya da farklı endüstriler değerlendirilerek endüstriler arası kıyaslama yapılabilir.

7. KAYNAKLAR

Bamberg, S., Rees, J. H., ve Schulte, M. "Environmental protection through societal change: What psychology knows about collective climate action—and what it needs to find out". In S. Clayton & C. Manning (Eds.), *Psychology and Climate Change* (pp. 185-213): Academic Press, (2018).

Barrett, J., Vallack, H., Jones, A., ve Haq, G., "A material flow analysis and ecological footprint of York", *Stockholm, Stockholm Environment Institute*, (2002).

Başkaya, Z., ve Akar, C., "Üretim Alternatifi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci: Tekstil İşletmesi Örneği (Selecting The Best Production Alternative By Using Analytical Hierarchy Process: The Case Of Textile Company)", *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, (2005).

Borgström, H. C., ve Wackernagel, M., "Rediscovering place and accounting space: how to re-embed the human economy", *Ecological Economics*, 29(2), 203-213, doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00010-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00010-5), (1999).

Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., . . . Galli, A., "Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework", *Ecological Indicators*, 24, 518-533, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.005>, (2013).

Brown, M., Wackernagel, M., ve Hall, C. A. S. "Chapter 25 - Comparative Estimates of Sustainability: Economic, Resource Base, Ecological Footprint, and Emergy". In C. A. S. Hall, C. L. Perez, & G. Leclerc (Eds.), *Quantifying Sustainable Development* (pp. 695-714). San Diego: Academic Press, (2000).

Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., ve Chidzero, B. "Our common future". In M. K. Tolba (Ed.), *Earth and us* (pp. 29-31), New York, (1987).

Ceylan, A. "*Şirketlerin Topsis Yöntemiyle Finansal Performans Değerlendirmesi: Bist30 Üzerine Bir Uygulama*". (Doktora Tezi), *İstanbul Aydın Üniversitesi*, İstanbul. (2018).

Coskun, S., Ozgur, L., Polat, O., ve Gungor, A., "A model proposal for green supply chain network design based on consumer segmentation", *Journal of Cleaner Production*, 110, 149-157, (2016).

Çektimur, D. B. (2019). Karbon Ayak İzi Hesap Makinası. *Ayak izi Hesaplama*. Retrieved 15 Kasım 2019, from <http://www.karbonayakizi.com/calculator/calculator.aspx>

David Lin, Laurel Hanscom, Jon Martindill, Michael Borucke, Lea Cohen, Alessandro Galli, . . . Mathis Wackernagel. (2019). Working Guidebook to the National Footprint and Biocapacity Accounts.

Durrieu de Madron, X., Guieu, C., Sempéré, R., Conan, P., Cossa, D., D'Ortenzio, F., . . . Verney, R., "Marine ecosystems' responses to climatic and anthropogenic forcings in the Mediterranean", *Progress in Oceanography*, 91(2), 97-166, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2011.02.003>, (2011).

Emel, G., ve Emel, E., "İşletmelerde Pazar Gücünün Belirlenmesinde Çok Kriterli Bir Yaklaşım", *Verimlilik Dergisi*, (1998).

Ertekin, P., "Sürdürülebilir kaynak kullanımına yönelik çevre eğitimi uygulamalarının ilköğretim öğrencilerinin karbon ayak izi konusunda bilinçlenmeleri üzerine etkisi", *Muğla, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü İlköğretim Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, (2012).

Fulekar, M., Pathak, B., ve Kale, R. *Environment and sustainable development* (Springer (2014).

Galli, A., Wackernagel, M., Iha, K., ve Lazarus, E., "Ecological Footprint: Implications for biodiversity", *Biological Conservation*, 173, 121-132, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.10.019>, (2014).

Galli, A., Kitzes, J., Niccolucci, V., Wackernagel, M., Wada, Y., ve Marchettini, N., "Assessing the global environmental consequences of economic growth through the Ecological Footprint: A focus on China and India", *Ecological Indicators*, 17, 99-107, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.022>, (2012).

Galli, A., Giampietro, M., Goldfinger, S., Lazarus, E., Lin, D., Saltelli, A., . . . Müller, F., "Questioning the Ecological Footprint", *Ecological Indicators*, 69, 224-232, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.04.014>, (2016).

Global Footprint Network. (2019). from <https://www.footprintnetwork.org/>
Goel, S., ve Sivam, A., "Social dimensions in the sustainability debate: The impact of social behaviour in choosing sustainable practices in daily life", *International Journal of Urban Sustainable Development*, 7(1), 61-71, (2015).

Goodland, R., "Sustainability: human, social, economic and environmental", *Encyclopedia of global environmental change*, 5, 481-491, (2002).

Gottlieb, D., Kissinger, M., Vigoda-Gadot, E., ve Haim, A., "Analyzing the ecological footprint at the institutional scale—The case of an Israeli high-school", *Ecological Indicators*, 18, 91-97, (2012).

Güngör, İ., ve İşler, D. B., "Analitik hiyerarşi yaklaşımı ile otomobil seçimi", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 1(2), 21-33, (2012).

Günsoy, B., "Sürdürülebilir Kalkınma. G. Günsoy, & MT Aktaş içinde", *Doğal Kaynaklar ve Çevre Ekonomisi*, 144-172, (2013).

Haberl, H., Wackernagel, M., ve Wrbka, T., "Land use and sustainability indicators. An introduction", *Land Use Policy*, 21(3), 193-198, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.004>, (2004).

İncedayı, D., "Çevresel Duyarlılık Bağlamında Davranış Biçimi Olarak Sürdürülebilirlik", *Mimarlar Odası Yayınları, Mimarlık Dergisi*, 318, 39-43, (2004).

Kecek, G., ve Yıldırım, E., "Kurumsal kaynak planlama (ERP) sisteminin analitik hiyerarşi süreci (AHP) ile seçimi: otomotiv sektöründe bir uygulama", *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 193-211, (2010).

Kissinger, M., ve Rees, W. E., "Footprints on the prairies: Degradation and sustainability of Canadian agricultural land in a globalizing world", *Ecological Economics*, 68(8), 2309-2315, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.02.022>, (2009).

Kissinger, M., ve Rees, W. E., "Importing terrestrial biocapacity: The U.S. case and global implications", *Land Use Policy*, 27(2), 589-599, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.07.014>, (2010).

Kissinger, M., Rees, W. E., ve Timmer, V., "Interregional sustainability: governance and policy in an ecologically interdependent world", *Environmental Science & Policy*, 14(8), 965-976, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.05.007>, (2011).

Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S., ve Wackernagel, M., "Current methods for calculating national ecological footprint accounts", *Science for environment & sustainable society*, 4(1), 1-9, (2007).

Kitzes, J., Galli, A., Bagliani, M., Barrett, J., Dige, G., Ede, S., . . . Wiedmann, T., "A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts", *Ecological Economics*, 68(7), 1991-2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.022>, (2009).

Krausmann, F., Haberl, H., Erb, K.-H., ve Wackernagel, M., "Resource flows and land use in Austria 1950–2000: using the MEFA framework to monitor society–nature interaction for sustainability", *Land Use Policy*, 21(3), 215-230, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.005>, (2004).

Kutting, G. *Globalization and the environment: greening global political economy* (Suny Press (2004).

Lienhardt, T., Black, K., Saget, S., Costa, M. P., Chadwick, D., Rees, R. M., . . . Styles, D., "Just the tonic! Legume biorefining for alcohol has the potential to reduce Europe's protein deficit and mitigate climate change", *Environment*

International, 130, 104-870, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.064>, (2019).

Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Bastianoni, S., Wackernagel, M., ve Marchettini, N., "Ecological Footprint: Refining the carbon Footprint calculation", *Ecological Indicators*, 61, 390-403, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.040>, (2016).

Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Hanscom, L., Wackernagel, M., . . . Marchettini, N., "Stocks and flows of natural capital: Implications for Ecological Footprint", *Ecological Indicators*, 77, 123-128, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.033>, (2017).

McBain, B., Lenzen, M., Wackernagel, M., ve Albrecht, G., "How long can global ecological overshoot last?", *Global and Planetary Change*, 155, 13-19, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.06.002>, (2017).

McKenzie, H., ve Rees, W. E., "An analysis of a brownlash report", *Ecological Economics*, 61(2), 505-515, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.04.005>, (2007).

Monfreda, C., Wackernagel, M., ve Deumling, D., "Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments", *Land Use Policy*, 21(3), 231-246, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.009>, (2004).

Moore, J., Kissinger, M., ve Rees, W. E., "An urban metabolism and ecological footprint assessment of Metro Vancouver", *Journal of Environmental Management*, 124, 51-61, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.009>, (2013).

Moran, D. D., Wackernagel, M., Kitzes, J. A., Goldfinger, S. H., ve Boutaud, A., "Measuring sustainable development — Nation by nation", *Ecological Economics*, 64(3), 470-474, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.017>, (2008).

Moran, D. D., Wackernagel, M. C., Kitzes, J. A., Heumann, B. W., Phan, D., ve Goldfinger, S. H., "Trading spaces: Calculating embodied Ecological Footprints in international trade using a Product Land Use Matrix (PLUM)", *Ecological Economics*, 68(7), 1938-1951, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.11.011>, (2009).

Muğla Belediyesi. (2019). <https://www.mugla.bel.tr/karbonayakizi>.

Niccolucci, V., Galli, A., Reed, A., Neri, E., Wackernagel, M., ve Bastianoni, S., "Towards a 3D National Ecological Footprint Geography", *Ecological Modelling*, 222(16), 2939-2944, doi:
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.04.020>, (2011).

Öner, A., ve Ülengin, F., "Silah Seçiminde AHP Yaklaşımı", *Kara Harp Okulu*, 1, 1109-1121, (1995).

Özdamar, D. Y., "Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi: Bir Satın alma İhalesinde Uygulanması", *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, (2004).

Pegram, G., Jonyngam, S., Aksoy, A., ve Öztok, d. (2014). Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu. *Su ayak izi rapor*. Retrieved 15 Kasım 2019, from http://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf?2720

Pittman, S. J., Rodwell, L. D., Shellock, R. J., Williams, M., Attrill, M. J., Bedford, J., . . . Rees, S. E., "Marine parks for coastal cities: A concept for enhanced community well-being, prosperity and sustainable city living", *Marine Policy*, 103, 160-171, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.012>, (2019).

Rees, W., "Cumulative environmental assessment and global change", *Environmental Impact Assessment Review*, 15(4), 295-309, doi: [https://doi.org/10.1016/0195-9255\(95\)00029-E](https://doi.org/10.1016/0195-9255(95)00029-E), (1995).

Rees, W., ve Wackernagel, M., "Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable—And why they are a key to sustainability", *Environmental Impact Assessment Review*, 16(4), 223-248, doi: [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(96\)00022-4](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00022-4), (1996).

Robèrt, K. H., Schmidt-Bleek, B., Aloisi de Larderel, J., Basile, G., Jansen, J. L., Kuehr, R., . . . Wackernagel, M., "Strategic sustainable development — selection, design and synergies of applied tools", *Journal of Cleaner Production*, 10(3), 197-214, doi: [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00061-0](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00061-0), (2002).

Saaty, T. L., "How to make a decision: the analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26, (1990).

Saaty, T. L. *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process* (Vol. 6RWS publications (2000).

Saaty, T. L., "Decision making with the analytic hierarchy process", *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98, (2008).

Smith, R., Boyd, S. E., Rees, H. L., Dearnaley, M. P., ve Stevenson, J. R., "Effects of dredging activity on epifaunal communities – Surveys following cessation of dredging", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70(1), 207-223, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.04.026>, (2006).

Van Der Molen, J., Smith, H. C. M., Lepper, P., Limpenny, S., ve Rees, J., "Predicting the large-scale consequences of offshore wind turbine array development on a North Sea ecosystem", *Continental Shelf Research*, 85, 60-72, doi: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2014.05.018>, (2014).

Vivien, F.-D., "Sustainable development: an overview of economic proposals", *SAPI EN. S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*(1.2), (2008).

Vogt, E., Braban, C. F., Dragosits, U., Durand, P., Sutton, M. A., Theobald, M. R., . . . Billett, M. F., "Catchment land use effects on fluxes and concentrations of organic and inorganic nitrogen in streams", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 320-332, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.010>, (2015).

Wackernagel, M., "Methodological advancements in footprint analysis", *Ecological Economics*, 68(7), 1925-1927, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.03.012>, (2009).

Wackernagel, M., ve Rees, W. E., "Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective", *Ecological Economics*, 20(1), 3-24, (1997).

Wackernagel, M., Monfreda, C., Erb, K. H., Haberl, H., ve Schulz, N. B., "Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961–1999: comparing the conventional approach to an ‘actual land area’ approach", *Land Use Policy*, 21(3), 261-269, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.007>, (2004).

Wackernagel, M., Lin, D., Hanscom, L., Galli, A., ve Iha, K. "Ecological Footprint☆". In B. Fath (Ed.), *Encyclopedia of Ecology (Second Edition)* (pp. 270-282). Oxford: Elsevier, (2019).

Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N. B., Erb, K. H., Haberl, H., ve Krausmann, F., "Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges", *Land Use Policy*, 21(3), 271-278, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.006>, (2004).

Wilber, D. H., Clarke, D. G., ve Rees, S. I., "Responses of benthic macroinvertebrates to thin-layer disposal of dredged material in Mississippi Sound, USA", *Marine Pollution Bulletin*, 54(1), 42-52, doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.08.042>, (2007).

Woodcraft, S., Hackett, T., ve Caistor-Arendar, L. *Design for social sustainability: A framework for creating thriving new communities* (Future Communities (2011).

Yılmaz, N., "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2000).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İLHAN SAĞER

Doğum Yeri ve Tarihi : MERKEZ / DENİZLİ

Lisans Üniversite : DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Y. Lisans Üniversite (varsa) : PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ A.B.D

Elektronik posta : ilhan.sager@gmail.com

İletişim Adresi : Çağrı Apt. İstiklal Cad. 57/5
PAMUKKALE / DENİZLİ