

# AHŞAP ESASLI ÜRETİMİN GELECEĞİ: KARBON MUHASEBESİ, KARBON KREDİSİ, ESG VE SÜRDÜRÜLEBİLİR FİNANS

Dr. Öğr. Üyesi Arzu MERİÇ  
Öğr. Gör. Hayrettin MERİÇ

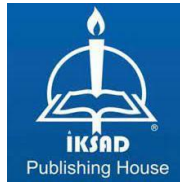


# AHŞAP ESASLI ÜRETİMİN GELECEĞİ: KARBON MUHASEBESİ, KARBON KREDİSİ, ESG VE SÜRDÜRÜLEBİLİR FİNANS

**Dr. Öğr. Üyesi Arzu MERİÇ<sup>1</sup>**

**Öğr. Gör. Hayrettin MERİÇ<sup>2</sup>**

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15079832>



---

<sup>1</sup> İnönü Üniversitesi / Malatya Meslek Yüksekokulu/Finans Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü / Bankacılık ve Sigortacılık Programı ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6077-0301>

<sup>2</sup> Uşak Üniversitesi / Banaz Meslek Yüksekokulu/Ormancılık Bölümü / Ormancılık ve Orman Ürünleri Programı ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7987-2175>

Copyright © 2025 by iksad publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: [iksadyayinevi@gmail.com](mailto:iksadyayinevi@gmail.com)

[www.iksadyayinevi.com](http://www.iksadyayinevi.com)

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2025©

**ISBN: 978-625-378-200-9**

Cover Design: İbrahim KAYA

March / 2025

Ankara / Türkiye

Size: 16x24cm

## ÖNSÖZ

İçinde bulunduğumuz yüzyıl, insanlığın gezegenimizin sınırlarını zorladığı, iklim değişikliği, doğal kaynak tükenmesi ve biyoçeşitlilik kaybı gibi küresel sorunların giderek daha yıkıcı hale geldiği bir dönem. Bu zorluklar karşısında, sürdürülebilir bir geleceğe doğru köklü bir dönüşüm kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu dönüşümün merkezinde ise, döngüsel bio-ekonomi kavramı yer almaktadır. Bio-ekonomi, yenilenebilir biyolojik kaynakların (biyokütle) sürdürülebilir bir şekilde üretilmesi, kullanılması, dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması yoluyla, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltmayı, sera gazı emisyonlarını düşürmeyi, atık miktarını en aza indirmeyi ve doğal kaynakları korumayı hedefleyen bir ekonomik modeldir.

Bu kitap, döngüsel bio-ekonominin en önemli yapı taşlarından biri olan ahşap esaslı üretim sektörünü mercek altına almaktadır. Ahşap, doğanın bize sunduğu en değerli ve çok yönlü malzemelerden biridir. Ormanlar, büyürken atmosferden karbondioksiti (CO<sub>2</sub>) emer ve ahşap ürünlerde uzun süreler boyunca depolarlar. Bu özelliği sayesinde ahşap, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynayabilir. Aynı zamanda, ahşap; yenilenebilir, geri dönüştürülebilir, biyolojik olarak parçalanabilir ve çok çeşitli kullanım alanlarına sahip bir malzemedir. İnşaattan mobilyaya, ambalajdan tekstile, enerjiden kimyasallara kadar pek çok sektörde ahşabın kullanım potansiyeli giderek artmaktadır.

Ancak, ahşap esaslı üretim sektörünün bu potansiyelini tam olarak gerçekleştirebilmesi için, sürdürülebilirlik ilkesini tüm değer zinciri boyunca benimsemesi gerekmektedir. Bu, ormanların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesinden, düşük karbonlu üretim teknolojilerinin kullanılmasına, atıkların en aza indirilmesinden, döngüsel ekonomi uygulamalarının benimsenmesine, şeffaf raporlamadan, paydaş katılımına kadar bir dizi önlemleri içermektedir.

Bu kitap, ahşap esaslı üretim sektörünün sürdürülebilirliğe geçiş sürecini çok boyutlu ve bütüncül bir yaklaşımla ele almaktadır. Çalışmada, uluslararası finansal raporlama standartları (örneğin, IFRS S2), ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler, Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi politika çerçeveleri, karbon piyasaları, yeşil finansman olanakları, ESG (Çevresel, Sosyal ve Yönetişim) kriterleri, teknolojik yenilikler ve

tüketici tercihleri gibi faktörlerin, sektörün dönüşümünü nasıl etkilediği derinlemesine analiz edilmektedir.

Kitabın temel amacı, ahşap esaslı üretim sektöründe faaliyet gösteren şirketlere, yatırımcılara ve politika yapıcılara, sürdürülebilirlik yolculuklarında rehberlik edecek bilgi, analiz ve stratejik öneriler sunmaktır. Çalışma, sadece mevcut durumu ve sorunları tespit etmekle kalmayıp, aynı zamanda geleceğe yönelik öngörülerde bulunmakta ve sektörün potansiyelini en üst düzeye çıkarmak için eyleme geçirilebilir çözümler önermektedir.

Kitabın hem akademik çevrelerde hem de iş dünyasında ilgiyle karşılanacağını ve ahşap esaslı üretim sektörünün daha sürdürülebilir, daha düşük karbonlu ve daha döngüsel bir geleceğe doğru dönüşümüne katkıda bulunacağını umuyoruz.

Arzu MERİÇ  
Hayrettin MERİÇ

Mart, 2025

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>5</b>
1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	5
1.2.Araştırmanın Literatüre Katkısı.....	7
1.3.Araştırma Amaçları ve Soruları.....	8
1.4.Araştırmanın Yapısı.....	9
<b>2.AHŞAP ESASLI ÜRETİMDE KARBON MUHASEBESİ, RAPORLAMA VE YAPAY ZEKÂ ENTEGRASYONU</b> .....	<b>10</b>
2.1. Ahşap Esaslı Üretim Sektöründe Karbon Ayak İzi Değerlendirmesi ve Muhasebesinin Entegrasyonu.....	10
2.2.Ahşap Esaslı Üretimde Karbon Muhasebesinin Şekillendirilmesi.....	13
<b>3.DÜŞÜK KARBONLU AHŞAP ÜRETİMİ İÇİN TEKNOLOJİK YENİLİKLER VE FİNANSAL STRATEJİLER</b> .....	<b>20</b>
3.1.Ahşap Esaslı Üretimde Düşük Karbonlu Uygulamaların Finansal ve Stratejik Avantajları.....	20
3.2.Karbon Kredisi Piyasaları ve Ahşap Esaslı Üretim.....	23
3.3.Karbon Piyasalarında Gezinme .....	27
<b>4. İLERİYE DÖNÜK GÖRÜNÜMLER VE STRATEJİK ÖNERİLER.</b>	<b>33</b>
4.1. Sürdürülebilir Finansmanın ve ESG Entegrasyonunun Yükselişi.....	33
4.1.1.Ahşap Esaslı Üretim Sektörü İçin ESG Kriterlerinin Detaylandırılması.....	35
4.1.2.ESG Performansının Ölçümü ve Raporlanması.....	37
4.1.3. Yeşil Finansman Araçları ve Ahşap Esaslı Üretim Sektörü.....	38
4.1.4. ESG Derecelendirme Kuruluşlarının Rolü ve Sektörün Yapması Gerekenler.....	39
4.2.Gelişen Karbon Piyasası Ortamı: Fırsatlar ve Zorluklar.....	39
4.3. Politika Çerçevesi: Sürdürülebilirliğe Geçiş Yönlendirmek.....	43
4.4. Stratejik Öneriler .....	48

4.4.1. Şirketler İçin Stratejik Öneriler .....	48
4.4.2. Yatırımcılar İçin Stratejik Öneriler .....	51
4.4.3. Politika Yapıcılar İçin Stratejik Öneriler.....	53
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>56</b>
<b>6.GELECEK ARAŞTIRMALAR İÇİN ÖNERİLER.....</b>	<b>58</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>61</b>

## 1.GİRİŞ

Küresel çapta, sürdürülebilir ve düşük karbon emisyonlu bir ekonomiye geçiş yönündeki zorunluluk, dünya genelindeki tüm endüstriyel sektörleri derinden etkilemiş ve köklü değişimlere yol açmıştır. Bu sektörler arasında, ahşap esaslı üretim sektörü, kendine özgü ve kritik bir konuma sahiptir. Bu konum, sektörün doğasında var olan bir ikilikten kaynaklanmaktadır: Bir yandan, ormanların büyümesi ve uzun ömürlü ahşap ürünlerin üretimi sayesinde önemli bir karbon yutağı işlevi görürken, diğer yandan, ağaç hasadı, işlenmesi, taşınması ve kullanım ömrü sonunda bertaraf edilmesi süreçlerinden kaynaklanan sera gazı (GHG) emisyonlarının önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Bu içsel çelişki ve karmaşıklık, sektörün giderek daha katı hale gelen raporlama standartları, yeni ortaya çıkan yasal yükümlülükler ve iddialı sürdürülebilirlik politikaları tarafından şekillendirilen dinamik ve değişken bir ortamda yol alırken, hem üstesinden gelinmesi gereken zorlu engeller hem de daha önce görülmemiş fırsatlar sunmaktadır. Sektör, bu dönüşüm sürecinde hem riskleri yönetmek hem de yeni olanaklardan yararlanmak zorundadır.

Bu çalışma, ahşap esaslı üretim sektöründe karbon muhasebesi ve raporlama uygulamalarını yeniden şekillendiren çok yönlü ve birbiriyle etkileşim halindeki faktörleri derinlemesine incelemektedir. Araştırma, özellikle şu konulara odaklanmaktadır: Uluslararası Finansal Raporlama Standardı (IFRS) S2'nin iklim değişikliği ile ilgili finansal açıklamalara getirdiği dönüştürücü etki; karbon muhasebesi uygulamalarını düzenleyen ve giderek genişleyen yasal yükümlülükler ağı; ve Avrupa Yeşil Mutabakatının (AYM), özellikle karbon ayak izi hesaplamaları ve sürdürülebilirlik performansının iyileştirilmesi üzerindeki geniş kapsamlı etkileri. Ayrıca, bu araştırma, çevresel performansın finansal risk değerlendirmelerine ve yatırım kararlarına giderek daha fazla entegre edildiği günümüz koşullarında, karbon emisyonu açıklamalarının yatırımcı kararlarını şekillendirmedeki artan önemini ve rolünü de detaylı bir şekilde analiz etmektedir. Bu, sadece çevresel bir gereklilik değil, aynı zamanda finansal bir zorunluluk haline gelmektedir.

### 1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu araştırmanın temel amacı, ahşap esaslı üretim sektöründe hızla gelişmekte olan karbon muhasebesi ve sürdürülebilirlik raporlaması ortamının kapsamlı, çok boyutlu ve geleceğe yönelik bir analizini sunmaktır. Bu bağlamda, çalışmanın kapsamı, aşağıdaki konuların ayrıntılı bir incelemesini içermektedir:



- **IFRS S2'nin Etkisi:** Uluslararası Finansal Raporlama Standardı S2'nin, şirketlerin raporlama uygulamaları üzerindeki etkisinin derinlemesine analizi. Bu analiz, özellikle standardın zorunlu kıldığı gelişmiş şeffaflık, hesap verebilirlik ve karşılaştırılabilirlik ilkelerine odaklanmaktadır. Standardın, şirketlerin karbon emisyonlarını daha doğru ve kapsamlı bir şekilde raporlamalarını nasıl teşvik ettiği incelenecektir.
- **Yasal Yükümlülükler:** Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmalar ve ulusal düzeydeki çevre mevzuatından kaynaklanan yasal yükümlülüklerin detaylı bir değerlendirmesi. Bu değerlendirme, şirketlerin sera gazı emisyonlarını doğru bir şekilde ölçmelerini, raporlamalarını ve etkin bir şekilde yönetmelerini zorunlu kılan yasal çerçeveleri ve bu çerçevelerin zaman içindeki evrimini kapsayacaktır.
- **Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın (AYM) Etkisi:** Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın, iddialı sürdürülebilirlik hedefleri, politika mekanizmaları ve finansman araçları ile ahşap esaslı üretim sektöründeki karbon ayak izi hesaplamaları, döngüsel ekonomi ilkelerinin benimsenmesi ve genel olarak sürdürülebilirlik performansının artırılması üzerindeki etkilerinin kapsamlı bir analizi. AYM'nin, sektörde yeşil dönüşümü nasıl hızlandırdığı ve yeni iş modellerini nasıl teşvik ettiği incelenecektir.
- **Karbon Emisyonu Açıklamaları ve Yatırımcı Kararları:** Karbon emisyonu açıklamalarının, hisse senedi fiyatlarındaki dalgalanmalar, işlem hacimleri, uzun vadeli yatırım stratejileri ve kurumsal itibar üzerindeki etkileri de dahil olmak üzere, yatırımcıların karar alma süreçleri ile olan ilişkisinin detaylı bir incelemesi. Yatırımcıların, giderek artan bir şekilde, şirketlerin çevresel performansını finansal risk ve fırsatların bir göstergesi olarak nasıl değerlendirdikleri analiz edilecektir.
- **Düşük Karbonlu Uygulamaların Finansal ve Stratejik Avantajları:** Ahşap esaslı üretimde düşük karbonlu uygulamaların benimsenmesinin, şirketlere sağlayabileceği finansal getiriler (örneğin, maliyet tasarrufları, verimlilik artışları, yeni pazarlara erişim) ve stratejik avantajlar (örneğin, rekabet üstünlüğü, marka değeri artışı, risk yönetimi) detaylı bir şekilde incelenecektir.
- **Karbon Kredi Piyasaları ve Ahşap Esaslı Üretim:** Karbon kredi piyasalarının işleyişi, ahşap esaslı üretim sektörünün bu piyasalara katılım potansiyeli, karbon kredisi oluşturma ve ticaret mekanizmaları

ve bu piyasaların sektörün sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasındaki rolü kapsamlı bir şekilde değerlendirilecektir.

## 1.2.Araştırmanın Literatüre Katkısı

Bu araştırma, mevcut bilgi birikimine çeşitli ve önemli açılardan katkıda bulunmaktadır:

- **Bütüncül Bakış Açısı:** Ahşap esaslı sektörde karbon muhasebesini etkileyen çeşitli faktörlerin bütüncül ve entegre bir analizini sunmakta, tekil düzenlemelere veya raporlama standartlarına dar bir odaklanmanın ötesine geçmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, konunun karmaşıklığını daha iyi anlamayı sağlamaktadır.
- **Sektöre Özgü Odaklanma:** Bu endüstrinin kendine özgü özelliklerini dikkate alarak, ahşap esaslı üreticilerin karşılaştığı zorlukların ve fırsatların ayrıntılı ve sektöre özel bir incelemesini sunmaktadır. Genel geçer yaklaşımlar yerine, sektörün dinamiklerine uygun çözümler önerilmektedir.
- **İleriye Dönük Analiz:** Karbon piyasalarının büyümesi ve ESG (Çevresel, Sosyal ve Yönetişim) kriterlerinin yatırım kararlarına giderek daha fazla entegre edilmesi gibi gelişmekte olan trendlerin gelecekteki olası etkilerini araştırmaktadır. Bu, araştırmanın sadece bugünü değil, geleceği de kapsamasını sağlamaktadır.
- **Uygulanabilir Öneriler:** Şirketlere, yatırımcılara ve politika yapıcılara, gelişen karbon muhasebesi ortamında yol almaları ve sürdürülebilir, düşük karbonlu bir ahşap esaslı sektöre geçişi teşvik etmeleri için eyleme geçirilebilir öneriler sunmaktadır. Bu, araştırmanın teorik kalmamasını ve pratikte uygulanabilir olmasını sağlamaktadır.
- **Hukuki, Finansal ve Çevresel Perspektiflerin Entegrasyonu:** Farklı bakış açılarının entegrasyonu da bir katkıdır. Bu entegrasyon, konunun çok boyutlu olarak ele alınmasını ve daha kapsamlı bir anlayışın geliştirilmesini sağlamaktadır.

### 1.3.Araştırma Amaçları ve Soruları

Bu araştırma, aşağıdaki amaçlara ulaşmayı hedeflemektedir:

1. IFRS S2'nin ahşap esaslı üretim sektöründeki karbon muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkisini analiz etmek.
2. Ahşap esaslı üreticiler için karbon muhasebesi ve raporlama gerekliliklerini şekillendiren yasal yükümlülükleri değerlendirmek.
3. Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın, sektördeki karbon ayak izi hesaplamaları ve sürdürülebilir uygulamaların benimsenmesi üzerindeki etkisini değerlendirmek.
4. Karbon emisyonu açıklamaları ile yatırımcı kararları arasındaki ilişkiyi araştırmak.
5. Düşük karbonlu ahşap üretimi için finansal stratejileri ve piyasa tabanlı mekanizmaları incelemek.
6. Ahşap esaslı üreticilerin karbon piyasalarından nasıl yararlanabileceğini incelemek.
7. Ahşap esaslı üreticilerin karbon piyasalarında nasıl yol alabileceğini belirlemek.

Bu amaçlara, aşağıdaki araştırma soruları aracılığıyla ulaşılabacaktır:

1. IFRS S2, ahşap esaslı üretim şirketleri için karbon muhasebesi ve raporlamasında ne gibi değişiklikler zorunlu kılmaktadır?
2. Ahşap esaslı sektörde karbon muhasebesini yöneten, hem uluslararası hem de ulusal düzeydeki temel yasal yükümlülükler nelerdir?
3. Avrupa Yeşil Mutabakatı, ahşap esaslı endüstride karbon ayak izi hesaplamalarını ve döngüsel ekonomi ilkelerinin benimsenmesini nasıl etkilemektedir?
4. Karbon emisyonu açıklamaları, hisse senedi fiyatı oynaklığı, işlem hacmi ve yatırım stratejileri dahil olmak üzere yatırımcı kararlarını ne ölçüde etkilemektedir?
5. Ahşap esaslı üreticiler için en iyi finansal stratejiler nelerdir?

6. Karbon piyasaları, ahşap esaslı üretim sektörüne nasıl entegre edilebilir?
7. Karbon piyasalarını anlamada yapay zekâ nasıl kullanılabilir?

#### 1.4.Araştırmanın Yapısı

Bu çalışma aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır:

**Bölüm 2:** Finansal raporlama (IFRS S2), yasal yükümlülükler ve Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın ahşap esaslı üretim sektöründe karbon muhasebesini şekillendirmedeki kesişimini incelemektedir. Bu bölüm, söz konusu üç unsurun birbirini nasıl etkilediğini ve sektör üzerindeki ortak etkilerini analiz etmektedir. Odak noktası, bu unsurların karbon muhasebesi uygulamalarında yarattığı değişimler ve zorunluluklardır.

**Bölüm 3:** Düşük karbonlu ahşap üretimi için teknolojik yenilikleri ve finansal stratejileri araştırmaktadır. Bu kapsamda, sermayeye erişim, maliyet azaltma, pazarda konumlanma ve karbon kredisi piyasaları gibi konular ele alınmaktadır. Bu bölüm, hem teknolojik gelişmelerin hem de finansal araçların sürdürülebilir üretime nasıl katkıda bulunabileceğini incelemektedir.

**Bölüm 4:** Sürdürülebilir finansman, ESG (Çevresel, Sosyal ve Yönetişim) entegrasyonu, karbon piyasasının evrimi ve politika çerçevelerine odaklanarak, sürdürülebilir bir ahşap esaslı üretim sektörü için geleceğe yönelik bakış açıları ve stratejik öneriler sunmaktadır. Bu bölüm, uzun vadeli bir perspektifle sektörün gelecekteki yönelimlerini ve bu yönelimlere uyum sağlamak için atılması gereken adımları tartışmaktadır.

**Sonuç Bölümü:** Son bölüm, gelecekteki araştırmalar için önerileri özetlemektedir. Bu bölüm, çalışmanın bulgularından yola çıkarak, literatürdeki boşlukları ve daha fazla araştırma gerektiren alanları belirlemektedir. Aynı zamanda, bu çalışmanın sonuçlarının gelecekteki araştırmalara nasıl bir temel oluşturabileceğini de açıklamaktadır.

## 2.AHŞAP ESASLI ÜRETİMDE KARBON MUHASEBESİ, RAPORLAMA VE YAPAY ZEKÂ ENTEGRASYONU

### 2.1. Ahşap Esaslı Üretim Sektöründe Karbon Ayak İzi Değerlendirmesi ve Muhasebesinin Entegrasyonu

İklim değişikliğini azaltma zorunluluğu, tüm endüstriyel sektörlerde sera gazı (GHG) emisyonlarının doğru bir şekilde ölçülmesi ve yönetilmesi konusunda önemli bir vurgu yapmıştır. Ormançılık ve hasattan işleme ve kullanım ömrü sonu yönetimine kadar çeşitli faaliyetleri kapsayan ahşap esaslı üretim sektörü, bu konuda benzersiz zorluklar ve fırsatlar sunmaktadır. Bu bölüm, ahşap esaslı üretimde karbon ayak izlerinin ölçülmesi için kullanılan metodolojileri araştırmakta, mevcut yaklaşımların güçlü ve zayıf yönlerini analiz etmekte, emisyonların sınıflandırılmasını incelemekte, doğruluk ve güvenilirliği sağlama yöntemlerini tartışmakta ve karbon muhasebesinin geleneksel muhasebe sistemlerine entegrasyonunu ele almaktadır. Son olarak, standartların sektörel uygulamalara uyarlanması da ele alınacaktır.

Ahşap ürünlerin çevresel etkisini anlamanın temel bir yönü, karbon ayak izlerinin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesidir. Bu ayak izi, ahşap ürünlerin üretimi, kullanımı ve bertarafı ile ilişkili, karbondioksit eşdeğerleri (CO<sup>2</sup> e) cinsinden ifade edilen toplam sera gazı (GHG) emisyonları olarak tanımlanır (Wang ve ark., 2021; Buchholz ve ark., 2021). Bu değerlendirme tipik olarak, hammadde çıkarma, işleme, nakliye, kullanım ve kullanım ömrü sonu bertaraf veya geri dönüşüm dahil olmak üzere çeşitli aşamaları kapsar (Wang ve ark., 2021; Buchholz ve ark., 2021). Genellikle birden fazla paydaşı ve süreci içeren ahşap tedarik zincirinin karmaşıklığı, karbon emisyonlarının değerlendirilmesini zorlaştırabilir ve emisyonları üretimin belirli aşamalarına atfetmeyi güçleştirebilir (Wang ve ark., 2022; Wang ve ark., 2021; Buchholz ve ark., 2021).

Ahşap esaslı üretimde karbon ayak izini ölçmek için birincil yöntem Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi'dir (LCA) (Wang ve ark., 2022; Polgár, 2023). LCA, bir ürünün yaşam döngüsünün tüm aşamalarıyla ilişkili çevresel etkileri değerlendiren sistematik bir yaklaşımdır ve hammaddelerin çıkarılmasından ürünün nihai bertarafına kadar üretilen karbon emisyonlarının kapsamlı bir görünümünü sağlar. Çalışmalar, mobilya ve inşaat malzemeleri gibi çeşitli ahşap ürünlerin karbon ayak izlerinin, kullanılan malzemelere ve uygulanan üretim süreçlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişebileceğini göstermiştir (Wang ve ark., 2022; Polgár, 2023). Uluslararası Referans Yaşam Döngüsü Veri Sistemi (ILCD), ahşap ürünlerin çevresel etkilerini

değerlendirmek için standartlaştırılmış yöntemler sağlayarak bu değerlendirmelerde sıklıkla kullanılmaktadır (Wang ve ark., 2021; Buchholz ve ark., 2021). Ancak, birçok çalışma genelleştirilmiş verilere veya güncel olmayan varsayımlara dayanmaktadır, bu da karbon ayak izi hesaplamalarında yanlışlıklara yol açabilir (Buchholz ve ark., 2021; Polgár, 2023). Dahası, LCA çevresel etkilerin kapsamlı bir değerlendirmesini sağlarken, yoğun kaynak ve zaman gerektirebilir, kapsamlı veri toplama ve analiz gerektirir (Wang ve ark., 2022; Polgár, 2023). Bu karmaşıklık, daha küçük işletmeleri kapsamlı değerlendirmeler yapmaktan caydırabilir ve potansiyel olarak ahşap sektöründe emisyonların eksik raporlanmasına yol açabilir (Wang ve ark., 2022; Polgár, 2023). Ayrıca, yalnızca karbon emisyonlarına odaklanmak, biyoçeşitlilik kaybı ve su kullanımı gibi diğer kritik çevresel faktörleri göz ardı edebilir (Delehan, 2024; Soloviy, 2024).

LCA'ya ek olarak, Ekolojik Ayak İzi ve karbon muhasebesi çerçeveleri gibi diğer metodolojiler de ahşap kullanım süreçleriyle ilişkili karbon emisyonlarını ölçmek için kullanılır (Delehan, 2024; Soloviy, 2024). Ekolojik Ayak İzi, yalnızca nihai ürünlerden kaynaklanan emisyonları değil, aynı zamanda tomruklama ve işleme faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonları da dikkate alır (Delehan, 2024; Soloviy, 2024).

Daha geniş karbon muhasebesi bağlamında, emisyonlar üç farklı kategoriye ayrılır: doğrudan (Kapsam 1), dolaylı (Kapsam 2) ve diğer dolaylı emisyonlar (Kapsam 3) (Wang ve ark., 2023). Doğrudan Emisyonlar (Kapsam 1), üreticiye ait veya üretici tarafından kontrol edilen kaynaklardan kaynaklanan emisyonlardır (Wang ve ark., 2023). Ahşap esaslı üretimde, bu emisyonlar tipik olarak silvikültür, hasat ve kereste nakliyesi gibi faaliyetlerden kaynaklanır (Wang ve ark., 2023). Orman yangınları veya zararlı böcek istilaları gibi orman bozulmalarından kaynaklanan emisyonlar da bu kategoriye girer (Wang ve ark., 2023). Dolaylı Emisyonlar (Kapsam 2), üretici tarafından tüketilen satın alınan elektrik, buhar, ısıtma ve soğutmanın üretimiyle ilişkili emisyonları ifade eder (Wang ve ark., 2023). Ahşap ürünlerin imalatında kullanılan enerji, toplam karbon ayak izine önemli ölçüde katkıda bulunabilir ve ormancılık operasyonlarında elektrik ve ısı tüketimini yönetmek, toplam emisyonları azaltmak için kritik öneme sahiptir (Wang ve ark., 2023). Diğer Dolaylı Emisyonlar (Kapsam 3), üreticinin değer zincirinde meydana gelen diğer tüm dolaylı emisyonları kapsar; buna satın alınan mal ve hizmetlerin üretiminden, nakliyeden, atık bertarafından ve satılan ürünlerin kullanımından kaynaklanan emisyonlar dahildir (Hurmekoski ve ark., 2020). Ahşap ürünlerin imalatı, paketlenmesi ve nakliyesi ile ilgili emisyonlar önemli olabilir (Hurmekoski ve ark., 2020). Ayrıca, ahşap ürünlerin fosil yakıt yoğun malzemeler yerine kullanılmasının ikame etkileri, önlenen emisyonlara yol

açabilir ve bunlar da Kapsam 3 altında sınıflandırılır (Soimakallio ve ark., 2022; Soimakallio ve ark., 2021).

Ahşap esaslı üretimde karbon ayak izi ölçümünde doğruluk ve güvenilirliği sağlamak çok yönlü bir zorluktur (Grossi ve ark., 2023; Delehan, 2024; Ouellet-Plamondon, 2024). Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) yöntemi, karbon emisyonları da dahil olmak üzere ahşap üretimi ile ilişkili çevresel etkileri değerlendirmek için sağlam bir çerçeve olarak kabul edilmektedir (Grossi ve ark., 2023; Delehan, 2024; Ouellet-Plamondon, 2024). LCA'nın kritik bir yönü, uygun değerlendirme yöntemlerinin ve standartlarının seçimidir (Grossi ve ark., 2023). ILCD 2011 orta nokta değerlendirme yöntemi, kereste bazlı mobilya tedarik zincirlerindeki karbon emisyonlarını ölçmek için kullanılabilir (Wang ve ark., 2021). Veri kalitesi ve kapsamlılığı da doğru karbon ayak izi ölçümlerini sağlamada çok önemlidir (Meza-López ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2023; Polgár, 2023). Yenilikçi teknolojilerin ve uygulamaların entegrasyonu, karbon ayak izi değerlendirmelerinin güvenilirliğini artırabilir (Vasiliu, 2023; Alade, 2024). Ahşap işlemede alternatif malzeme ve enerji kaynaklarının kullanımı ve ahşap kompozitler için eklemeli imalat tekniklerindeki gelişmeler, karbon ayak izini daha da en aza indirmek için fırsatlar sunmaktadır (Vasiliu, 2023; Alade, 2024).

Ahşap esaslı üretimde karbon muhasebesinin geleneksel muhasebe sistemlerine entegrasyonu çok yönlü bir zorluktur (Wei ve ark., 2023; Hansen ve ark., 2022). Karbon muhasebesini geleneksel sistemlere entegre etmenin birincil yaklaşımlarından biri, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) metodolojilerinin kullanılmasıdır (Wei ve ark., 2023; Hansen ve ark., 2022). Ahşap ürünlerde karbon muhasebesinin doğruluğu, değerlendirmede kullanılan faaliyet verilerinden ve bozunma oranlarından önemli ölçüde etkilenir (Jang & Yeo-Chang, 2021). Mevcut metodolojiler genellikle tutarlılıktan yoksundur, bu da raporlanan karbon emisyonlarında ve tutulmasında tutarsızlıklara yol açabilir (Hansen ve ark., 2022; Cowie ve ark., 2021; Andersen ve ark., 2021). Ahşap ürünler için standartlaştırılmış Çevresel Ürün Beyanlarının (EPD'ler) geliştirilmesi, karbon muhasebesinde şeffaflığı ve karşılaştırılabilirliği kolaylaştırabilir (Rasmussen ve ark., 2021). LCA'ya ek olarak, tam maliyet muhasebesi tekniklerinin benimsenmesi, karbon muhasebesinin geleneksel sistemlere entegrasyonunu daha da artırabilir (Scouse ve ark., 2020). Ahşap esaslı üretimde gelişmekte olan teknolojilerin rolü de karbon muhasebesi uygulamalarının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Ding ve ark., 2022; Singh ve ark., 2022). Malzemelerin yaşam döngüleri boyunca yeniden kullanıldığı ve yeniden amaçlandığı ahşap ürünlerin kademeli kullanımı, karbon tutulmasını daha da artırabilir ve atıkları azaltabilir (Russell ve ark., 2022). Ayrıca, paydaş katılımı, karbon muhasebesinin geleneksel sistemlere başarılı bir şekilde entegrasyonu için kritik öneme sahiptir (Wallius ve ark.,

2022; Viholainen ve ark., 2020). Mevcut düzenlemeler genellikle ahşap ürünlerin karbon faydalarını yeterince hesaba katmamaktadır, bu da çevresel hedefler ile ekonomik teşvikler arasında bir uyumsuzluğa yol açmaktadır (Shumway, 2023). Ahşap endüstrisi ve muhasebe sektörlerindeki profesyoneller için eğitim ve kapasite geliştirme, karbon muhasebesi uygulamalarının etkili bir şekilde uygulanmasını sağlamak için gereklidir (Melichova ve ark., 2021).

Son olarak, PAS 2050, ISO 14067 ve GHG Protokolü gibi karbon ayak izi ölçüm yöntemlerinin ahşap esaslı üretimin sektörel uygulamalarına uyarlanması esastır (Oviedo, 2025; Gulck ve ark., 2022; Wang, 2024; Wang ve ark., 2021). Mal ve hizmetlerin yaşam döngüsü değerlendirmesine (LCA) odaklanan PAS 2050 standardı, ahşap endüstrisinde ahşap mobilya ve inşaat malzemeleri gibi ürünlerin karbon ayak izini değerlendirmek için etkili bir şekilde kullanılabilir (Oviedo, 2025; Gulck ve ark., 2022). ISO 14067, ahşap sektöründe şeffaflığı ve karşılaştırılabilirliği artırabilen standartlaştırılmış bir yaklaşım sağlayarak PAS 2050'yi tamamlar (Wang, 2024). GHG Protokolü, ahşap esaslı üretim sistemlerinin spesifik özelliklerine göre uyarlanabilen kapsamlı bir muhasebe çerçevesi sunar (Wang ve ark., 2021). Araştırmalar, ahşap yapıların fosil emisyonlarını önemli ölçüde azaltabildiğini ve kullanılan ahşap birimi başına önlenen emisyonları ölçen yer değiştirme faktörleriyle birlikte olduğunu göstermiştir (Xie ve ark., 2023; Myllyviita ve ark., 2022). Karbon ayak izi ölçüm yöntemlerinin ahşap ürün geliştirmede gelişmekte olan teknolojilerle entegrasyonu, karbon depolama kapasitelerini artırabilir (Singh ve ark., 2022).

Sonuç olarak, ahşap esaslı üretim sektöründe karbon ayak izlerinin doğru ölçümü, raporlanması ve nihayetinde azaltılması için bütüncül ve çok yönlü bir yaklaşım gereklidir. Bu, LCA metodolojilerinin sürekli olarak iyileştirilmesini, veri toplama ve doğrulamanın geliştirilmesini, standartlaştırılmış muhasebe çerçevelerinin benimsenmesini ve tüm değer zinciri boyunca paydaşların proaktif katılımını gerektirir. Ahşap esaslı üretim sektörü, bu stratejileri benimseyerek küresel iklim değişikliği azaltma çabalarına önemli katkılarda bulunabilir ve genel sürdürülebilirlik performansını artırabilir.

## **2.2. Ahşap Esaslı Üretimde Karbon Muhasebesinin Şekillendirilmesi**

Sürdürülebilir ve düşük karbonlu bir ekonomiye doğru küresel geçiş, şirketlerin sera gazı (GHG) emisyonlarını doğru bir şekilde ölçmeleri, raporlamaları ve yönetmeleri konusunda artan bir baskı oluşturmuştur. Hem karbon tutulumu (orman büyümesi ve dayanıklı ahşap ürünler aracılığıyla) hem de emisyonlar (hasat, işleme, nakliye ve kullanım ömrü sonundan kaynaklanan)



ile doğal bağlantıları olan ahşap esaslı üretim sektörü, bu gelişen ortamda benzersiz zorluklar ve fırsatlarla karşı karşıyadır. Bu bölüm, Uluslararası Finansal Raporlama Standardı (IFRS) S2'nin ahşap esaslı üretim sektöründeki karbon muhasebesi süreçleri üzerindeki derin etkisini incelemekte, şirketlerin karbon muhasebesini yürütmek zorunda oldukları yasal yükümlülükleri araştırmakta, Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın (AYM) karbon ayak izi hesaplamalarını nasıl şekillendireceğini analiz etmekte ve karbon emisyonu açıklamalarının yatırımcı kararları üzerindeki etkisini incelemektedir. Bunların hepsi önemli faktörlerdir.

İklimle ilgili açıklamalara odaklanan Uluslararası Finansal Raporlama Standardı (IFRS) S2, kurumsal raporlama alanında önemli bir gelişmeyi temsil etmektedir. Özellikle, hammadde ve süreçlerinin doğası gereği çevresel sürdürülebilirlikle iç içe olan ahşap esaslı üretim gibi endüstriler için önemli bir dönüm noktasıdır (Pratama, 2024; Tolkach, 2023; Bansal, 2021; Bansal, 2023; Lawalata, 2024; Avi, 2022; Tijjani ve ark., 2021). IFRS S2'nin uygulamaya konulması, bir şirketin operasyonlarının iklimle ilgili riskleri ve etkileri hakkında kapsamlı açıklamaları zorunlu kılarak karbon muhasebesi süreçlerini yeniden şekillendirmeye, sürdürülebilirlik raporlamasında şeffaflığı ve hesap verebilirliği artırmaya hazırlanıyor (Pratama, 2024; Tolkach, 2023; Bansal, 2021; Bansal, 2023; Lawalata, 2024; Avi, 2022). Bu, sadece küçük bir ayarlama değil; şirketlerin çevresel sorumluluklarına yaklaşımlarında temel bir değişimdir. IFRS S2'nin birincil etkilerinden biri, paydaşlarla güven oluşturmada kritik bir unsur olan karbon muhasebesinde daha fazla şeffaflığı teşvik etme potansiyelidir (Pratama, 2024). IFRS S2, şirketlerin sera gazı emisyonlarını ve ilgili riskleri (hem finansal hem de operasyonel) açıklamalarını zorunlu kılarak, ahşap esaslı üretim firmalarını daha titiz ölçüm ve raporlama uygulamalarını benimsemeye zorlar (Pratama, 2024). Bu, sadece daha fazla veri sağlamakla ilgili değil; anlamlı bir değerlendirmeye olanak tanıyan güvenilir ve karşılaştırılabilir veriler sağlamakla ilgilidir. Standardın iklimle ilgili açıklamalara yaptığı vurgu, şirketlerin emisyonlarını takip etmek ve çevresel etkilerini tüm değer zincirleri boyunca doğru bir şekilde değerlendirmek için yeni teknolojiler ve süreçler içerebilecek sağlam sistemler kurmaları gerekeceğinden, muhtemelen gelişmiş veri toplama ve yönetim uygulamalarına yol açacaktır (Pratama, 2024).

Ayrıca, IFRS S2'nin uygulanmasının, ahşap esaslı üretim sektöründe sürdürülebilir iş uygulamalarına doğru bir değişimi tetiklemesi ve değişim için güçlü bir teşvik görevi görmesi beklenmektedir (Tolkach, 2023). Yatırımcılar, giderek artan bir şekilde, güçlü sürdürülebilirlik referanslarına sahip, çevresel açıdan sorumlu firmalara sermaye tahsis etmeye çalıştıkça, IFRS S2'ye uyan ahşap esaslı üreticiler, sermaye piyasalarında rekabet avantajı elde ederek yatırım çekmek için daha iyi bir konuma gelebilirler (Tolkach, 2023). Bu,

sürdürülebilirlik performansının finansal başarıyı doğrudan etkilediği olumlu bir geri bildirim döngüsü yaratır. IFRS S2'nin zorunlu niteliği, gönüllü açıklamaların genellikle tutarlılık ve titizlikten yoksun olduğu eleştirilen sürdürülebilirlik raporlaması alanında tarihsel olarak bir zorluk olan karbon muhasebesinde yönetsel takdir yetkisini sınırlamaya da hizmet eder (Bansal, 2021). Ahşap esaslı üretim bağlamında bu, şirketlerin ormansızlaşma, arazi kullanımı değişikliği ve ahşap ürünlerin tüm yaşam döngüsünden kaynaklanan emisyonlar da dahil olmak üzere karbon emisyonlarını nasıl hesaba kattıkları ve raporladıkları konusunda daha katı standartlara tabi tutulacağı anlamına gelir, bu da yeşil aklamaya veya çevresel performansın yanlış beyan edilme olasılığını azaltır (Bansal, 2021). Bu artan hesap verebilirlik, tüketiciler ve diğer paydaşlarla güven oluşturmak için çok önemlidir. Ayrıca, şirketler içindeki kültürel ve organizasyonel dinamikler, IFRS S2'nin başarılı bir şekilde uygulanmasında, bu yeni standartların ne kadar kolay ve etkili bir şekilde benimsendiğini etkileyerek çok önemli bir rol oynayacaktır (Bansal, 2023). Ahşap esaslı üretim şirketleri için, yönetim kurulundan orman zeminine kadar çevresel sorumluluğa öncelik veren bir kültürü teşvik etmek, yalnızca IFRS S2'nin gerekliliklerini karşılamak için değil, aynı zamanda sürdürülebilirliği operasyonel stratejilerine ve uzun vadeli planlamalarına gerçekten entegre etmek için de gerekli olacaktır (Bansal, 2023).

IFRS S2'nin küresel niteliği, genellikle uluslararası sınırlardan malzeme tedarik eden ve ürün satan, birden fazla yargı alanında faaliyet gösteren ahşap esaslı üretim şirketlerinin, uyumluluğa bir karmaşıklık katmanı ekleyerek, değişen düzenleyici ortamlarda gezinmeleri gerekeceği anlamına gelir (Lawalata, 2024). Uluslararası ticarete katılan şirketler için, IFRS S2'ye uymak, sürdürülebilirliğin giderek daha önemli bir farklılaştırıcı faktör haline geldiği uluslararası pazarda itibarlarını ve rekabet güçlerini artırarak, sürdürülebilirlik çabalarının küresel paydaşlara daha net bir şekilde iletilmesini kolaylaştıracaktır (Lawalata, 2024). Raporlamanın bu standardizasyonu, iletişimi kolaylaştırabilir ve uluslararası ortaklar arasında güven oluşturabilir. Şeffaflığı ve hesap verebilirliği artırmanın yanı sıra, IFRS S2'nin ahşap esaslı üretim firmalarındaki stratejik karar alma süreçlerini etkilemesi, iklimle ilgili faktörlerin daha bütüncül bir şekilde değerlendirilmesini teşvik etmesi muhtemeldir (Avi, 2022). Şirketler, karbon ayak izlerini ve operasyonlarının çevre üzerindeki etkilerini (ormanlar üzerindeki iklim değişikliği etkilerinden kaynaklanan potansiyel riskler dahil) değerlendirdikçe, yenilik ve verimlilik iyileştirmeleri için fırsatlar belirleyebilir, sonuçta daha sürdürülebilir üretim uygulamalarına yol açabilir ve potansiyel olarak uzun vadeli operasyonel maliyetleri azaltabilirler (Avi, 2022). IFRS S2'nin kapsamlı yapısı, ahşap esaslı üretim şirketlerinin yatırımcılar, düzenleyiciler, tüketiciler ve yerel topluluklar dahil olmak üzere bir dizi paydaşla etkileşim kurmasını, sürdürülebilirliğe daha işbirlikçi bir yaklaşımı teşvik etmesini de gerektirir (Bansal, 2023). Bu

etkileşim, güven oluşturmak ve şirketin sürdürülebilirlik çabalarının daha geniş toplumsal beklentilerle uyumlu olmasını sağlamak için çok önemlidir. Ayrıca, IFRS S2'nin uygulanması, ahşap esaslı üretim sektöründe karbon performansını değerlendirmek için yeni ölçütler ve kıyaslamaların geliştirilmesine yol açabilir ve endüstri en iyi uygulamalarının daha net bir resmini sağlayabilir (Tijjani ve ark., 2021). IFRS S2'yi benimsemenin finansal etkileri göz ardı edilemez, çünkü şirketler yeni sistemlere ve uzmanlığa yapılan yatırımlar da dahil olmak üzere uyumluluk ve raporlama ile ilgili artan maliyetlerle karşı karşıya kalabilirler (Avi, 2022). Ancak, uzun vadeli faydalar bu çabayı telafi edecektir.

Ahşap esaslı üretim şirketlerinin, çeşitli ulusal ve uluslararası düzenlemeleri kapsayan yasal yükümlülükler çerçevesinde karbon muhasebesi süreçlerini yürütmeleri giderek daha fazla gerekmektedir (Zhao ve ark., 2022; Schau ve ark., 2023; Dugan ve ark., 2021; Head ve ark., 2021; Andersen ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021; Puls, 2023; Ouellet-Plamondon, 2024; Peng ve ark., 2023). Bu yükümlülükler, öncelikle, ormanların ve ahşap ürünlerin küresel karbon döngüsündeki önemli rolünü kabul ederek, ahşap ürünlerle ilişkili karbon emisyonlarının ve depolanmasının doğru bir şekilde muhasebeleştirilmesini gerektiren iklim değişikliği azaltma hedefleri tarafından yönlendirilmektedir (Zhao ve ark., 2022; Schau ve ark., 2023; Dugan ve ark., 2021; Head ve ark., 2021; Andersen ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021; Puls, 2023; Ouellet-Plamondon, 2024; Peng ve ark., 2023). Ahşap sektöründe karbon muhasebesini etkileyen önemli bir yasal çerçeve, ülkeleri sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltmaya ve karbon yutaklarını geliştirmeye zorlayan, hem emisyonları kaynağında azaltmanın hem de doğal karbon tutulumunu artırmanın önemini kabul eden Paris Anlaşması'dır (Zhao ve ark., 2022; Schau ve ark., 2023). Bu uluslararası taahhüt, ulusal politikaları ve düzenlemeleri yönlendiren bir kademeli etki yaratır. Ayrıca, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), birçok ülkenin benimsediği karbon muhasebesi için kılavuzlar sağlayarak bu ulusal politikalar için bilimsel bir temel oluşturur (Dugan ve ark., 2021; Head ve ark., 2021; Andersen ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021). IPCC'nin metodolojileri ve düzenli güncellemeleri, farklı ülkeler ve endüstriler arasında karbon muhasebesinde tutarlılık ve karşılaştırılabilirliği sağlamak için çok önemlidir. Bu çerçevelere ek olarak, belirli ulusal düzenlemeler, genel ilkeleri her ülkenin özel bağlamına uyarlayarak ahşap esaslı üretim şirketlerine ek yükümlülükler getirebilir (Schau ve ark., 2023; Puls, 2023). Bu ulusal düzenlemeler, orman yönetimi uygulamalarından ürün etiketleme gerekliliklerine kadar geniş bir alanı kapsayabilir. Ayrıca, yasal ortam, biyo bazlı karbonun doğru bir şekilde hesaba katılması ve ahşap ürünlerin uzun vadeli karbon depolama potansiyeli gibi zorluklar da dahil olmak üzere, ahşap kullanımı bağlamında karbon muhasebesinin karmaşıklıklarını ele almak için gelişmektedir (Ouellet-

Plamondon, 2024; Peng ve ark., 2023). Bu dinamik yasal ortam, şirketlerin bilgi sahibi olmalarını ve uygulamalarını buna göre uyarlamalarını gerektirir.

Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM), Avrupa Birliği (AB) içinde çevresel politikaya dönüştürücü bir yaklaşımı temsil etmekte ve Avrupa'yı 2050 yılına kadar ilk iklim nötr kıta yapmayı hedeflemektedir (Tagliapietra, 2023; Kuci & Fogarassy, 2021; Davidescu & Buzogány, 2021; Biresselioğlu, 2023; Svobodová, 2023; Bonoli ve ark., 2021; Gajdzik, 2024; Perissi & Jones, 2022; Montanarella, 2020; Siddi, 2021; Balcarova, 2024; Vaquero ve ark., 2021). Bu iddialı girişim, ahşap ürünlerinin çeşitli endüstrilerdeki önemli rolü göz önüne alındığında, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için çok önemli olan ahşap esaslı üretim süreçleri de dahil olmak üzere geniş bir sektörü kapsamaktadır (Tagliapietra, 2023; Kuci & Fogarassy, 2021; Davidescu & Buzogány, 2021; BİRESSELİOĞLU, 2023; Svobodová, 2023; Bonoli ve ark., 2021; Gajdzik, 2024; Perissi & Jones, 2022; Montanarella, 2020; Siddi, 2021; Balcarova, 2024; Vaquero ve ark., 2021). AYM'nin sürdürülebilir kaynak yönetimine odaklanması, inşaat ve imalat dahil olmak üzere çeşitli endüstrilerde karbon ayak izlerini azaltmada ayrılmaz bir öneme sahip olan orman odun biyokütlesinin sürdürülebilir kullanımı ile vurgulanmaktadır (Tagliapietra, 2023; Kuci & Fogarassy, 2021; Davidescu & Buzogány, 2021; BİRESSELİOĞLU, 2023; Svobodová, 2023; Bonoli ve ark., 2021; Gajdzik, 2024; Perissi & Jones, 2022; Montanarella, 2020; Siddi, 2021; Balcarova, 2024; Vaquero ve ark., 2021). AYM'nin orman yönetimine yönelik bütüncül yaklaşımı, ormanların iklim değişikliğinin azaltılması, biyoçeşitliliğin korunması ve ekonomik aktivitedeki çoklu rollerini kabul ederek, ahşap kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını teşvik ederken biyoçeşitlilik ve ekosistem sağlığını sağlayan yeni AB Ormancılık Stratejisi ile vurgulanmaktadır (Tagliapietra, 2023; Kuci & Fogarassy, 2021). Orman yönetimine yönelik bu bütüncül yaklaşım, ahşap esaslı sektörün uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamak için çok önemlidir. Ayrıca, AYM, yasa dışı tomruklamayla mücadele etmeyi ve yasal olarak hasat edilmiş kereste ticaretini teşvik etmeyi amaçlayan AB Kereste Yönetmeliđi'nde (EUTR) belirtildiği gibi, kereste ürünleri için katı durum tespiti gereklilikleri getirmektedir (Davidescu & Buzogány, 2021; Biresselioğlu, 2023). Bu yönetmeliğin, şirketlerin tüm kereste tedarik zincirlerinin yasallığını ve sürdürülebilirliğini göstermelerini gerektirdiği için karbon ayak izi hesaplamaları üzerinde önemli etkileri vardır. AYM tarafından savunulan döngüsel ekonomiye geçiş, ahşap esaslı üretimde karbon ayak izi hesaplamalarını daha da karmaşık hale getirmekte, şirketlerin hammadde tedarikinden kullanım ömrü sonu yönetimine kadar ürünlerinin tüm yaşam döngüsünü dikkate almalarını gerektirmektedir (Svobodová, 2023; Bonoli ve ark., 2021). Döngüsellikle doğru bu kayma, ahşap ürünlerin çevresel etkilerini doğru bir şekilde değerlendirmek için yeni ölçütler ve metodolojilerin geliştirisini gerektirir. Düzenleyici değişikliklere ek olarak, AYM,

emisyolları azaltmak ve kaynak verimliliğini artırmak için yeni teknolojilerin geliştirilmesini ve benimsenmesini teşvik ederek, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada inovasyonun ve teknolojik ilerlemenin önemini de vurgulamaktadır (Gajdzik, 2024; Perissi & Jones, 2022). Bu, gelişmiş karbon muhasebesi yöntemlerinin ve araçlarının kullanımının teşvik edilmesini içerir. Ayrıca, AYM'nin halkın katılımına ve paydaş katılımına verdiği önem, ahşap esaslı üretim süreçlerinde karbon ayak izi hesaplamalarını şekillendirmede, sürdürülebilirliğe işbirlikçi bir yaklaşımı teşvik etmede kritik bir rol oynayacaktır (Montanarella, 2020; Siddi, 2021). AYM'nin etkileri yasal uyumun ötesine geçmektedir; sürdürülebilirliği benimseyen şirketlerin tüketiciler ve yatırımcılar tarafından tercih edilmesi muhtemel olduğundan, ahşap endüstrisinde rekabet avantajı için fırsatlar da sunmaktadır (Balcarova, 2024; Vaquero ve ark., 2021).

Karbon emisyonlarının finansal raporlamaya dahil edilmesi, çağdaş piyasalarda yatırımcı kararlarını etkileyen önemli bir faktör olarak ortaya çıkmıştır (Warokka, 2024; Kurnia ve ark., 2020; Rahmianingsih & Malau, 2022; Asyari & Arieftiara, 2022; Houten, 2023; Desai ve ark., 2021; Kim ve ark., 2021; Park & Jang, 2021; Sani, 2024; Yuan & Pan, 2021; Lee ve ark., 2021; Rajani, 2024). İklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik konusunda küresel farkındalık arttıkça, yatırımcılar, çevresel performans ile finansal risk arasındaki bağlantıyı kabul ederek, karbon emisyonu açıklamalarını yatırım analizlerinin kritik bir bileşeni olarak giderek daha fazla değerlendirmektedir (Warokka Warokka, 2024; Kurnia ve ark., 2020; Rahmianingsih & Malau, 2022; Asyari & Arieftiara, 2022; Houten, 2023; Desai ve ark., 2021; Kim ve ark., 2021; Park & Jang, 2021; Sani, 2024; Yuan & Pan, 2021; Lee ve ark., 2021; Rajani, 2024). Araştırmalar, karbon emisyonu açıklamalarının hisse senedi fiyatı oynaklığını ve işlem hacmini olumlu yönde etkileyebileceğini ve yatırımcıların bir şirketin karbon ayak izine ilişkin artan şeffaflığa olumlu yanıt verdiğini göstermektedir (Warokka Warokka, 2024; Kurnia ve ark., 2020). Ayrıca, karbon emisyonu açıklamasının iyi kurumsal yönetimin bir göstergesi olarak algılanması, bir şirketin sürdürülebilirlik ve sorumlu iş uygulamalarına olan bağlılığını işaret ederek yatırımcı duyarlılığını daha da etkilemektedir (Rahmianingsih & Malau, 2022; Asyari & Arieftiara, 2022). Ancak, karbon emisyonu açıklamasının etkinliği farklı bağlamlarda tek tip değildir, bu da zorunlu raporlama gerekliliklerinin ve standartlaştırılmış metodolojilerin önemini vurgulamaktadır (Houten, 2023; Desai ve ark., 2021). Kurumsal yatırımcıların rolü de dikkate değerdir, çünkü karbon emisyonu açıklamasının dinamiklerini önemli ölçüde etkileyebilir, şirketleri raporlama uygulamalarını iyileştirmeye ve çevresel etkilerini azaltmaya yönlendirebilirler (Kim ve ark., 2021; Park & Jang, 2021; Sani, 2024). Bu büyük yatırımcılar genellikle uzun vadeli yatırım ufuklarına sahiptir ve çevresel, sosyal ve yönetim (ESG) faktörlerini karar alma süreçlerine giderek daha fazla entegre etmektedirler.

Karbon emisyonu açıklaması, yatırımcı kararlarını etkilemenin yanı sıra, şirketler ve yatırımcılar arasındaki bilgi asimetrisini de azaltabilir ve yatırımcılara bir şirketin risk profilini değerlendirmek için daha eksiksiz ve güvenilir bilgi sağlayabilir (Yuan & Pan, 2021). Karbon emisyonu açıklamasının etkileri, anlık yatırımcı tepkilerinin ötesine geçer; yatırımcılar sürdürülebilirlik hususlarını portföy tahsis kararlarına giderek daha fazla dahil ettikçe, uzun vadeli yatırım stratejilerini de etkilerler (Lee ve ark., 2021). Ayrıca, karbon emisyonu verilerinin finansal raporlamaya entegrasyonu, çevresel performansın uzun vadeli finansal başarı ile içsel olarak bağlantılı olduğunun giderek daha fazla kabul edildiğini yansıtarak, kurumsal yönetim ve hesap verebilirlikteki daha geniş eğilimlerle uyumludur (Rajani, 2024). Bu entegrasyon sadece bir uyum meselesi değildir; şirketlerin piyasa tarafından nasıl değerlendirildiğinin temel bir unsuru haline gelmektedir.

Sonuç olarak, IFRS S2 ile örneklendirilen finansal raporlamanın gelişen ortamı, uluslararası anlaşmalardan ve ulusal düzenlemelerden kaynaklanan yasal yükümlülükler ve Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi kapsayıcı politika girişimleri, ahşap esaslı üretim sektöründe karbon muhasebesi uygulamalarını temelden yeniden şekillendirmektedir. Bu güçlerin birleşmesi, şirketleri karbon ayak izlerini ölçme, raporlama ve yönetme konusunda daha titiz, şeffaf ve sürdürülebilir yaklaşımlar benimsemeye zorlamaktadır. Yatırımcılardan, düzenleyicilerden ve tüketicilerden gelen bu çok yönlü baskı, nihayetinde endüstriyi, sürdürülebilirliğin sadece arzu edilen bir hedef değil, uzun vadeli başarı için temel bir gereklilik olduğu daha düşük karbonlu bir geleceğe doğru itmektedir. Hem karbon tutulumuna hem de emisyon azaltımına katkıda bulunma potansiyeline sahip olan ahşap esaslı sektör, bu dönüşümün ön saflarında yer almaktadır.

## 3.DÜŞÜK KARBONLU AHŞAP ÜRETİMİ İÇİN TEKNOLOJİK YENİLİKLER VE FİNANSAL STRATEJİLER

### 3.1.Ahşap Esaslı Üretimde Düşük Karbonlu Uygulamaların Finansal ve Stratejik Avantajları

Bölüm 2'de ele alınan düzenleyici ve raporlama gerekliliklerinin üzerine inşa ederek, bu bölüm düşük karbonlu ahşap esaslı üretime geçişi teşvik edebilecek ve destekleyebilecek finansal stratejileri ve piyasa tabanlı mekanizmaları araştırmaktadır. Sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik artan küresel odaklanma, tüm sektörlerdeki şirketler için hem zorluklar hem de fırsatlar yaratmıştır. Hem karbon tutulumunda hem de emisyonlarda önemli bir rol oynayan ahşap esaslı üretim sektörü için, düşük karbonlu uygulamaları benimsemek artık sadece etik bir zorunluluk değil, aynı zamanda stratejik bir gerekliliktir. Bu bölüm, ahşap esaslı sektörde düşük karbon emisyonlu üretime sahip şirketlerin daha düşük maliyetli finansman fırsatlarına nasıl erişebileceğini, karbon azaltıcı üretim süreçlerinin işletme maliyetleri üzerindeki uzun vadeli etkisini analiz etmekte, şirketlerin tüketici algısında kendilerini nasıl farklılaştırabileceğini ve bunu pazarlama stratejilerine nasıl entegre edebileceğini, yeşil üretim süreçlerine yatırım yapan firmaların hissedar değeri ve yatırımcı ilgisi açısından avantajlarını incelemekte ve son olarak, şirketlerin karbon düzenlemelerinin getirdiği maliyetlerden nasıl kaçınabileceğini ve bu maliyetleri nasıl yönetebileceğini tartışmaktadır.

Ahşap esaslı sektörde düşük karbon emisyonlu üretim yapan şirketler, stratejik politika savunuculuğu, finansal teşviklerden yararlanma ve sürdürülebilirlik profillerini geliştirme kombinasyonu yoluyla daha düşük maliyetli finansman fırsatlarına erişebilirler (Kunttu, 2020; Tai, 2024; Anwar ve ark., 2020; Picas ve ark., 2021; Kamau, 2024; Zawawi ve ark., 2022; Xu ve ark., 2020; Shahimi, 2023). Bu unsurların entegrasyonu, yatırım ve inovasyon için elverişli bir ortamın teşvik edilmesi, şirketlerin daha sürdürülebilir uygulamalara geçiş için ihtiyaç duydukları sermayeyi güvence altına almalarını sağlamak için çok önemlidir (Kunttu, 2020; Tai, 2024; Anwar ve ark., 2020; Picas ve ark., 2021; Kamau, 2024; Zawawi ve ark., 2022; Xu ve ark., 2020; Shahimi, 2023). İlk olarak, politika çerçeveleri, sürdürülebilir uygulamalar için finansal ortamın şekillendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Kunttu, 2020; Tai, 2024). Hükümetler ve uluslararası kuruluşlar, şirketler için hem teşvikler hem de caydırıcı unsurlar yaratarak, düşük karbonlu üretimi teşvik eden veya zorunlu kılan politikaları giderek daha fazla uygulamaktadır (Kunttu, 2020; Tai, 2024). Ayrıca, finansal teşvikler, şirketleri sürdürülebilir uygulamalara geçişe motive etmede kritik öneme sahiptir (Anwar ve ark., 2020;

Picas ve ark., 2021). Hükümetler genellikle düşük karbonlu teknolojilere ve uygulamalara yatırım yapan şirketleri desteklemek için vergi muafiyetleri, faizsiz krediler ve hibeler gibi bir dizi teşvik sunmaktadır (Anwar ve ark., 2020; Picas ve ark., 2021). Ayrıca, finansal kooperatiflerle işbirliği yapmak da şirketlere daha düşük maliyetli finansmana erişim sağlayabilir (Kamau, 2024; Zawawi ve ark., 2022). Genellikle sosyal ve çevresel hedefler tarafından yönlendirilen finansal kooperatiflerin, sürdürülebilirliğe bağlılık gösteren şirketlere elverişli koşullar sunma olasılığı daha yüksektir (Kamau, 2024; Zawawi ve ark., 2022). Şirketler, dış finansman fırsatlarına ek olarak, sürdürülebilirlik profillerini geliştirmek için iç stratejilere de odaklanabilirler (Xu ve ark., 2020; Shahimi, 2023). Bu, karbon emisyonlarını azaltan ve operasyonel verimliliği artıran yenilikçi teknolojilere yatırım yapmayı içerir (Xu ve ark., 2020; Shahimi, 2023).

Ahşap esaslı üretim süreçlerinde karbon emisyonu azaltma stratejilerinin entegrasyonu, uzun vadede işletme maliyetlerini önemli ölçüde etkileyebilir (Schau ve ark., 2023; Gu ve ark., 2022; Smyth ve ark., 2020; Kunttu ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021; Wu ve ark., 2021; Yang ve ark., 2023; Xie ve ark., 2023). Bu stratejiler yalnızca çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda maliyet tasarrufu ve pazarda artan rekabet gücüne yol açabilecek ekonomik fırsatlar da sunar (Schau ve ark., 2023; Gu ve ark., 2022; Smyth ve ark., 2020; Kunttu ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021; Wu ve ark., 2021; Yang ve ark., 2023; Xie ve ark., 2023). İlk olarak, karbon azaltıcı teknolojilerin ve uygulamaların uygulanması genellikle bir ilk yatırım gerektirir, bu da uzun vadeli tasarruflarla dengelenebilir (Schau ve ark., 2023; Gu ve ark., 2022; Smyth ve ark., 2020). Düşük karbonlu malzemelere geçiş, üretim sırasında daha az enerji tüketimi ve daha düşük emisyonlarla ilgili vergiler veya cezalar nedeniyle uzun vadede daha düşük işletme maliyetlerine yol açabilir (Schau ve ark., 2023; Gu ve ark., 2022; Smyth ve ark., 2020). Ayrıca, ahşabın bertaraf edilmeden önce birden çok kez kullanıldığı kademeli üretim kavramı, karbon emisyonlarında önemli azalmalar ve maliyet tasarrufları ile ilişkilendirilmiştir (Kunttu ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021). Ek olarak, iyileştirilmiş üretim süreçleri yoluyla elde edilen operasyonel verimlilikler maliyetleri daha da azaltabilir (Wu ve ark., 2021). Dahası, ahşap esaslı ürünlerin yaşam döngüsü değerlendirmesi, yenilenemeyen muadillerine kıyasla genellikle daha düşük karbon emisyonlarına sahip olduklarını ortaya koymaktadır (Yang ve ark., 2023; Xie ve ark., 2023).

Düşük karbonlu ahşap esaslı üretim yapan şirketler, artan tüketici farkındalığı ve sürdürülebilir ürünlere yönelik tercih ile uyumlu çeşitli stratejik pazarlama yaklaşımlarından yararlanarak tüketici algısında kendilerini etkili bir şekilde farklılaştırabilirler (Liang ve ark., 2020; Lin, 2021; Hu ve ark., 2022; Ying & Li, 2023; Su ve ark., 2020; Zeng ve ark., 2022; Huang, 2023; Wu, 2023;



Liu ve ark., 2023; Hu ve ark., 2022; Huo ve ark., 2022; Liu & Sheng, 2023; Liu ve ark., 2021). Bu farklılaşma, karbon etiketlemesi, tüketici eğitimi ve düşük karbonlu ürünlerin çevresel faydalarını vurgulayan hedefli pazarlama stratejilerinin entegrasyonu yoluyla sağlanabilir (Liang ve ark., 2020; Lin, 2021; Hu ve ark., 2022; Ying & Li, 2023; Su ve ark., 2020; Zeng ve ark., 2022; Huang, 2023; Wu, 2023; Liu ve ark., 2023; Hu ve ark., 2022; Huo ve ark., 2022; Liu & Sheng, 2023; Liu ve ark., 2021). İlk olarak, karbon etiketlemesinin uygulanması, düşük karbonlu ürünlere yönelik tüketici farkındalığını ve tercihini artırmak için kritik bir araç görevi görür (Liang ve ark., 2020; Lin, 2021; Hu ve ark., 2022; Ying & Li, 2023). Ayrıca, şirketler potansiyel alıcıları düşük karbonlu üretimin faydaları hakkında bilgilendiren eğitim girişimleri yoluyla tüketici algısını artırabilirler (Su ve ark., 2020; Zeng ve ark., 2022; Huang, 2023). Ek olarak, sürdürülebilirliği marka anlatısına entegre etmek, tüketici sadakatini ve marka imajını önemli ölçüde artırabilir (Wu, 2023; Liu ve ark., 2023). Ayrıca, çift kanallı satış modelleri gibi yenilikçi pazarlama stratejilerini benimsemek, çevre bilincine sahip tüketicilerin tercihlerine de hitap edebilir (Hu ve ark., 2022; Huo ve ark., 2022; (Liu & Sheng, 2023; Liu ve ark., 2021).

Yeşil üretim süreçlerine yatırım yapmak, ahşap esaslı üretim sektöründeki firmalar için, özellikle hissedar değerini artırma ve yatırımcı ilgisini çekme açısından önemli avantajlar sunar (Nguyen & Nguyen, 2020; Afum ve ark., 2021; Rahman ve ark., 2023; Armir ve ark., 2020; Kunttu, 2020; Fazekâs, 2023; Jasmani ve ark., 2020; Švajlenka & Kozlovská, 2020). Sürdürülebilir uygulamalara geçiş, yalnızca küresel çevresel eğilimlerle uyumlu olmakla kalmaz, aynı zamanda çevre dostu ürünlere yönelik artan talebi de karşılar, bu da gelişmiş finansal performans ve pazar rekabet gücüne yol açabilir (Nguyen & Nguyen, 2020; Afum ve ark., 2021; Rahman ve ark., 2023; Armir ve ark., 2020; Kunttu, 2020; Fazekâs, 2023; Jasmani ve ark., 2020; Švajlenka & Kozlovská, 2020). Yeşil üretim süreçlerini benimsemenin birincil faydalarından biri, kurumsal itibarın ve marka değerinin artmasıdır (Nguyen & Nguyen, 2020; Afum ve ark., 2021). Ayrıca, sürdürülebilir uygulamaların uygulanması yatırımcı ilgisini önemli ölçüde etkileyebilir (Rahman ve ark., 2023). Yeşil üretim süreçleri, finansal performansı iyileştirmenin yanı sıra yeni pazarlara ve müşteri segmentlerine erişimi de kolaylaştırabilir (Armir ve ark., 2020; Kunttu, 2020). Ayrıca, ahşap esaslı üretimde eklemeli imalat ve nanoteknoloji gibi ileri teknolojilerin entegrasyonu, sürdürülebilirliği artırırken aynı zamanda ürün kalitesini ve performansını da iyileştirebilir (Fazekâs, 2023; Jasmani ve ark., 2020; Švajlenka & Kozlovská, 2020).

Ahşap esaslı üretim yapan şirketler, sürdürülebilir üretim uygulamalarını benimseyerek karbon düzenlemelerinin getirdiği maliyetleri stratejik olarak yönetebilirler (Ding ve ark., 2022; Soimakallio ve ark., 2022; Soimakallio ve

ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021; Macak ve ark., 2020; Goldhahn ve ark., 2021; Viksne ve ark., 2022; Singh ve ark., 2022; Koulelis, 2023). Bu uygulamalar yalnızca karbon emisyonlarını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda karbon kısıtlı bir ortamda ahşap ürünlerin genel ekonomik uygulanabilirliğini de artırır (Ding ve ark., 2022; Soimakallio ve ark., 2022; Soimakallio ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021; Macak ve ark., 2020; Goldhahn ve ark., 2021; Viksne ve ark., 2022; Singh ve ark., 2022; Koulelis, 2023). Etkili bir yaklaşım, sürdürülebilirliğe öncelik veren gelişmiş ahşap işleme teknolojilerinin uygulanmasıdır (Ding ve ark., 2022). Ayrıca, ahşabın fosil yakıtlar ve yenilenemeyen malzemeler yerine ikame olarak kullanılması, önemli karbon tasarrufu sağlayabilir (Soimakallio ve ark., 2022; Soimakallio ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021). Şirketler, ürün inovasyonuna ek olarak, kaynak verimliliğini ve atık azaltmayı vurgulayan bir döngüsel ekonomi modeli benimseyerek sürdürülebilirliklerini artırabilirler (Macak ve ark., 2020; Goldhahn ve ark., 2021). Ayrıca, şirketler karbon ayak izlerini daha da azaltmak için karbon yakalama ve kullanma teknolojilerinden yararlanabilirler (Viksne ve ark., 2022; Singh ve ark., 2022). Son olarak, sürdürülebilir orman yönetimi uygulamalarına dahil olmak çok önemlidir (Koulelis, 2023).

Sonuç olarak, ahşap esaslı üretim sektörü, düşük karbonlu uygulamaları benimseyerek önemli finansal ve stratejik avantajlar elde edebilir. Düşük maliyetli finansmana erişimden ve uzun vadeli işletme maliyetlerini düşürmekten, pazar konumunu güçlendirmeye ve yatırımcı ilgisini çekmeye kadar, faydalar çok yönlüdür. Şirketler, sürdürülebilirliği operasyonlarına ve pazarlama stratejilerine proaktif olarak entegre ederek, yalnızca gelişen düzenlemelere uymakla kalmaz, aynı zamanda hızla değişen bir küresel ekonomide kendilerini lider olarak konumlandırabilirler. Düşük karbonlu bir geleceğe geçiş hem zorluklar hem de fırsatlar sunar ve inovasyonu ve sürdürülebilirliği benimseyen şirketlerin başarılı olma olasılığı en yüksektir.

### **3.2.Karbon Kredisi Piyasaları ve Ahşap Esaslı Üretim**

İklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik artan küresel vurgu, çeşitli sektörlerde emisyon azaltımlarını ve karbon tutulumunu teşvik etmek için karbon kredisi piyasaları gibi piyasa tabanlı mekanizmaların geliştirilmesine yol açmıştır. Hem karbon emisyonları hem de tutulumu için doğal bir kapasiteye sahip olan ahşap esaslı üretim sektörü, bu piyasalardan yararlanmak için benzersiz ve önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu bölüm, aktif olarak karbon emisyonlarını azaltan ahşap esaslı üreticilerin karbon kredisi piyasalarından nasıl yararlanabileceğini, karbon kredisi sistemlerinin nasıl bir ekonomik teşvik mekanizması olarak kullanılabileceğini, ahşap esaslı üretimde karbon yutaklarının karbon kredisi hesaplamalarına entegrasyonunu, karbon kredisi piyasalarındaki fiyatlandırma dinamiklerinin ahşap esaslı üreticiler üzerindeki

etkisini ve son olarak, karbon kredisi gelirlerinin bu üreticilerin yatırım kararlarını nasıl yönlendirebileceğini araştırmaktadır.

Aktif olarak karbon emisyonlarını azaltmaya çalışan ahşap esaslı üreticiler, sürdürülebilir uygulamaları teşvik eden ve ekonomik uygulanabilirliği artıran çeşitli mekanizmalar aracılığıyla karbon kredisi piyasalarından önemli ölçüde yararlanabilirler (Yan, 2024; Ruotsalainen ve ark., 2021; Zute, 2023; Hurmekoski ve ark., 2020; Soimakallio ve ark., 2021; Shrestha ve ark., 2021; Chaiya, 2024). Ormancılık karbon yutağı projelerinin karbon kredisi ticaret sistemlerine entegrasyonu ikili bir fırsat sunmaktadır: Sadece iklim değişikliğinin azaltılmasına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda üreticilerin operasyonel uygulamalarını geliştirmeleri için finansal teşvikler sağlar (Yan, 2024; Ruotsalainen ve ark., 2021; Zute, 2023; Hurmekoski ve ark., 2020; Soimakallio ve ark., 2021; Shrestha ve ark., 2021; Chaiya, 2024). İlk olarak, ormancılık karbon yutağı projelerinin hem karbon emisyonu azaltımı hem de ormancılık sektörünün gelişimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğu gösterilmiştir (Yan, 2024; Ruotsalainen ve ark., 2021). Ahşap esaslı üreticiler, karbon kredisi piyasalarına katılarak, karbon tutulumundaki çabalarını paraya çevirebilir ve böylece ormancılık uygulamaları atmosferik CO<sup>2</sup> seviyelerinde bir azalmaya katkıda bulunduğundan ek gelir elde edebilirler (Ruotsalainen ve ark., 2021). Ayrıca, karbon kredileri kavramı sadece tutulumun ötesine geçer; ormancılıkla ilişkili tüm karbon dengesini, yani ahşap esaslı ürünlerde depolanan karbonu da kapsar (Zute, 2023; Hurmekoski ve ark., 2020; Soimakallio ve ark., 2021). Ahşap ürünlerin uzun vadeli karbon depolama çözümleri olarak hizmet etme potansiyeli, özellikle bu ürünler çelik ve beton gibi daha fazla karbon yoğun malzemelerin yerini aldığı anda önemlidir (Zute, 2023; Hurmekoski ve ark., 2020). Karbon piyasalarının gelişen ortamı da ahşap esaslı üreticilerin finansal uygulanabilirliğini şekillendirmede kritik bir rol oynamaktadır (Shrestha ve ark., 2021). Ayrıca, karbon kredilerinin ekonomik etkileri, özellikle sürdürülebilir arazi yönetimi bağlamında ve küresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu yenilikçi uygulamalara duyulan ihtiyaçla ilgilidir (Chaiya, 2024).

Karbon kredisi sistemleri, karbon tutulumuna katkıda bulunan sürdürülebilir ormancılık uygulamaları için finansal ödüller sağlayarak ahşap esaslı üreticiler için hayati bir ekonomik teşvik mekanizması görevi görür (Chaiya, 2024; Yan, 2024; Shrestha ve ark., 2021; Zute, 2023; Elias, 2024; Thengane ve ark., 2021). Bu sistemler, orman sahiplerinin ve ahşap üreticilerinin, orman karbon stoklarını koruyarak veya artırarak kazandıkları karbon kredilerinin satışı yoluyla gelir elde etmelerini sağlar (Chaiya, 2024; Yan, 2024; Shrestha ve ark., 2021; Zute, 2023). Bu ekonomik model yalnızca çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmekle kalmaz, aynı zamanda ormancılık operasyonlarının karlılığını da artırır (Chaiya, 2024; Yan, 2024; Shrestha ve

ark., 2021; Zute, 2023). Karbon kredisi planlarının ormancılık uygulamalarına entegrasyonunun, Paris Anlaşması'nda belirtilenler gibi küresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu olduğu gösterilmiştir (Chaiya, 2024; Yan, 2024). Ayrıca, karbon kredilerinin ekonomik faydaları doğrudan ödemelerin ötesine geçer (Yan, 2024; Shrestha ve ark., 2021). Artan pazar erişimi ve yatırım fırsatları potansiyeli önemlidir (Yan, 2024; Shrestha ve ark., 2021). Ahşap ürünlerin ikame etkisi de bu ekonomik teşvik mekanizmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Zute, 2023). Üreticiler, çelik ve beton gibi daha fazla karbon yoğun malzemeleri ahşapla değiştirerek, yalnızca karbon ayak izlerini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda azaltılmış emisyonlarla ilişkili karbon kredilerinden de yararlanabilirler (Zute, 2023). Ayrıca, karbon kredileri piyasası genişlemektedir ve düşük değerli orman biyokütlesinden biyokömür üretimi gibi girişimlerden elde edilen önemli finansal getirileri gösteren projeksiyonlar bulunmaktadır (Elias, 2024; Thengane ve ark., 2021).

Ahşap esaslı üretimde, özellikle uzun ömürlü ahşap yapı malzemeleri aracılığıyla, karbon yutaklarının karbon kredisi hesaplamalarına entegrasyonu, karbon tutulumu, yaşam döngüsü değerlendirmeleri ve ahşap ürün kullanımının etkileri hakkında kapsamlı bir anlayış gerektiren çok yönlü bir süreçtir (Hurmekoski ve ark., 2022; Hansen ve ark., 2022; Talvitie ve ark., 2023; Martes & Köhl, 2022; Schulte, 2024; Hurmekoski ve ark., 2021; Andersen ve ark., 2021; Wei ve ark., 2023; Landry ve ark., 2021; Yıldızbaş, 2023; Cabon ve ark., 2022). Ahşap ürünler, büyüme aşamalarında karbondioksiti tutma ve hasat sonrası uzun süreler boyunca tutma yetenekleri nedeniyle önemli karbon yutakları olarak hizmet ederler (Cabon ve ark., 2022; Hurmekoski ve ark., 2022; Hansen ve ark., 2022). Ahşap esaslı üretimden kaynaklanan karbon yutaklarını karbon kredisi hesaplamalarına etkili bir şekilde dahil etmek için, mevcut karbon muhasebesi çerçeveleriyle uyumlu sağlam metodolojiler benimsemek esastır (Martes & Köhl, 2022; Schulte, 2024; Hurmekoski ve ark., 2021; Andersen ve ark., 2021). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kılavuzları şu anda uzun ömürlü ürünlerde karbon tutulumunu tanımakta, ancak bu ürünlerden kaynaklanan emisyon tasarruflarını ayrı olarak hesaba katmamaktadır (Martes & Köhl, 2022). Ayrıca, ahşap ürünlere olan talebi etkileyen piyasa dinamikleri, bunların karbon yutağı potansiyelini önemli ölçüde etkilemektedir (Wei ve ark., 2023; Landry ve ark., 2021; Yıldızbaş, 2023).

Karbon kredisi piyasalarındaki fiyatlandırma dinamikleri, özellikle kereste arazisi yatırımları ve karbondioksit giderme (CDR) stratejilerinin ticarileştirilmesi bağlamında, ahşap esaslı üreticileri önemli ölçüde etkilemektedir (Mei, 2023; Hickey ve ark., 2023; Song, 2024; Xu & Wang, 2021; García ve ark., 2021; Michaelowa ve ark., 2023; Mei & Clutter, 2022). Karbon kredileri piyasası geliştikçe, ahşap esaslı üreticiler hem karlılıklarını

hem de operasyonel stratejilerini etkileyebilecek fırsatlar ve zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır (Mei, 2023; Hickey ve ark., 2023; Song, 2024; Xu & Wang, 2021; García ve ark., 2021; Michaelowa ve ark., 2023; Mei & Clutter, 2022). Ahşap esaslı üreticiler için birincil faydalardan biri, karbon kredileri yoluyla çeşitlendirme potansiyelidir (Mei, 2023). Kereste arzuları sadece kereste satışlarından değil, aynı zamanda kereste fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı bir tampon sağlayabilen karbon kredilerinden de gelir sağlayabilir (Mei, 2023). Ancak, karbon kredisi fiyatlarının oynaklığı, ahşap esaslı üreticiler için önemli bir risk oluşturmaktadır (Hickey ve ark., 2023; Song, 2024; Xu & Wang, 2021). Düzenleyici değişiklikler ve piyasa talebi dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenen karbon fiyatlandırmasının dinamik yapısı, üreticilerin fiyat oynaklığı ile ilişkili riskleri azaltmak için sağlam stratejiler geliştirmesini gerektirmektedir (Song, 2024; Xu & Wang, 2021). Ayrıca, karbon kredilerini çevreleyen düzenleyici ortam gelişmektedir, bu da ahşap esaslı üreticilerin operasyonel kararlarını etkileyebilir (García ve ark., 2021; Michaelowa ve ark., 2023). Ek olarak, karbon fiyatlandırması ile kereste piyasası dinamikleri arasındaki etkileşim, üreticiler için karmaşık senaryolar yaratabilir (Mei & Clutter, 2022).

Karbon kredisi gelirleri, sürdürülebilir ormancılık uygulamaları için finansal teşvikler sağlayarak ve orman yönetiminin ekonomik uygulanabilirliğini artırarak, ahşap esaslı üreticilerin yatırım kararlarını önemli ölçüde etkileyebilir (Chaiya, 2024; Ruotsalainen ve ark., 2021; Kaarakka ve ark., 2022; Yan, 2024; Liu & He, 2023; Elias, 2024). Karbon kredisi planlarının ormancılık operasyonlarına entegrasyonu, üreticilerin ormanlarının sağladığı çevresel hizmetlerden, özellikle de karbon tutulumu açısından yararlanmalarını sağlar (Chaiya, 2024; Ruotsalainen ve ark., 2021; Kaarakka ve ark., 2022; Yan, 2024; Liu & He, 2023; Elias, 2024). Bu finansal mekanizma orman korumasını destekler ve küresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumludur (Chaiya, 2024). Karbon kredilerinin ekonomik etkileri, Ruotsalainen ve diğerleri tarafından, karbon kredilendirme planlarının orman sahiplerini atmosferik CO<sup>2</sup> seviyelerini düşürmeleri için ödüllendirerek nasıl ek gelir yaratabileceğini tartışarak daha da vurgulanmaktadır (Ruotsalainen ve ark., 2021). Ayrıca, Kaarakka ve diğerleri tarafından bildirilen orman karbon ofset piyasalarındaki eğilimler, iyileştirilmiş orman yönetimi uygulamalarının henüz tam olarak tanımlanmamış olmasına rağmen, bunların potansiyel uzun vadeli karbon faydalarının giderek daha fazla kabul gördüğünü göstermektedir (Kaarakka ve ark., 2022). Karbon kredilerinin ormancılığın ekonomik uygulanabilirliğini artırma potansiyeli, ormancılık karbon yutağı projelerinin operatörler arasında üretim hevesini teşvik edebileceğini ve orman yeşil gelişiminin genel ölçeğini artırabileceğini gösteren çalışmalar tarafından da desteklenmektedir (Yan, 2024; Liu & He, 2023). Ayrıca, karbon kredilerinden elde edilen finansal faydalar, ABD pazarında kazançlı bir fırsat olarak tanımlanan düşük değerli

orman biyokütlesinden biyokömür üretimi gibi yenilikçi teknolojilere ve uygulamalara yapılan yatırımları kolaylaştırabilir (Elias, 2024).

Sonuç olarak, karbon kredisi piyasaları, ahşap esaslı üretim sektöründe sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmek ve ödüllendirmek için güçlü bir mekanizma sunmaktadır. Ahşap esaslı üreticiler, bu piyasaların karmaşıklıklarını dikkatli bir şekilde yöneterek, fiyatlandırma dinamiklerini anlayarak ve karbon tutulumunu operasyonel ve yatırım stratejilerine entegre ederek, yalnızca küresel iklim değişikliği azaltma çabalarına katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda ekonomik uygulanabilirliklerini ve uzun vadeli sürdürülebilirliklerini de artırabilirler. Bu piyasaların gelişen doğası, ahşap esaslı üreticilerin karbon nötrlüğüne yönelik artan küresel vurgunun sunduğu fırsatlardan yararlanmak için iyi konumlanmış olmalarını sağlayarak proaktif ve bilinçli bir yaklaşım gerektirir.

### 3.3.Karbon Piyasalarında Gezinme

İklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik artan küresel odaklanma ve emisyon azaltımlarını teşvik etmek için piyasa tabanlı mekanizmaların buna bağlı olarak yükselişi, dünya çapındaki işletmeler için yeni ve karmaşık bir ortam yaratmıştır. Hem karbon tutulumu (orman büyümesi ve dayanıklı ahşap ürünler aracılığıyla) hem de karbon emisyonları (ürün yaşam döngüsü boyunca) ile doğal bir bağlantısı olan ahşap esaslı üretim sektörü, kendisini bu gelişen çerçeve içinde benzersiz bir konumda bulmaktadır. Bu bölüm, ahşap esaslı üreticiler için geçerli olan karbon kredisi fiyatlandırma mekanizmalarının karmaşık işleyişini, küresel ve bölgesel karbon düzenlemelerinin bu fiyatlar üzerindeki derin etkisini, düşük karbon emisyonlu üretim süreçlerinin benimsenmesinin karbon kredisi değerlemesini nasıl temelden değiştirebileceğini, karbon kredisi piyasalarındaki dalgalanmaların ikili doğasını (hem riskler hem de fırsatlar sunarak) ele almakta ve son olarak, piyasa oynaklığında gezinmek için kritik bir araç olan karbon kredisi fiyat tahmininde yapay zekânın (AI) dönüştürücü potansiyelini araştırmaktadır.

Karbon piyasalarındaki ahşap esaslı üreticiler için karbon kredisi fiyatlandırma mekanizmaları, karbon tutma kapasiteleri, gelişen piyasa düzenlemeleri ve temel ekonomik teşviklerin karmaşık bir etkileşimi yoluyla işlemektedir (Zhao ve ark., 2022; Taylor ve ark., 2023; Soimakallio ve ark., 2022; Pan ve ark., 2022; Valatin, 2022; Haya ve ark., 2023; Cabiyo ve ark., 2021; Boiger, 2024; Myllyviita ve ark., 2021). Bu mekanizmalar, temelde, ormanların karbon yutağı kapasitesini artıran sürdürülebilir ormancılık uygulamalarını ve ahşap ürünlerin, öncelikle atmosferik karbondioksiti (CO<sup>2</sup>) yakalayıp ve depolayıp iklim değişikliğini azaltmaya katkıda bulunan şekillerde kullanımını teşvik etmek için tasarlanmıştır (Zhao ve ark., 2022;

Taylor ve ark., 2023; Soimakallio ve ark., 2022; Pan ve ark., 2022; Valatin, 2022; Haya ve ark., 2023; Cabiyo ve ark., 2021; Boiger, 2024; Myllyviita ve ark., 2021). Bu, sadece ağaç büyümesi sırasında karbonun ilk tutulmasını değil, aynı zamanda hasat edilmiş ahşap ürünlerde karbonun sürekli olarak depolanmasını da içerir. Bir ahşap esaslı üretici açısından karbon kredisi fiyatlandırmasının birincil işlevlerinden biri, yalnızca kereste çıkarmaya odaklanan geleneksel gelir modellerinin ötesine geçerek, aktif olarak karbon depolamayı artıran uygulamalara katılmak için somut finansal teşvikler sağlamaktır (Zhao ve ark., 2022; Taylor ve ark., 2023; Soimakallio ve ark., 2022). İnşaatta kullanılan keresteden ahşap panellere ve hatta ahşap türevi biyoyakıtlara kadar uzanan hasat edilmiş ahşap ürünleri (HÜÜ), aksi takdirde ayrışma veya yanma yoluyla atmosfere salınacak olan karbonu depoladıkları için karbon emisyonlarını etkili bir şekilde dengeleyebilir (Zhao ve ark., 2022; Taylor ve ark., 2023; Soimakallio ve ark., 2022). Ahşabın uzun vadeli depolama potansiyeli, bu mekanizmanın çok önemli bir yönüdür. Sera gazlarının azaltılmasını veya uzaklaştırılmasını temsil eden, ticareti yapılabilir birimler olan karbon kredilerinin üretimi, artan ağaç hasatlarıyla ilişkili genel karbon dengesi (orman karbon stoklarını geçici olarak azaltabilir) ve ardından HÜÜ'lerde karbon depolaması dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir (Soimakallio ve ark., 2022; Pan ve ark., 2022). Çalışmalar, ormanlardan hasat edilen her bir karbon birimi için kısa vadede yaklaşık 0,7 birim karbon kredisi üretilebileceğini göstermektedir. Bu, öncelikle HÜÜ'lerde tutulan karbona ve ahşap biyokütlesi enerji için kullanıldığında fosil yakıtların yer değiştirmesinden kaynaklanan önlenen emisyonlara atfedilebilir (Soimakallio ve ark., 2022). Bununla birlikte, ahşabın yerini aldığı alternatif ürünler zamanla daha fazla karbondan arındırıldıkça, bu kredilerin uzun vadeli uygulanabilirliğinin azalabileceğini kabul etmek çok önemlidir. Bu, hem orman ekosistemini hem de ahşap ürünlerin yaşam döngüsünü dikkate alarak, genel karbon stoklarını korumak ve geliştirmek için orman kaynaklarının dikkatli ve dinamik bir şekilde yönetilmesini gerektirir (Soimakallio ve ark., 2022; Pan ve ark., 2022). Avrupa Birliği'nin ETS'si ve Kaliforniya'nın Sınır ve Ticaret Programı gibi uyum emisyon ticareti sistemleri (ETS), karbon ofsetlerine olan talebi yönlendiren bir düzenleyici çerçeve sağlayarak, daha geniş karbon kredisi piyasasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Pan ve ark., 2022; Valatin, 2022; Haya ve ark., 2023). Bu sistemler, ofsetlerin kalitesini düzenlemek ve ormancılık temelli ofsetlerin genel karbon piyasalarına ve iklim değişikliğini azaltma hedeflerine anlamlı bir şekilde katkıda bulunmasını sağlamak için titizlikle tasarlanmıştır (Pan ve ark., 2022). Bu ETS sistemlerinin tasarımı, karbon ofset projelerinde var olan, ek olma (emisyon azaltımlarının veya gidermelerin karbon kredisi projesi olmadan gerçekleşmeyeceğinden emin olma), sızıntı (emisyonların diğer yerlere kaymasını önleme) ve çifte sayım riski (aynı emisyon azaltımının birden fazla kuruluş tarafından talep edilmesini önleme) gibi, karbon kredilerinin bütünlüğünü ve etkinliğini zayıflatabilen

kritik sorunları ele almalıdır (Valatin, 2022; Haya ve ark., 2023). Ayrıca, geleneksel uygulamaların ötesine geçen ahşabın yenilikçi kullanımları, genel karbon yönetimi stratejilerine önemli katkıda bulunanlar olarak ortaya çıkmaktadır (Cabiyo ve ark., 2021; Boiger, 2024; Myllyviita ve ark., 2021). Bunlar, mühendislik ürünü ahşap ürünleri (karbon depolarken üstün mukavemet ve dayanıklılık sunabilir) ve ahşap biyokütlesinden elde edilen düşük karbonlu yakıtları içerir.

Karbon kredilerinin fiyatlandırılması, hem küresel hem de bölgesel karbon düzenlemelerinden önemli ölçüde etkilenir; bu, piyasa dinamiklerini, yatırım davranışlarını ve nihayetinde sürdürülebilir ormancılık uygulamalarının finansal uygulanabilirliğini şekillendiren karmaşık bir etkileşimdir (Yang & Xu, 2023; Gerlagh ve ark., 2022; Maumoh, 2024; Chen, 2024; Li ve ark., 2023; Li, 2023; Jegatheswaran, 2024). Sınır ve ticaret sistemleri (toplam emisyonlara bir sınır konulduğu ve şirketlerin ödenekleri alıp satabildiği) ve karbon vergileri (karbon emisyonlarına doğrudan bir fiyat konulduğu) şeklinde olan karbon fiyatlandırma mekanizmaları, karbon emisyonlarına somut bir maliyet atayarak sera gazı emisyonlarındaki azaltımları teşvik etmek için tasarlanmıştır (Yang & Xu, 2023; Gerlagh ve ark., 2022). Bu da, emisyon limitlerini aşan şirketlerin, emisyonlarını tahsis edilen seviyelerinin altına düşürenlerden kredi satın alabildiği bir karbon kredisi piyasası yaratır (Yang & Xu, 2023; Gerlagh ve ark., 2022). Avrupa Birliği gibi karbon fiyatlandırmasının iyi kurulduğu ve sıkı bir şekilde uygulandığı bölgelerde, karbon kredileri için arz ve talep arasındaki etkileşim, piyasanın düzenleyici sinyallere tepkisini yansıtarak önemli fiyat dalgalanmalarına yol açabilir (Gerlagh ve ark., 2022; Maumoh, 2024). Tersine, Doğu ve Güney Afrika gibi bazı bölgelerde belirtildiği gibi, düzenlemeler belirsiz, tutarsız veya zayıf bir şekilde uygulanmış olarak algılanırsa, bu, karbon piyasalarına yatırımı engelleyebilir ve azalan piyasa güveni ve emisyon azaltımlarının algılanan değerinin düşük olması nedeniyle daha düşük karbon kredisi fiyatlarına yol açabilir (Maumoh, 2024). Karbon kredisi fiyatlarındaki oynaklık, karbon piyasalarının doğrudan kontrolü dışındaki dış faktörler tarafından da şiddetlenebilir; örneğin, daha geniş ekonomik koşullar (ekonomik gerilemeler endüstriyel aktiviteyi ve dolayısıyla kredi talebini azaltabilir) ve siyasi istikrar (düzenleyici uygulamayı ve yatırımcı güvenini etkileyebilir) (Maumoh, 2024). Ayrıca, karbon kredisi fiyatları ile kurumsal davranış arasındaki ilişki karmaşık ve çok yönlüdür (Chen, 2024; Li ve ark., 2023; Li, 2023). Katı karbon düzenlemeleri altında faaliyet gösteren şirketlerin, mantıksal olarak, karbon ayak izlerini azaltan uygulamalara girme olasılıkları daha yüksektir, böylece yalnızca iç azaltımlarla hedeflerine ulaşamazlarsa karbon kredilerine olan taleplerini artırır (Chen, 2024). Uyum piyasalarının yanı sıra faaliyet gösteren gönüllü karbon piyasalarının ortaya çıkışı da genel karbon kredisi fiyatlarının şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Jegatheswaran,



2024). Uyum piyasalarının gönüllü girişimlerle tamamlandığı yargı bölgelerinde, bu iki piyasa türü arasındaki etkileşim, farklı motivasyonları ve katılık seviyelerini yansıtan fiyat farklılıklarına yol açabilir (Jegatheswaran, 2024).

Ahşap esaslı üretimde düşük karbon emisyonlu üretim süreçleri, ahşap ürünlerin tüm yaşam döngüsü ile ilişkili genel karbon tutma potansiyelini artırarak ve sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltarak karbon kredisi değerlemesini önemli ölçüde etkileyebilir (Sebestyén, 2024; Soimakallio ve ark., 2022; Soimakallio ve ark., 2022; Schulte ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021; Boiger, 2024; Tedersoo ve ark., 2022; Wei ve ark., 2023; Li ve ark., 2022). Bu, sadece ağaç dikmenin ötesine geçer; orman yönetimine ve ahşap ürün kullanımına bütüncül bir yaklaşımı içerir. Düşük karbonlu ahşap üretim süreçlerinin karbon kredisi değerlemesini etkilemesinin birincil yollarından biri, hasat oranlarının büyüme oranlarıyla dengelendiği ve biyoçeşitliliğin korunduğu sürdürülebilir şekilde yönetilen ormanlarla ilişkili artan karbon tutulumudur (Sebestyén, 2024; Soimakallio ve ark., 2022; Soimakallio ve ark., 2022). Ayrıca, ahşap ürünlerin yaşam döngüsü değerlendirmesi, özellikle ahşap sürdürülebilir şekilde yönetilen ormanlardan elde edildiğinde, ahşap olmayan alternatiflere kıyasla genellikle daha az sera gazı emisyonu saldıklarını sürekli olarak ortaya koymaktadır (Schulte ve ark., 2021; Myllyviita ve ark., 2021; Boiger, 2024; Myllyviita ve ark., 2021). Bu "ikame etkisi", karbon kredisi değerlemesinde çok önemli bir faktördür. Doğrudan karbon tutma faydalarına ek olarak, sürdürülebilir ormancılık uygulamalarıyla ilişkili biyoçeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin ortak faydaları, karbon kredisi piyasalarında giderek daha önemli hale gelmektedir (Tedersoo ve ark., 2022). Biyoçeşitliliğin korunmasına da gözle görülür şekilde katkıda bulunan karbon kredisi projeleri, iklim ve biyoçeşitlilik hedeflerinin birbirine bağlılığının giderek daha fazla kabul edildiğini yansıtarak ek fon ve yatırım çekebilir. Ayrıca, ahşap endüstrisinin kendi içindeki teknoloji ve uygulamalardaki gelişmeler çok önemli bir rol oynamaktadır (Wei ve ark., 2023; Li ve ark., 2022).

Karbon kredisi piyasalarındaki dalgalanmalar, mobilya ve ahşap sektörü için hem riskler hem de fırsatlar sunarak, dikkatli bir şekilde yönlendirilmesi gereken dinamik bir ortam yaratır (Mei & Clutter, 2022; Haya ve ark., 2023; Randazzo ve ark., 2023; Koh ve ark., 2021; Mei, 2023; Michaelowa ve ark., 2023; Pietracci, 2023; Huxham, 2023). Bu dalgalanmaların ikili doğası (hem olumlu hem de olumsuz etkiler potansiyeli), endüstri içindeki yatırım stratejilerini, operasyonel kararları ve genel piyasa dinamiklerini önemli ölçüde etkileyebilir (Mei & Clutter, 2022; Haya ve ark., 2023; Randazzo ve ark., 2023; Koh ve ark., 2021; Mei, 2023; Michaelowa ve ark., 2023; Pietracci, 2023; Huxham, 2023). Bir yandan, düzenleyici değişikliklerden piyasa talebindeki kaymalara kadar değişen faktörler tarafından yönlendirilen karbon kredisi

fiyatlarındaki doğal oynaklık, mobilya ve ahşap sektörü için önemli riskler oluşturabilir (Mei & Clutter, 2022; Haya ve ark., 2023; Randazzo ve ark., 2023; Koh ve ark., 2021). Tersine, karbon kredisi piyasası, mobilya ve ahşap sektörü için gelir çeşitlendirmesi ve gelişmiş sürdürülebilirlik profilleri için yollar sunarak önemli fırsatlar da sunmaktadır (Mei, 2023; Michaelowa ve ark., 2023; Pietracci, 2023; Huxham, 2023).

Karbon kredisi fiyat tahmininde yapay zekânın (AI) entegrasyonu, karbon piyasalarında var olan doğal karmaşıklıklar ve doğrusal olmayanlıklar tarafından yönlendirilen, önemli ve hızla gelişen bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmıştır (Zhu ve ark., 2022; Zhang & Wu, 2021; Hu & Cheng, 2023; Wang ve ark., 2022; Li ve ark., 2021; Song, 2024; Zhou & Chen, 2021; Kim ve ark., 2022; Baklaga, 2024; Zhang ve ark., 2023; Li, 2024). Özellikle makine öğreniminin (ML) gücünden yararlanan yapay zekâ tabanlı modelleme teknikleri, karbon fiyat tahminlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmada önemli bir umut vaat etmiş ve geleneksel tahmin yöntemlerine göre önemli bir avantaj sunmuştur (Zhu ve ark., 2022; Zhang & Wu, 2021; Hu & Cheng, 2023; Wang ve ark., 2022; Li ve ark., 2021; Song, 2024; Zhou & Chen, 2021; Kim ve ark., 2022; Baklaga, 2024; Zhang ve ark., 2023; Li, 2024). Yapay zekâ tabanlı modeller, özellikle de makine öğrenimi algoritmalarını kullananlar, geleneksel ekonometrik modellerin gözden kaçırabileceği veya aşırı basitleştirebileceği verilerdeki karmaşık kalıpları ve ilişkileri yakalama yetenekleri nedeniyle giderek daha fazla kabul görmektedir (Zhu ve ark., 2022). Yapay zekâ tabanlı karbon fiyat tahmininde dikkate değer bir yaklaşım, çeşitli makine öğrenimi tekniklerini geleneksel istatistiksel yöntemlerle birleştiren, her iki yaklaşımın da güçlü yönlerinden yararlanan hibrit modellerin geliştirilmesi ve uygulanmasını içerir (Zhang & Wu, 2021). Ayrıca, makine öğrenimi ile birlikte ayırıştırma tekniklerinin uygulanması, son araştırmalarda ivme kazanmıştır (Hu & Cheng, 2023; Wang ve ark., 2022). Karbon fiyat tahmininde topluluk öğreniminin rolü de dikkate değerdir ve birden fazla modeli birleştirmenin gücünü göstermektedir (Li ve ark., 2021; Song, 2024). Ayrıca, gelişmiş optimizasyon algoritmalarının makine öğrenimi modelleriyle entegrasyonu, model parametrelerinin ince ayarına izin vererek tahmin yeteneklerini daha da geliştirmiştir (Zhou & Chen, 2021). Yapay zekâ tabanlı modellemenin karbon kredisi fiyat tahminindeki etkinliği, performanslarını geleneksel yaklaşımlarla karşılaştıran ampirik çalışmalar tarafından da desteklenmektedir (Kim ve ark., 2022). Yapay zekâ tabanlı modeller, tahmin doğruluğunu artırmanın yanı sıra, stratejik planlama için değerli bilgiler sağlayarak karbon piyasalarında daha iyi karar almayı da kolaylaştırabilir (Baklaga, 2024). Karbon fiyat tahmininde makine öğreniminin uygulanması zorluklardan arı değildir ve devam eden araştırmalar bu sınırlamaları ele almaya odaklanmıştır (Zhang ve ark., 2023). Araştırmalar ayrıca, yapay zekâ modellerinin en ilgili değişkenlere odaklanmasını sağlayarak model performansını iyileştirmede özellik seçimi ve

boyut azaltmanın önemini vurgulamıştır (Zhu ve ark., 2022). Karbon piyasalarının dinamik yapısı, tahmin modellerinin sürekli olarak uyarlanmasını ve iyileştirilmesini gerektirir ve devam eden araştırmalar, yapay zekâ modellerinin duyarlılığını artırmak için gerçek zamanlı verilerin ve gelişmiş analitiklerin entegrasyonunu araştırmaktadır (Li, 2024).

Sonuç olarak, karbon kredisi piyasaları ile ahşap esaslı üretim sektörü arasındaki etkileşim çok yönlü ve dinamiktir. Düzenlemeler, piyasa güçleri ve teknolojik gelişmelerden etkilenen fiyatlandırma mekanizmaları, üreticiler için hem fırsatlar hem de riskler yaratır. Karbon kredilerinden gelir elde etme yeteneği, sürdürülebilir orman yönetimi ve ahşap ürünlerin kullanımı için güçlü bir teşvik sağlarken, aynı zamanda dikkatli risk yönetimi ve stratejik planlama gerektirir. Karbon kredisi fiyatlarını tahmin etmede yapay zekânın ortaya çıkan rolü, bu karmaşıklığı daha büyük bir hassasiyet ve güvenle yönetme potansiyeli sunarak, ahşap esaslı üreticilere bilinçli kararlar almaları ve operasyonlarının hem çevresel hem de ekonomik faydalarını en üst düzeye çıkarmaları için araçlar sağlar. Karbon piyasaları gelişmeye devam ettikçe, ahşap esaslı sektörde uzun vadeli başarı için proaktif, bilinçli ve uyarlanabilir bir yaklaşım esas olacaktır.

## 4. İLERİYE DÖNÜK GÖRÜNÜMLER VE STRATEJİK ÖNERİLER

Ahşap esaslı üretim sektörü, proaktif ve stratejik bir yanıt gerektiren küresel eğilimlerin bir araya geldiği kritik bir dönüm noktasında bulunmaktadır. İklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik artan aciliyet, gelişen yatırımcı beklentileri, tüketici tercihleri ve düzenleyici ortamlarla birleştiğinde, sürdürülebilir uygulamalara doğru temel bir değişimi zorunlu kılmaktadır. Bu bölüm, sürdürülebilir finans, ESG kriterleri, karbon piyasaları ve politika çerçevelerinin etkileşimine odaklanarak, önemli ileriye dönük görünümleri sentezlemekte ve şirketlere, yatırımcılara ve politika yapıcılara bu gelişen ortamda yol almaları ve ahşap esaslı sektörün düşük karbonlu, döngüsel bir bio-ekonominin itici gücü olarak tam potansiyelini ortaya çıkarmaları için eyleme geçirilebilir öneriler sunmaktadır.

### 4.1. Sürdürülebilir Finansmanın ve ESG Entegrasyonunun Yükselişi

Finans sektörü, köklü bir dönüşümün eşiğinde. Sürdürülebilir finans ve Çevresel, Sosyal ve Yönetişim (ESG) kriterleri, artık niş birer yatırım tercihi olmaktan çıkarak, ana akım yatırım stratejilerinin merkezine yerleşiyor. Bu paradigma değişimi, birbiriyle etkileşim halindeki şu faktörler tarafından tetikleniyor:

**Artan Yatırımcı Baskısı ve Beklentileri:** Kurumsal yatırımcılar, emeklilik fonları ve varlık yöneticileri, giderek artan bir şekilde, uzun vadeli finansal getiri ile sürdürülebilirlik performansı arasındaki güçlü ilişkiyi fark ediyor. Bu nedenle, ESG faktörlerini yatırım analizlerine ve portföy oluşturma süreçlerine entegre ediyorlar. Bu durum, ahşap esaslı üretim sektöründe güçlü ESG profillerine sahip şirketler için fırsatlar (daha kolay ve düşük maliyetli finansmana erişim, daha yüksek şirket değerlemesi, daha geniş yatırımcı tabanı), ESG performansı düşük şirketler için ise riskler (finansmana erişimde zorluk, yatırımcı ilgisinde azalma, itibar kaybı) yaratıyor. Gelecekte, ESG uyumlu olmayan şirketlerin finansmana erişiminin giderek zorlaşacağını, hatta imkansız hale geleceğini ve "sürdürülebilir olmayan" iş modellerinin piyasadan silineceğini öngörmek yanlış olmayacaktır.

**Hızlanan Düzenleyici İvme ve Zorunluluklar:** Dünya genelinde hükümetler, çevre koruma, sosyal sorumluluk ve kurumsal yönetim alanlarında daha katı düzenlemeler getirmekte, ESG performansının şeffaf bir şekilde raporlanmasını zorunlu kılmakta ve asgari performans standartları belirlemektedir. Bu düzenlemelere örnek olarak, Uluslararası Finansal

Raporlama Standartları (IFRS) Vakfı'nın S2 Standardı, Avrupa Birliği'nin (AB) Sürdürülebilir Finans Taksonomisi ve Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlama Direktifi (CSRD) gösterilebilir. Bu düzenlemelerin, sadece raporlama yükümlülükleri getirmekle kalmayıp, aynı zamanda şirketlerin operasyonel süreçlerini, tedarik zinciri yönetimini ve ürün yaşam döngüsü yaklaşımlarını da derinden etkileyeceği öngörülmektedir. Örneğin, belirli emisyon eşiklerinin aşılması, arazi kullanım değişikliği kısıtlamaları veya atık yönetimi standartlarına uyumsuzluk gibi durumlar, ek vergilere, cezalara veya yaptırımlara yol açabilecektir.

**Değişen Tüketici Tercihleri ve Talep:** Tüketicilerin çevre ve sosyal konulardaki farkındalığının artması, "yeşil" ve "etik" ürünlere olan talebi yükseltiyor. Tüketiciler, artık sadece ürünün fiyatına ve kalitesine değil, aynı zamanda o ürünün nasıl üretildiğine, hangi koşullarda üretildiğine ve çevresel/sosyal etkilerine de dikkat ediyor. Bu durum, şirketlerin iş modellerini, üretim süreçlerini ve pazarlama stratejilerini gözden geçirmelerini ve sürdürülebilirliği rekabet avantajına dönüştürmelerini gerektiriyor. Gelecekte, tüketicilerin sadece ürün bazında değil, şirketlerin tüm değer zinciri boyunca şeffaflık talep edeceğini ve "yeşil aklama" (greenwashing) olarak bilinen yanıltıcı pazarlama taktiklerine karşı daha bilinçli ve seçici olacaklarını öngörebiliriz.

**Finansal Risklerin Azaltılması:** İklim değişikliği, doğal kaynak kıtlığı, biyoçeşitlilik kaybı ve sosyal eşitsizlikler gibi faktörler, şirketler ve yatırımcılar için önemli finansal riskler oluşturuyor. Bu nedenle, ESG faktörlerini yatırım kararlarına entegre etmek, sadece "etik" bir tercih değil, aynı zamanda akıllıca bir risk yönetimi stratejisi olarak kabul ediliyor. Özellikle ahşap esaslı üretim gibi doğal kaynaklara bağımlı sektörlerde, iklim değişikliğinin tedarik zincirleri üzerindeki olumsuz etkileri (örneğin, orman yangınları, kuraklık, sel, hastalık ve zararlı böcek istilaları) finansal riskleri önemli ölçüde artıracaktır. Şirketlerin bu risklere karşı dayanıklılıklarını artırmak için iklim değişikliğine uyum stratejileri geliştirmeleri, bu stratejileri ESG raporlamalarında açıkça belirtmeleri ve yatırımcılarla şeffaf bir iletişim kurmaları kritik önem taşıyacaktır.

### 4.1.1.Ahşap Esaslı Üretim Sektörü İçin ESG Kriterlerinin Detaylandırılması

Ahşap esaslı üretim sektörü için ESG'nin "Çevresel", "Sosyal" ve "Yönetişim" başlıkları altında aşağıdaki spesifik kriterler öne çıkmaktadır:

#### Çevresel Kriterler:

- **Karbon Ayak İzi (Kapsam 1, 2 ve 3 Emisyonları):** Şirketin doğrudan operasyonlarından (Kapsam 1), enerji tüketiminden (Kapsam 2) ve tedarik zinciri ile ürün yaşam döngüsünden (Kapsam 3) kaynaklanan sera gazı emisyonlarının kapsamlı bir şekilde ölçülmesi, raporlanması ve azaltılması.
- **Sürdürülebilir Orman Yönetimi:** Ormanların biyoçeşitliliğini koruyan, ekosistem sağlığını gözeten, yasa dışı tomruklamayı engelleyen ve uzun vadeli karbon tutulumunu sağlayan uygulamaların benimsenmesi. (FSC, PEFC gibi sertifikasyonlar)
- **Su Kullanımı ve Yönetimi:** Su kaynaklarının verimli kullanılması, su kirliliğinin önlenmesi ve su stresi olan bölgelerde su yönetimi planlarının uygulanması.
- **Atık Yönetimi ve Döngüsellik:** Atık oluşumunun en aza indirilmesi, geri dönüşüm ve yeniden kullanım oranlarının artırılması, ahşap atıklarının enerji veya diğer değerli ürünlere dönüştürülmesi (biyoekonomi prensipleri).
- **Biyoçeşitlilik Üzerindeki Etkiler:** Orman operasyonlarının ve arazi kullanımının biyoçeşitlilik üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi, hassas ekosistemlerin korunması ve biyoçeşitliliği artırmaya yönelik projelerin desteklenmesi.
- **Kimyasal Madde Kullanımı:** Üretim süreçlerinde kullanılan kimyasal maddelerin (örneğin, yapıştırıcılar, boyalar, koruyucular) insan sağlığına ve çevreye olan etkilerinin azaltılması, daha güvenli alternatiflerin tercih edilmesi.
- **Arazi Kullanım Değişikliği:** Orman alanlarının diğer arazi kullanımlarına (örneğin, tarım, madencilik, yerleşim) dönüştürülmesinin önlenmesi veya en aza indirilmesi.

### Sosyal Kriterler:

- **İş Sağlığı ve Güvenliği:** Çalışanlar için güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamının sağlanması, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi, risk değerlendirmelerinin yapılması ve acil durum planlarının hazırlanması.
- **Çalışan Hakları ve Adil Ücretler:** Çalışanların örgütlenme özgürlüğüne saygı gösterilmesi, ayrımcılığın önlenmesi, zorla çalıştırmanın ve çocuk işçiliğinin engellenmesi, adil ve yaşamaya yetecek ücretlerin ödenmesi.
- **Toplumsal Kalkınmaya Katkı:** Yerel toplulukların ekonomik ve sosyal kalkınmasına katkıda bulunmak, yerel istihdamı desteklemek, eğitim ve sağlık gibi alanlarda sosyal sorumluluk projeleri yürütmek.
- **Tedarik Zinciri Etiği:** Tedarik zincirindeki tüm paydaşların (tedarikçiler, taşeronlar) insan haklarına, çevre standartlarına ve etik kurallara uymasının sağlanması, düzenli denetimlerin yapılması.
- **Yerel Halklarla İlişkiler:** Orman operasyonlarının yapıldığı bölgelerdeki yerel halkların haklarına saygı gösterilmesi, yerel halkın katılımıyla karar alma süreçlerinin yürütülmesi, geleneksel bilgi ve uygulamaların dikkate alınması.

### Yönetişim Kriterleri:

- **Yönetim Kurulu Yapısı ve Çeşitliliği:** Yönetim kurulunda farklı deneyimlere, uzmanlıklara ve bakış açılara sahip üyelerin bulunması, bağımsız üye sayısının yeterli olması, cinsiyet eşitliğinin sağlanması.
- **Şeffaflık ve Hesap Verebilirlik:** Şirketin finansal performansı, ESG performansı, risk yönetimi ve stratejileri hakkında düzenli, doğru ve kapsamlı bilgi paylaşımında bulunması, paydaşların sorularına ve geri bildirimlerine açık olması.
- **Etik Kurallar ve Yolsuzlukla Mücadele:** Şirketin etik kurallarının (code of conduct) belirlenmesi ve tüm çalışanlar tarafından benimsenmesinin sağlanması, yolsuzluk, rüşvet ve diğer etik dışı davranışların önlenmesi için etkin mekanizmaların kurulması.
- **Risk Yönetimi:** Şirketin karşı karşıya olduğu finansal, operasyonel, çevresel, sosyal ve yönetim risklerinin belirlenmesi,

değerlendirilmesi ve yönetilmesi için kapsamlı bir risk yönetimi çerçevesinin oluşturulması.

#### 4.1.2.ESG Performansının Ölçümü ve Raporlanması

Ahşap esaslı üretim şirketlerinin ESG performanslarını ölçmek ve raporlamak için kullanabilecekleri çeşitli uluslararası standartlar ve çerçeveler bulunmaktadır:

- **GRI (Global Reporting Initiative):** En yaygın kullanılan sürdürülebilirlik raporlama çerçevelerinden biridir. Şirketlerin ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerini kapsamlı bir şekilde raporlamalarını sağlar.
- **SASB (Sustainability Accounting Standards Board):** Sektöre özgü ESG konularına odaklanan ve yatırımcılar için maddi öneme sahip bilgileri belirleyen standartlar sunar.
- **TCFD (Task Force on Climate-related Financial Disclosures):** İklim değişikliği ile ilgili finansal risklerin ve fırsatların raporlanması için bir çerçeve sunar.
- **CDP (Carbon Disclosure Project):** Şirketlerin sera gazı emisyonlarını, su kullanımlarını ve ormansızlaşma risklerini açıklamalarını sağlayan bir platformdur.
- **ISO 14001 (Çevre Yönetim Sistemi):** Şirketlerin çevresel performanslarını iyileştirmek için bir sistem kurmalarına yardımcı olan uluslararası bir standarttır.
- **ISO 45001 (İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi):** Şirketlerin iş sağlığı ve güvenliği risklerini yönetmelerine ve çalışanlar için güvenli bir çalışma ortamı sağlamalarına yardımcı olan uluslararası bir standarttır.
- **Entegre Raporlama (<IR>):** Şirketin finansal ve finansal olmayan performansını (ESG dahil) bütünleşik bir şekilde raporlamayı amaçlar.



### 4.1.3. Yeşil Finansman Araçları ve Ahşap Esaslı Üretim Sektörü:

Ahşap esaslı üretim sektörü, sürdürülebilirlik projelerini finanse etmek ve ESG performansını iyileştirmek için aşağıdaki yeşil finansman araçlarından yararlanabilir:

- **Yeşil Tahviller (Green Bonds):** Gelirleri, belirli çevresel faydalar sağlayan projeleri (örneğin, yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, sürdürülebilir ormancılık, atık yönetimi) finanse etmek için kullanılan tahvillerdir. Ahşap esaslı üreticiler, yeşil tahvil ihraç ederek, düşük karbonlu teknolojilere yatırım yapabilir, sürdürülebilir orman yönetimi uygulamalarını geliştirebilir veya döngüsel ekonomi projelerini hayata geçirebilirler.
- **Sürdürülebilirlikle Bağlantılı Krediler (Sustainability-Linked Loans):** Faiz oranları, şirketin önceden belirlenmiş ESG hedeflerine ulaşma performansına bağlı olarak değişen kredilerdir. Bu krediler, şirketleri ESG performanslarını iyileştirmeye teşvik eder.
- **Yeşil Hisse Senetleri (Green Stocks):** Faaliyetlerinin önemli bir bölümü çevre dostu olan veya sürdürülebilirlik alanında lider konumda olan şirketlerin hisse senetleridir. ESG odaklı yatırımcılar için cazip bir seçenektir.
- **Yeşil Özel Sermaye Fonları (Green Private Equity Funds):** Sürdürülebilir iş modellerine sahip, büyüme potansiyeli yüksek şirketlere yatırım yapan özel sermaye fonlarıdır. Bu fonlar, ahşap esaslı üretim sektöründe yenilikçi ve düşük karbonlu teknolojiler geliştiren şirketlere sermaye sağlayabilir.
- **Etki Yatırımları (Impact Investing):** Finansal getiri sağlamanın yanı sıra, ölçülebilir, olumlu sosyal ve çevresel etki yaratmayı amaçlayan yatırımlardır. Ahşap esaslı üretim sektöründe, sosyal ve çevresel faydaları yüksek olan projelere (örneğin, yerel toplulukları destekleyen ormancılık projeleri, biyoçeşitliliği koruma projeleri) etki yatırımları yapılabilir.
- **Kitle Fonlaması (Crowdfunding):** Sürdürülebilirlik projeleri için geniş bir kitle tarafından küçük miktarlarda fon toplanmasını sağlayan bir yöntemdir. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) için alternatif bir finansman kaynağı olabilir.

#### 4.1.4. ESG Derecelendirme Kuruluşlarının Rolü ve Sektörün Yapması Gerekenler

ESG derecelendirme kuruluşları (örneğin, MSCI, Sustainalytics, RepRisk, FTSE Russell, Vigeo Eiris), şirketlerin ESG performansını değerlendirerek yatırımcılara bilgi sağlar. Bu derecelendirmeler, yatırım kararlarını, şirketlerin itibarını ve finansmana erişimini etkileyebilir. Ancak, bu derecelendirme kuruluşlarının kullandığı metodolojiler arasında farklılıklar bulunabilir ve bu durum, şirketlerin ESG performansının farklı şekillerde değerlendirilmesine yol açabilir.

Ahşap esaslı üretim sektörünün, ESG derecelendirmelerini iyileştirmek ve yatırımcıların güvenini kazanmak için yapması gerekenler:

- **Şeffaflık ve Kapsamlı Raporlama:** ESG performansını, yukarıda belirtilen uluslararası standartlara ve çerçevelere uygun olarak, şeffaf, kapsamlı ve düzenli bir şekilde raporlamak.
- **Veri Kalitesi ve Güvenilirliği:** Raporlanan verilerin doğru, güvenilir ve doğrulanabilir olmasını sağlamak. Bağımsız denetimler yaptırmak.
- **İletişim ve Paydaş Katılımı:** ESG derecelendirme kuruluşları ile düzenli iletişim kurmak, metodolojilerini anlamak ve geri bildirim vermek. Yatırımcılar, müşteriler, tedarikçiler ve diğer paydaşlarla ESG konularında açık ve şeffaf bir iletişim sürdürmek.
- **Sürekli İyileştirme:** ESG performansını sürekli olarak iyileştirmek için hedefler belirlemek, bu hedeflere ulaşmak için somut adımlar atmak ve ilerlemeyi düzenli olarak izlemek.

#### 4.2. Gelişen Karbon Piyasası Ortamı: Fırsatlar ve Zorluklar

Karbon piyasaları, iklim değişikliğiyle mücadelenin en önemli araçlarından biri olarak, önümüzdeki yıllarda önemli bir büyüme ve dönüşüm potansiyeli taşıyor. Bu evrim, ahşap esaslı üretim sektörü için hem fırsatlar hem de zorluklar barındırmakta. Sektörün bu dinamik ortama uyum sağlaması, proaktif stratejiler geliştirmesi ve karbon piyasalarının sunduğu olanaklardan en üst düzeyde yararlanması kritik önem taşıyor.

### Karbon Piyasalarındaki Büyüme ve Çeşitlenme:

**Uyum (Zorunlu) Piyasaların Genişlemesi:** Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (AB ETS) gibi mevcut uyum piyasalarının kapsamının genişlemesi (örneğin, daha fazla sektörü ve emisyon kaynağını kapsaması) ve yeni uyum piyasalarının oluşturulması (örneğin, Çin'in ulusal ETS'si) bekleniyor. Bu durum, karbon kredilerine olan talebi artıracak ve sektör için yeni pazar fırsatları yaratacaktır. Ancak, bu piyasalardaki düzenlemelerin ve karbon fiyatlarının dalgalanabileceği de unutulmamalıdır.

**Gönüllü Karbon Piyasalarının Yükselişi:** Şirketlerin, hükümetlerin ve bireylerin, yasal bir zorunluluk olmamasına rağmen, karbon ayak izlerini dengelemek veya "karbon nötr" olmak amacıyla gönüllü olarak karbon kredisi satın alması giderek yaygınlaşıyor. Bu durum, özellikle yüksek kaliteli ve ek faydaları olan (örneğin, biyoçeşitliliğin korunması, sosyal kalkınma) karbon kredilerine olan talebi artırıyor. Ahşap esaslı üretim sektörü, sürdürülebilir ormancılık projeleri ve uzun ömürlü ahşap ürünler aracılığıyla bu pazarda önemli bir oyuncu olabilir.

**Karbon Kredisi Türlerinin Çeşitlenmesi:** Geleneksel orman koruma ve ağaçlandırma projelerinin ötesinde, ahşap esaslı üretim sektörüyle doğrudan ilişkili yeni karbon kredisi türleri ortaya çıkıyor:

- **İyileştirilmiş Orman Yönetimi (IFM):** Mevcut ormanların karbon tutma kapasitesini artıran uygulamalar (örneğin, seyreltme, tür çeşitliliğini artırma, hasat döngüsünü optimize etme).
- **Ağaçlandırma/Yeniden Ağaçlandırma (ARR):** Orman olmayan alanlara ağaç dikilmesi veya orman vasfını kaybetmiş alanların yeniden ormanlaştırılması.
- **REDD+ (Ormansızlaşma ve Orman Bozulmasından Kaynaklanan Emisyonların Azaltılması):** Gelişmekte olan ülkelerdeki ormanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi yoluyla emisyonların azaltılması.
- **Ahşap Ürünlerde Karbon Depolama:** Binalar, mobilyalar ve diğer uzun ömürlü ahşap ürünlerde karbonun uzun süreler boyunca depolanması. Bu, "hasat edilmiş ahşap ürünleri" (HWP) muhasebesi olarak da bilinir.
- **Biyoenerji ve Karbon Yakalama ve Depolama (BECCS):** Biyokütlenin (örneğin, ahşap atıkları) enerji üretiminde kullanılması ve bu süreçte ortaya çıkan karbondioksitin yakalanarak jeolojik depolama alanlarına gömülmesi.

Ahşap esaslı ürünlerde karbon depolamayı teşvik etmek için, inşaat sektöründe ahşap kullanımını destekleyen politikalar (örneğin, yeşil bina standartları) giderek yaygınlaşıyor.

### **Karbon Piyasası Mekanizmalarının Karşılaştırılması:**

- **Emisyon Ticaret Sistemleri (ETS):** Belirli bir bölge veya sektör için toplam emisyonlara bir üst sınır (cap) getirilir ve şirketlere emisyon izinleri (allowances) dağıtılır. Şirketler, emisyonlarını izinlerinden daha fazla azaltabilirlerse, fazla izinlerini diğer şirketlere satabilirler (trade). Bu sistem, emisyon azaltımlarını en düşük maliyetle gerçekleştirmeyi teşvik eder.
- **Karbon Vergileri:** Karbon emisyonlarına doğrudan bir fiyat konulur (ton CO<sup>2</sup> başına belirli bir miktar). Bu, şirketleri emisyonlarını azaltmaya teşvik eder, ancak toplam emisyon miktarını garanti etmez.
- **Hibrit Sistemler** İki sistemin karışımı olarak düşünülebilir.
- **Gönüllü Karbon Piyasaları:** Şirketler, hükümetler veya bireyler, yasal bir zorunluluk olmamasına rağmen, karbon ayak izlerini dengelemek veya "karbon nötr" olmak amacıyla gönüllü olarak karbon kredisi satın alırlar. Bu piyasalar, genellikle daha esnek ve yenilikçi projelere olanak tanır, ancak standartlar ve doğrulama süreçleri uyum piyasalarına göre daha az katı olabilir.

### *Fiyat Oynaklığı ve Risk Yönetimi:*

Karbon kredisi fiyatları, arz ve talep dengesine, politika değişikliklerine, ekonomik koşullara, teknolojik gelişmelere ve diğer faktörlere bağlı olarak dalgalanabilir. Bu durum, ahşap esaslı üreticiler için hem bir fırsat (yüksek fiyat dönemlerinde daha fazla gelir elde etme) hem de bir risk (düşük fiyat dönemlerinde gelir kaybı veya yatırımın geri dönüşünün azalması) oluşturur.

Fiyat oynaklığına karşı riskten korunma (hedging) stratejileri:

- **Uzun Vadeli Sözleşmeler:** Karbon kredisi alıcıları ile uzun vadeli, sabit fiyatlı sözleşmeler yapmak, fiyat riskini azaltabilir. Ancak, bu durumda gelecekteki fiyat artışlarından yararlanılamayabilir.

- **Vadeli İşlem (Futures) ve Opsiyon Sözleşmeleri:** Karbon kredisi piyasalarında vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri kullanarak, gelecekteki fiyat dalgalanmalarına karşı korunma sağlanabilir.
- **Sigorta:** Karbon kredisi projelerinin başarısız olması (örneğin, orman yangını, hastalık) veya fiyatların düşmesi durumunda zararı karşılamak için sigorta mekanizmaları geliştirilebilir.
- **Portföy Çeşitlendirmesi:** Farklı türde karbon kredisi projelerine (örneğin, hem orman koruma hem de ahşap ürünlerde karbon depolama) yatırım yaparak, risk dağıtılabilir.
- **Esneklik:** Üretim süreçlerini ve iş modellerini, karbon fiyatlarındaki değişikliklere uyum sağlayabilecek şekilde esnek tutmak.

#### Uluslararası Karbon Ticareti ve Paris Anlaşması Madde 6

Paris Anlaşması'nın 6. Maddesi, ülkeler arasında karbon ticareti için bir çerçeve oluşturmayı amaçlamaktadır. Ancak, bu maddenin uygulanmasına ilişkin kurallar (örneğin, çifte sayımın nasıl önleneceği, emisyon azaltımlarının nasıl doğrulanacağı, gelirlerin nasıl paylaşılacağı) henüz tam olarak netleşmemiştir. Bu durum, uluslararası karbon piyasalarının geleceği konusunda belirsizlik yaratmaktadır.

Madde 6'nın ahşap esaslı üretim sektörü için potansiyel etkileri:

- **Güçlü Uluslararası İşbirliği Senaryosu:** Ülkeler arasında şeffaf, güvenilir ve tutarlı kurallar üzerinde anlaşmaya varılırsa, uluslararası karbon ticareti hızlanabilir ve ahşap esaslı üretim sektörü için yeni pazarlar açılabilir. Özellikle, gelişmekte olan ülkelerdeki sürdürülebilir ormancılık projelerinden elde edilen karbon kredileri, gelişmiş ülkelerdeki şirketler tarafından satın alınabilir.
- **Zayıf Uluslararası İşbirliği Senaryosu:** Ülkeler arasında anlaşmazlıklar devam ederse ve etkili kurallar oluşturulamazsa, uluslararası karbon ticareti sınırlı kalabilir ve sektör bu piyasalardan yeterince yararlanamayabilir. Bu durumda, gönüllü karbon piyasaları ve ulusal/bölgesel uyum piyasaları önemini koruyacaktır.

## Özetle:

Gelişen karbon piyasası ortamı, ahşap esaslı üretim sektörü için hem büyük fırsatlar hem de önemli zorluklar sunuyor. Sektörün bu ortamda başarılı olabilmesi için:

- Karbon piyasalarının işleyişini, farklı mekanizmaları ve fiyatlandırma dinamiklerini iyi anlaması,
- Sürdürülebilir ormancılık uygulamalarını benimseyerek ve uzun ömürlü ahşap ürünler üreterek yüksek kaliteli karbon kredileri oluşturması,
- Karbon kredisi fiyat oynaklığına karşı etkin risk yönetimi stratejileri geliştirmesi,
- Uluslararası karbon ticareti ile ilgili gelişmeleri yakından takip etmesi ve
- Politika yapıcılara, karbon piyasalarının sektörün sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına yardımcı olacak şekilde tasarlanması için aktif olarak katılım sağlaması

gerekmektedir.

## 4.3. Politika Çerçevesi: Sürdürülebilirliğe Geçiş Yönlendirmek

Hükümet politikaları ve düzenlemeleri, ahşap esaslı üretim sektörünün sürdürülebilir bir geleceğe doğru evrilmesinde kilit bir rol oynamaya devam edecek. Politika araçları, sadece zorlayıcı yaptırımlar getirmekle kalmayıp, aynı zamanda teşvik edici mekanizmalar, piyasa sinyalleri ve uzun vadeli stratejik yönelimler sağlayarak sektörün dönüşümünü hızlandırabilir. Ancak, politika tasarımının ve uygulamasının karmaşıklığı, dikkatli bir analiz ve paydaş katılımı gerektirir.

### Temel Politika Alanları ve Etki Mekanizmaları:

#### **Karbon Fiyatlandırma Mekanizmaları:**

- **Karbon Vergileri:** Karbon emisyonlarına doğrudan bir fiyat (vergi) koyarak, şirketleri emisyonlarını azaltmaya ve daha temiz teknolojilere

yatırım yapmaya teşvik eder. Karbon vergisinin yüksekliği, kapsamı (hangi sektörleri ve emisyon kaynaklarını kapsadığı) ve gelirlerinin nasıl kullanıldığı (örneğin, yeşil yatırımları desteklemek, düşük gelirli grupları telafi etmek) etkinliğini belirleyen önemli faktörlerdir. Ahşap esaslı üretim sektörü için, karbon vergisi, fosil yakıt yoğun malzemelere (örneğin, çelik, beton) kıyasla ahşabın rekabet gücünü artırabilir, ancak aynı zamanda sektörün kendi emisyonlarını azaltma baskısını da artırır.

- **Emisyon Ticaret Sistemleri (ETS):** Belirli bir emisyon üst sınırı (cap) belirlenir ve şirketlere emisyon izinleri (allowances) dağıtılır. Şirketler, emisyonlarını izinlerinden daha fazla azaltırlarsa, fazla izinlerini piyasada satabilirler. Bu sistem, emisyon azaltımlarını en düşük maliyetle gerçekleştirmeyi teşvik eder. ETS'nin tasarımı (örneğin, izinlerin nasıl dağıtıldığı, hangi sektörlerin kapsandığı, fiyat istikrar mekanizmalarının olup olmadığı) etkinliğini belirler. Ahşap esaslı üretim sektörü, ETS kapsamında hem emisyon azaltımı yükümlülüğü olan bir sektör olabilir (örneğin, enerji yoğun üretim süreçleri nedeniyle), hem de karbon kredisi sağlayıcısı olabilir (örneğin, sürdürülebilir ormancılık projeleri aracılığıyla).
- **Hibrit Yaklaşımlar:** Karbon vergisi ve ETS'nin özelliklerini birleştiren hibrit mekanizmalar da uygulanabilir. Örneğin, bir ETS'de belirli bir fiyat tabanı veya tavanı belirlenerek, karbon fiyatının çok düşük veya çok yüksek olması engellenebilir.

Karbon fiyatlandırmasının etkinliği, sadece fiyatın yüksekliğine değil, aynı zamanda politika sinyalinin gücüne ve sürekliliğine de bağlıdır. Şirketlerin uzun vadeli yatırım kararları alabilmesi için, gelecekteki karbon fiyatlarının ne olacağına dair net bir beklentiye sahip olmaları gerekir.

### **Sürdürülebilir Orman Yönetimi Düzenlemeleri:**

- **Yasal Çerçeve ve Uygulama:** Ormanların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, biyoçeşitliliğin korunması, yasa dışı tomruklamanın önlenmesi, yeniden ağaçlandırma ve orman restorasyonu gibi konuları kapsayan yasal düzenlemelerin (örneğin, orman kanunları, yönetmelikler, standartlar) ve bu düzenlemelerin etkin bir şekilde uygulanması (örneğin, izleme, denetim, yaptırım) kritik önem taşır.
- **Sertifikasyon Sistemleri:** FSC (Forest Stewardship Council) ve PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) gibi gönüllü sertifikasyon sistemleri, sürdürülebilir orman yönetimi uygulamalarını

teşvik eder ve tüketicilere, satın aldıkları ahşap ürünlerin sorumlu bir şekilde üretildiğine dair güvence verir. Bu sistemlerin yaygınlaşması, sektörün itibarını artırabilir ve sürdürülebilir ürünlere olan talebi artırabilir.

- **Biyoçeşitliliğin Korunması:** Orman yönetimi politikalarının, sadece karbon tutulumuna değil, aynı zamanda biyoçeşitliliğin korunmasına da odaklanması önemlidir. Biyoçeşitlilik, orman ekosistemlerinin sağlığı, dayanıklılığı ve uzun vadeli işlevselliği için kritik öneme sahiptir.
- **İklim Değişikliğine Uyum:** Ormanların iklim değişikliğinin etkilerine (örneğin, artan sıcaklıklar, kuraklık, yangınlar, zararlı böcekler) karşı daha dirençli hale getirilmesi için uyum stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Bu, tür çeşitliliğini artırmak, uygun türleri seçmek, yangın riskini azaltmak ve su yönetimini iyileştirmek gibi önlemleri içerebilir.

### **Döngüsel Biyoekonomi Politikaları:**

- **Ahşap Kademelendirmesi (Wood Cascading):** Ahşabın, yaşam döngüsü boyunca mümkün olduğunca uzun süre ve en yüksek değerde kullanılmasını teşvik eden bir yaklaşımdır. Örneğin, inşaatta kullanılan ahşap, ömrünün sonunda mobilya üretiminde, daha sonra da enerji üretiminde kullanılabilir. Bu yaklaşım, kaynak verimliliğini artırır, atık miktarını azaltır ve karbonun daha uzun süre depolanmasını sağlar.
- **Geri Dönüşüm ve Yeniden Kullanım:** Ahşap atıklarının (örneğin, inşaat ve yıkım atıkları, kullanılmış mobilyalar) geri dönüştürülerek veya yeniden kullanılarak yeni ürünlere dönüştürülmesini teşvik eden politikalar (örneğin, geri dönüşüm hedefleri, teşvikler, altyapı yatırımları).
- **Biyo-bazlı Malzemelerin Kullanımı:** Fosil yakıt bazlı malzemeler yerine, ahşap ve diğer biyokütle kaynaklı malzemelerin (örneğin, biyoplastikler, biyokompozitler, biyoyakıtlar) kullanımını teşvik eden politikalar (örneğin, kamu alımlarında biyo-bazlı ürünlere öncelik verilmesi, araştırma ve geliştirme desteği).

### **Yeşil Bina Standartları ve İnşaatta Ahşap Kullanımı:**

- **Bina Kodları ve Yönetmelikler:** Bina kodlarında ve yönetmeliklerde ahşap kullanımını teşvik eden ve kolaylaştıran düzenlemeler (örneğin,



ahşap binaların yüksekliğine ilişkin kısıtlamaların kaldırılması, yangın güvenliği standartlarının güncellenmesi).

- **Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA):** Binaların çevresel etkilerini değerlendirmek için yaşam döngüsü değerlendirme (LCA) yönteminin kullanılması ve ahşabın, diğer yapı malzemelerine (örneğin, çelik, beton) kıyasla genellikle daha düşük çevresel etkiye sahip olduğunun kabul edilmesi.
- **Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemleri:** LEED, BREEAM, DGNB gibi yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde ahşap kullanımına ek puanlar verilmesi veya ahşap kullanımının teşvik edilmesi.
- **Kamu Binalarında Ahşap Kullanımı:** Kamu binalarının inşasında ahşap kullanımının zorunlu tutulması veya teşvik edilmesi, ahşabın sürdürülebilir bir yapı malzemesi olarak benimsenmesine öncülük edebilir.

#### **Yeşil Finans Teşvikleri:**

- **Vergi İndirimleri ve Muafiyetleri:** Sürdürülebilir ormancılık uygulamalarına, düşük karbonlu teknolojilere veya döngüsel ekonomi projelerine yatırım yapan şirketler için vergi indirimleri veya muafiyetleri sağlanması.
- **Hibe ve Teşvik Programları:** Araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) projelerini, yenilikçi teknolojilerin ticarileştirilmesini veya sürdürülebilir iş modellerinin benimsenmesini desteklemek için hibe ve teşvik programları oluşturulması.
- **Sübvansiyonlu Krediler ve Garantiler:** Yeşil projelere yönelik kredi faiz oranlarının düşürülmesi veya kredi garantileri sağlanması, finansmana erişimi kolaylaştırabilir.
- **Yeşil Tahvil Piyasasının Geliştirilmesi:** Şirketlerin ve kamu kuruluşlarının yeşil projeleri finanse etmek için yeşil tahvil ihraç etmesini teşvik eden düzenlemeler ve teşvikler.

#### **Uluslararası İşbirliği ve Anlaşmalar:**

- **Karbon Muhasebesi ve Doğrulama Standartları:** Farklı ülkeler ve bölgeler arasında karbon muhasebesi, doğrulama ve raporlama

standartlarının uyumlaştırılması, uluslararası karbon ticaretinin şeffaflığını ve güvenilirliğini artıracaktır.

- **Teknoloji Transferi ve Kapasite Geliştirme:** Gelişmiş ülkelerin, gelişmekte olan ülkelere sürdürülebilir ormancılık uygulamaları, düşük karbonlu teknolojiler ve karbon piyasaları konularında teknik ve finansal destek sağlaması.
- **Yasa Dışı Tomruklamayla Mücadele:** Yasa dışı tomruklamayı ve ahşap ticaretini engellemek için uluslararası işbirliğinin güçlendirilmesi (örneğin, gümrük kontrollerinin artırılması, bilgi paylaşımı, yaptırımlar).
- **Paris Anlaşması Madde 6'nın Uygulanması:** Paris Anlaşması'nın 6. Maddesi kapsamında, uluslararası karbon ticareti için etkili, şeffaf ve adil kuralların oluşturulması.

#### **Politika Tasarımı ve Uygulamasında Dikkat Edilmesi Gerekenler:**

- **Politika Belirsizliğinin Azaltılması:** Uzun vadeli, tutarlı ve öngörülebilir politikalar, sektörün yatırım kararlarını kolaylaştırır ve sürdürülebilirliğe geçişi hızlandırır.
- **Paydaş Katılımı:** Politika oluşturma ve uygulama süreçlerine, sektör temsilcileri, sivil toplum kuruluşları, yerel topluluklar, akademisyenler ve diğer ilgili paydaşların katılımının sağlanması, politikaların daha etkili ve kabul edilebilir olmasını sağlar.
- **Esneklik ve Uyum:** Politika araçlarının, değişen koşullara (örneğin, teknolojik gelişmeler, piyasa dinamikleri, iklim değişikliğinin etkileri) uyum sağlayabilecek şekilde esnek tasarlanması önemlidir.
- **İzleme, Değerlendirme ve Geri Bildirim:** Politikaların etkilerinin düzenli olarak izlenmesi, değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçlara göre gerekli düzeltmelerin yapılması, politikaların etkinliğini artırır.
- **Politika Uyumsuzluğunun Önlenmesi:** Farklı politika alanları (örneğin, iklim, enerji, ormancılık, ticaret) arasında uyumun sağlanması ve çelişkilerin giderilmesi önemlidir. Örneğin, biyoenerji politikaları ile orman koruma politikaları arasında bir denge kurulmalıdır.

## 4.4. Stratejik Öneriler

Küresel trendler ve geleceğe yönelik senaryolar ışığında, ahşap esaslı üretim sektörünün tüm paydaşları için önceliklendirilmiş, eyleme geçirilebilir ve birbirini tamamlayan stratejik öneriler aşağıda sunulmaktadır. Bu öneriler, bir yol haritası niteliğinde olup, sektörün sürdürülebilir bir geleceğe doğru dönüşümünü hızlandırmayı amaçlamaktadır.

### 4.4.1. Şirketler İçin Stratejik Öneriler

#### Kısa Vadeli (1-3 Yıl):

#### 1. Temel Sürdürülebilirlik Performansını Ölçme ve Raporlama (Zorunlu):

- Kapsam 1, 2 ve 3 emisyonlarınızı hesaplayın ve raporlayın: Uluslararası kabul görmüş standartları (GHG Protocol, ISO 14064) kullanarak, tüm değer zincirinizdeki sera gazı emisyonlarınızı belirleyin, ölçün ve raporlayın.
- Temel ESG verilerinizi toplayın ve açıklayın: Su kullanımı, atık üretimi, iş sağlığı ve güvenliği, çalışan hakları gibi temel ESG verilerinizi toplayın ve GRI, SASB veya entegre raporlama gibi çerçeveleri kullanarak kamuoyuyla paylaşın.
- Sürdürülebilirlik risklerinizi ve fırsatlarınızı değerlendirin: İklim değişikliği, kaynak kıtlığı, yasal düzenlemeler ve tüketici tercihleri gibi faktörlerin işiniz üzerindeki potansiyel etkilerini analiz edin.

#### 2. Operasyonel Verimliliği Artırma ve Maliyetleri Düşürme (Acil):

- Enerji verimliliği projelerine yatırım yapın: Üretim süreçlerinizde enerji verimliliğini artırmak için teknoloji yükseltmeleri, süreç optimizasyonu ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş gibi adımlar atın.
- Atık yönetimi ve dögüsel ekonomi uygulamalarını benimseyin: Atık oluşumunu en aza indirin, geri dönüşüm ve yeniden kullanım oranlarınızı artırın, ahşap atıklarınızı enerji veya diğer değerli ürünlere dönüştürmek için fırsatları değerlendirin.

- Su kaynaklarını verimli kullanın: Su tüketiminizi azaltmak, su kirliliğini önlemek ve su stresi olan bölgelerde su yönetimi planları uygulamak için adımlar atın.

### **3.Sürdürülebilir Orman Yönetimi Uygulamalarına Geçiş (Kritik):**

- FSC, PEFC gibi sertifikasyonları alın veya mevcut sertifikasyonlarınızı güncelleyin: Bu sertifikalar, ormanlarınızın sürdürülebilir bir şekilde yönetildiğini ve ürünlerinizin yasal ve sorumlu kaynaklardan geldiğini kanıtlar.
- Tedarik zincirinizi şeffaflaştırın: Hammadde tedarik zincirinizdeki tüm aşamaları izleyin ve tedarikçilerinizin sürdürülebilirlik standartlarına uymasını sağlayın.

### **4.Karbon Piyasalarına Katılım İçin Hazırlık (Önemli):**

- Karbon piyasalarının (uyum ve gönüllü) işleyişini, fiyatlandırma mekanizmalarını ve güncel gelişmeleri yakından takip edin.
- Şirketinizin karbon kredisi üretme veya satın alma potansiyelini değerlendirin.
- Karbon piyasalarına katılım için bir strateji geliştirin ve gerekli altyapıyı (örneğin, karbon muhasebesi sistemleri, uzman personel) oluşturmaya başlayın.

### **Orta Vadeli (3-5 Yıl):**

### **1.İddialı Sürdürülebilirlik Hedefleri Belirleme ve İlerleme Kaydetme:**

- Bilime dayalı hedefler (science-based targets) belirleyerek, sera gazı emisyonlarınızı Paris Anlaşması'nın hedefleriyle uyumlu bir şekilde azaltmayı taahhüt edin.
- Sürdürülebilirlik hedeflerinizi, şirketinizin temel performans göstergelerine (KPI) entegre edin ve ilerlemenizi düzenli olarak izleyin ve raporlayın.
- Sürdürülebilirlik hedeflerinize ulaşmak için bir eylem planı oluşturun ve bu planı tüm paydaşlarınızla paylaşın.

## **2.Düşük Karbonlu Ürün ve Hizmet Geliştirme:**

- Yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yaparak, ürünlerinizin çevresel etkilerini belirleyin ve iyileştirme fırsatlarını tespit edin.
- Daha az enerji ve kaynak tüketen, daha az atık üreten ve daha uzun ömürlü ürünler tasarlayın ve üretin.
- Biyo-bazlı ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımını artırın.
- Ürünlerinizin karbon ayak izini etiketleyerek, tüketicilere bilgi verin ve sürdürülebilir ürünlere olan talebi karşılayın.

## **3.Yeşil Finansman Olanaklarından Yararlanma:**

- Yeşil tahviller, sürdürülebilirlikle bağlantılı krediler, yeşil özel sermaye fonları ve etki yatırımları gibi yeşil finansman araçları hakkında bilgi edinin ve bu araçlara erişmek için gerekli adımları atın.
- Yatırımcılarla ilişkilerinizi güçlendirin ve ESG performansınızı şeffaf bir şekilde raporlayarak, yatırımcıların ilgisini çekin.

## **4.Teknolojik İnovasyona Yatırım Yapma:**

- Üretim süreçlerinizi optimize etmek, kaynak verimliliğini artırmak ve emisyonları azaltmak için yapay zekâ, otomasyon, robotik, sensörler, dijital ikizler ve diğer ileri teknolojileri kullanın.
- Yeni nesil ahşap ürünler (örneğin, çapraz lamine ahşap (CLT), lamine kaplama kereste (LVL)) ve biyo-bazlı malzemeler (örneğin, biyoplastikler, biyokompozitler) geliştirmek için araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerine yatırım yapın.
- Blok zinciri teknolojisini kullanarak, tedarik zincirinizde şeffaflığı ve izlenebilirliği artırın.

## **Uzun Vadeli (5+ Yıl):**

### **1.Döngüsel Ekonomi Modeline Geçiş:**

- Ürünlerinizi, yaşam döngülerinin sonunda geri dönüştürülebilecek, yeniden kullanılabilir veya biyolojik olarak parçalanabilecek şekilde tasarlayın ("tasarımdan geri dönüşüme" yaklaşımı).

- Ahşap kademelendirmesi (wood cascading) prensibini benimseyerek, ahşabın değerini ve kullanım ömrünü en üst düzeye çıkarın.
- "Ürün-hizmet sistemleri" (product-service systems) gibi yeni iş modelleri geliştirerek, ürün satışından ziyade ürünün kullanımından değer yaratmaya odaklanın (örneğin, mobilya kiralama, ahşap yapı elemanlarının yeniden kullanımı).

## **2.Karbon Negatif Bir İşletme Olma Hedefi:**

- Sera gazı emisyonlarınızı sadece azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda atmosferden karbon gidermeye yönelik projelere (örneğin, ağaçlandırma, karbon yakalama ve depolama) yatırım yaparak, karbon negatif bir işletme olmayı hedefleyin.

## **3.Sektörel İşbirliklerini ve Savunuculuğu Güçlendirme:**

- Sektör dernekleri, araştırma kuruluşları, sivil toplum örgütleri ve diğer paydaşlarla işbirliği yaparak, sürdürülebilirlik alanındaki en iyi uygulamaları paylaşın, ortak projeler geliştirin ve politika yapıcılarını etkileyin.
- Sektörün sürdürülebilirlik çabalarını kamuoyuna daha iyi anlatmak ve ahşabın çevre dostu bir malzeme olarak algısını güçlendirmek için iletişim ve pazarlama stratejileri geliştirin.

## **4.4.2.Yatırımcılar İçin Stratejik Öneriler**

### **1.ESG Entegrasyonunu Derinleştirin:**

- ESG faktörlerini sadece risk yönetimi aracı olarak değil, aynı zamanda değer yaratma fırsatlarını belirlemek için kullanın.
- Yatırım yaptığınız şirketlerin ESG performansını sadece nicel verilerle değil, aynı zamanda nitel bilgilerle (örneğin, yönetim kalitesi, şirket kültürü, paydaş ilişkileri) de değerlendirin.
- Farklı ESG derecelendirme kuruluşlarının metodolojilerini karşılaştırın ve kendi yatırım felsefenize en uygun olanları seçin.

- Yatırım yaptığınız şirketlerden, ESG performanslarını uluslararası kabul görmüş standartlara (örneğin, GRI, SASB, TCFD) uygun olarak raporlamalarını talep edin.

## **2.Aktif Sahiplik ve Etkileşim:**

- Yatırım yaptığınız şirketlerin yönetimiyle düzenli olarak iletişim kurun, ESG beklentilerinizi net bir şekilde ifade edin ve ilerlemeyi takip edin.
- Şirketlerin genel kurullarında oy hakkınızı kullanarak, ESG performansını iyileştirmeye yönelik kararları destekleyin.
- Sürdürülebilirlik konusunda yetersiz performans gösteren şirketlerle "yapıcı diyalog" kurun ve iyileşme için somut adımlar atmalarını talep edin. Gerekirse, yatırımınızı çekme seçeneğini değerlendirin.

## **3.Yeşil Finansmana Yönelin:**

- Portföyünüzdeki yeşil finansman araçlarının (yeşil tahviller, yeşil hisse senetleri, etki yatırımları) payını artırın.
- Ahşap esaslı üretim sektöründe sürdürülebilir projeleri finanse eden fonlara ve şirketlere yatırım yapın.
- Karbon piyasalarında aktif rol alın ve yüksek kaliteli karbon kredilerine yatırım yaparak, emisyon azaltım projelerini destekleyin.

## **4.Uzun Vadeli ve Sabırlı Yatırım:**

- Sürdürülebilirliğe yapılan yatırımların, kısa vadede hemen finansal getiri sağlamayabileceğini, ancak uzun vadede daha yüksek ve daha istikrarlı getiriler sağlayabileceğini kabul edin.
- Şirketlerin ESG performansını değerlendirirken, sadece mevcut duruma değil, aynı zamanda gelecekteki potansiyele de odaklanın.

### 4.4.3. Politika Yapıcılar İçin Stratejik Öneriler:

#### 1. Tutarlı ve Öngörülebilir Politikalar:

- Uzun vadeli, tutarlı ve öngörülebilir bir politika çerçevesi oluşturarak, yatırım belirsizliğini azaltın ve şirketlerin sürdürülebilirlik yatırımları yapmasını teşvik edin.
- Karbon fiyatlandırması (karbon vergisi veya ETS), sürdürülebilir orman yönetimi, döngüsel ekonomi, yeşil binalar ve yeşil finansman gibi alanlarda net hedefler belirleyin ve bu hedeflere ulaşmak için etkili politika araçları uygulayın.
- Politika oluşturma süreçlerine tüm ilgili paydaşları (şirketler, yatırımcılar, sivil toplum kuruluşları, akademisyenler, yerel topluluklar) dahil edin ve şeffaf bir diyalog ortamı yaratın.

#### 2. Piyasa Tabanlı Mekanizmaları Güçlendirin:

- Karbon piyasalarının (hem uyum hem de gönüllü) etkinliğini artırmak için gerekli düzenlemeleri yapın. Karbon kredilerinin kalitesini ve güvenilirliğini sağlamak için sıkı standartlar ve doğrulama mekanizmaları oluşturun. Çifte sayımı önleyin ve ek faydaları (örneğin, biyoçeşitliliğin korunması) teşvik edin.
- Karbon fiyatlandırmasının kapsamını genişletin ve fiyat seviyesini, emisyon azaltımlarını teşvik edecek ve düşük karbonlu teknolojilere yatırımı özendirecek bir düzeye getirin.
- Uluslararası karbon ticareti için (Paris Anlaşması Madde 6 kapsamında) şeffaf, adil ve etkili kurallar oluşturulması için diğer ülkelerle işbirliği yapın.

#### 3. Yeşil Finansmanı Teşvik Edin:

- Yeşil tahvil piyasasının gelişmesini destekleyin ve şirketlerin yeşil projeleri finanse etmek için tahvil ihraç etmesini kolaylaştırın.
- Sürdürülebilirlikle bağlantılı krediler ve diğer yenilikçi finansman araçları için uygun bir düzenleyici ortam yaratın.
- Kamu bankalarının ve kalkınma finansmanı kuruluşlarının, yeşil projelere daha fazla kaynak ayırmasını sağlayın.



- Yatırımcıların ESG risklerini ve fırsatlarını daha iyi değerlendirebilmesi için şirketlerin ESG performanslarını raporlamalarını zorunlu kılın ve raporlama standartlarını uyumlaştırın.

#### **4.Döngüsel Biyoekonomiyi Destekleyin:**

- Ahşap kademelendirmesi, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve biyo-bazlı malzemelerin kullanımını teşvik eden politikalar uygulayın.
- Ahşap atıklarının enerji üretimi veya diğer değerli ürünlere dönüştürülmesi için altyapı yatırımlarını destekleyin.
- Kamu alımlarında ahşap ve diğer biyo-bazlı ürünlere öncelik verin.

#### **5.Sürdürülebilir Orman Yönetimini Güçlendirin:**

- Ormanların sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini, biyoçeşitliliğin korunmasını, yasa dışı tomruklamayı önlemeyi ve orman ekosistemlerinin iklim değişikliğine uyumunu sağlamak için yasal düzenlemeleri güçlendirin ve etkin bir şekilde uygulayın.
- FSC ve PEFC gibi orman sertifikasyon sistemlerini destekleyin ve yaygınlaştırın.
- Orman yangınları, hastalık ve zararlılarla mücadele için etkili stratejiler geliştirin ve uygulayın.

#### **6.Araştırma, Geliştirme ve İnovasyonu Teşvik Edin:**

- Ahşap esaslı üretim sektöründe düşük karbonlu teknolojilerin, yeni nesil ahşap ürünlerin, biyo-bazlı malzemelerin ve döngüsel ekonomi çözümlerinin geliştirilmesi için kamu ve özel sektör Ar-Ge yatırımlarını artırın.
- Üniversiteler, araştırma kuruluşları ve şirketler arasındaki işbirliğini teşvik edin.
- Yenilikçi teknolojilerin ticarileştirilmesini ve yaygınlaştırılmasını desteklemek için finansman, teknik destek ve danışmanlık hizmetleri sağlayın.

### **7.Eğitim ve Kapasite Geliştirme:**

Ahşap sektöründe, yeşil iş olanaklarını destekleyecek eğitim yatırımları yapılmalı.

### **8.Uluslararası İşbirliğini Güçlendirin:**

- İklim değışikliği, sürdürülebilir ormancılık, karbon piyasaları ve döngüsel biyoekonomi gibi konularda diğer ülkelerle işbirliği yapın.
- Bilgi, deneyim ve en iyi uygulamaları paylaşın.
- Gelişmekte olan ülkelere, sürdürülebilir ormancılık uygulamalarını benimsemeleri ve düşük karbonlu teknolojilere geçmeleri için teknik ve finansal destek sağlayın.

## 5. SONUÇ

Ahşap esaslı üretim sektörü, küresel iklim değişikliği ile mücadele çabalarında ve sürdürülebilir, döngüsel bir bio-ekonomiye geçişte hayati bir role sahiptir. Bu sektör, ormanların büyümesi ve uzun ömürlü ahşap ürünlerin kullanımı sayesinde karbon yutaklama potansiyeli ile, aynı zamanda hasat, işleme, nakliye ve kullanım ömrü sonu işlemleri nedeniyle karbon emisyonu kaynağı olma özelliğiyle, ikili bir doğaya sahiptir. Bu ikili yapı, sektörü hem zorluklarla hem de fırsatlarla karşı karşıya bırakmaktadır.

Bu çalışma, ahşap esaslı üretim sektörünün sürdürülebilirliğe geçiş sürecini etkileyen çok çeşitli faktörleri kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Uluslararası Finansal Raporlama Standartları (IFRS) gibi küresel raporlama standartlarının, ulusal ve uluslararası yasal yükümlülüklerin ve Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) gibi iddialı politika girişimlerinin, sektördeki karbon muhasebesi ve raporlama uygulamalarını nasıl yeniden şekillendirdiği analiz edilmiştir. Ayrıca, düşük karbonlu üretim teknolojileri, finansal stratejiler, karbon piyasaları ve yatırımcı beklentileri gibi unsurların, sektörün sürdürülebilirlik performansını nasıl etkilediği derinlemesine incelenmiştir.

Çalışmanın bulguları, ahşap esaslı üretim sektörünün sürdürülebilir bir geleceğe doğru dönüşümünün, çok yönlü ve işbirlikçi bir yaklaşım gerektirdiğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, aşağıdaki temel unsurları içermelidir:

**Şirketlerin Sorumluluğu:** Şirketler, sürdürülebilirliği sadece bir uyum zorunluluğu olarak değil, aynı zamanda rekabet avantajı elde etmenin, operasyonel verimliliği artırmanın, yeni pazarlara erişmenin ve uzun vadeli değeri güvence altına almanın bir yolu olarak görmeli ve temel iş stratejilerine entegre etmelidirler. Bu, iddialı karbon azaltma hedefleri belirlemeyi, düşük karbonlu teknolojilere yatırım yapmayı, döngüsel ekonomi ilkelerini benimsemeyi, şeffaf raporlama yapmayı ve tüm paydaşlarla etkin bir şekilde iletişim kurmayı gerektirir.

**Yatırımcıların Rolü:** Yatırımcılar, ESG (Çevresel, Sosyal ve Yönetişim) faktörlerini yatırım kararlarına entegre ederek ve şirketlerden şeffaflık ve hesap verebilirlik talep ederek, sürdürülebilirliğe geçişi hızlandırabilirler. Yeşil finansman araçlarına yatırım yapmak ve şirketlerle aktif olarak etkileşim kurmak, bu sürecin önemli bir parçasıdır.

**Politika Yapıcıların Görevi:** Politika yapıcılar, karbon fiyatlandırması, sürdürülebilir orman yönetimi, döngüsel bio-ekonomi ve yeşil bina standartları gibi konularda açık, tutarlı ve uzun vadeli politikalar oluşturarak,

sürdürülebilirliğe geçiş için elverişli bir ortam yaratmalıdırlar. Finansal teşvikler, standartlar ve sertifikasyonlar, bu sürecin önemli araçlarıdır.

**Teknolojinin Gücü:** Yapay zekâ, blok zinciri ve diğer dijital teknolojiler, karbon muhasebesini iyileştirme, karbon kredisi piyasalarında risk yönetimi ve fiyat tahmini, tedarik zinciri şeffaflığını artırma ve yeni iş modelleri geliştirme gibi alanlarda önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu teknolojilerin benimsenmesi ve etkin kullanımı, sektörün sürdürülebilirlik performansını önemli ölçüde artırabilir.

**Uluslararası İşbirliği:** İklim değişikliği küresel bir sorun olduğu için, ahşap esaslı üretim sektörünün sürdürülebilirliğe geçişi de uluslararası işbirliğini gerektirir. Karbon muhasebesi, raporlama, doğrulama ve teknoloji transferi gibi konularda ortak standartlar ve yaklaşımlar geliştirmek, adil bir rekabet ortamı yaratmak ve küresel karbon piyasalarının etkinliğini artırmak için önemlidir.

Bu çalışma, ahşap esaslı üretim sektörünün sürdürülebilir bir geleceğe doğru dönüşümünü hızlandırmak için kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır. Bu yol haritası, şirketlerin, yatırımcıların, politika yapımcıların ve diğer paydaşların, bu karmaşık ortamda yol almalarına ve sektörün hem çevresel hem de ekonomik faydalarını en üst düzeye çıkarmalarına yardımcı olacaktır. Ancak, bu dönüşümün aciliyeti göz önüne alındığında, kararlı ve hızlı adımlar atılması gerekmektedir. Gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak için, ahşap esaslı üretim sektörünün sürdürülebilirlik potansiyelini tam olarak ortaya çıkarmak hepimizin sorumluluğundadır.

## 6.GELECEK ARAŞTIRMALAR İÇİN ÖNERİLER

Bu çalışma, ahşap esaslı üretim sektöründe karbon muhasebesi, raporlama, finansal stratejiler ve sürdürülebilirlik konularında kapsamlı bir analiz sunmuş olsa da, daha fazla araştırma gerektiren bazı alanlar bulunmaktadır. Gelecek araştırmalar için aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

**Gelişmiş, Yapay Zekâ Destekli Dinamik Modeller:** Karbon kredisi fiyat tahmini ve risk yönetimi için gerçek zamanlı verileri ve piyasa oynaklığını dikkate alan, yapay zekâ (AI) tarafından yönlendirilen gelişmiş dinamik modellerin geliştirilmesine öncelik verilmelidir. Bu modeller, farklı senaryolar altında karbon fiyatlarının nasıl değişebileceğini ve şirketlerin bu değişikliklere nasıl uyum sağlayabileceğini daha iyi anlamamıza yardımcı olabilir.

**Karbon Muhasebesi Metodolojilerinin İyileştirilmesi:** Ahşap esaslı üretim sektörüne özgü karbon muhasebesi metodolojilerinin daha da geliştirilmesi gerekmektedir. Bu, hasat edilmiş ahşap ürünler, kademeli kullanım, biyoçeşitlilik ortak faydaları ve döngüsel ekonomi ilkeleri gibi unsurların daha doğru ve kapsamlı bir şekilde hesaba katılmasını içermelidir. Ayrıca, farklı karbon muhasebesi standartlarının (örneğin, IFRS S2, GHG Protokolü) uyumlaştırılması ve karşılaştırılabilirliğinin artırılması önemlidir.

**Karbon Kredisi Proje Türlerinin Optimizasyonu:** Farklı karbon kredisi proje türlerinin (örneğin, ağaçlandırma, orman yönetimi, biyoenerji) çevresel ve ekonomik etkilerinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Hangi proje türlerinin en fazla karbon azaltımı sağladığı, hangi türlerin ek faydalar (örneğin, biyoçeşitlilik, sosyal faydalar) sunduğu ve hangi türlerin daha düşük maliyetli olduğu gibi sorulara yanıt aranmalıdır.

**İşlem Maliyetlerinin Azaltılması:** Karbon kredisi projelerinin geliştirilmesi ve uygulanmasıyla ilgili işlem maliyetlerinin (örneğin, doğrulama, izleme, raporlama) azaltılması için yenilikçi yaklaşımlar araştırılmalıdır. Blok zinciri teknolojisi ve uzaktan algılama gibi dijital teknolojilerin bu maliyetleri düşürme potansiyeli incelenmelidir.

**ESG Entegrasyonunun ve Döngüsel İş Modellerinin Finansal Etkilerinin Ampirik Olarak Ölçülmesi:** Ahşap esaslı üretim şirketlerinde ESG entegrasyonunun ve döngüsel iş modellerinin finansal performans üzerindeki etkilerinin ampirik olarak ölçülmesi önemlidir. Bu, ESG performansının şirket değerlemesi, karlılık, sermaye maliyeti ve yatırımcı ilgisi üzerindeki etkilerini incelemeyi içerebilir.

**Yeşil Finansman Araçlarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi:** Farklı yeşil finansman araçlarının (örneğin, yeşil tahviller, sürdürülebilirlikle bağlantılı krediler, karbon kredisi finansmanı) ahşap esaslı üretim sektöründeki sürdürülebilir yatırımları teşvik etmedeki etkinliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Hangi araçların daha etkili olduğu, hangi tür şirketler için daha uygun olduğu ve bu araçların kullanımının önündeki engellerin neler olduğu gibi sorulara yanıt aranmalıdır.

**Politikaların Karmaşık Etkileşiminin Analizi:** Karbon fiyatlandırması, sürdürülebilir orman yönetimi düzenlemeleri, uluslararası ticaret anlaşmaları ve diğer ilgili politikaların ahşap esaslı üretim sektörü üzerindeki karmaşık etkileşiminin daha derinlemesine analiz edilmesi gerekmektedir. Bu politikaların birbirini nasıl tamamladığı veya çeliştiği, sektör üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerinin neler olduğu ve bu politikaların daha etkin bir şekilde nasıl tasarlanabileceği gibi sorulara yanıt aranmalıdır.

**Tüketici Davranışlarının Anlaşılması:** Sürdürülebilir ahşap ürünlere yönelik tüketici davranışlarının daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Tüketicilerin sürdürülebilirlik konusundaki farkındalığı, tercihleri, satın alma kararları ve bu kararları etkileyen faktörler (örneğin, fiyat, kalite, marka, etiketleme) araştırılmalıdır. Bu, şirketlerin daha etkili pazarlama stratejileri geliştirmelerine ve sürdürülebilir ürünlere olan talebi artırmalarına yardımcı olabilir.

**Rakip Sektörlerdeki Yıkıcı Teknolojik Değişimlerin Tahmin Edilmesi:** Ahşap esaslı üretim sektörünün rekabet ettiği diğer sektörlerdeki (örneğin, inşaat, enerji, ambalaj) yıkıcı teknolojik değişimlerin (örneğin, yeni malzemeler, üretim süreçleri, iş modelleri) potansiyel etkilerinin tahmin edilmesi önemlidir. Bu, ahşap esaslı üretim sektörünün gelecekteki zorluklara ve fırsatlara daha iyi hazırlanmasına yardımcı olabilir.

**Bölgesel ve Yerel Koşulların Dikkate Alınması:** Ahşap esaslı üretim sektörü, farklı bölgelerde ve ülkelerde farklı koşullarla karşı karşıyadır. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların, bölgesel ve yerel koşulları (örneğin, orman kaynakları, iklim, ekonomik yapı, yasal düzenlemeler, kültürel faktörler) dikkate alarak daha spesifik ve bağlamsal analizler yapması önemlidir.

**Disiplinlerarası İşbirliğinin Geliştirilmesi:** İklim değişikliği, ormancılık, ekonomi, finans, mühendislik, sosyal bilimler gibi pek çok farklı disiplinin ortak çalışmasını gerektirmektedir. Gelecek araştırmalar, daha bütüncül ve kapsayıcı bir bakış açısı yakalamak için disiplinler arası bir yaklaşımla tasarlanmalıdır.

Bu araştırma önerileri, ahşap esaslı üretim sektörünün sürdürülebilir bir geleceğe doğru dönüşümünü desteklemek için gerekli olan bilgi ve anlayışı derinleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu önerilerin hayata geçirilmesi, sektörün hem çevresel hem de ekonomik açıdan daha güçlü, dayanıklı ve rekabetçi olmasına katkıda bulunacaktır.

## KAYNAKÇA

- Afum, E., Sun, Z., Agyabeng-Mensah, Y., & Baah, C. (2021). Lean production systems, social sustainability performance and green competitiveness: the mediating roles of green technology adoption and green product innovation. *Journal of Engineering Design and Technology*, 21(1), 206-227. <https://doi.org/10.1108/jedt-02-2021-0099>
- Adam Taylor, Hongmei Gu, Prakash Nepal, Richard Bergman. 2023. Carbon Credits for Mass Timber Construction. *Untitled. Bioproducts Business*, 8(1). <https://doi.org/10.22382/bpb-2023-001>
- Andersen, C., Rasmussen, F., Habert, G., & Birgisdóttir, H. (2021). Embodied ghg emissions of wooden buildings—challenges of biogenic carbon accounting in current lca methods. *Frontiers in Built Environment*, 7. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.729096>
- Anwar, M., Khattak, M., Popp, J., Meyer, D., & Máté, D. (2020). The nexus of government incentives and sustainable development goals: is the management of resources the solution to non-profit organisations?. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(6), 1284-1310. <https://doi.org/10.3846/tede.2020.13404>
- Asyari, S. and Ariefiara, D. (2022). Investors react to disclosure of carbon emissions and environmental performance. *International Journal of Contemporary Accounting*, 4(1), 59-76. <https://doi.org/10.25105/ijca.v4i1.13911>
- Avi, M. (2022). Climate impact and corporate communication: the european and italian situation and the issb proposal outlined in exposure drafts s2 climate-related disclosure - 29 march 2022. *Journal of Economics Finance and Management Studies*, 05(05). <https://doi.org/10.47191/jefms/v5-i5-01>
- Baklaga, L. (2024). Synergizing ai and blockchain: innovations in decentralized carbon markets for emission reduction through intelligent carbon credit trading. *Journal of Computer Science and Technology Studies*, 6(2), 111-120. <https://doi.org/10.32996/jcsts.2024.6.2.13>
- Balcarova T, Pilarova L, Prokop M, Jadrna M, Kvasnickova Stanislavska L and Pilar L (2024) Analysis of green deal communication on twitter: environmental and political perspective. *Front. Environ. Sci.* 12:1370568. doi: 10.3389/fenvs.2024.1370568



- Bansal, M. (2021). Impact of corporate life cycle on misclassification practices: evidence from ifrs adoption in india. *Journal of Applied Accounting Research*, 23(3), 628-649. <https://doi.org/10.1108/jaar-03-2021-0069>
- Bansal, M. (2023). Culture clash or collaboration? unraveling the role of hierarchical organizational culture in international financial reporting standards adoption. *Managerial and Decision Economics*, 45(1), 118-129. <https://doi.org/10.1002/mde.3989>
- Biresselioğlu, Mehmet Efe, Berfu Solak, ve Zehra Funda Savaş. “Framing the Impacts of the European Green Deal: Reflections on the EU As a ‘Normative Power’ and Beyond”. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi* 23, sy. Özel Sayı-Future of Europe: Reflections from Türkiye (Mart 2024): 91-134. <https://doi.org/10.32450/aacd.1439839>.
- Bonoli, A., Zanni, S., & Bernardo, F. (2021). Sustainability in building and construction within the framework of circular cities and european new green deal. the contribution of concrete recycling. *Sustainability*, 13(4), 2139. <https://doi.org/10.3390/su13042139>
- Cabiyo, B., Fried, J., Collins, B., Stewart, W., Wong, J., & Sanchez, D. (2021). Innovative wood use can enable carbon-beneficial forest management in california. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(49). <https://doi.org/10.1073/pnas.2019073118>
- Cabon, A., Kannenberg, S., Arain, M., Babst, F., Baldocchi, D., Belmecheri, S., Anderegg, W. (2022). Cross-biome synthesis of source versus sink limits to tree growth. *Science*, 376(6594), 758-761. <https://doi.org/10.1126/science.abm4875>
- Chaiya, C. (2024). Policy paradoxes in environmental sustainability: the interplay of socio-economic factors, policy innovations, and community forestry in thailand. *Journal of Ecohumanism*, 3(4), 2503-2528. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i4.3772>
- C M Ouellet-Plamondon et al 2024 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1363 012059 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1363/1/012059>
- Davidescu, S. and Buzogány, Á. (2021). Cutting deals: transnational advocacy networks and the european union timber regulation at the eastern border. *The International Spectator*, 56(3), 105-118. <https://doi.org/10.1080/03932729.2021.1935680>

- Desai, R., Raval, A., Baser, N., & Desai, J. (2021). Impact of carbon emission on financial performance: empirical evidence from india. *South Asian Journal of Business Studies*, 11(4), 450-470. <https://doi.org/10.1108/sajbs-10-2020-0384>
- Ding, Y., Pang, Z., Lan, K., Yao, Y., Panzarasa, G., Xu, L., ... & Hu, L. (2022). Emerging engineered wood for building applications. *Chemical Reviews*, 123(5), 1843-1888. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00450>
- Dugan, A., Lichstein, J., Steele, A., Bick, S., & Hollinger, D. (2021). Opportunities for forest sector emissions reductions: a state-level analysis. *Ecological Applications*, 31(5). <https://doi.org/10.1002/eap.2327>
- Fazekâs, A., Suri, V., and Magoss, E. (2023). "Wood-based additive manufacturing: Current methodologies," *BioResources* 18(3), 6639-6649.
- Gajdzik, B., Nagaj, R., Wolniak, R., Bałaga, D., Žuromskaitė, B., & Grebski, W. W. (2024). Renewable Energy Share in European Industry: Analysis and Extrapolation of Trends in EU Countries. *Energies*, 17(11), 2476. <https://doi.org/10.3390/en17112476>
- García, B., Rimmer, L., Vieira, L., & Mackey, B. (2021). Redd+ and forest protection on indigenous lands in the amazon. *Review of European Comparative & International Environmental Law*, 30(2), 207-219. <https://doi.org/10.1111/reel.12389>
- García Vaquero, M., Sánchez-Bayón, A., & Lominchar, J. (2021). European Green Deal and Recovery Plan: Green Jobs, Skills and Wellbeing Economics in Spain. *Energies*, 14(14), 4145. <https://doi.org/10.3390/en14144145>
- Gerlagh, R., Heijmans, R., & Rosendahl, K. (2022). Shifting concerns for the eu ets: are carbon prices becoming too high?. *Environmental Research Letters*, 17(5), 054018. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac63d6>
- Goldhahn, C., Cabane, É., & Chanana, M. (2021). Sustainability in wood materials science: an opinion about current material development techniques and the end of lifetime perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical Physical and*

Engineering Sciences, 379(2206).  
<https://doi.org/10.1098/rsta.2020.0339>

- Gu, H., Nepal, P., Arvanitis, M., & Alderman, D. (2022). Carbon Impacts of Engineered Wood Products in Construction. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.99193
- Hansen, R., Rasmussen, F., Ryberg, M., & Birgisdóttir, H. (2022). Wood as a carbon mitigating building material: a review of consequential lca and biogenic carbon characteristics. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1078(1), 012066. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012066>
- Haya BK, Evans S, Brown L, Bukoski J, Butsic V, Cabiyo B, Jacobson R, Kerr A, Potts M and Sanchez DL (2023) Comprehensive review of carbon quantification by improved forest management offset protocols. *Front. For. Glob. Change* 6:958879. doi: 10.3389/ffgc.2023.958879
- Head, M., Magnan, M., Kurz, W., Levasseur, A., Beauregard, R., & Margni, M. (2021). Temporally-differentiated biogenic carbon accounting of wood building product life cycles. *Sn Applied Sciences*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03979-2>
- Hickey, C., Fankhauser, S., Smith, S., & Allen, M. (2023). A review of commercialisation mechanisms for carbon dioxide removal. *Frontiers in Climate*, 4. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.1101525>
- Hu, B., & Cheng, Y. (2023). Prediction of Regional Carbon Price in China Based on Secondary Decomposition and Nonlinear Error Correction. *Energies*, 16(11), 4444. <https://doi.org/10.3390/en16114444>
- Hurmekoski, E., Myllyviita, T., Seppälä, J., Heinonen, T., Kilpeläinen, A., Pukkala, T., ... & Peltola, H. (2020). Impact of structural changes in wood-using industries on net carbon emissions in finland. *Journal of Industrial Ecology*, 24(4), 899-912. <https://doi.org/10.1111/jiec.12981>
- Houten, E.S., Wedari, L.K. (2023). Carbon disclosure, carbon performance, and market value: Evidence from Indonesia polluting industries. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 18, No. 6, pp. 1973-1981.
- Hurmekoski, E., Seppälä, J., Kilpeläinen, A., Kunttu, J. (2022). Contribution of Wood-Based Products to Climate Change Mitigation. In: Hetemäki, L.,

- Kangas, J., Peltola, H. (eds) *Forest Bioeconomy and Climate Change . Managing Forest Ecosystems*, vol 42. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4_7)
- Hurmekoski, E., Smyth, C., Stern, T., Verkerk, P., & Asada, R. (2021). Substitution impacts of wood use at the market level: a systematic review. *Environmental Research Letters*, 16(12), 123004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac386f>
- Hu, Y., Zhang, W., Zhang, L., & Lei, X. (2022). Dual-channel dynamic pricing in the presence of low-carbon preference. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/3881268>
- Huang, X., Shimin Z. (2023). Research on low-carbon supply chain decision-making considering low-carbon reputation under different power structures., Atlantis Press, 566-578. [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-246-0\\_69](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-246-0_69)
- Huo, H., Liu, H., Bao, X., & Cui, W. (2022). Game analysis of supply chain enterprises' choice of carbon emission reduction behavior under environmental regulation and consumers' low carbon preference. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2022(1). <https://doi.org/10.1155/2022/3013289>
- Jasmani, L., Rusli, R., Khadiran, T., Jalil, R., & Adnan, S. (2020). Application of nanotechnology in wood-based products industry: a review. *Nanoscale Research Letters*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s11671-020-03438-2>
- Jegatheswaran, N., Ratnasingam, J., Zbiec, M., Ioras, F., Liat, L. C., and Ab Latib, H. (2024). "Forest carbon trade in Malaysia: Early assessment of awareness, knowledge, and constraints among forest owners," *BioResources* 19(3), 4800-4823.
- Jiale Yan, Cem Işık, Serdar Ongan, Stefania Pinzon, Brayan Tillaguango (2024). Analysis of green total factor productivity in china's forestry industry: technological, organizational, and environmental framework for sustainable economic development. *Sustainable Development*, 32(6), 7278-7291. <https://doi.org/10.1002/sd.3080>
- Jingwei Li, Shouwei Li, Yonghong Zhang, Xiaoyu Tang (2023). Network evolutionary game analysis of green credit: a perspective of carbon emissions trading. *Managerial and Decision Economics*, 45(3), 1343-1362. <https://doi.org/10.1002/mde.4064>

- Juliana N. Kamau, David M. Mathuva, S. Wagura Ndiritu (2024). Do sustainable savings decisions through deposits and shares by members influence the choice of financial cooperatives?. *Annals of Public and Cooperative Economics*, 95(4), 1139-1170. <https://doi.org/10.1111/apce.12480>
- Karakka, L., Rothery, J., & Dee, L. (2022). Trends in forest carbon offset markets in united states.. <https://doi.org/10.1101/2022.07.21.500541>
- Kim, E., Kim, S., & Lee, J. (2021). Do foreign investors affect carbon emission disclosure? evidence from south korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 10097. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910097>
- Kim, H., Kim, Y., Ko, Y., & Han, S. (2022). Performance Comparison of Predictive Methodologies for Carbon Emission Credit Price in the Korea Emission Trading System. *Sustainability*, 14(13), 8177. <https://doi.org/10.3390/su14138177>
- Koh, L.P., Zeng, Y., Sarira, T.V. et al. Carbon prospecting in tropical forests for climate change mitigation. *Nat Commun* 12, 1271 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21560-2>
- Koulelis, P. P., Tsiaras, S., & Andreopoulou, Z. S. (2023). Greece's Forest Sector from the Perspective of Timber Production: Evolution or Decline? *Forests*, 14(12), 2331. <https://doi.org/10.3390/fl14122331>
- Kuci, A. and Fogarassy, C. (2021). European green deal policy for the circular economy : opportunities and challenges. *Hungarian Agricultural Engineering*, (39), 65-73. <https://doi.org/10.17676/hae.2021.39.65>
- Kuntu, J. (2020). Wood utilization scenarios and their sustainability impacts in finland. *Dissertationes Forestales*, 2020(292). <https://doi.org/10.14214/df.292>
- Kuntu, J., Hurmekoski, E., Myllyviita, T., & Kilpeläinen, A. (2021). Substitution and carbon storage impacts of harvested wood products - effects of increased cascading with different market responses.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-455738/v1>
- Kurnia, P., Darlis, E., & Putr, A. (2020). Carbon emission disclosure, good corporate governance, financial performance, and firm value. *Journal of*

- Asian Finance Economics and Business, 7(12), 223-231.  
<https://doi.org/10.13106/jafeb.2020.vol7.no12.223>
- Landry, G., Thiffault, E., Cyr, D., Moreau, L., Boulanger, Y., & Dymond, C. (2021). Mitigation Potential of Ecosystem-Based Forest Management under Climate Change: A Case Study in the Boreal-Temperate Forest Ecotone. *Forests*, 12(12), 1667. <https://doi.org/10.3390/f12121667>
- Lawalata, J., Salle, I.Z., Yuliana, L. (2024). The impact of international financial reporting standards on global accounting practices. *AAAR*, 2(2), 83-93. <https://doi.org/10.60079/aaar.v2i2.262>
- Lee, J., Kim, S., & Kim, E. (2021). Voluntary disclosure of carbon emissions and sustainable existence of firms: with a focus on human resources of internal control system. *Sustainability*, 13(17), 9955. <https://doi.org/10.3390/su13179955>
- Leho Tedersoo, Jaan Sepping, Alexey S Morgunov, Martin Kiik, Kristiina Esop, Raul Rosenthal, Kate Hardwick, Elinor Breman, Rachel Purdon, Ben Groom, Frank Venmans, Toby Kiers, Alexandre Antonelli (2022). Co-crediting system for carbon and biodiversity.. <https://doi.org/10.32942/x2s88j>
- Li, H., Jin, F., Sun, S., & Li, Y. (2021). A new secondary decomposition ensemble learning approach for carbon price forecasting. *Knowledge-Based Systems*, 214, 106686. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.106686>
- Li, X., Zhang, Y., Yang, Z., Zhu, Y., Li, C., & Li, W. (2023). Modeling Choice Behaviors for Ridesplitting under a Carbon Credit Scheme. *Sustainability*, 15(16), 12241. <https://doi.org/10.3390/su151612241>
- Li Z, Long J and Li L (2024) A novel machine learning ensemble forecasting model based on mixed frequency technology and multi-objective optimization for carbon trading price. *Front. Energy Res.* 11:1341881. doi: 10.3389/fenrg.2023.1341881
- Liang, T., Situmorang, R., Liao, M., & Chang, S. (2020). The relationship of perceived consumer effectiveness, subjective knowledge, and purchase intention on carbon label products—a case study of carbon-labeled packaged tea products in taiwan. *Sustainability*, 12(19), 7892. <https://doi.org/10.3390/su12197892>

- Ling Li, Xinyuan Wei, Jianheng Zhao, Daniel Hayes, Adam Daigneault, Aaron Weiskittel, Anil Raj Kizha, Shane R. O'Neill, 2022. Technological advancement expands carbon storage in harvested wood products in Maine, USA, *Biomass and Bioenergy*, Volume 161, 106457, ISSN 0961-9534, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106457>.
- Liu and Sheng 2023. Pricing and carbon emission reduction decision in dual-channel supply chain with carbon tax and consumer preference. *Information Systems and Economics*, 4(1). <https://doi.org/10.23977/infse.2023.040106>
- Liu, Ml., Li, Zh., Anwar, S. (2021). Supply chain carbon emission reductions and coordination when consumers have a strong preference for low-carbon products. *Environ Sci Pollut Res* 28, 19969–19983. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09608-0>
- Liu, H., & He, T. (2023). Sustainable Management of Land Resources: The Case of China's Forestry Carbon Sink Mechanism. *Land*, 12(6), 1188. <https://doi.org/10.3390/land12061188>
- Liu, Z., Sun, W., Hu, B., Han, C., Ieromonachou, P., Zhao, Y., & Zheng, J. (2023). Research on supply chain optimization considering consumer subsidy mechanism in the context of carbon neutrality. *Energies*, 16(7), 3147. <https://doi.org/10.3390/en16073147>
- Macak, T., Hron, J., & Stusek, J. (2020). A Causal Model of the Sustainable Use of Resources: A Case Study on a Woodworking Process. *Sustainability*, 12(21), 9057. <https://doi.org/10.3390/su12219057>
- Mark Huxham, Anne Kairu, Joseph K. Lang'at, Rahma Kivugo, Mwanarusi Mwafrica, Amber Huff, Robyn Shilland (2023). Rawls in the mangrove: perceptions of justice in nature-based solutions projects. *People and Nature*, 5(5), 1497-1511. <https://doi.org/10.1002/pan3.10498>
- Martes, L., & Köhl, M. (2022). Improving the Contribution of Forests to Carbon Neutrality under Different Policies—A Case Study from the Hamburg Metropolitan Area. *Sustainability*, 14(4), 2088. <https://doi.org/10.3390/su14042088>
- Maximilian Schulte, Ragnar Jonsson, Torun Hammar, Jeannette Eggers, Johan Stendahl and Per-Anders Hansson (2024). Climate change mitigation from increased paper recycling in sweden: conserving forests or utilizing substitution?. *Environmental Research Communications*, 6(7), 075002. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ad5930>

- Maumoh, I., & Onoja, A. (2024). Climate change policy uncertainty and challenges in carbon emission for east and southern African regions. *Transactions in Energy and Sustainability*, 1(1), 24-40. <https://doi.org/10.1177/29768632241291418>
- Mei, B. (2023). Carbon offset as another driver of timberland investment returns in the united states. *J.For.Bus.Res.*, 2(1), 1-19. <https://doi.org/10.62320/jfbr.v2i1.20>
- Mei, B. and Clutter, M. (2022). Benefit-cost analysis of forest carbon for landowners: an illustration based on a southern pine plantation. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.931504>
- Michaelowa A, Honegger M, Poralla M, Winkler M, Dalfiume S, Nayak A (2023) International carbon markets for carbon dioxide removal. *PLOS Clim* 2(5): e0000118. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000118>
- Montanarella, L. (2020). Soils and the european green deal. *Italian Journal of Agronomy*, 15(4), 1761. <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1761>
- Mengmeng Xu1, Boqiang Lin (2021). Leveraging carbon label to achieve low-carbon economy: evidence from a survey in chinese first-tier cities.. Selectionandpeer-reviewunderresponsibilityofthescientificcommitteeofCUE2020Copyright©2020CUEApplied Energy Symposium 2020: Low carbon cities and urban energy systems <https://doi.org/10.46855/energy-proceedings-7403>
- Micah Elias, Daniel L. Sanchez, Phil Saksa, Josiah Hunt, Jonathan Remucal (2024). Market analysis of coupled biochar and carbon credit production from wildfire fuel reduction projects in the western usa. *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 18(5), 1226-1237. <https://doi.org/10.1002/bbb.2614>
- Myllyviita, T., Soimakallio, S., Judl, J., & Seppälä, J. (2021). Wood substitution potential in greenhouse gas emission reduction–review on current state and application of displacement factors. *Forest Ecosystems*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00326-8>
- Nguyen, Q. D., & Nguyen, H. T. T. (2020). Do green business initiatives enhance firm performance? Evidence from an emerging market. *International Journal of Social Science and Economics Invention*, 6(06), 278 to 291. <https://doi.org/10.23958/ijsssei/vol06-i06/209>



- Pan, C., Shrestha, A., Innes, J.L. et al. Key challenges and approaches to addressing barriers in forest carbon offset projects. *J. For. Res.* 33, 1109–1122 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01488-z>
- Park, S. and Jang, J. (2021). The impact of esg management on investment decision: institutional investors' perceptions of country-specific esg criteria. *International Journal of Financial Studies*, 9(3), 48. <https://doi.org/10.3390/ijfs9030048>
- Peng, L., Searchinger, T., Zions, J., & Waite, R. (2023). The carbon costs of global wood harvests. *Nature*, 620(7972), 110-115. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06187-1>
- Perissi, I. and Jones, A. (2022). Investigating european union decarbonization strategies: evaluating the pathway to carbon neutrality by 2050. *Sustainability*, 14(8), 4728. <https://doi.org/10.3390/su14084728>
- Picas, S., Reis, P., Pinto, A., & Abrantes, J. (2021). Does tax, financial, and government incentives impact long-term portuguese smes' sustainable company performance?. *Sustainability*, 13(21), 11866. <https://doi.org/10.3390/su132111866>
- Pietracci B, Bull G, Zerriffi H and Kerr S (2023) Editorial: Forest carbon credits as a nature-based solution to climate change? *Front. For. Glob. Change* 6:1243380. doi: 10.3389/ffgc.2023.1243380
- Pratama, A., Dewi, N., Sofia, P., Muhammad, K., Megawati, L. R. (2024). Sustainability Reporting Ecosystem and IFRS S1 and S2: How Accounting Research can assist its Implementation. *Journal of Ecohumanism*, 3(4), 3101–3129. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i4.3830>
- Pratama, A., Dewi, N., Sofia, P., Muhammad, K., Megawati, L. R. (2024). Sustainability Reporting Ecosystem and IFRS S1 and S2: How Accounting Research can assist its Implementation. *Journal of Ecohumanism*, 3(4), 3101–3129. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i4.3830>
- Pratama, A., Dewi, N., Sofia, P., Muhammad, K., Megawati, L. R. (2024). Sustainability Reporting Ecosystem and IFRS S1 and S2: How Accounting Research can assist its Implementation. *Journal of Ecohumanism*, 3(4), 3101–3129. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i4.3830>

- Puls, S.J., Cook, R.L., Baker, J.S. et al. Modeling wood product carbon flows in southern us pine plantations: implications for carbon storage. *Carbon Balance Manage* 19, 8 (2024). <https://doi.org/10.1186/s13021-024-00254-4>
- Rahman, S., Sinnewe, E., Chapple, L., & Osborne, S. (2023). Environment-specific political risk mitigation: political lobbying versus green innovation. *Journal of Business Finance & Accounting*, 51(5-6), 911-942. <https://doi.org/10.1111/jbfa.12740>
- Rahmianingsih, A. and Malau, M. (2022). Carbon emission disclosure and firm value: does eco-efficiency moderate this relationship?. *International Journal of Social Service and Research*, 2(12), 1310-1324. <https://doi.org/10.46799/ijssr.v2i12.206>
- Rajani, D. (2024). The role of esg disclosure practices in investment decisions. *Epra International Journal of Environmental Economics Commerce and Educational Management*, 30-37. <https://doi.org/10.36713/epra15522>
- Randazzo, N., Gordon, D., & Hamburg, S. (2023). Improved assessment of baseline and additionality for forest carbon crediting. *Ecological Applications*, 33(3). <https://doi.org/10.1002/eap.2817>
- Ruotsalainen, R., Pukkala, T., Kangas, A., Myllymäki, M., & Packalen, P. (2021). Economic losses in carbon forestry due to errors in inventory data. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(4), 501-512. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0251>
- Sani, A., Oyedokun, G.E. (2024). Carbon accounting information disclosure and investors' attitudes towards investing in nigerian economy. *CNAJ*, 32(1), 13-30. <https://doi.org/10.70518/cnaj.v32i1.02>
- Sebestyén, T. T. (2024). Evaluation of the Carbon Footprint of Wooden Glamping Structures by Life Cycle Assessment. *Sustainability*, 16(7), 2906. <https://doi.org/10.3390/su16072906>
- Schau, E. M., Gavrić, I., Šušteršič, I., Prelovšek Niemelä, E., Dávid, B., Pečnik, J. G., DeVallance, D. B., & Tavzes, Č. (2023). Modelling the Slovenian Wood Industry's Response to the Greenhouse Gas Paris Agreement and the EU "Fit for 55" Green Transition Plan. *Sustainability*, 15(10), 8376. <https://doi.org/10.3390/su15108376>

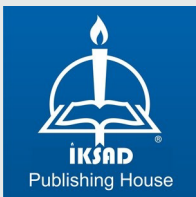
- Schulte, M., Hammar, T., Stendahl, J., Seleborg, M., & Hansson, P. (2021). Time dynamic climate impacts of a eucalyptus pulp product: life cycle assessment including biogenic carbon and substitution effects. *GCB Bioenergy*, 13(11), 1831-1850. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12894>
- Shahimi, S., B.A.M., H.-S., & S.F., H. (2023). Sustainability Practices and Financial Profitability: The Case of the World's Top 20 Crude Palm Oil Producers. *Sage Open*, 13(4). <https://doi.org/10.1177/21582440231203832>
- Shrestha, A., Eshpeter, S., Li, N. et al. Inclusion of forestry offsets in emission trading schemes: insights from global experts. *J. For. Res.* 33, 279–287 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11676-021-01329-5>
- Siddi, M. (2021). A green revolution? a tentative assessment of the european green deal. *International Organisations Research Journal*, 16(3), 85-107. <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2021-03-04>
- Singh, T., Arpanaei, A., Elustondo, D., Wang, Y., Stocchero, A., West, T., & Fu, Q. (2022). Emerging technologies for the development of wood products towards extended carbon storage and co2 capture. *Carbon Capture Science & Technology*, 4, 100057. <https://doi.org/10.1016/j.ccst.2022.100057>
- Smyth, C., Xu, Z., Lemprière, T., & Kurz, W. (2020). Climate change mitigation in british columbia's forest sector: ghg reductions, costs, and environmental impacts. *Carbon Balance and Management*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13021-020-00155-2>
- Soimakallio, S., Böttcher, H., Niemi, J., Mosley, F., Turunen, S., Hennenberg, K. J., Reise, J., & Fehrenbach, H. (2022). Closing an open balance: The impact of increased tree harvest on forest carbon. *GCB Bioenergy*, 14, 989–1000. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12981>
- Soimakallio, S., Kalliokoski, T., Lehtonen, A. et al. On the trade-offs and synergies between forest carbon sequestration and substitution. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 26, 4 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09942-9>
- Song C (2024) Analysis of China's carbon market price fluctuation and international carbon credit financing mechanism using random forest model. *PLoS ONE* 19(3): e0294269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294269>

- Su, C., Liu, X., & Du, W. (2020). Green supply chain decisions considering consumers' low-carbon awareness under different government subsidies. *Sustainability*, 12(6), 2281. <https://doi.org/10.3390/su12062281>
- Švajlenka, J. and Kozlovská, M. (2020). Elements of the fourth industrial revolution in the production of wood buildings. *Tehnički Glasnik*, 14(3), 365-368. <https://doi.org/10.31803/tg-20200618130201>
- Svobodová H, Hlaváčková P. Forest as a source of renewable material to reduce the environmental impact of buildings. *J. For. Sci.*. 2023;69(10):451-462. doi: 10.17221/65/2023-JFS.
- Tagliapietra, S., Trasi, C., & Veugelers, R. (2023). Europe's Green Industrial Policy. *ICE, Revista De Economía*, (932). <https://doi.org/10.32796/ice.2023.932.7657>
- Tai, V. (2024). Understanding and application of smes on sustainable management: a case study in vietnam. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 5(2), 611-616. <https://doi.org/10.54660/.ijmrge.2024.5.2.611-616>
- Talvitie, I., Kinnunen, A., Amiri, A., & Junnila, S. (2023). Can future cities grow a carbon storage equal to forests?. *Environmental Research Letters*, 18(4), 044029. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acc677>
- Theresa Boiger, Claudia Mair-Bauernfeind, Raphael Asada, Tobias Stern (2024). Shifting wood between material and energy use: modeling the effects of substitution. *Journal of Industrial Ecology*, 28(5), 1198-1211. <https://doi.org/10.1111/jiec.13530>
- Thengane, S., Kung, K., Hunt, J., Gilani, H., Lim, C., Sokhansanj, S., Sanchez, D. (2021). Market prospects for biochar production and application in california. *Biofuels Bioproducts and Biorefining*, 15(6), 1802-1819. <https://doi.org/10.1002/bbb.2280>
- Tolkach, V. (2023). The importance of international financial reporting standards (ifrs) and the new sustainability reporting standards, ifrs s1 and ifrs s2, in sustainable business development in the us. *Věda a Perspektivy*, (7(26)). [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2023-7\(26\)-282-290](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2023-7(26)-282-290)
- Valatin, G. (2022). Forest Green Infrastructure and the Carbon Storage and Substitution Benefits of Harvested Wood Products. In: Nakamura, F.

- (eds) Green Infrastructure and Climate Change Adaptation. Ecological Research Monographs. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-6791-6\\_26](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6791-6_26)
- Viksne, G., Vamža, I., Terjanika, V., Bezrucko, T., Pubule, J., & Blumberga, D. (2022). CO2 storage in logging residue products with analysis of energy production scenarios. *Environmental and Climate Technologies*, 26(1), 1158-1168. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2022-0087>
- Wang, J., Cui, Q., & He, M. (2022). Hybrid intelligent framework for carbon price prediction using improved variational mode decomposition and optimal extreme learning machine. *Chaos Solitons & Fractals*, 156, 111783. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2021.111783>
- Warokka, A., Barroso, M. M., & Aqmar, A. Z. (2024). From Emissions to Economy: Company Characteristics and Carbon Disclosure in Southeast Asia. *Journal of Sustainable Economics*, 2(1), 10-23. <https://doi.org/10.32734/jse.v2i1.16440>
- Wei, X., Zhao, J., Hayes, D.J. et al. A life cycle and product type based estimator for quantifying the carbon stored in wood products. *Carbon Balance Manage* 18, 1 (2023). <https://doi.org/10.1186/s13021-022-00220-y>
- Weida Chen, Zhouhao Chen (2024). Production and carbon emission reduction decisions of remanufacturing firms with low-carbon credit financing under uncertain demand. *Managerial and Decision Economics*, 45(5), 3163-3179. <https://doi.org/10.1002/mde.4182>
- Wu, X., Zhu, J., & Wang, X. (2021). A review on carbon reduction analysis during the design and manufacture of solid wood furniture. *Bioresources*, 16(3), 6212-6230. <https://doi.org/10.15376/biores.16.3.6212-6230>
- Wu, Y. (2023). Supply chain cooperative emission reduction strategy considering government subsidies and sales efforts. *Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Management and Information Science, EMIS 2023, February 24-26, 2023, Chengdu, China*. <https://doi.org/10.4108/eai.24-2-2023.2330673>
- Xie, S., Kurz, W., & McFarlane, P. (2023). Substitution benefits of british columbia's mitigation strategies in the bioeconomy. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 28(3). <https://doi.org/10.1007/s11027-023-10055-8>

- Xu, H. and Wang, M. (2021). A novel carbon price fluctuation trend prediction method based on complex network and classification algorithm. *Complexity*, 2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/3052041>
- Xu, X., Shen, T., Zhang, X., & Chen, H. (2020). The role of innovation investment and executive incentive on financial sustainability in tech-capital-labor intensive energy company: moderate effect. *Energy Reports*, 6, 2667-2675. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.09.011>
- Yang, H., Kikuta, K., & Hayashi, M. (2023). Research on the whole lifecycle emission reduction effect of buildings with different structures in severely cold regions—a case study in china. *Energies*, 16(14), 5285. <https://doi.org/10.3390/en16145285>
- Yang, Y. and Xu, X. (2023). Production and carbon emission abatement decisions under different carbon policies: supply chain network equilibrium models with consumers' low-carbon awareness. *International Transactions in Operational Research*, 31(4), 2734-2764. <https://doi.org/10.1111/itor.13242>
- Yıldızbaş, N. T., Hernández, H. K., Yıldırım, H., and Güneş, Y. (2023). "Carbon emissions trading potential of Türkiye's forest," *BioResources* 18(4), 8409-8431.
- Yuan, S. and Pan, X. (2021). Corporate carbon disclosure, financing structure and total factor productivity: evidence from chinese heavy polluting listed corporates.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1087625/v1>
- Zainul Armir, N. A., Zakaria, S., Ara Begum, R., Chamhuri, N., Mohd Ariff, N., Harun, J., Mohd Talib, N., and Kadir, M. (2020). "The readiness of peninsular Malaysia wood-based industries for achieving sustainability," *BioRes.* 15(2), 2971-2993.
- Zawawi, N., Yaacob, M., Wahab, S., Awang, K., Ahmed, S., & Nuh, R. (2022). Green vehicles, incentives and policies: a view from logistics companies in malaysia. *Iop Conference Series Materials Science and Engineering*, 1244(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1244/1/012013>
- Zhang, W. and Wu, Z. (2021). Optimal hybrid framework for carbon price forecasting using time series analysis and least squares support vector machine. *Journal of Forecasting*, 41(3), 615-632. <https://doi.org/10.1002/for.2831>

- Zhang, X., Li, Z., Zhao, Y. et al. Carbon trading and COVID-19: a hybrid machine learning approach for international carbon price forecasting. *Ann Oper Res* 345, 1267–1295 (2025). <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05327-0>
- Zhao, J., Wei, X., & Li, L. (2022). The potential for storing carbon by harvested wood products. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.1055410>
- Zhou, J., & Chen, D. (2021). Carbon Price Forecasting Based on Improved CEEMDAN and Extreme Learning Machine Optimized by Sparrow Search Algorithm. *Sustainability*, 13(9), 4896. <https://doi.org/10.3390/su13094896>
- Zhu, B., Zhang, J., Wan, C., Chevallier, J., & Wang, P. (2022). An evolutionary cost-sensitive support vector machine for carbon price trend forecasting. *Journal of Forecasting*, 42(4), 741-755. <https://doi.org/10.1002/for.2916>
- Zhu, F., Liu, P., & Hu, P. (2022). Prediction of carbon emission right price based on xgboost algorithm. *Frontiers in Business Economics and Management*, 7(1), 61-67. <https://doi.org/10.54097/fbem.v7i1.3741>
- Zute, D., Samariks, V., Šņepsts, G., Donis, J., & Jansons, Ā. (2024). Balancing Forest Regulations and Stakeholder Needs in Latvia: Modeling the Long-Term Impacts of Forest Management Strategies on Standing Volume and Carbon Storage. *Sustainability*, 16(1), 280. <https://doi.org/10.3390/su16010280>



**ISBN: 978-625-378-200-9**