

6th INTERNATIONAL ACADEMIC RESEARCHES FOR SUSTAINABILITY 2025

Tam Metin Bildiri Kitabı

Editör: Prof. Dr. Halit Targan ÜNAL & Prof. Dr. Sevil VELİ

ISBN 978-625-5674-58-6



**6TH INTERNATIONAL ACADEMIC RESEARCHES
FOR SUSTAINABILITY 2025**

INARS CONGRESS TAM METİN KİTABI -2025

Artikel Akademi

ISBN 978-625-5674-58-6

09.07.2026

Artikel Akademi bir Karadeniz Kitap Ltd. Şti. markasıdır.

KARADENİZ KİTAP LTD. ŞTİ.

Koşuyolu Mah. Mehmet Akfan Sok. No:67/3 Kadıköy-İstanbul

Tel: 0530 076 94 90

Yayıncı Sertifika No: 19708

mail: info@artikelakademi.com

www.artikelakademi.com

KONGRE ONURSAL BAŐKANLARI

Prof. Dr. Erkut ALTINDAĞ/ Doğuş Üniversitesi Rektör Yardımcısı

Prof. Dr. Elif ÖĞÜT / Kocaeli Üniversitesi Rektör Yardımcısı

KONGRE BAŐKANLARI

Prof. Dr. Halit Targan ÜNAL/ Doğuş Üniversitesi

Prof. Dr. Sevil VELİ / Kocaeli Üniversitesi

DÜZENLEME KURULU BAŞKANI

Dr. Öğr. Üyesi Hanife Candır ŞİMŞEK/ Doğuş Üniversitesi
Doç. Dr. Canan CİMŞİT / Kocaeli Üniversitesi

DÜZENLEME KURULU

Doç. Dr. Aysel ÇETİNKAYA / Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. Gözde MERT / Nişantaşı Üniversitesi
Doç. Dr. Semra BOĞA ŞAHİN/ Doğuş Üniversitesi
Doç. Dr. Taleh HALİLOV/ Nahçıvan Devlet Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Burak BEDER / Doğuş Üniversitesi
Öğr. Gör. Kamran VELİZEDE / Nahçıvan Devlet Üniversitesi
Arş. Gör. Sunay ÇIRALI / Doğuş Üniversitesi
Arş. Gör. Gizem BÜYÜKGÜNER SÖNMEZ / Kocaeli Üniversitesi

YABANCI KURULLAR

Prof. Dr. Ganna PANASENKO – State Tax University, Ukraine

Prof. Dr. Halis ŞİMŞEK – Purdue University, USA

Prof. Dr. Marija BOGATAJ – University of Ljubljana, Slovenia

Prof. Dr. Mine KARATAŞ ÖZKAN – University of Southampton Business School, UK

Prof. Dr. Mohd EZREE ABDULLAH – Universiti Tun Hussein Onn, Malaysia

Prof. Dr. Petar ĐUKIĆ – University of Belgrade, Serbia

Prof. Dr. Rodrigo AMORIM – Universidade Federal Fluminense, Brazil

Prof. Dr. Senay ŞİMŞEK/ Purdue University, USA

Prof. Dr. Tom GILLPATRICK – Portland State University, USA

Assoc. Prof. Dr. A. Mohammed ABUBAKAR – Management Information Systems Department, Central Connecticut State University, USA

Assoc. Prof. Dr. Andrii OLIINYK – State University of Trade and Economics, Ukraine

Assoc. Prof. Dr. Danijel MLINARIĆ – University of Zagreb, Croatia

Assoc. Prof. Giovany CAJAIBA – International University of Monaco

Assoc. Prof. Dr. A. Mohammed ABUBAKAR – Central Connecticut State University, USA

Assoc. Prof. Vəliyev Rövşən XƏLİL OĞLU – Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu, Azerbaijan

Assistant Prof. Hatice CEYLAN KOYDEMİR – Texas A&M University, USA

Assistant Professor Dr. Mohd AFJAL/ Al Qasimia University, United Arab Emirates

Assistant Prof. Dr. Sadaf MUBEEN – University of Education, Lahore, Pakistan

Dr. Brandon PRICE – Virginia Commonwealth University, USA /
Universidad Panamericana, Mexico

Dr. Eirini DASKALAKI – Metropolitan College, Crete Campus, Greece

Dr. Muhammad Hassam SHAHID – Virtual University of Pakistan

BİLİM KURULU

- Prof. Dr. Abdülkadir ŞENKAL (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Ahmet SELAMOĞLU (Okan Üniversitesi)
Prof. Dr. Ali HEPŞEN (Bahçeşehir Üniversitesi)
Prof. Dr. Ayben KOY (Fenerbahçe Üniversitesi)
Prof. Dr. Barış ÇOBAN (Doğuş Üniversitesi)
Prof. Dr. Beyhan PEKEY (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Börke TUNALI (İstanbul Üniversitesi)
Prof. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)
Prof. Dr. Çiğdem ÇAĞLAYAN (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Dinçer ATLI (İstanbul Esenyurt Üniversitesi)
Prof. Dr. Doğa B. SARIİPEK (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Elif KAÇAR (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Elif ÖĞÜT (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Elşen VELİ (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Emel ÇETİNKAYA (Sakarya Üniversitesi)
Prof. Dr. Emel İRTEM (Doğuş Üniversitesi)
Prof. Dr. Emin AKÇAOĞLU (Manisa Celal Bayar Üniversitesi)
Prof. Dr. Engin ÖZDEMİR (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Erişah ARICAN (Marmara Üniversitesi)
Prof. Dr. Erkut ALTINDAĞ (Doğuş Üniversitesi)
Prof. Dr. Esra Can DOĞAN (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Figen BÜYÜKAKIN (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Gökçe CEREV (Kocaeli Üniversitesi)
Prof. Dr. Gökhan ÇAYLI (istanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa)
Prof. Dr. Gökhan KARABULUT (İstanbul Üniversitesi)
Prof. Dr. Hacer ŞADUMAN OKUMUŞ (Doğuş Üniversitesi)
Prof. Dr. Halit Targan ÜNAL (Doğuş Üniversitesi)
Prof. Dr. Halis ŞİMŞEK (Purdue University)
Prof. Dr. Kamil USLU (Doğuş Üniversitesi)
Prof. Dr. Levent ÇİNKO (Marmara Üniversitesi)
Prof. Dr. Murat Serhat SARISÖZEN (Doğuş Üniversitesi)

- Prof. Dr. Mehmet Ufuk KASIM (Kocaeli Üniversitesi)
- Prof. Dr. Melike İŞGÖREN (Kocaeli Üniversitesi)
- Prof. Dr. Mine KARATAS-OZKAN (University of Southampton Business School)
- Prof. Dr. Mitat UYSAL (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Mohd Ezree ABDULLAH (Universiti Tun Hussein Onn Malaysia)
- Prof. Dr. Nüket SARACEL (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Oya İnci BOLAT (Balıkesir Üniversitesi)
- Prof. Dr. Rafet AKDENİZ (Atlas Üniversitesi)
- Prof. Dr. Refika BAKOĞLU (Marmara Üniversitesi)
- Prof. Dr. Rodrigo AMORİM (Univerdidade Federal Fluminense)
- Prof. Dr. S. Deniz ÖZTEKİN (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Sema AKMAN (İstanbul Üniversitesi)
- Prof. Dr. Semra BİRGÜN (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Senar AYDIN (Necmettin Erbakan Üniversitesi)
- Prof. Dr. Senay Şimşek/ Purdue University USA
- Prof. Dr. Sevil VELİ (Kocaeli Üniversitesi)
- Prof. Dr. Sunullah ÖZBEK (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Süleyman ÖZDEMİR (İstanbul Esenyurt Üniversitesi)
- Prof. Dr. Şahamet BÜLBÜL (Fenerbahçe Üniversitesi)
- Prof. Dr. Şirin KARADENİZ (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Tarık BAYKARA (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Uğur YOZGAT (Nişantaşı Üniversitesi)
- Prof. Dr. Yaşar BÜLBÜL (Medeniyet Üniversitesi)
- Prof. Dr. Yelda ÖZKOÇAK (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Zeynep ÖKTEN (Nişantaşı Üniversitesi)
- Doç. Dr. Ali ÖZCAN (Nişantaşı Üniversitesi)
- Doç. Dr. Aliye Suna ERSES YAY (Sakarya Üniversitesi)
- Doç. Dr. Aysel ÇETİNKAYA (Kocaeli Üniversitesi)
- Doç. Dr. Bojan SİMOVSKİ (Ss. Cyril and Methodius University in Skopje)
- Doç. Dr. Bora YENİHAN (Kocaeli Üniversitesi)
- Doç. Dr. Bülent GÜNCELER (Okan Üniversitesi)
- Doç. Dr. Canan CİMŞİT (Kocaeli Üniversitesi)
- Doç. Dr. Cansu ŞARKAYA İÇELLİOĞLU (İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa)
- Doç. Dr. Cengiz KAHRAMAN (Ardahan Üniversitesi)
- Doç. Dr. Cihan SELEK ÖZ (Sakarya Üniversitesi)

- Doç. Dr. Ceyda OVACI (Okan Üniversitesi)
Doç. Dr. Edin GÜÇLÜ SÖZER (Okan Üniversitesi)
Doç. Dr. Emre KİSHALI (Kocaeli Üniversitesi)
Assoc. Prof. Giovany CAJAIBA (Santana International University of Monaco)
Doç. Dr. Gözde MERT (Nişantaşı Üniversitesi)
Doç. Dr. Hakan ARIDEMİR (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi)
Doç. Dr. Hakan ÖZCAN (İstanbul Gelişim Üniversitesi)
Doç. Dr. Menekşe ŞAHİN (Hitit Üniversitesi)
Doç. Dr. Merve Büşra ENGİN ÖZTÜRK (İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa)
Doç. Dr. Nermin DEMİRKOL (Kocaeli Üniversitesi)
Doç. Dr. Nesimi ÖZKURT (TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi)
Doç. Dr. Neslihan TÜRKMEÑOĞLU BAYRAKTAR (Kocaeli Üniversitesi)
Doç. Dr. Salih KALAYCI (Bursa Teknik Üniversitesi)
Doç. Dr. Salih TELLİOĞLU (Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi)
Doç. Dr. Selma AKÇAY (Çankırı Karatekin Üniversitesi)
Doç. Dr. Semra BOĞA ŞAHİN (Doğuş Üniversitesi)
Doç. Dr. Senem ALTAN (Doğuş Üniversitesi)
Doç. Dr. Simge ÇANKAYA (Kocaeli Üniversitesi)
Doç. Dr. Taleh HALİLOV/ Nahçıvan Devlet Üniversitesi
Doç. Dr. Tayfun ARAR (Kırıkkale Üniversitesi)
Doç. Dr. Vəliyev Rövşən XƏLİL OĞLU (Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu)
Doç. Dr. Zafer ÖZOMAY (Marmara Üniversitesi)
Doç. Dr. Zeynep Benan DONDURUCU DEDE (Kocaeli Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Alp EKER (Kocaeli Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Arda ERCAN (Kocaeli Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe İlgün KAMANLI (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Burak BEDER (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Elvin DİNLER KISAÇTUTAN (Trakya Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul KIRAÇ (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Fazıla DUYAN (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Efe Can MÜDERRİSOĞLU (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Güler ERTAŞ ÇAPAN (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hakan KAYA (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hanife CANDIR ŞİMŞEK (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Selçuk ETİ (Namık Kemal Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi İtir TOKSÖZ BULLENS (Doğuş Üniversitesi)

- Dr. Öğr. Üyesi İdris ADIGÜZEL (Nişantaşı Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Mehmed ZAHİD ÇÖGENLİ (Uşak Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet BAMYACI (Kocaeli Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Murat ESMER (Kocaeli Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Özay ÖZAYDIN (İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa)
Dr. Öğr. Üyesi Özden İBRAHİMAĞAOĞLU (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Selcen VODİNALI (Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Sevilay OKKAY (Kocaeli Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Suna GÖNÜLTAŞ (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Uygur ÖZTÜRK (Bitlis Eren Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Yıldırım Onur ERDİREN (Namık Kemal Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf YALÇIN (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Aynur YAŞAR (Kocaeli Üniversitesi)
Dr. Eda AYAYDIN (University of London Institute in Paris)
Dr. Ezgi DEMİRAL (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Gülşen YURDAKUL (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Irmak AKSOY (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Semih EVCİMAN (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi SİDDİKA AKDENİZ (Şırnak Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Şeref KOCAMAN (Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi)
Arş. Gör. Dr. Ezgi AYDOĞAN (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Tansu IŞIKAY (Doğuş Üniversitesi)
Dr. Yeşim ERÖNAL (İstanbul Üniversitesi)

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	13
THE CARBON FOOTPRINT OF NURSING SERVICES ENVIRONMENTAL IMPACTS	17
Ahmet ÖZDEMİR & İlayda TÜRKÖĞLU& Merdiye ŞENDİR	
THE IMPACT OF THE GREEN PORT CERTIFICATION PROCESS ON SUSTAINABLE PORT MANAGEMENT IN TÜRKİYE	27
Betül GEZGEN & Umur BUCAK	
THE ENVIRONMENTAL DIMENSION OF TRANSPORT AND LOGISTICS IN TOURISM: A SYSTEMATIC REVIEW WITH A FOCUS ON CLIMAT CHANGE AND SUSTAINABILITY	43
Mustafa YILMAZ & Burcu YILMAZ	
TÜBİTAK PROJESİ KAPSAMINDA YAPILAN ATÖLYE ÇALIŞMALARININ GENÇLERİN ÇEVRESEL MESAJLARI ALIMLAMA BİÇİMİNE ETKİSİ: NİTEL BİR İNCELEME	65
Kenan DEMİRCİ & Deniz Özer ALPER	
SUSTAINABLE PRODUCTION OF HIGH-STRENGTH STEELS THROUGH OPTIMIZED CONTINUOUS COOLING STRATEGIES	87
Emre ALAN & Muharrem GÜRGEN	
SU VE ATIKSU ORTAMLARINDA PFAS'LARIN (SONSUZ KİMYASALLAR) ÇEVRESEL VE SAĞLIK ETKİLERİ	103
Meral YURTSEVER & Samiullah SERAT	
KURUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİNİN DÖNÜŞÜMÜ: DİJİTAL/YAPAY ZEKÂ TABANLI YENİ NESİL İŞ MODELLERİ	117
Gülcan AYRAL & Nüket SARACEL	

DİJİTAL OKURYAZARLIĞIN SOSYAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKTEKİ ROLÜ 131

Mert HIZMALI

THE ENVIRONMENTAL FOOTPRINT OF GENERATIVE AI: CURRENT STATE AND
SUSTAINABLE SOLUTIONS..... 145

Mustafa Kemal MAYUK

DENİM ÜRETİMİ KAYNAKLI ATIKSULARIN YÖNETİMİNDE GÜNCEL YEŞİL MÜHENDİSLİK
YAKLAŞIMLARI 155

Nuriye ESENCELİ

İKİZ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİNDE LOJİSTİKTE KARBON AZALTIMI: DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN
STRATEJİK ROLÜ..... 163

Sevda KIRMIZIOĞLU & Saniye YILDIRIM ÖZMUTLU

FINANS SEKTÖRÜNDE YEŞİLE BOYAMA: TÜRKİYE İÇİN POLİTİKA ÖNERİLERİ 179

Sinan ŞAHİN

EVALUATING CARBON-COST EFFICIENCY IN FREIGHT TRANSPORT A FINANCIAL AND
ENVIRONMENTAL COMPARISON OF RAILAND ROAD 195

Tara Nyatichi Mongina NYAMWARO & Niyazi Özgür BEZGİN

NİŞASTA SEKTÖRÜNDE DOĞRUDAN SERA GAZI EMİSYONLARININ
BELİRLENMESİ VE AZALTILMASI İÇİN GELİŞTİRİLEN YÖNTEMLER 205

Ayşenur FARIMAZ & Sevil VELİ

MİCHELİN YEŞİL YILDIZLI RESTORANLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÇERÇEVESİNDE
DEĞERLENDİRİLMESİ; TÜRKİYE ÖRNEĞİ217

Görkem TEYİN & Emir Talha YARDIMCI

MTOPLUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN EROZYONU: ABLUKA FILMİNDE GÜVENCESİZLİK,
DENETİM MEKÂNLARI VE MEKÂNSAL ŞİDDETİN SOSYOLOJİK İNŞASII237

Ülkü Hayriye İNCİ

ÖNSÖZ

Sürdürülebilir kalkınma vizyonunun bilimsel bilgi, kurumsal sorumluluk ve toplumsal beklentilerle bütünleştiği bir zeminde gerçekleştirilen **6. Uluslararası Akademik Sürdürülebilirlik Araştırmaları Kongresi (INARS 2025)**, farklı disiplinlerden akademisyenleri, kamu ve özel sektör temsilcilerini, araştırmacıları ve öğrencileri ortak bir amaç etrafında bir araya getirmiştir.

Günümüzde sürdürülebilirlik, yalnızca çevresel sorunları ele alan dar bir çerçeve olmaktan çıkmış; ekonomik kırılganlıklar, jeopolitik belirsizlikler, dijital dönüşüm, yeşil finansman araçları, kurumsal yönetim ve toplumsal refah gibi çok boyutlu alanları kapsayan bütüncül bir yönetim paradigmasına dönüşmüştür. 21. yüzyılın karmaşık risk ortamında, sürdürülebilirlik artık kurumlar için bir tercih ya da rekabet avantajı değil, var olmanın temel koşuludur.

Son yıllarda yaşanan iklim temelli afetler, küresel ölçekte artan ekonomik kayıplar ve finansal sistem üzerindeki baskılar; iklim değişikliğinin soyut bir gelecek senaryosu değil, ölçülebilir ve yönetilmesi gereken bir gerçeklik olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Bu süreçte TCFD, IFRS S1/S2, CSRD ve ESRS gibi uluslararası raporlama ve düzenleme çerçeveleri, sürdürülebilirliğin kurumsal stratejilerin merkezine yerleştiğini göstermektedir. Yeşil finansman araçlarının ulaştığı hacim ise sürdürülebilirliğin aynı zamanda güçlü bir ekonomik zorunluluk ve fırsat alanı olduğunu teyit etmektedir.

Öte yandan teknoloji ve özellikle yapay zekâ uygulamaları, sürdürülebilirlik yönetiminde yeni bir dönemi mümkün kılmaktadır. Karbon ayak izinin gerçek zamanlı izlenmesi, tedarik zinciri şeffaflığı, iklim risk modellemeleri ve enerji verimliliği optimizasyonu gibi alanlarda yaşanan gelişmeler, bilimsel bilgi ile uygulama arasındaki mesafeyi hızla kapatmaktadır. Bu dönüşüm, disiplinler arası iş birliğini her zamankinden daha önemli hâle getirmektedir.

Bu kongre; akademinin analitik gücünü, iş dünyasının uygulama ve yatırım

kapasitesini ve kamunun düzenleyici rolünü bir araya getirerek, sürdürülebilirliğe ilişkin ortak bir düşünce ve eylem zemini oluşturmayı amaçlamaktadır. Sunulan bildiriler; çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla sürdürülebilirliği ele alarak, hem kuramsal tartışmalara hem de uygulamaya dönük politika ve stratejilere önemli katkılar sunmaktadır.

Ayrıca bu kongre, yalnızca mevcut bilgi birikiminin paylaşılmasıyla sınırlı kalmayan; geleceğe dönük araştırma gündemlerinin şekillendirilmesine, üniversiteler arası ve disiplinler arası iş birliklerinin güçlendirilmesine ve sürdürülebilirlik alanında uzun vadeli akademik ve kurumsal ağların oluşturulmasına da zemin hazırlayan bir platform niteliği taşımaktadır. Kongre kapsamında ortaya çıkan tartışmaların, yeni araştırma projelerine, ortak yayınlara ve uygulamaya aktarılabilir politika önerilerine dönüşmesi, bu buluşmanın en önemli çıktılarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Elinizde bulunan **Kongre Tam Metin Kitabı**, bu ortak aklın ve bilimsel emeğin somut bir yansımasıdır. Burada yer alan çalışmaların, sürdürülebilirlik alanında yeni araştırmalara, iş birliklerine ve dönüşüm adımlarına ilham vermesini temenni ediyorum.

Bu vesileyle, kongrenin gerçekleştirilmesinde emeği geçen tüm paydaş kurumlara, düzenleme ve bilim kurullarına, bildirimleriyle katkı sunan değerli akademisyenlere ve araştırmacılara içten teşekkürlerimi sunuyorum. Kongremizin, sürdürülebilir bir gelecek inşasına yönelik bilimsel ve toplumsal katkılarının artarak devam etmesini diliyorum.

Kongre Başkanı

Prof. Dr. Halit Targan ÜNAL

Saygıdeğer Rektörlerimiz ve Rektör Yardımcılarımız, Değerli Kongre Başkanım, Kıymetli Akademisyenler, Değerli Sektör Temsilcileri, Saygıdeğer Katılımcılar ve Sevgili Öğrenciler;

Doğuş Üniversitesi Karbon Ayak İzi ve Sürdürülebilirlik Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürümüzün, sürdürülebilirliği küresel riskler, ekonomik dönüşüm, teknoloji ve yönetim boyutlarıyla ele alan ufuk açıcı konuşmasının ardından, sizlere **Kocaeli Üniversitesi adına hitap etmekten büyük bir onur ve memnuniyet duyuyorum.** Hepinizi saygı ve sevgiyle selamlıyorum.

Bugün burada, Doğuş Üniversitesi'nin ev sahipliğinde; Kocaeli Üniversitesi ve INARS CONGRESS iş birliğiyle düzenlenen **6th International Academic Researches for Sustainability 2025 – INARS 2025 Kongresi** (6. Sürdürülebilirlik için Uluslararası Akademik Araştırmalar 2025-INARS 2025 Kongresi) kapsamında bir araya gelmiş olmamız, üniversiteler arası iş birliğinin sürdürülebilirlik alanında ne denli **stratejik ve dönüştürücü bir değer** taşıdığının somut bir göstergesidir. Bu kongre, yalnızca bir akademik paylaşım ortamı değil; aynı zamanda **ortak sorumluluklarımızı, ortak aklı ve ortak geleceğimizi birlikte inşa ettiğimiz güçlü bir uluslararası platformdur.**

İçinde bulunduğumuz çağda sürdürülebilirlik, artık yalnızca çevresel bir hassasiyet alanı değil; ekonomik dayanıklılığın, toplumsal refahın ve kurumsal yönetişimin temel belirleyicilerinden biri haline gelmiştir. İklim krizi, doğal kaynakların hızla tükenmesi, toplumsal eşitsizlikler, göç hareketleri ve dijital dönüşümün yarattığı yeni risk alanları; bizleri bütüncül, disiplinler arası ve iş birlikçi çözümler üretmeye zorlamaktadır. Bu noktada üniversiteler; yalnızca bilgi üreten kurumlar değil, aynı zamanda çözüm geliştiren, yol gösteren ve dönüşümü yöneten yapılar olarak kritik bir role sahiptir.

Kongremizin ana teması olan “Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Boyutlarıyla Sürdürülebilirlik: Üniversiteler Arası İş Birliğiyle Gezegen, Toplum ve Ekonomide Dönüşümün İnşası”, bu bütüncül bakış açısını son derece güçlü biçimde yansıtmaktadır. Çevresel sorunların sosyal ve ekonomik etkilerden; sosyal politikaların ise ekonomik yapılardan bağımsız düşünülmemeyeceği bir dönemde yaşıyoruz.

Dolayısıyla sürdürülebilirlik, tek boyutlu yaklaşımlarla değil; disiplinler arası bilgi üretimi ve ortak akıl ile ele alınması gereken bir alandır.

Bu anlayış doğrultusunda yapılandırılan kongremiz; sürdürülebilirliğin çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarını birbirini tamamlayan başlıklar olarak ele almakta ve farklı disiplinlerden akademisyenleri ortak bir bilimsel zeminde buluşturmaktadır. Farklı ülkelerden ve farklı alanlardan akademisyenlerin bilgi ve deneyimlerini paylaşması, sürdürülebilirlik alanında ortak bir akademik dil ve vizyon oluşmasına önemli katkılar sunmaktadır.

INARS 2025 Kongresi'nin uluslararası niteliği de bu etkileşimi güçlendiren önemli bir unsurdur. Toplam 157 bildirinin başvurmuş olması; kongremizin bilimsel cazibesini, akademik güvenilirliğini ve uluslararası görünürlüğünü açıkça ortaya koymaktadır. Kongremizin hibrit formatta gerçekleştirilmesi ise akademik paylaşımı daha kapsayıcı ve erişilebilir bir yapıya kavuşturmuştur.

Bilimsel niteliği titizlikle korunan bu kongrede; çift kör hakemlik süreci, etik yayın ilkeleri, ISBN'li özet kitabı ve kitap bölümü yayın olanakları, tam metin yayın imkânları, üretilen akademik bilginin kalıcılığını ve niteliğini güvence altına almaktadır. Ayrıca ulusal ve uluslararası hakemli dergilerde yayın seçeneklerinin sunulması, bu platformda ortaya konan çalışmaların daha geniş akademik çevrelere ulaşmasına olanak sağlamaktadır.

Kocaeli Üniversitesi olarak bizler, sürdürülebilirliği kurumsal vizyonumuzun temel bileşenlerinden biri olarak görmekteyiz. Sürdürülebilirlik Ofisimiz aracılığıyla; çevresel farkındalık, toplumsal duyarlılık ve sürdürülebilir ekonomik yaklaşımları kapsayan çok sayıda akademik ve uygulamalı çalışmayı hayata geçiriyoruz. Bu Kongremiz de, üniversitelerimiz arasında imzalanan iş birliği protokolünün somut, anlamlı ve kalıcı çıktılarından biri olarak bizim için ayrı bir önem taşımaktadır.

Bu vesileyle, bu değerli organizasyonun hayata geçirilmesinde emeği geçen başta Doğu Üniversitesi olmak üzere; değerli Rektörlerimize, Kongre Başkanımız Sayın Prof. Dr. Halit Targan Ünal'a, düzenleme ve bilim kurulu üyelerine, hakemlerimize, destek veren kurum ve paydaşlara Kocaeli Üniversitesi adına içten teşekkürlerimi sunuyorum. İnanıyorum ki INARS 2025 Kongresi, sürdürülebilir bir gelecek adına yeni iş birliklerine, nitelikli akademik çalışmalara ve kalıcı bilimsel katkılara vesile olacak; üniversitelerin bu alandaki öncü rolünü daha da güçlendirecektir. Bu düşüncelerle, kongremizin hepimiz için verimli, ilham verici ve başarılı geçmesini diliyorum; hepinizi saygıyla selamlıyorum.

Prof. Dr. Sevil VELİ
Kongre Başkanı

THE CARBON FOOTPRINT OF NURSING SERVICES ENVIRONMENTAL IMPACTS

Arş. Gör. Ahmet ÖZDEMİR

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Hemşirelik Fakültesi

ozdmahmet@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-8408-8372>

Dr. Öğr. Üyesi İlayda TÜRKÖĞLU

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Hemşirelik Fakültesi

ilayda.tturkoglu@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2382-6257>

Prof. Dr. Merdiye ŞENDİR

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Hemşirelik Fakültesi

merdiye.sendir@sbu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-8243-1669>

ÖZET

İklim krizi, insan sağlığını tehdit eden en büyük küresel sorunlardan biridir. Sağlık sektörü, küresel karbon emisyonlarını artıran başlıca sektörlerden biridir. Hemşirelik hizmetleri, yoğun bakım süreçlerinden evde bakıma kadar geniş bir yelpazede enerji tüketimi, ilaç yönetimi ve atık süreçleriyle bu emisyonlarda belirleyici rol oynamaktadır. Sağlık sektörü, küresel karbon emisyonlarının önemli bir bölümünden sorumlu olmasına rağmen, bu emisyonların klinik bakım süreçlerindeki, özellikle hemşirelik uygulamalarındaki spesifik kaynaklarına dair literatürdeki veri ve çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu derlemenin amacı, kısıtlı sayıda güncel çalışmaları analiz ederek hemşirelik hizmetlerinin karbon yükünü (enerji, ilaç, atık) belirlemek ve dijital sağlık uygulamalarının çevresel maliyet-kazanç dengesini değerlendirmektir.

Çalışma, geleneksel derleme türünde hazırlanmıştır. Çalışmada Web of

Science, PubMed, CINAHL, EBSCO, Scopus, Google Scholar veri tabanlarında “nursing”, “nursing care”, “healthcare”, “carbon footprint” ve “greenhouse gas emissions” anahtar kelimeleri ile tarama yapılmıştır. Son 10 yılda (2015-2025) yayınlanmış, tam metnine ulaşılabilen toplam 127 (İngilizce ve Türkçe) çalışma taranmış, bunlardan konuyla doğrudan ilgili olan 19 temel çalışma derlemeye dahil edilmiştir.

Literatür incelendiğinde, sağlık hizmetlerinin toplam yerli emisyonlara katkısının %5,2 olduğu ve yaşlanan nüfusla birlikte hemşirelik hizmetlerine olan talep arttıkça bu oranın yükseldiği bildirilmektedir. Klinik bazlı analizlerde, yoğun bakım ünitelerinde karbon ayak izinin en büyük bileşeninin %76-%87 oranıyla enerji tüketimi (ısıtma, havalandırma) olduğu, sarf malzemelerinin ise ikincil sırada kaldığı belirtilmektedir. İlaç yönetimi açısından bakıldığında, yoğun bakım ünitelerindeki sedasyon uygulamalarında ilaç israfı oranının %25’e kadar çıkabildiği ve bu israfın karbon yükünü artırdığı vurgulanmaktadır. Öte yandan; sürdürülebilir bir alternatif olarak evde bakımda “tele-sağlık” uygulamaları ile kıyaslandığında fiziksel ziyaretlere kıyasla tele-sağlık görüşmelerinin, ulaşım kaynaklı emisyonları ortadan kaldırarak küresel ısınma katkısını %60 oranında azalttığı da ifade edilmektedir.

Sonuç olarak; hemşirelik alanında karbon ayak izini ölçen çalışmaların azlığı, bu alanda kanıta dayalı stratejiler geliştirilmesini zorlaştırmaktadır. Mevcut veriler, en büyük kazanımın enerji tasarrufu ve ilaç israfının önlenmesiyle sağlanacağını göstermektedir. Ayrıca tele-sağlık “sıfır emisyonlu” bir yöntem olmamakla birlikte, fiziksel ulaşımına kıyasla “düşük karbonlu” güçlü bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelecekte, hemşirelik uygulamalarının dijital ve fiziksel çevresel etkilerini birlikte ele alan daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Hemşirelik, hemşirelik bakımı, sağlık bakımı, karbon ayak izi, sera gazı emisyonu

THE CARBON FOOTPRINT OF NURSING SERVICES: ENVIRONMENTAL IMPACTS

ABSTRACT

Res. Asst. Ahmet ÖZDEMİR

University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Nursing

ozdmahmet@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-8408-8372>

Asst. Prof. İlayda TÜRKÖĞLU

University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Nursing

ilayda.tturkoglu@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2382-6257>

Prof. Dr. Merdiye ŞENDİR

University of Health Sciences, Hamidiye Faculty of Nursing

merdiye.sendir@sbu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-8243-1669>

ABSTRACT

The climate crisis is one of the greatest global challenges threatening human health. The healthcare sector is one of the main contributors to increasing global carbon emissions. Nursing services play a decisive role in these emissions through energy consumption, medication management and waste processes across a wide range of activities, from intensive care to home care. Although the healthcare sector is responsible for a significant portion of global carbon emissions, the amount of data and studies in the literature on the specific sources of these emissions in clinical care processes, particularly nursing practices. The aim of this review is to analyse the limited number of recent studies to determine the carbon footprint (energy, medication, waste) of nursing services and to evaluate the environmental cost-benefit balance of digital health applications.

This study was designed as a traditional literature review. A comprehensive search was conducted across the Web of Science, PubMed, CINAHL, EBSCO, Scopus, and Google Scholar databases using the keywords ‘nursing,’ ‘nursing care,’ ‘healthcare,’ ‘carbon footprint,’ and ‘greenhouse gas emissions.’ A total of 127 studies (in both English and Turkish) published in the last decade (2015-2025) with full-text access were screened, and among these, 19 core studies directly related to the topic were included in the review.

A review of the literature indicates that the healthcare sector’s contribution to total domestic emissions is reported to be 5.2%, with this proportion increasing alongside a growing aging population and the consequent rise in demand for nursing services. Analyses at the clinical level reveal that in intensive care units, energy consumption (heating, ventilation) constitutes the largest component of the carbon footprint at 76-87%, while consumables remain secondary. Regarding medication management, it is highlighted that in intensive care sedation practices, medication wastage can reach up to 25%, which exacerbates the carbon burden.

Conversely, it is also reported that as a sustainable alternative, when compared to physical visits in home care, telehealth applications reduce the contribution to global warming by 60% by eliminating transportation-related emissions.

In conclusion, the scarcity of studies measuring the carbon footprint within the nursing field impedes the development of evidence-based strategies in this area. Available data indicate that the most significant gains will be achieved through energy conservation and the prevention of medication waste. Furthermore, while telehealth is not a zero-emission method, it emerges as a robust low-carbon alternative compared to physical transportation. In the future, more research is needed that jointly addresses the digital and physical environmental impacts of nursing practices.

Keywords: Nursing, nursing care, healthcare, carbon footprint, greenhouse gas emissions.

INTRODUCTION

Climate change has emerged as the most fundamental crisis of transformation on a global scale over the last thirty-year period (Türkeş, 2022). Concurrently, it is defined as the most serious public health threat facing our century (Campbell-Lendrum et al., 2023; World Health Organization [WHO], 2021). In the global warming and climatic change processes observed from the mid-twentieth century to the present day, human-induced impacts accumulated on the climate system since the Industrial Revolution have been widely acknowledged in the literature as dominant driving forces (Ağralan & Sadioğlu, 2021).

The biodiversity loss observed to date, along with the increased frequency of events such as severe droughts, irregular temperature fluctuations, rising sea levels, floods, and extreme precipitation, is leading to profound changes in both human and natural systems (Ağralan & Sadioğlu, 2021; Türkeş, 2022).

The healthcare sector is a significant contributor to climate change, accounting for approximately 5.2% of global carbon emissions (Oliveira et al., 2024). Within the healthcare sector, the use of single-use care materials, anesthetic gases, energy consumption for electric heating and cooling, and waste disposal are direct factors that increase the carbon footprint and generate environmental impacts (Ketz, 2024). This metric represents the total amount of direct and indirect carbon dioxide (CO₂) and other greenhouse gas emissions caused by every element, from individuals to institutions and from products to activities. By triggering climate change, it leads to the disruption of the natural balance and adversely affects the functioning

of the entire ecosystem (Baş, 2025). In the effort to mitigate this process, the healthcare sector holds a central position not only for its contribution to emission reduction but also for the co-benefits it provides, such as improved patient care quality, enhanced staff satisfaction, and cost efficiency (Tennison et al., 2021).

Although the primary mission of the healthcare sector is to protect and improve human health, it is projected that emissions from the sector could triple by 2050 if precautionary measures are insufficient. This places the sector under the responsibility of mitigating the adverse effects on human health caused by the environmental degradation resulting from its own activities (Baş, 2025).

Hospitals are both the most vulnerable and the most strategically significant institutions in the face of these impacts, due to their central position in the healthcare sector and because they possess the largest capacity and share of services (Kocaman, 2025). Findings from systematic reviews examining carbon emissions in the healthcare sector also indicate that a significant portion of emissions originate from hospital activities (Kınış, 2025). As they are responsible for a significant share of global healthcare sector emissions, hospitals play a key role in greenhouse gas reduction and climate adaptation processes (Kocaman, 2025). Within hospitals, intensive care ventilators, single-use materials (such as gloves, syringes, needles and gauze), and operating room climate control lead to substantial energy consumption and carbon emissions. Additionally, the logistics of patients, staff, and medical supplies represent another factor that increases the carbon footprint of the healthcare sector.

Nursing services are central to the healthcare system, constituting the majority of the healthcare workforce; however, due to the nature of the care provided, they also contribute to environmental impact, particularly through energy consumption, the use of single-use materials, and medical waste management processes. These practices play a negative role in climate change by increasing greenhouse gas emissions. Such factors pose a risk not only through their adverse effects on global environmental and public health but also for the long-term functioning and financial sustainability of healthcare systems. Therefore, nurses need to assume a key role in reducing the sector's overall carbon emissions by reviewing and transforming their clinical practices in line with environmentally sustainable principles (Xu et al., 2025). Reducing carbon emissions originating from the healthcare sector is achievable by integrating a systematic environmental assessment into the process of making patient-focused clinical decisions, thereby opting for more sustainable alternatives that achieve the same treatment outcomes. Since every nursing care and treatment decision carries an environmental burden due to the energy and materials it uses, the

first step requires comprehensive data studies to reveal the carbon profiles of different medical procedures and nursing practices on a life-cycle basis, as well as the underlying dynamics of resource consumption (Alshqaqueq et al., 2020).

Although the healthcare sector is responsible for a significant portion of global carbon emissions, the data and number of studies in the literature regarding the specific sources of these emissions within clinical care processes, particularly in nursing practices, are quite limited. The aim of this review is to determine the carbon burden of nursing services (related to energy, pharmaceuticals, and waste) by analyzing the limited number of current studies, and to evaluate the environmental cost-benefit balance of digital health applications.

1. CARBON FOOTPRINT IN CLINICS

Operating rooms and intensive care units are departments within hospitals characterized by significant material consumption and waste generation. In this context, awareness of the environmental impacts of healthcare is increasingly rising, particularly in the fields of anesthesiology and critical care medicine.

The two largest sources of emissions in operating rooms are anesthetic gases and energy consumption. Among anesthetic gases, differences in the use of desflurane, in particular, have been reported to lead to up to tenfold variations in emissions from this source between hospitals. In terms of energy consumption, heating, cooling, and ventilation systems account for 90-99% of the total energy use in operating rooms. Furthermore, waste management (including segregation practices and the use of reusable materials) emerges as another critical factor that significantly influences emissions through its impact on energy and resource efficiency (MacNeill et al., 2017).

Measurements conducted at a hospital in the USA revealed that an acute care unit generates 5.5 kg of solid waste and 45 kg of CO₂e per patient day. In contrast, these values for an intensive care unit rise to 7.1 kg of solid waste and 138 kg of CO₂e per bed day. The primary sources of these emissions include the procurement of consumables and capital goods, building energy consumption, food services, and staff travel. In this context, the intensive care unit appears to generate more solid waste and greenhouse gases per bed day compared to the acute care unit. Furthermore, annual estimates indicate that the absolute emission values of acute care units (656,000 kg CO₂e, 80,000 kg waste) are higher than those of intensive care units (349,000 kg CO₂e, 18,100 kg waste). These total carbon footprints represent an environmental impact equivalent to the annual emissions of

139 and 74 passenger vehicles, respectively (Prasad et al., 2022).

The primary source of the environmental burden associated with patient care in intensive care units is not directly observable elements such as lighting, consumables, and waste management, but rather indirect yet dominant factors like the energy consumption of heating, ventilation, and air conditioning systems (McGain et al., 2018).

Research in the literature indicates that, based on a life cycle assessment, a single-use laryngeal mask airway used in clinics has a carbon footprint of 11.3 kg CO₂e. In contrast, a sterilized reusable alternative accounts for only 7.4 kg CO₂e (Eckelman et al., 2012).

2. CARBON FOOTPRINT IN PHARMACEUTICAL MANAGEMENT

The current focus of research on the carbon footprint in intensive care units is primarily on energy consumption (heating, cooling, ventilation systems, medical devices, lighting) and the life cycle environmental burden of single-use medical products (Eckelman et al., 2012; McGain et al., 2018; Prasad et al., 2022). This metric for a pharmaceutical is calculated through a life cycle assessment that encompasses the entire process, from raw material extraction to production, distribution, use, and disposal.

According to research conducted in Singapore, the seven-week carbon footprint resulting from the use and wastage of sedatives (fentanyl and propofol) in two intensive care units was found to be 2,206 kg CO₂e and 0.286 kg CO₂e, respectively. This value is equivalent to a vehicle journey of approximately 15.8 km. The study emphasizes that the main reason for drug wastage, which ranged from 5% to 25%, was the cessation of clinical necessity. These results indicate that the total greenhouse gas emissions from sedation practices are considerably lower than those from other sources such as energy use, heating, ventilation, air conditioning, single-use and reusable materials, or the average total daily greenhouse gas emissions of a patient in intensive care. Furthermore, the study revealed that propofol and fentanyl have significantly lower carbon footprint values compared to dexmedetomidine, morphine, and midazolam.

To reduce pharmaceutical waste and optimize distribution in intensive care processes, two primary strategies can be proposed. The first is the adoption of shared decision-making and open communication mechanisms by the interdisciplinary team, consisting of pharmacists, nurses, and physicians. This

approach can prevent the unnecessary addition of sedative drugs by ensuring all parties are informed of changes in the therapeutic plan. The second strategy involves the review of institutional pharmaceutical practices. The source of waste can be directly reduced by adopting measures such as procuring smaller-volume vials or preparing diluted solutions in smaller quantities for short-term use (Soong et al., 2025).

Analyses conducted at two North American hospitals reveal that the majority of the total carbon footprint consists of emissions from anesthetic gases. The primary reason for this is the use of desflurane, which is the preferred volatile agent.

The potential to significantly reduce operating room-related greenhouse gas emissions depends on the adoption of alternative agents and strategies, such as regional anesthesia or total intravenous anesthesia. However, the primary barrier to these low-carbon practices is believed to be the lack of awareness among the healthcare team (physicians, nurses) regarding the environmental impacts of anesthetic choices and usage strategies (MacNeill et al., 2017).

3. CARBON FOOTPRINT IN HOME CARE SERVICES

The transportation sector holds a significant share in the increase in global carbon emissions, which is one of the driving forces of climate change. To mitigate the considerable impact of the healthcare sector on greenhouse gas emissions, minimizing emissions from patient transport is a critical priority. Increasingly recognized telemedicine technology has the multi-faceted capacity to overcome geographical barriers, offer remote care, reduce travel costs and unnecessary emergency department visits, and enhance early intervention and patient engagement (Umpierre et al., 2025). The COVID-19 crisis accelerated the adoption of telemedicine in primary healthcare and nursing fields. This technology has the potential to facilitate access to care, positively influence patient outcomes, and alleviate the nursing staff shortage. Nursing-focused telemedicine holds significant potential for reducing the environmental footprint by replacing physical visits in home care services. This benefit is particularly pronounced in rural areas where patient distances are greater, and it can positively impact various environmental indicators, from carbon emissions to resource consumption. In urban settings, however, the environmental gain from telemedicine can vary depending on factors such as the travel habits of healthcare personnel (commuting to the office by car or bicycle, or working from home) and the life cycle of the digital devices used (Van Bree et al., 2025).

CONCLUSION

The current high share of healthcare sector emissions indicates that this burden will grow even further in the coming period due to the increasing need for nursing services arising from an aging population. A multi-layered approach is necessary to reduce the carbon footprint in nursing practices. At the clinical level, it is critically important to transition to renewable energy sources, prefer reusable consumables, and adopt strategies (through physician-nurse collaboration) that consider environmental impact in pharmaceutical management and the choice and use of anesthetic gases. At the home care services level, reducing the number of physical visits by expanding innovative models such as tele-nursing stands out as a fundamental solution for lowering emissions stemming from transportation.

Furthermore, the limited number of studies quantitatively measuring the carbon footprint specific to nursing services poses a significant barrier to developing evidence-based strategies. Therefore, it is a critical need for future research to provide a holistic life cycle analysis by jointly measuring both the digital and physical environmental impacts of nursing practices.

REFERENCES

- Ağralan, E., & Sadioğlu, U. (2021). İklim değişikliği farkındalığı ve toplum bilinci: İstanbul örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 627-654.
- Alshqaqeeq, F., Esmaceli, M. A., Overcash, M., & Twomey, J. (2020). Quantifying hospital services by carbon footprint: a systematic literature review of patient care alternatives. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104560.
- Baş, K. (2025). Çevre dostu hastaneler: Sürdürülebilir sağlık hizmetlerinde yeşil hastanelerin önemi. *Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 5(2), 111-120.
- Campbell-Lendrum, D., Neville, T., Schweizer, C., & Neira, M. (2023). Climate change and health: three grand challenges. *Nature Medicine*, 29(7), 1631-1638.
- Eckelman, M., Mosher, M., Gonzalez, A., & Sherman, J. (2012). Comparative life cycle assessment of disposable and reusable laryngeal mask airways. *Anesthesia & Analgesia*, 114(5), 1067-1072.
- Ketrez, G. (2024). Sağlık hizmetlerinin karbon ayak izi: görsel haritalama tekniği ile bibliyometrik bir analiz. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 8(4), 446-458.
- Kınış, Z. (2025). Hastanelerde karbon ayak izini azaltmaya yönelik yönetim stratejileri: Türkiye bağlamında politika ve doküman analizi. *Global Social Sciences*

Bulletin, 2(2), 277-289.

- Kocaman, E. (2025). Türkiye'nin iklim değişikliği stratejilerinde hastanelerin rolü: farkındalık odaklı politika analizi ve uygulama önerileri. *Journal of Awareness*, 10(1), e2964-e2964.
- MacNeill, A. J., Lillywhite, R., & Brown, C. J. (2017). The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *The Lancet Planetary Health*, 1(9), e381-e388.
- McGain, F., Burnham, J. P., Lau, R., Aye, L., Kollef, M. H., & McAlister, S. (2018). The carbon footprint of treating patients with septic shock in the intensive care unit. *Critical Care and Resuscitation*, 20(4), 304-312.
- Oliveira, G. P., Delgado, D. B. M., & Carvalho, M. (2024). Analysis and forecast of emissions associated with electricity consumption in hospitals: Encouraging a net zero healthcare roadmap in Brazil. *Energy and Buildings*, 324, 114785.
- Prasad, P. A., Joshi, D., Lighter, J., Agins, J., Allen, R., Collins, M., ... & Thiel, C. (2022). Environmental footprint of regular and intensive inpatient care in a large US hospital. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(1), 38-49.
- Soong, J. L., Ho, P. L., Neo, V. S. H., & Lie, S. A. (2025). Evaluating the carbon footprint of sedation practices in intensive care. *Nursing in Critical Care*, 30(1), 19-26.
- Tennison, I., Roschnik, S., Ashby, B., Boyd, R., Hamilton, I., Oreszczy, T., ... & Eckelman, M. J. (2021). Healthcare's response to climate change: a carbon footprint assessment of the NHS in England. *The Lancet Planetary Health*, 5(2), e84-e92.
- Türkeş, M. (2022). İklim diplomasisi ve iklim değişikliğinin ekonomi politikği. *Bilim ve Ütopya*, 332, 31-45.
- Umpierre, R. N., Mattiello, R., Schmitz, C. A. A., Falceto de Barros, E., da Silva, R. S., Gonçalves, M. R., & Goldim, J. R. (2025). Greening healthcare and slashing carbon emissions through telemedicine: a cross-sectional study from over 50 thousand remote consults at a leading tertiary hospital. *Frontiers in Digital Health*, 7, 1497770.
- Van Bree, E. M., Snijder, L. E., Ossebaard, H. C., & Brakema, E. A. (2025). Environmental impact of physical visits and telemedicine in nursing care at home: comparative life cycle assessment. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e67538.
- World Health Organization (2021). Fast Facts on Climate and Health. <https://www.who.int/publications/m/item/fast-facts-on-climate-change-and-health>.
- Xu, J., Wu, Y., Wu, Y., Miao, J., Zhao, J., Du, K., ... & Zang, S. (2025). Factors associated with nursing students' support for the implementation of environmental measures in healthcare services to reduce carbon footprint: a multisite cross-sectional correlation study. *BMC Nursing*, 24(1), 729.

THE IMPACT OF THE GREEN PORT CERTIFICATION PROCESS ON SUSTAINABLE PORT MANAGEMENT IN TÜRKİYE

Res. Asst. Betül GEZGEN

Kocaeli University Maritime Faculty

Maritime Business Management

betul.gezgen@kocaeli.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-1739-1135>

Assoc. Prof. Umur BUCAK

Kocaeli University Maritime Faculty

Maritime Business Management

umur.bucak@kocaeli.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-5112-8133>

ABSTRACT

Ports serve as gateways connecting countries to the world and constitute the backbone of national and international trade. Türkiye acts as a bridge in east–west trade with its geopolitical and geoeconomic location. In this regard, Turkish ports play significant roles in maritime transportation. Today, the sustainability of business and operational processes has become an important field of study with increasing awareness. Considering that 80% of global trade is carried out by sea, sustainability with its environmental, social, and economic dimensions has become one of the main agenda topics in the maritime industry. In recent years, both national and international regulations have compelled maritime businesses to adopt sustainable practices and take the necessary steps on this issue. The Regulation on Issuing Green Port Certificates to Coastal Facilities which entered into force on 18 November 2023 provides an encouraging framework for maritime stakeholders in Türkiye. In this context, the aim of this

study is to reveal the relationship between the steps required in the certification process and the sustainability dimensions and to investigate the contributions of these steps to port sustainability. This research also conducts a comparative examination of Türkiye's Green Port certification framework against internationally recognized practices in green port operations. A qualitative research approach is adopted employing document analysis of relevant legislation, certification criteria and selected green port certification samples of Europe, Asia-Pacific region and America. The findings indicate that green port applications in Türkiye are predominantly evaluated within the scope of regulatory requirements and environmental criteria, while governance and social sustainability remain relatively limited.

Keywords: Green port, sustainable port management, certification, sustainability dimensions

ÖZET

Limanlar, ülkelerin dünyaya açılan kapıları olarak ulusal ve uluslararası ticaretin bel kemiğini oluşturmaktadır. Türkiye, jeopolitik ve jeoekonomik konumu itibarıyla doğu-batı ticaretinde köprü görevi üstlenmektedir. Bu yönüyle deniz yolu taşımacılığında Türkiye'de bulunan limanlar önemli roller üstlenmektedir. Günümüzde iş ve operasyonel süreçlerin sürdürülebilirliği konusu, farkındalığın arttığı önemli bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel ticaretin yüzde 80'inin deniz yoluyla gerçekleştiği göz önüne alındığında sürdürülebilirlik çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla denizciliğin ana gündemlerinden birini oluşturmaktadır. Son yıllarda hem ulusal hem de uluslararası yaptırımlar, denizcilik işletmelerini sürdürülebilir yöntemler benimsemeye ve konu hakkında gerekli adımları atmaya zorlamaktadır. Avrupa Yeşil Mutabakatının getirdiği Sınırdan Karbon Düzenlemesi ve denizcilik sektörünün Emisyon Ticaret Sistemi'ne dahil edilmesi de bu duruma örnek teşkil etmektedir. Ülkemizde, 18 Kasım 2023 tarihinde yürürlüğe giren Kıyı Tesislerine Yeşil Liman Sertifikası Düzenlenmesi Hakkında Yönetmelik, gemi ve yükten kaynaklı kirliliğin azaltılması/önlenmesi ve enerjinin yönetimi gibi çeşitli hususlarda denizcilik aktörlerine teşvik edici bir çerçeve sunmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, sertifikasyon sürecinde izlenmesi gereken adımların sürdürülebilirliğin çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla ilişkisini ortaya koymak ve söz konusu adımların liman sürdürülebilirliğine ve işletmelerde sürdürülebilirlik anlayışının kurumsallaşmasına sağladığı katkıları araştırmaktır.

Araştırmada, nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi kullanılarak akademik yazın taraması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil liman, Ssürdürülebilir liman yönetimi, sertifikasyon, sürdürülebilirlik boyutları

INTRODUCTION

Ports are regarded as pivotal points of entry and exit facilitating the flow of goods and services within and between nations. They play a crucial role in both domestic and international trade. Thanks to their role of being strategic hub for East-West trade, ports assume leading roles in the realm of maritime transportation in Türkiye. In recent years, a range of national and international regulations have been implemented encouraging ports to adopt sustainable practices. The subject of green transformation and sustainable port management has attracted growing interest in academic literature. The literature shows that green port applications are mostly evaluated within the framework of technical elements such as environmental performance indicators, energy efficiency, emission reduction and waste management (Darbra et al., 2009; Acciaro et al., 2014; Puig et al., 2014). Additionally, such voluntary international initiatives as EcoPorts, the APEC Green Port Award System and Green Marine highlight more holistic sustainability approaches that include governance, strategic integration and stakeholder engagement (Lam and Notteboom, 2014; Walker, 2016). Turkish literature largely focuses on the environmental benefits and regulatory compliance aspects of green port applications (Bucak, 2016; Köseoğlu and Solmaz, 2020). In Türkiye, the Regulation on the Issuance of Green Port Certificates to Coastal Facilities, which entered into force on November 18, 2023, is one of the fundamental regulations guiding this process. The study is distinguished from contemporary literature in this field by virtue of the systematic examination of the Green Port Certification process implemented in Türkiye. This examination is conducted within the framework of the environmental, economic, social and governance dimensions of sustainability and the process is analysed comparatively with international green port practices.

1. GREEN PORTS AND SUSTAINABILITY

1.1. Green Port Concept

Over the last 50 years, the need for sustainable shipping and port operations has increased. Environmental pollution from ships and ports has reached alarming levels. As a solution to this problem, various regulations have been implemented by the International Maritime Organization such as the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78) of 1973 and ports have been given responsibility especially in waste management (IMO, 1973; Bucak, 2016). While sustainability has become an important agenda item through various meetings such as Earth Summit (1992) where the international community came together, the environmental sustainability of ports has been a subject of ongoing discussion. In this context, the EcoPorts initiative was created by European ports at the end of the 1990s. This initiative has continued its work under the umbrella of the European Sea Ports Organization (ESPO) since 2011. The foundations of port environmental management systems have been laid with such tools that measure environmental risks as the Self-Diagnosis Method (SDM) and the Port Environmental Review System (PERS) (Darbra et al., 2009; ESPO, 2012). The World Ports Sustainability Program has been launched by the International Association of Ports and Harbors (IAPH) in 2017. Program provides support for projects undertaken in the name of sustainability worldwide. Green Marine, on the other hand, is an organization that collaborates with various maritime entities including ports and terminals located in North America and Canada. The Green Port Awards program, implemented by the Asia-Pacific Economic Cooperation, is an international assessment and recognition program aimed at promoting green port practices. Through the aforementioned projects and programs, the objective is to contribute to sustainable shipping and port operations and to promote stakeholder-engaged environmental management approaches. The holistic environmental management model known as “green ports” has necessitated that ports not only fulfill their legally mandated environmental compliance obligations but also adopt a broad-perspective sustainability approach based on stakeholder participation (Ying and Yijun, 2011).

1.1.1. Green Port Certification Process in Türkiye

In Türkiye, the initiative regarding green ports was launched by the Ministry of Transport and Infrastructure to harmonize Turkish ports with international

standards. Within this scope, the General Directorate of Maritime Affairs initiated the Green Port project in 2012 to reduce the environmental impact of ship and port operations in maritime transport, one of the most important components of the logistics chain, and to administratively and technically reorganize port facilities (UDHB, 2015). Ports meeting the requirements were designated as Green Ports under the certification program. A green port is defined by Türk Loydu (2025) as “a maritime management that actively implements environmentally sensitive technologies and operational strategies.” Green port policies ensure the creation of awareness among internal and sectoral stakeholders regarding environmental protection and the institutionalization of the concept. While green port certification is not mandatory for ports, compliance with European Union policies and regulations introduced by international organizations such as the IMO have made green transformation in ports inevitable. The Regulation on Issuing Green Port Certificates to Coastal Facilities, prepared by the Ministry of Transport and Infrastructure, entered into force in 2023 and introduced new conditions for ports wishing to obtain the “green port” title. Examples of regulations included in this regulation for ports seeking green port certification are detailed provisions regarding the use of renewable energy and the provision of electricity from the port facilities to ships from the shore.

1.2. Sustainability Concept and Dimensions of Sustainability

The concept of sustainability, which has emerged as a guiding concept for businesses today, was first defined in the forestry industry literature. Carlowitz (1713) published his book *Silvicultura Oeconomica* on the continuity and sustainability of forest product production (Thomasius, 1994; Schmithüsen, 2013; Papaspyropoulos et al., 2016). By the mid-20th century, the concept of sustainability gained importance with the increasing environmental impacts of industrialization and the growing global awareness about scarce natural resources. The widespread dissemination of the concept to a broad audience occurred with the report *Our Common Future*, published by the United Nations World Commission on Environment and Development (Brundtland Commission) in 1987. The Commission defined sustainable development as “meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.” Furthermore, the Agenda 21 action plan from the 1992 Earth Summit and the World Summit on Sustainable Development in Johannesburg (2002) established the three-pillar paradigm of sustainability (economic, envi-

ronmental and social dimensions) and proposed solutions for each dimension (Moldan et al., 2012; Purvis et al., 2019). García-Peña et al. (2021) refer to the UN 2030 Agenda and mention the governance dimension in addition to the three-pillar sustainability dimensions. From a contemporary perspective, the governance approach will be discussed as a dimension of sustainability. The economic sustainability of an organization can be measured through various indicators, including economic growth, resource efficiency, equitable income distribution, employment generation and research and development expenditures (OECD, 2004; Spangenberg, 2005). Ensuring long term economic sustainability depends on the effective utilization of resources and the maintenance of robust, resilient economic activities. Environmental sustainability, on the other hand, emphasizes the preservation of ecosystems for future generations and maintaining the natural environment's capacity to sustain global life (Goodland, 1995; Ponting, 2008). Sustainable environment approach is being discussed by management theorists, managers and various stakeholder groups forming a significant agenda item. Within the discourse on the environmental sustainability, literature delineates between weak and strong sustainability paradigms. This discussion centers on the substitutability relationship between human-made capital and natural capital (Yeni, 2014). Discussions about weak sustainability are associated with the Hartwick Rule in the literature. Hartwick (1977) argues that the overall capital stock can be preserved by reinvesting profits from non-renewable resources (such as oil and minerals) into renewable capital, thereby ensuring that future generations maintain their consumption standard. This approach, referred as weak sustainability, can be acceptable provided that economic development and technological progress can compensate for environmental harm. It is posited that natural resources and human-made capital can replace each other. In contrast, the strong sustainability perspective defends that natural capital complements human-made capital by supplying raw materials and energy necessary for production (Daly, 1990; Ekins et al., 2003). The social aspect of sustainability emphasizes the human and societal elements of sustainable development. Social sustainability involves establishing the conditions that enable a society to endure in a manner that is just, inclusive, secure and supportive of long-term liveability (Woodcraft, 2015). Missimer & Mesquita (2022) argue that social sustainability in businesses is not clearly defined. They note that it is often linked to social responsibility and the stakeholder approach and that its meaning and practical application vary across organizations. Lastly, the contemporary approach to sustainability will be the governance dimension. The governance dimension often provides indi-

rect data and is over looked in sustainability analyses because it focuses on the process rather than outcomes (Bell and Morse, 2008). However, governance is a framework concept that determines the applicability and continuity of all other dimensions (Rhodes, 1996).

2. AIM OF THE STUDY AND METHODOLOGY

This study focuses on how Green Port Certification procedure in Türkiye affects sustainable port operations. The study investigates whether green port practices are only technical tools that deliver environmental benefits or whether they evolve port administration into a more holistic and sustainable framework. In this study, the Green Port certification process implemented in Türkiye is examined through a comparative analysis with exemplary green port practices worldwide. In addition, the relationship between the Turkish Green Port Certification Process and the environmental, economic, social and governance dimensions of sustainability is analyzed. A qualitative research approach was adopted in this research using document analysis. Document analysis encompasses the processes of finding, reading, taking notes and evaluating resources for a specific purpose (Mogalakwe, 2006; Sak et al., 2021). In this scope, the regulations, reports and academic literature related to the green port certification process were examined. This method allows for an understanding of the structural and managerial dimensions of the certification.

3. THE FINDINGS

The findings reveal that Turkish Green Port Certification system is strongly oriented toward environmental and technical criteria. Energy efficiency, waste management, emission monitoring and use of renewable energy are clearly defined and quantitatively regulated. As shown in Table 1, the Green Port certification process implemented in Türkiye differs significantly from exemplary international practices in terms of its regulatory structure and implementation approach. The Turkish Green Port Certification is primarily characterized by mandatory technical and operational requirements, such as quantitative energy efficiency thresholds, renewable energy obligations and prescriptive waste and emission control measures. In contrast, EcoPorts/PERS adopts a management system-oriented approach based on ISO 14001 principles, emphasizing systematic monitoring, reporting, and continuous improvement rather than fixed

quantitative targets (ESPO, 2012).

Similarly, the APEC Green Port Award System focuses on performance measurement, strategic leadership and stakeholder engagement (Cai, 2024), while Green Marine promotes a gradual, level-based improvement framework supported by annual self-assessments and external verification (Green Marine, 2025). While the Turkish model demonstrates a strong commitment to environmental compliance, international frameworks place greater emphasis on governance, strategic integration, and voluntary performance enhancement. Accordingly, the comparison highlights that the Turkish Green Port Certification aligns most strongly with the environmental dimension of sustainability, whereas global practices adopt a more balanced approach encompassing environmental, economic, social and governance dimensions.

Table 1. Comparison of Green Port Certification Systems

Criteria	Türkiye Green Port Certification	EcoPorts / PERS	APEC GPAS	Green Marine (Terminals)
Primary Focus	Technical compliance and strict operational requirements	Environmental management system (ISO 14001-based)	Performance measurement and strategic leadership	Gradual (Level 1–5) continuous improvement
Energy Efficiency	Mandatory quantitative requirements (e.g. 50% electric equipment)	Energy management plan within EMS	Action plans and efficiency outcomes	Annual GHG reduction reporting
Renewable Energy	At least 5% from certified renewable sources (YEK-G / I-REC)	Encouraged, no minimum requirement	Strategic evaluation criterion	Expected for higher performance levels
Waste and Water Management	Zero Waste Certificate, oil–water separators, prescriptive rules	Systematic monitoring and reporting	Evaluated through implementation actions	Mandatory waste audits and reduction plans

Governance and Strategy	Regulation-driven governance structure	Corporate governance within EMS	Leadership and strategic commitment emphasized	Environmental leadership and transparency
Social Responsibility	Memorial forest, coastal clean-ups twice a year	Voluntary and context-dependent	Community engagement assessed	Noise, dust and light impact control
Certificate Validity	3 years (interim audits every 18 months)	2 years	Award-based periods	Annual self-assessment and verification
Benefits Provided	Priority passage through the Istanbul Strait (30vessels/year); certification fee exemptions	Networking and best practice sharing	Regional recognition	Global brand value

Source: Produced by the authors.

As shown in Table 2, a comprehensive mapping of the Green Port certification requirements to the environmental, economic, social and governance dimensions of sustainability is represented. The table illustrates how individual certification criteria contribute to different sustainability dimensions with the “X” mark indicating a direct association between a specific requirement and the corresponding sustainability dimension. The analysis reveals that the majority of the requirements such as energy performance certification, renewable energy usage, electrification of handling equipment, emission monitoring and onshore power supply are primarily aligned with the environmental dimension reflecting the certification scheme’s strong emphasis on pollution control, energy efficiency and environmental protection. In addition to environmental considerations, several requirements demonstrate partial linkages to the economic dimension of sustainability, particularly through measures that promote operational efficiency, energy cost reduction and long-term resource optimization. Social sustainability is addressed to a more limited extent, mainly through measures that mitigate negative externalities such as air pollution and associated health impacts, as well as through infrastructure-related improvements that affect port users and surrounding communities. The governance dimension is reflected primarily through regulatory compliance mechanisms including

mandatory certification submissions, emission monitoring and vehicle access controls enforced by public authorities. However, governance-related aspects remain largely procedural and regulation-driven, lacking explicit provisions for stakeholder engagement, transparency or strategic sustainability governance. Overall, the distribution of certification requirements across sustainability dimensions highlights an imbalance within the Green Port certification framework in which environmental objectives are prioritized, while economic, social and governance dimensions are incorporated in a more fragmented and indirect manner. These findings express that certification process' support for an integrated and holistic sustainability approach remains limited.

Table 2. Sustainability Dimension Assessment of Green Port Certification Requirements of Türkiye

Green Port Requirement	Environmental	Economic	Social	Governance
Energy Performance Certificate: Submitting the certificate for administrative buildings to the Directorate General of Maritime Affairs.	X	X		X
Renewable Energy: At least 5% of energy must be from renewable sources (YEK-G or I-REC).	X	X		X
Electrification: At least 50% of identical main handling equipment must be electric or 50% of total energy used by equipment must be electricity.	X	X	X	
Emission Monitoring: Annual exhaust measurements for mobile vehicles and taking measures if values increase.	X		X	X

Green Port Requirement	Environmental	Economic	Social	Governance
Vehicle Access Control: Denying entry to vehicles without valid emission measurements per regulations.	X			X
Onshore Power Supply (Cold Ironing): Providing electricity connection for ships at berth (except liquid bulk/gas).	X	X	X	
Zero Waste Certificate: Obtaining the “Zero Waste” certificate for waste management in the facility.	X	X		X
Oil-Water Separation: Installing systems to prevent waste from mixing with rainwater and polluting soil/ sea.	X			
Rainwater Harvesting: Reusing rainwater collected from building roofs.	X	X		
Surface Protection: Systems to prevent cargo from contacting the ground during bulk handling.	X		X	
Sealing & Barriers: Ensuring floor sealing and building barriers in liquid bulk areas to prevent marine pollution.	X		X	

Green Port Requirement	Environmental	Economic	Social	Governance
Emergency Preparedness: Systematic storage and inventory listing of emergency response materials.			X	X
Extra Equipment: Maintaining 50% more than the mandatory required emergency equipment.	X	X		X
Memorial Forest: Establishing a memorial forest in the name of the port facility.	X		X	
Seabin/Debris Collectors: Maintaining at least two “seabin” type devices to collect marine litter.	X			X
Beach Cleaning: Conducting coastal cleaning at minimum two beaches every year.	X		X	
Electric Vehicle Infrastructure: Allocating 5% of parking for EV units (min. 2) with at least one fast charger.	X	X	X	

Source: Produced by the authors.

CONCLUSIONS AND FUTURE SUGGESTIONS

This study examines the Green Port Certification process implemented in Türkiye within the framework of the environmental, economic, social and governance dimensions of sustainability. The findings show that the certification system primarily focuses on environmental and technical criteria; elements such as energy efficiency, renewable energy use, emission monitoring and waste management were prioritized. This reveals that while the certification makes a strong contribution to the environmental sustainability dimension, it also shows that economic, social and governance dimensions are addressed in a more limited and indirect way in the process. The limited criteria related to social sustainability and stakeholder participation along with the predominance of a legislation-driven governance framework, signifies that a comprehensive approach to sustainability remains unfulfilled. The existing literature also reveals that green port applications are mostly evaluated through environmental performance indicators, while the social and governance dimensions are addressed relatively limitedly. Accordingly, it is recommended that future studies empirically analyze the social impacts of green port certifications on port employees, local communities and other stakeholders. Furthermore, comparative analyses of the impacts of certification systems on transparency, accountability, institutional capacity and strategic sustainability management will significantly contribute to explaining the long-term success of green port practices. In addition, cost-benefit analyses of energy efficiency investments and quantitative examination of the impact of certification on competitiveness and operational efficiency will reveal the economic rationale for sustainability investments. Finally, a comparative analysis of the Turkish Green Port Certification legislation utilising time series analysis can contribute to identifying areas for improvement in the certification process and develop evidence-based recommendations for policymakers.

REFERENCES

- Acciaro, M., Ghiara, H., & Cusano, M. I. (2014). Energy management in sea ports: A new role for port authorities. *Energy Policy*, 71, 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.04.013>
- Bucak, U. (2016). *Green performance criteria and sustainable port concept: a comparative analysis* (Unpublished master's thesis). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Cai, O. (2024). Updates on Green Port Award System (GPAS) [Presentation]. APEC Port Study Center, APEC Port Services Network (APSN).

- Daly, H. E. (1990). Toward some operational principles of sustainable development. *Ecological Economics*, 2(1), 1-6. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(90\)90010-R](https://doi.org/10.1016/0921-8009(90)90010-R)
- Darbra, R. M., Ronza, A., Stojanovic, T. A., Wooldridge, C., & Casal, J. (2005). A procedure for identifying significant environmental aspects in sea ports. *Marine Pollution Bulletin*, 50(8), 866-874. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.037>
- Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C., & De Groot, R. (2003). A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44(2-3), 165-185. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00272-0](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00272-0)
- European Sea Ports Organisation. (2012). *ESPO Green Guide; Towards excellence in port environmental management and sustainability*. <https://www.ecoport.com/publications/espo-green-guide-towards-excellence-in-port-environmental-management-and-sustainability>
- García-Peña, C., González-Medina, M. & Diaz-Sarachaga, J.M. (2021). Assessment of the Governance Dimension in the Frame of the 2030 Agenda: Evidence from 100 Spanish Cities. *Sustainability*, 13, 5519. <https://doi.org/10.3390/su13105519>
- Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26, 1-24.
- Green Marine. (2025). *Green Marine environmental program: Performance indicators for terminals - 2025 summary*. Green Marine Management Corporation.
- Hartwick, J. M. (1977).
- Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. The International Maritime Organization. (1973). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL 73/78)*
- Köseoğlu, M. C., & Solmaz, M. S. (2020). Türkiye ve Dünya Yeşil Liman Ölçütlerinin Karşılaştırmalı Bir Değerlendirmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 12, 33-58. <https://doi.org/10.18613/deudfd.803386>
- Lam, J. S. L., & Notteboom, T. (2014). The greening of ports: A comparison of port management tools used by leading ports in Asia and Europe. *Transport Reviews*, 34(2), 169-189. <https://doi.org/10.1080/01441647.2014.891162>
- Missimer, M., & Mesquita, P. L. (2022). Social Sustainability in Business Organizations: A Research Agenda. *Sustainability*, 14(5), 2608. <https://doi.org/10.3390/su14052608>
- Mogalakwe, M. (2006). The use of documentary research methods in social research. *African Sociological Review*, 10(1), 221-230.
- OECD. (2004). *Measuring sustainable development: Integrated economic, environ-*

mental and social frameworks. OECD Publishing.

- Papaspyropoulos, K. G., Karamanolis, D., Sokos, C. K. and Birtsas, P. K. (2016). Enhancing Sustainability in Forestry Using Material Flow Cost Accounting. *Open Journal of Forestry*, 6, 324-336. <http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2016.65026>
- Ponting, C. (2008). *A new green history of the world: The environment and the collapse of great civilizations*. Penguin Books.
- Puig, M., Wooldridge, C. & Darbra, R. M. (2014). Identification and selection of environmental performance indicators for sustainable port development. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.006>
- Rhodes, R. A. W. (1996). The New Governance: Governing without Government. *Political Studies*, 44(4), 652-667. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9248.1996.tb01747.x>
- Sak, R., Şahin Sak, İ. T., Öneren Şendil, Ç. & Nas, E. (2021). Bir araştırma yöntemi olarak doküman analizi. *Kocaeli Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 4(1), 227-256. <https://doi.org/10.33400/kuje.843306>
- Schmithüsen, F. (2013). Three hundred years of applied sustainability in forestry. *Unasylva*, 64(240), 3–11. <https://www.fao.org/forestry/unasylva>
- Spangenberg, J. H. (2005). Economic sustainability of the economy: Concepts and indicators. *International Journal of Sustainable Development*, 8(1–2), 47–64.
- T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı(2015). İdare Faaliyet Raporu. <https://www.utikad.org.tr/images/BilgiBankasi/udhbidarefaaliyetraporu-4491.pdf>
- Thomasius, H. (1994).The influence of mining on woods and forestry in the Saxon Erzgebirge up to the beginning of the 19th century. *GeoJournal*,32, 103–125. <https://doi.org/10.1007/BF00812496>
- Türk Loydu. (2025). *Yeşil Liman Sertifikasyonu* [Presentation].Kocaeli.
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2023, 18 Kasım). *Kıyı Tesislerine Yeşil Liman Sertifikası Düzenlenmesi Hakkında Yönetmelik*, Resmî Gazete, 32373.
- Von Carlowitz, H. C. (1713). *Sylvicultura Oeconomica*. Leipzig.
- Walker, T. R. (2016). Green Marine: An environmental program to establish sustainability in marine transportation. *Marine Pollution Bulletin*, 105(1), 199–207. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.029>
- WCED (1987).Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Woodcraft, S. (2015). Understanding and measuring social sustainability. *Journal of Urban Regeneration and Renewal*, 8(2), 133–144.

- Yeni, O. (2014). Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma: Bir Yazın Taraması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(3), 181-208.
- Ying, H. & Yijun, J. (2011). Discussion on Green Port Construction of Tianjin Port. *International Conference on Biology, Environment and Chemistry*, 1,467-469.

THE ENVIRONMENTAL DIMENSION OF TRANSPORT AND LOGISTICS IN TOURISM: A SYSTEMATIC REVIEW WITH A FOCUS ON CLIMATE CHANGE AND SUSTAINABILITY

Res. Asst. Dr. Mustafa YILMAZ

Erciyes University

Department of Tourism Management

mustafa.yilmaz@erciyes.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-3255-3788>

Dr. Burcu YILMAZ

Kayseri University

Department of International Trade and Logistics

burcukaya107@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6004-0640>

ABSTRACT

In contemporary tourism and travel activities, sustainable transport and logistics have emerged as a critical domain in shaping the environmental impacts of these activities. The rapid growth of global tourism mobility has intensified energy consumption, greenhouse gas emissions, and environmental pressures, thereby challenging destination carrying capacities and climate change mitigation goals. In this context, ensuring the sustainable organization of tourists' access to destinations, intra-destination mobility, and tourism-related logistics flows is essential within tourism transportation and logistics systems. Accordingly, this study aims to analyze the environmental dimension of transport and logistics in tourism through a bibliometric analysis of 128 publications indexed in the Web of Science between 1996 and 2025 using sustainability- and environment-related keywords combined with tourism, transport and logistics terms. Using the R biblioshiny package and VOSviewer, the study identifies

key trends, themes, and collaboration patterns in the literature. The findings indicate that the literature is primarily structured around keywords such as behavior, impact, and mobility. While earlier studies primarily focused on carbon emissions, air quality, and air transport, post-2015 research increasingly integrates tourism, climate change, public transport, and behavioral dimensions. Since 2020, there has been a notable shift toward sustainable mobility, green logistics, and everyday mobility. Highly cited studies address carbon emissions, energy consumption, ecological footprint, air pollution, and active travel, reflecting a multidimensional perspective on sustainability. Thematic map analysis reveals that studies focusing on specific transport modes or country contexts remain limited, while concepts such as carbon emissions, sustainable transport and sustainable development present high potential for future research. Research in this area is heavily concentrated in China, followed by Australia and the United Kingdom. While the United Kingdom, the United States, and the Netherlands were more active in the earlier period, China, South Korea, Thailand, and Türkiye have become more prominent since 2020. The findings also provide several implications for policymakers in the field of tourism transportation and logistics. First, in order to mitigate the environmental impacts of increasing tourist mobility, priority should be given to implementing the avoid–shift–improve approach in transportation policies. This includes reducing the need for travel where possible, shifting mobility from private vehicles toward public transport and active transportation modes, and improving transport systems through the adoption of low-emission technologies. In addition, developing destinations where research and practices related to sustainable mobility remain limited should establish data systems capable of regularly monitoring tourism-related transportation and logistics emissions. To support these efforts, training programs should be provided for local governments and tourism-related businesses. Finally, adopting an integrated perspective that simultaneously addresses sustainable transport, energy use, individual mobility, and tourism policies would enable sustainability and climate change considerations to play a more effective role in the formulation of tourism-oriented strategic planning processes.

Keywords: Tourism, travel, transport, logistics, sustainability

ÖZET

Günümüzde turizm ve seyahat faaliyetlerinde sürdürülebilir ulaşım ve lojistik, bu faaliyetlerin çevresel etkilerini belirlemede önemli bir alan olarak ortaya çıkmaktadır. Dünyada turizm faaliyetlerinin ve hareketliliğinin artması, yolcu taşımacılığında ve rekreatif faaliyetlerdeki bireysel hareketlilikte enerji tüketimini, sera gazı emisyonlarını ve çevre baskılarını önemli ölçüde artırmaktadır. Bu durum hem destinasyonların taşıma kapasitelerini zorlaştırmakta hem de ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğiyle mücadele hedeflerini etkilemektedir. Bu çerçevede turizmde ulaşım ve lojistik, turistlerin bir destinasyona erişimini ve destinasyon içi hareketliliğin, turistik ürünlerin ve hizmetlerin akışının sürdürülebilir biçimde oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu kapsamda bu çalışma, turizmde ulaşım ve lojistiğin çevresel boyutunu analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, Web of Science veri tabanında, 1996-2025 yılları için sürdürülebilirlik ve çevre odaklı anahtar kelimeler ile turizm ve ulaşımı niteleyen anahtar kelimeler birlikte kullanılarak sorgulama gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede R biblioshiny paketi ve VOSviewer programlarıyla kapsamlı bir analiz yapılmıştır. Bulgulara göre, en sık kullanılan anahtar kelimeler davranış (behavior), etki (impact) ve hareketlilik (mobility) olarak belirlenmiştir. Çalışmaların başladığı ilk yıllarda daha çok karbon emisyonu, hava kalitesi ve hava yolu ulaşımına odaklanılırken, 2015 sonrasında turizmle birlikte iklim değişikliği, toplu ulaşım, rekreatif faaliyetler ve seyahat davranışı konuları öne çıkmaya başlamıştır. 2020'den sonra ise sürdürülebilir hareketlilik, yeşil lojistik, günlük hareketlilik konularına odaklı araştırmalara yönelim olduğu tespit edilmiştir. Bu alanda en çok atıf alan çalışmalar, turizm ve seyahatin neden olduğu ulaşım faaliyetlerini karbon emisyonu, enerji tüketimi, ekolojik ayak izi, hava kirliliği, ulaşım yollarının yetersizliği ve aktif ulaşım gibi temalar üzerinden değerlendirmektedir. Tematik alan analizi, belirli taşıt türleri ya da ülkelere odaklanan sürdürülebilirlik çalışmalarının gelişime açık olduğunu, sürdürülebilir ulaşım ile sürdürülebilir kalkınma gibi kavramların literatürde potansiyeli yüksek fakat araştırmacılar tarafından yeterli düzeyde ele alınmamış temalar olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar, Çin başta olmak üzere Avustralya ve İngiltere'de yoğunlaşmaktadır. İngiltere, ABD ve Hollanda bu alanda yapılan çalışmaların ilk yıllarında daha aktif iken 2020 sonrasında Çin, Güney Kore, Tayland ve Türkiye öne çıkmaktadır. Bulgular, turizmde ulaşım ve lojistik alanında politika yapıcılar için bazı sonuçlar ortaya koymaktadır. İlk olarak, artan turist hareketliliğinin çevresel etkilerini azaltmak için ulaşımında azalt-kaydır-iyileştir yaklaşımıyla yolculuk ihtiyacını azaltan, özel araç kullanımını toplu taşıma ve aktif ulaşım modlarına

kaydıran ve taşımacılığı düşük emisyonlu teknolojilerle iyileştiren uygulamalara öncelik verilmelidir. Buna ek olarak, sürdürülebilir hareketlilik çalışmalarının sınırlı olduğu gelişmekte olan destinasyonlarda turizm kaynaklı ulaşım ve lojistik emisyonlarını düzenli ölçen veri sistemleri geliştirilmelidir. Buna yönelik olarak, yerel yönetimlere ve işletmelere eğitim programları sunulmalıdır. Son olarak, sürdürülebilir ulaşım, enerji kullanımı, bireysel hareketlilik ve turizm politikalarının bütüncül bir şekilde ele alınması; sürdürülebilirlik ve iklim değişikliği konularının turizme yönelik stratejik planlar oluşturmada daha etkili biçimde yer almasını sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Turizm, seyahat, ulaşım, lojistik, sürdürülebilirlik

INTRODUCTION

Tourism is an activity built on the mobility of people, involving travel from places of residence to different destinations. To reach their desired locations, tourists must travel. Today, rising global travel demand particularly through air and road transport, and the growth of daily mobility within destinations intensifies greenhouse gas emissions, deteriorates air quality, generates noise-related externalities, and places pressure on destinations' carrying capacity. Alongside globalization, the accelerating pace of production, trade, transportation, and tourism has become a major driver of carbon emissions worldwide. This dynamic has brought climate change and sustainability concerns to the forefront more prominently. Accordingly, debates on environmental sustainability and climate change in tourism require that transportation and logistics be treated as central determinants of tourism activity and as key mechanisms shaping environmental sustainability outcomes. In tourism operations, transport and logistics facilitate tourists' access to destinations, encompassing the sourcing and movement of tourism products and services, as well as waste management. These flows have a direct impact on tourism-related energy consumption, carbon footprint, and local environmental pressures. Therefore, aligning transportation and logistics flows in tourism with environmental sustainability principles and climate targets has become increasingly critical.

Tourism transport and logistics can also be addressed through broader sustainability-oriented frameworks. Reducing overtourism demand, promoting public transport and the transition to electric mobility systems, and increasing the use of green technologies and renewable energy systems in transportation are considered effective approaches for achieving sustainable transport. In this regard, one of the most relevant frameworks supporting transport sustainability in tourism

activities is the avoid–shift–improve policy approach. The implementation of this approach may enhance accessibility within tourism destinations, reduce carbon emissions generated by visitor mobility, and alleviate environmental pressures. In addition, the adoption of low-carbon logistics approaches contributes to reducing emissions arising from tourism-related supply chains, passenger transportation, accommodation operations, and service delivery processes. Accordingly, the integration of avoid–shift–improve policies with low-carbon logistics approaches, together with the implementation of related strategic actions, demonstrates that environmental sustainability in tourism transport and logistics should be evaluated through integrated strategies that simultaneously address transport infrastructure, renewable energy use, and destination management.

The existing literature includes a range of studies examining transportation-related challenges in rural destinations (Waleghwa & Ionides, 2024), the impact of the low-carbon development of tourism and logistics activities on economic growth (Guo & Zhang, 2024), econometric analyses of the tourism–transportation–environmental degradation nexus (Zhang et al., 2019), the contribution of logistics to shocks within the tourism sector (Edirisinghe et al., 2024), the effects of air transportation on tourism activities and economic growth (Franciscone et al., 2024), the influence of tourism logistics on sustainability (Aksu, 2025), the explanation of short-distance urban transportation modes in tourism destinations (Zhou et al., 2024), as well as the broader significance of transportation in tourism. However, studies specifically related to the subject matter of the present research have predominantly been conducted through semi-structured interviews, panel data analyses, the ARDL approach, and analyses based on survey data. Accordingly, a notable gap remains in the literature regarding studies that comprehensively investigate this field through bibliometric analysis. In this context, the present study was undertaken with the aim of addressing this existing gap in the literature.

In this context, the present study aims to examine the environmental dimension of transportation and logistics in tourism through a systematic literature review. A total of 128 publications published between 1996 and 2025 were analyzed. The findings identify the most influential countries, and thematic domains in the field. Accordingly, Section 2 presents the literature review, Section 3 describes the research methodology and reports the results, and Section 4 interprets and discusses the conclusions derived from the findings.

1. LITERATURE REVIEW

A review of the existing literature reveals a shared core insight across studies: transportation and logistics in tourism extend beyond enabling access and facilitating flows, as they are also key determinants of energy consumption, carbon emissions, and environmental pollution. Within this overarching emphasis, prior research diverges in terms of the countries examined and the methodological approaches adopted. Destination-level qualitative studies, for instance, concentrate on implementation and governance bottlenecks that hinder sustainable mobility, underscoring how excessive automobile dependence, inefficient public transport systems, and a lack of intermodal integration constrain the feasibility of sustainable mobility in tourism (Waleghwa & Ioannides, 2024). In parallel, research that conceptualizes logistics as a factor directly shaping the tourist experience suggests that countries with high logistics performance do not necessarily coincide with those receiving high tourist arrivals (Edirisinghe et al., 2021). Other strands of work investigate the tourism–logistics–environment nexus primarily through the lenses of economic growth, infrastructure quality, and environmental degradation. Evidence from China shows that low-carbon logistics and low-carbon tourism can support economic growth (Guo & Zhang, 2024), whereas findings from Thailand indicate that improvements in logistics and transport infrastructure quality may stimulate international tourism, yet environmental degradation particularly in the long run can adversely affect tourism outcomes (Zhang et al., 2019). Franciscone et al. (2024) argue that weak air connectivity constitutes a barrier to the tourism–economic growth linkage, while emission-reduction regulations may exert downward pressure on tourism through cost-driven constraints. Another study assesses the sustainability pressures generated by tourism logistics across various dimensions, including transport modes, waste management, carrying capacity exceedance, and environmental pollution, and highlights the strategic role of green transport systems and smart logistics technologies (Aksu, 2025).

Overall, the existing body of research provides valuable insights into the environmental implications of transportation and logistics in tourism. Nevertheless, to the best of the authors' knowledge, no study has systematically been found to map and synthesize the scientific evidence in this domain. Addressing this gap, the present study contributes by tracing the evolution of the field, identifying dominant thematic clusters, and delineating research gaps to inform future scholarship.

2. METHOD, ANALYSIS, and FINDINGS

Within the scope of the bibliometric analysis, a search was conducted in the Web of Science (WoS) database by selecting the “Title” field and using the following keyword sets: (i) “transport” OR “logistics”; AND (ii) “sustain*” OR “carbon” OR “footprint” OR “environment*” OR “emission” OR “green” OR “energy consumption” OR “global warming” OR “climate change” OR “decarbon*” OR “ecological” OR “CO2” OR “carbon dioxide” OR “pollution”; AND

(iii) “tourism” OR “travel” OR “hospitality” OR “destination*” OR “recreation” OR “airline” OR “airplane” OR “accommodation” OR “museum”. This initial search yielded 174 records. Subsequently, a language filter was applied to include only studies published in English, resulting in a dataset of 166 records. Next, the document type was restricted to research articles, review articles, and conference papers, resulting in 146 publications. Finally, the dataset was refined by limiting the WoS indexes to SSCI, SCI-Expanded, ESCI, Book Citation Index – Science (BKCI-S), and Book Citation Index – Social Sciences & Humanities (BKCI-SSH), resulting in a final sample of 128 publications.

In the analysis, several bibliometric indicators were examined, including the annual citation counts received by the 128 publications and the distribution of publications over time. Keyword trends were analyzed to identify shifts in research focus across the study period. Based on these analyses, category-based clustering was performed to reveal thematic structures within the field. In addition, results related to publication fields, and countries of publication were visualized using graphs, maps, and tables generated through R and VOSviewer.

This research analyzes 128 WoS-indexed publications published between 1996 and 2025. These publications appeared in 79 different journals. The average number of citations per publication is 28.19, and the average number of co-authors per publication is 3.51 (Table 1). Figure 1 illustrates the annual distribution of publications over the study period and reveals a notable upward trend in scholarly output, particularly after 2021. The findings presented in Figure 1 further indicate that the most productive years were 2023 and 2025, with 14 publications each.

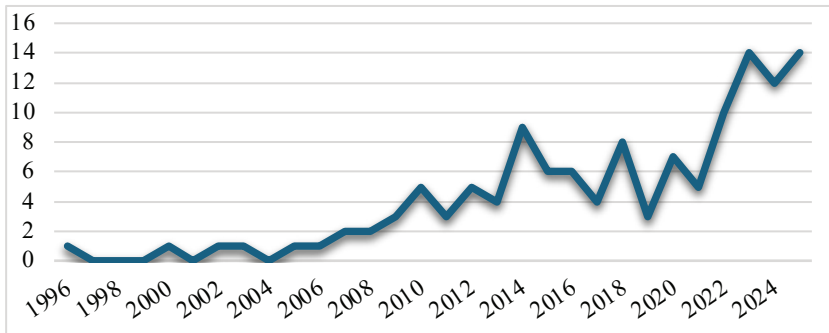


Figure 1. Annual scientific production

Table 1. Typical characteristics of the analyzed publications

Item	Value
Study Period	1996-2025
Publications	128
Journals	79
Keywords	466
Average Citations per Publication	28.19
Single-authored Publications	13
Average Number of Co-authors per Publication	3.51
Collaboration Index (%)	27.91
Annual Distribution of Publications (Selected Years)	
Year	Number of Publications
2017	4
2018	8
2019	3
2020	7
2021	5
2022	10
2023	14
2024	12
2025	14

Keywords summarize the content of a publication, thereby enhancing its discoverability and facilitating literature searches within a given research domain. In this study, the frequency table generated from the dataset provides an

overview of prevailing research trends in the field. Accordingly, the frequency table (Table 2) presented below illustrates the occurrence of keywords related to the environmental dimension of transportation and logistics in tourism. Based on the Keywords Plus data, “behavior” emerges as the most frequently used term. It is followed by “impact,” while the subsequent most common keywords include “mobility,” “physical-activity,” “impacts,” “public transport,” “walking,” “CO2 emissions,” “determinants,” and “land use.”

Table 2. Most frequently used keywords

Keywords	Frequency
behavior	15
impact	13
mobility	12
physical-activity	12
impacts	11
public transport	10
walking	10
co2 emissions	9
determinants	9
land-use	9

Figure 2 depicts the co-occurrence network of keywords and highlights the temporal evolution of the tourism–transport literature. As presented in Figure 2, early studies (darker blue–purple tones) primarily centered on emissions, air quality, and specific transport modes, as reflected in keywords such as “carbon emission,” “airline operation,” and “logistics transportation.” From around 2015 onward (green tones), the research agenda expanded to include “tourism,” “public transport,” “climate change,” and “travel behavior,” indicating a shift toward more integrated and behavior-oriented perspectives. More recent studies (yellow tones) increasingly concentrate on sustainability-driven themes,

including “sustainable mobility,” “green logistics performance,” “energy use,” and policy frameworks such as the avoid–shift–improve approach. Overall, the findings highlight a progressive transition from mode-specific and environmental impact concerns toward holistic, sustainability-oriented frameworks in tourism and transport research.

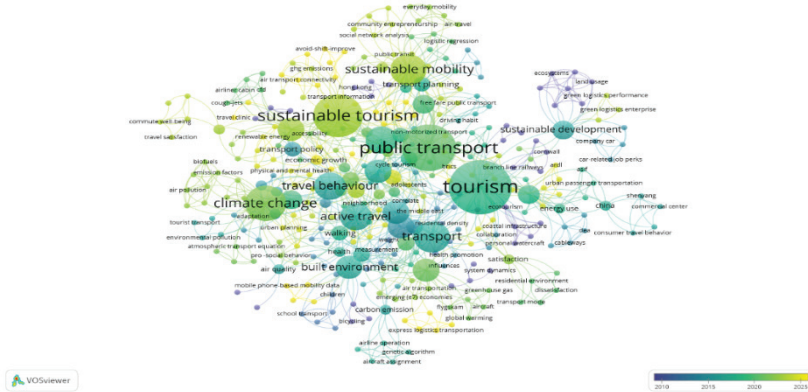


Figure 2. Keyword co-occurrence network

Figure 3 illustrates the cumulative occurrence of the most prominent terms across the analyzed publications. The findings indicate that “behavior” has the highest cumulative frequency, with a steady increase in usage since 2018. “Physical activity” and “impacts” also emerged as highly recurrent themes within the literature. Furthermore, “walking” has gained notable attention since 2019, reflecting a growing research interest in active mobility and behavioral dimensions of tourism and transport studies.

Table 3 assesses the scholarly impact of studies on the environmental dimension of transportation and logistics in tourism using the h-index, total citations (TC), and number of publications (NP). The findings identify *Sustainability* as the most influential journal, demonstrating a leading position in both productivity and citation performance. Other prominent outlets, including the *International Journal of Sustainable Transportation*, *Journal of Sustainable Tourism*, and *Journal of Transport Geography*, also exhibit relatively high h-index values, indicating strong academic influence. Overall, the journals highlighted are largely concentrated within the transportation and logistics domain, underscoring their role as core publication venues in this field.

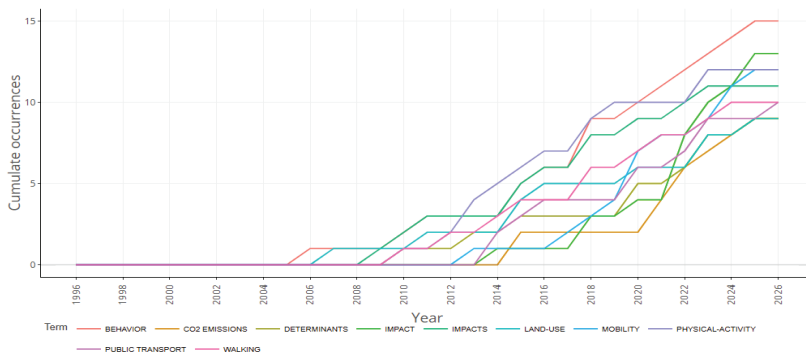


Figure 3. Keyword trends

Table 3. Source impact

Source	h _{index}	TC	NP	PY _{start}
Sustainability	8	170	14	2020
International Journal of Sustainable Transportation	6	96	8	2007
Journal of Sustainable Tourism	5	174	5	2013
Journal of Transport Geography	5	257	5	2007
Journal of Transport & Health	5	179	5	2016
Transportation Research Part D-Transport and Environment	5	213	6	2008
Transportation Research Part A-Policy and Practice	3	122	4	2018
Journal of Cleaner Production	2	32	2	2021
Plos One	2	69	2	2016
Preventive Medicine	2	114	2	2013
Tourism Planning & Development	2	59	2	2009
Transport Reviews	2	49	2	2000
Travel Behaviour and Society	2	71	3	2022

*TC: Total Citations, NP: Total Number of Publications

Table 4 reports the most highly cited studies in this field. Citation counts for these works range from 81 to 573, with the most cited publication being the review article by Davenport and Davenport (2006), which synthesizes the environmental impacts associated with tourism and personal leisure-related transport in coastal areas. This pattern suggests that studies offering conceptual framing and integrative synthesis have played a pivotal role in shaping the field's development. Overall, the most cited contributions predominantly address transport activities generated by tourism and travel, focusing on themes such as carbon emissions, energy consumption, ecological footprint, air pollution, transport network inadequacies, and active travel.

Table 4. Top 10 most cited studies

Author(s)/ Year	Domain/Field	Source	TC
Davenport & Davenport (2006)	Coastal tourism, environmental impact, transport ecology	Estuarine, Coastal and Shelf Science	573
Fusco et al. (2012)	Transport geography, active mobility, built environment	Journal of Transport Geography	112
Martín-Cejas & Sánchez (2010)	Sustainable tourism transport, ecological footprint analysis	Tourism Management	106
Hatzopoulou & Miller (2010)	Transport emissions, air pollution modelling, transport-environment studies	Transportation Research Part D: Transport and Environment	106
Li et al. (2018)	Urban transport energy, CO ₂ emissions, sustainable mobility	Applied Energy	105
Yang et al. (2018)	Transport and health, active travel, ageing and mobility	Journal of Transport & Health	103

Ben Jebli & Hadhri (2018)	Tourism economics, transport emissions, energy-environment nexus	International Journal of Sustainable Development & World Ecology	97
Lucas et al. (2018)	Transport policy, transport poverty, social sustainability	Transportation Research Part A: Policy and Practice	84
Heesch et al. (2014)	Active transport, public health, behavioural mobility studies	Preventive Medicine	81
Heesch et al. (2014)	Cycling for transport, recreation, built environment	Health & Place	72

Figure 4 presents the thematic structure of the publications on the environmental dimension of transportation and logistics in tourism. The thematic map highlights the prominence of motor themes related to climate change, active travel, health, and sustainable mobility, indicating that these topics have become central drivers of the research field.



Figure 4. Thematic map

In addition, the thematic map also reveals an established yet still evolving core domain shaped by public transport, the built environment, and sustainable tourism. By contrast, energy- and emissions-oriented studies focusing on specific vehicle types or individual country contexts remain comparatively niche. Furthermore, themes associated with carbon emissions, sustainable transport, sustainable development, and related constructs emerge as high-potential research areas that have not yet fully consolidated into the intellectual core of the literature.

Table 5 identifies the ten most productive countries in the literature on the environmental dimension of transportation and logistics in tourism based on authors' affiliations. The results indicate that China is the leading contributor with 72 publications, followed by Australia (60) and the United Kingdom (58), collectively forming major centers of knowledge production in the field. This pattern may be interpreted as reflecting China's heightened attention to environmental impacts, given its relatively high carbon emissions and energy-intensive production structure.

Table 5. Top 10 most productive countries*

Country	Frequency
China	72
Australia	60
United Kingdom	58
Italy	28
Spain	23
United States	21
Netherlands	18
Norway	13
South Korea	13
Sweden	12

**Prepared based on authors' national affiliations.*

Overall, scientific output is largely concentrated in high-income economies, including several European countries, the United States, and South Korea. This pattern reflects stronger research infrastructures, policy priorities related to sustainability, and the economic significance of tourism and transportation sectors. Conversely, the limited representation of developing countries suggests a geographical imbalance in the literature, highlighting the need for more inclusive research to broaden the empirical and theoretical scope of the field.

Table 6 and Figure 5 illustrate the structure of international co-authorship in the literature on the environmental dimension of transportation and logistics in tourism. The findings reveal that collaboration is largely concentrated around China, Australia, and the United Kingdom, which function as central hubs within the global research network. The strongest bilateral ties are observed between Australia–United Kingdom and China–Australia, indicating intensive knowledge exchange and joint research activity. Additional collaborations, such as those between China and Thailand, and the United Kingdom with several European countries and the United States, further highlight the role of academically advanced and tourism-intensive nations in shaping the field.

Table 6. Countries with the Highest Levels of Collaboration

From	To	Frequency
Australia	the United Kingdom	4
China	Australia	4
China	Thailand	2
China	the United Kingdom	2
Italy	Spain	2
the United Kingdom	Greece	2
the United Kingdom	the Netherlands	2
the United Kingdom	the United States	2

Moreover, the Italy–Spain linkage points to the emergence of a regional collaboration pattern within Mediterranean destinations, likely driven by shared sustainability and climate-related challenges. In contrast, the absence of meaningful collaboration networks in Latin America and Africa underscores a significant geographic imbalance, suggesting that both research output and international cooperation remain concentrated within a limited group of countries.

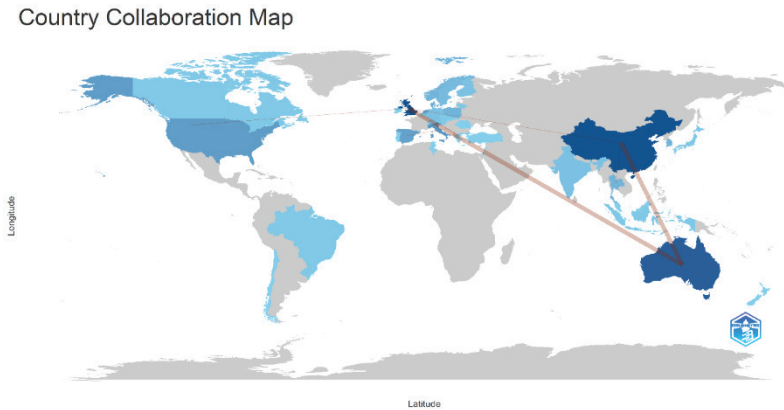


Figure 5. Country collaboration map

Figure 6 presents the VOSviewer co-authorship network, confirming that Australia, China, and the United Kingdom serve as the principal hubs of country-level collaboration in the literature. Their large node sizes reflect both high publication output and strong international co-authorship, while the dense links between them indicate intensive reciprocal collaboration. A secondary cluster, including Italy, Spain, the Netherlands, and the United States, is closely connected to this core, whereas a wider group of countries such as Denmark, Norway, Austria, Belgium, Portugal, Japan, South Korea, Thailand, Israel, Lebanon, Brazil, and Türkiye appear as less central participants within the network.

The temporal dimension, represented by the color gradient, shows that countries like Australia, the United Kingdom, and the Netherlands became active earlier (2014–2018), while others, including Thailand, Türkiye, Lebanon, and Slovenia, have joined more recently (post-2020). This pattern indicates a gradual expansion of the collaboration network, with increasing participation from emerging contributors, particularly in Asia and the Mediterranean region.

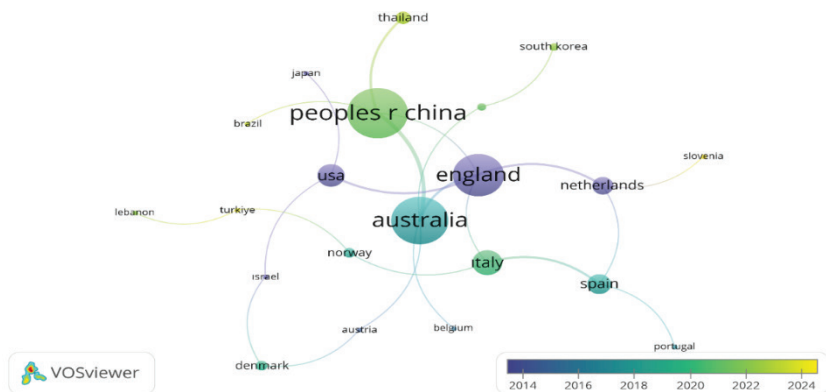


Figure 6. Co-authorship network

Table 7 identifies the most productive universities in the field between 1996 and 2025, revealing a concentration of research output within a limited number of research-intensive institutions.

Table 7. Universities by Publication Output

Institution	Country	Number of Publications
University of Sydney	Australia	9
University of Leeds	United Kingdom	7
Queensland University of Technology	Australia	6
University of Glasgow	Scotland	6
University of Toronto	Canada	6
University of Western Australia	Australia	6
Indian Institute of Technology, Delhi	India	5
Jilin University	China	5
Peking University	China	5
Technical University of Denmark	Denmark	5

The University of Sydney ranks first (9 publications), followed by Queensland University of Technology (6) and the University of Western Australia (6), highlighting Australia's strong institutional presence alongside its country-level prominence. Additionally, the inclusion of institutions such as the Indian Institute of Technology Delhi, Jilin University, and Peking University underscores the increasing contribution and visibility of leading Asian universities in this research domain.

CONCLUSION

This study offers a comprehensive evaluation of the scientific development in the literature on the environmental aspects of transportation and logistics in tourism, utilizing bibliometric analysis on 128 publications published between 1996 and 2025. The results reveal both the quantitative expansion of this research area and its thematic transformation over time. First, the findings indicate a marked increase in scholarly attention after 2021, with 2023 and 2025 emerging as the most productive years in terms of publication output. This pattern suggests that these years represent a period in which contemporary debates in the field have intensified.

The keyword profiles of the analyzed publications further demonstrate that the literature has been shaped around core concepts, including behavior, impact, mobility, physical activity, public transport, walking, CO₂ emissions, determinants, and land use. The prominence of “behavior” indicates that tourists’ and visitors’ transport choices—such as private-car use, public transport, and walking—have become central to empirical inquiry. In contrast, the frequent occurrence of “CO₂ emissions” and “impact” reflects an analytical orientation toward measuring and interpreting the implications of tourism-related transport and logistics activities for climate change and environmental sustainability.

In addition, the most highly cited contributions address not only carbon emissions, energy consumption, ecological footprint, and air pollution, but also themes related to inadequacies in transport infrastructure and the promotion of active travel. This pattern suggests that the field has increasingly framed its insights around strengthening public transport and managing infrastructure capacity. More broadly, it can be argued that high-impact studies share a common focus on examining the environmental consequences of tourism-driven mobility from multiple, complementary perspectives.

The thematic transformation identified in the literature indicates a growing

transition toward sustainability-oriented perspectives in the field of transportation and logistics in tourism. The increasing prominence of concepts such as sustainable mobility, public transport, active travel, and green logistics reflects the adoption of the avoid–shift–improve approach within tourism transport policy. Existing studies have largely focused on measuring environmental impacts, particularly carbon emissions and environmental pollution. More recent research, however, places greater emphasis on behavioral adaptation, modal shifts, and low-carbon mobility systems. Studies addressing sustainable mobility and the development of transport infrastructure further demonstrate the close relationship between transportation and logistics research in tourism and the broader concept of sustainable tourism. In this regard, the findings suggest that research in this field has increasingly begun to integrate environmental, infrastructural, and behavioral dimensions within a more comprehensive sustainability framework.

The thematic analysis identifies studies on transport, health, and sustainable mobility as the dominant motor themes in the field. By comparison, research focusing on energy/emissions dynamics for specific vehicle types or country-specific contexts receives relatively less attention. This imbalance highlights a clear research gap and underscores the need for more targeted investigations in these underexplored areas.

Country-level evidence indicates that international collaboration networks are primarily structured around China, Australia, and the United Kingdom. This finding suggests that these countries play a central role in knowledge production through their individual publication performance and reciprocal research partnerships. Conversely, the absence of network connections in Latin America and Africa signals a notable gap in both scientific output and international collaboration, underscoring the need to broaden geographic representation in future research agendas.

The results also yield several implications for policymakers in the tourism, transportation, and logistics sectors. First, to mitigate the environmental impacts of increasing tourist mobility, policy interventions should prioritize avoid–shift–improve strategies—reducing travel demand where feasible, shifting trips from private cars toward public transport and active modes, and improving transport systems through low-emission technologies. Second, in developing destinations where sustainable mobility research and practice remain limited, dedicated data systems should be established to regularly measure tourism-related transport and logistics emissions, supported by training programs for local authorities and businesses. Finally, adopting an integrated approach that

jointly considers sustainable transport, energy use, individual mobility patterns, and tourism policy would strengthen the role of sustainability and climate change considerations in tourism-oriented strategic planning.

The findings indicate that several practical measures should be implemented to support the development of tourism destinations within the context of transportation and sustainable mobility and logistics. In developing countries such as Türkiye, local governments and destination management organizations should place greater emphasis on investments aimed at establishing pedestrian walking routes in areas with high tourism activity, expanding shared bicycle systems, and minimizing the use of fossil fuels. Implemented policies should encourage the wider adoption of low-emission public transport systems as well as the use of electric vehicles in individual transportation. Such policies are particularly important for cities located in the Mediterranean Basin, such as Antalya and Muğla, where seasonal tourist density is considerably high. The implementation of sustainable transport policies in these coastal and cultural heritage destinations may help reduce traffic congestion and environmental pollution. These strategies could contribute to minimizing the impacts of climate change in developing countries such as Türkiye, while improving destination accessibility and visitor experience.

REFERENCES

- Aksu, C. (2025). Tourism logistics in the age of sustainability: Challenges, innovations, and strategic integration. *International Journal of Science Academic Research*, 6(2), 9347–9351.
- Ben Jebli, M., & Hadhri, W. (2018). The dynamic causal links between CO2 emissions from transport, real GDP, energy use and international tourism. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 25(6), 568-577.
- Davenport, J., & Davenport, J. L. (2006). The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: a review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67(1-2), 280-292.
- Edirisinghe, P., Silva, K. A. C., & Siriwardena, S. (2021). The Future of Travel Business: A Conceptual Approach Through Tourism Logistics Perspectives. [Preprint] SSRN 3992920.
- Franciscone, B. G., Zou, X., & Fernandes, E. (2024). The Global South air transport Belt: A catalyst for sustainable tourism and economic growth. *Transport Policy*, 159, 14–27.

- Fusco, C., Moola, F., Faulkner, G., Buliung, R., & Richichi, V. (2012). Toward an understanding of children's perceptions of their transport geographies:(non) active school travel and visual representations of the built environment. *Journal of Transport Geography*, 20(1), 62-70.
- Guo, J., & Zhang, Y. (2024). How does low-carbon development of logistics and tourism contribute to China's economy? Evidence from technological innovation and renewable energy. *Journal of the Knowledge Economy*, 15, 18378–18411.
- Hatzopoulou, M., & Miller, E. J. (2010). Linking an activity-based travel demand model with traffic emission and dispersion models: Transport's contribution to air pollution in Toronto. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(6), 315-325.
- Heesch, K. C., Giles-Corti, B., & Turrell, G. (2014). Cycling for transport and recreation: associations with socio-economic position, environmental perceptions, and psychological disposition. *Preventive Medicine*, 63, 29-35.
- Heesch, K. C., Giles-Corti, B., & Turrell, G. (2015). Cycling for transport and recreation: associations with the socio-economic, natural and built environment. *Health & Place*, 36, 152-161.
- Li, P., Zhao, P., & Brand, C. (2018). Future energy use and CO2 emissions of urban passenger transport in China: A travel behavior and urban form based approach. *Applied Energy*, 211, 820-842.
- Lucas, K., Philips, I., Mulley, C., & Ma, L. (2018). Is transport poverty socially or environmentally driven? Comparing the travel behaviours of two low-income populations living in central and peripheral locations in the same city. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 116, 622-634.
- Martín-Cejas, R. R., & Sánchez, P. P. R. (2010). Ecological footprint analysis of road transport related to tourism activity: The case for Lanzarote Island. *Tourism Management*, 31(1), 98-103.
- Schiffres, S. N., Kim, K. H., Hu, L., McGaughey, A. J., Islam, M. F., & Malen, J. A. (2012). Gas diffusion, energy transport, and thermal accommodation in single-walled carbon nanotube aerogels. *Advanced Functional Materials*, 22(24), 5251-5258.
- Waleghwa, B., & Ioannides, D. (2024). Everyone wants to drive there: Challenges to transport sustainability in rural tourism destinations. *International Journal of Tourism Research*, 26, e2810.
- Yang, Y., Xu, Y., Rodriguez, D. A., Michael, Y., & Zhang, H. (2018). Active travel,

public transportation use, and daily transport among older adults: The association of built environment. *Journal of Transport & Health*, 9, 288-298.

Zhang, Y., Khan, S. A. R., Kumar, A., Golpîra, H., & Sharif, A. (2019). Is tourism really affected by logistical operations and environmental degradation? An empirical study from the perspective of Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 227, 158–166.

TÜBİTAK PROJESİ KAPSAMINDA YAPILAN ATÖLYE ÇALIŞMALARININ GENÇLERİN ÇEVRESEL MESAJLARI ALIMLAMA BİÇİMİNE ETKİSİ: NİTEL BİR İNCELEME

Prof. Dr. Kenan DEMİRCİ

Fırat Üniversitesi

Halkla İlişkiler ve Tanıtım

kdemirci@firat.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-2164-7973>

Dr. Öğr Üyesi Deniz Özer ALPER

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Halkla İlişkiler ve Tanıtım

deniz.ozero@omu.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-25639-1939>

ÖZET

Çevre sorunları dünya genelinde toplumsal, ekonomik ve politik süreçleri derinden etkileyen çok boyutlu bir olgudur. Artan çevre problemleri, iklim değişiklikleri ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi sorunlar gelecekte toplumların değerlerine yönelik bilimsel temelde bireysel ve toplumsal gelişmelerin yayılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda çevre bilincinin ve toplumsal bilginin geliştirilmesi amacıyla kampanyalar yapılmaktadır. Kamu spotları bu stratejiler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Kamu spotları sosyal pazarlama kapsamında toplumsal fayda sağlayan, bireylerde davranış değişikliğini hedefleyen video ve sesli içeriklerdir. Çevre kapsamında yapılan kamu spotları yaşanan çevre sorunlarına ilişkin bilgili olmayı, çevre dostu yaklaşımı benimsemeyi teşvik etmek ve toplumsal bilinci oluşturmak için önemli bir araç olarak etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Çevre konulu kamu spotu içeriklerinin duygusal ve özgün olması da izleyici üzerinde etkili olabilmektedir. Bu nedenle kamu

spotlarının

incelenmesi çevre bilincinin geliştirilmesi ve toplumsal bilginin gelişiminin değerlendirilmesi açısından önemli bir adımdır. Kamu spotlarının etkileri ve nasıl yorumlandığının analiz edilmesi çevre iletişimi konusunda hem teorik hem de pratik açıdan önemli katkılar sunmaktadır.

Bu kapsamda bu çalışmada TÜBİTAK destekli bir projede yer alan öğrencilerin çevre konulu kamu spotları hakkındaki görüşleri ele alınmaktadır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın kurumsal web sayfasında yayınladığı kamu spotlarından 2 tanesi seçilmiştir. Öğrencilere kamu spotlarını izledikten sonra duygu ve düşüncelerini grup dinamiği ile anlamak amacıyla kamu spotlarının güçlü ve eleştirilen yönleri ile (mesajın inandırıcılığı, olumsuz/olumlu tepkiler, spotların ikna edici olup olmaması, mesaj kalitesi, duygusal tepki, "görüntüde neyi fark ettiniz?") ilgili sorular sorulmuştur. Bununla birlikte atölye çalışmaları sürecinde öğrendikleri, yaptıkları çalışmalar ve deneyimlerin kamu spotlarını değerlendirmeleri istenmiştir. Cevaplar araştırmacılar tarafından not alındıktan sonra öğrencilere kendi görüşleri olduğu onaylatılmıştır. Toplanan bilgiler MaxQda 2020 programına analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kamu spotu, çevre iletişimi, çevresel farkındalık, iletişim kampanyaları, sosyal sorumluluk.

ABSTRACT

Environmental issues are a multidimensional phenomenon that profoundly affects social, economic, and political processes worldwide. Growing environmental problems, such as climate change and loss of biodiversity, necessitate the spread of scientifically based individual and social developments that address the values of future societies. In this context, campaigns are conducted to raise environmental awareness and social knowledge. Public service announcements play an important role in these strategies. Public service announcements are video and audio content that provide social benefits within the scope of social marketing and aim to change individual behavior. Public service announcements on the environment are effectively used as an important tool to promote awareness of environmental issues, encourage the adoption of an environmentally friendly approach, and raise social awareness. The emotional and original nature of environmental public service announcement content can also be effective on the audience. Therefore, examining public service announcements is an important step in developing environmental awareness and evaluating the development of social knowledge. Analyzing the effects of public service an

nouncements and how they are interpreted provides important contributions to environmental communication from both theoretical and practical perspectives.

Within this scope, this study examines the opinions of students participating in a TÜBİTAK-supported project regarding public service announcements on environmental issues. Two public service announcements published on the institutional website of the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change were selected. After watching the public service announcements, students were asked questions about the strengths and weaknesses of the announcements (credibility of the message, negative/positive reactions, persuasiveness of the announcements, message quality, emotional response, “what did you notice in the images?”) in order to understand their feelings and thoughts through group dynamics. In addition, students were asked to evaluate the public service announcements based on what they learned, the work they did, and their experiences during the workshop. After the researchers noted the answers to these questions, the students confirmed that they were their own opinions. The collected information was analyzed using the MaxQda 2020 program.

Keywords: Public service announcement, environmental communication, environmental awareness, communication campaigns, social responsibility.

GİRİŞ

Çevre sorunları günümüzde yalnızca ekolojik bir mesele olmaktan çıkmış; toplumsal, ekonomik ve siyasal boyutlarıyla küresel ölçekte belirleyici bir gündem haline gelmiştir. İklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, doğal kaynakların tükenmesi ve artan kirlilik gibi sorunlar toplumların yaşam pratiklerini, üretim biçimlerini ve değer sistemlerini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle çevresel meseleler, teknik çözümlerle sınırlı kalmayan; bilimsel bilgiye dayalı, toplumsal katılımı önceleyen ve davranış değişimini hedefleyen bütüncül yaklaşımları gerektirmektedir. Çevre iletişimi, çevresel sorunlara ilişkin farkındalık oluşturmayı, bireyleri bilgilendirmeyi ve çevre dostu tutumların benimsenmesini teşvik etmeyi amaçlayan stratejik bir alan olarak öne çıkmaktadır. Kampanyalar, sosyal sorumluluk projeleri ve kamusal bilgilendirme çalışmaları bu alanın temel araçları arasında yer almaktadır. Özellikle kamu spotları söz konusu stratejiler içinde özel bir konuma sahiptir. Kısa ve yoğun mesaj yapıları sayesinde geniş kitlelere ulaşabilmekte; çevreye ilişkin tutum ve davranışları dönüştürmeyi hedefleyen kamusal iletişim araçları olarak işlev görmektedir.

Çevre temalı kamu spotları bilgi aktarma işleviyle birlikte izleyicide duygusal bir etki yaratarak çevreye yönelik tutum ve davranışları dönüştürmeyi de hedeflemektedir. Mesajın özgünlüğü, anlatı yapısı, görsel kodları ve duygusal tonu, izleyici üzerindeki ikna edici gücü doğrudan etkili olabilmektedir. Bu bağlamda kamu spotlarının nasıl kurgulandığı kadar nasıl alımlandığı da önem taşımaktadır. Zira iletişim süreci anlamın üretildiği ve yeniden yorumlandığı dinamik bir etkileşim alanıdır.

Buradan hareketle bu çalışma, çevre konulu kamu spotlarının izleyici tarafından nasıl değerlendirildiğini ortaya koymayı amaçlamaktadır. TÜBİTAK destekli bir proje kapsamında yer alan öğrencilerin görüşleri üzerinden yürütülen araştırmada, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın kurumsal web sitesinde yayımlanan iki kamu spotu incelenmiştir. Öğrencilerin spotları izledikten sonra geliştirdikleri duygu ve düşünceler grup dinamiği içinde tartışmaya açılmış; mesajın inandırıcılığı, ikna ediciliği, duygusal etkisi, olumlu ve eleştirilen yönleri ile görsel farkındalık unsurları gibi boyutlar üzerinden değerlendirilmiştir. Ayrıca atölye sürecinde edindikleri bilgi ve deneyimlerin kamu spotlarına yönelik yorumlarını nasıl etkilediği de analiz kapsamına alınmıştır.

1. ÇEVRESEL İLETİŞİM VE KAMU SPOTLARI

Çevresel iletişim kavramı, 1970'li yıllardan itibaren çevre sorunlarının çözümünde iletişimin rolünün giderek daha görünür hâle gelmesiyle birlikte gelişim göstermiştir. Kükreç'in de (2016: 788) vurguladığı üzere iletişim süreçleri çevresel değişimlere ilişkin bilgilendirme yapmakla sınırlı kalmamış; toplumsal farkındalık oluşturma ve çevreye duyarlı bireyler yetiştirme amacıyla yapılandırılmıştır. Bu bağlamda çevresel iletişim kamusal bilinç üretiminin önemli bir aracı olarak konumlanmaktadır. Kamu spotları ise bu iletişim sürecinde öne çıkan araçlardan biridir. Kısa, yoğun ve mesaj odaklı yapıları sayesinde geniş kitlelere ulaşabilmekte; çevre bilincinin yaygınlaştırılmasına katkı sunmaktadır. Nitekim 2012–2015 yılları arasında TRT 1'de yayımlanan çevre temalı kamu spotları üzerine gerçekleştirilen içerik analizi bu yayımların toplumsal farkındalık oluşturma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma kapsamında yapılan görüşmelerde kamu spotlarının çevresel duyarlılık ve tutum değişimi yaratmada etkili olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (Kükreç, 2016). Bu sonuç kamu spotlarının çevresel iletişim bağlamında bilgilendirici ve sosyal sorumluluk perspektifiyle bütünleşik bir

kamusal müdahale aracı olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Kamu spotlarının temel amacı toplum yararına olacak şekilde bireylerde davranış değişikliği yaratmaktır. Kamu spotları sağlık, çevre ve sosyal yaşamla ilgili problemlere dikkat çekmekte ve kamu yararını hedeflemektedir. Bu yayınların ana hedefi kısa sürede çok sayıda insana etkili mesajlar sunmak ve kamuoyunda ikna edici bir etki oluşturmaktır. Orhan'ın (2022) COVID-19 pandemisi sürecinde Ankara'da yürüttüğü araştırmada kamu spotlarının pandemiyle mücadelede orta düzeyde bir rol oynadığı belirlenmiştir. Burada dikkat çeken nokta kamu spotlarının hedef kitleye erişiminin sağlanması ve panik ortamını dengeleyici bir işlevi üstlenmesidir. Bu örnek krizler veya afetler sırasında kamu spotlarının benzer şekilde toplumsal bilgilendirme ve yönlendirme aracı olarak kullanılabilmesine işaret etmektedir. Bunun yanı sıra kamu spotlarında kullanılan dil, metaforlar, anlatı kalıpları ve konunun ele alınışı hedef kitlenin algılarını ve tepkilerini doğrudan etkilemektedir. Nerlich ve arkadaşlarının çalışmasının iklim değişikliği iletişiminin teorik temelleri incelenmiş ve farklı kamu iletişimine yönelik çeşitli iletişim araçlarının önemi vurgulanmıştır (Nerlich ve ark., 2009). Görsel iletişim de bu süreçte giderek daha fazla önem kazanmaktadır. De Wit ve arkadaşlarının araştırmasında görsel iletişim formatlarının genç yetişkinlerde iklim dostu yayılmasını teşvik etmede etkili olduğu öne çıkmaktadır (Wit ve ark., 2021). Çevresel mesaj içeriği kadar mesajın sunulduğu biçimi de önemli görülmektedir. Nazir ve Wani'nin araştırmasında insan influencer'ların sanal influencer'lara kıyasla daha etkili ilettiği; ayrıca olumsuz çerçeveli satışların merkezlerinde aktivizm ve sürdürülebilir satın alma niyetlerini artırmada daha başarılı olduğu ortaya koyulmuştur (Nazir & Wani, 2025). Bu bulgu çevre kampanyalarında mesajın duygusal etkisinin ve gücünün bilinmesinin önemine işaret etmektedir. Çevresel tutumların kalıcı eylemlere dönüşebilmesi için yalnızca bilgilendirici içeriklerin sunulması yeterli değildir. Kesenheimer ve Greitemeyer'in bulguları katılımcılara düzenli olarak iletilen öz-çıkar temelli ya da doğa odaklı mesajların çevreye duyarlı eylemleri anlamlı düzeyde artırmadığını göstermektedir. Buna karşılık bireylerin başkaları tarafından görülme ya da izlenme hissi içinde olmalarının çevre dostu davranışların ortaya çıkmasında daha güçlü bir etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur (Kesenheimer & Greitemeyer, 2020). Reyes ve ark. (2021) ise iklim değişikliği risk algısı ve risk iletişiminde farklı duygusal tepkilerin yoğunluğu ve türü; kişisel deneyimler, kültürel değerler ve sosyal normlarla etkileşime girerek risk algısını ve davranışsal tepkileri şekillendirmektedir. Bu nedenle çevre kampanyalarının tasarımında duygusal içeriklerin ön plana çıkarılarak planlanmasının daha etkili olabileceği söylenebilmektedir. Buna

bağlı olarak hedef kitlenin iyi analiz edilmesi de dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta olmaktadır. Hodson'un (2019) önerdiği modele göre iklimle mücadele çabalarının etkinliğinin genişlemesi için bireysel ve toplumsal olarak ele alınmalıdır. Bu modelde bilgilerin akışlarında hedef kitlenin değerleri, inançları ve sosyal bağlanmanın kaydedilmesi çok katlı bir yaklaşımın esaslarını içermektedir. Çevre kampanyalarında gelişmiş iletişim araçlarının kullanımı da dikkat çekicidir. Skanavis ve arkadaşlarının (2018) geliştirdiği mobil uygulama örneğinde olduğu gibi teknolojik araçlar genç nesiller arasında hızlı ve etkili çözümler sunabilmektedir. Çevre iletişimi yalnızca bilgi aktarımı değildir; toplumun yaşadığı çevreyi koruması, geliştirmesi için bir eyleme teşvik eden önemli çabalardır.

2. ARAŞTIRMANIN ÇERÇEVESİ

Bu araştırmanın konusu çevre temalı kamu spotlarının izleyici tarafından nasıl algılandığı, yorumlandığı ve değerlendirildiğinin incelenmesidir. Çalışma, özellikle Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan iki kamu spotunun öğrenciler nezdinde oluşturduğu duygusal tepkiler, mesajın inandırıcılığı, ikna ediciliği ve çevresel farkındalık üzerindeki etkisine odaklanmaktadır. Bu bağlamda araştırma çevre iletişimi ve sosyal pazarlama çerçevesinde kamu spotlarının anlam üretim süreçlerini ve izleyici alımlamasını ortaya koymayı amaçlayan nitel bir inceleme niteliğindedir.

Araştırmanın problemlerinden biri çevre konulu kamu spotlarına yönelik araştırmaların kısıtlılığı ve mevcut çalışmaların davranış değişimini ya kısmen konu edinmesi ya da konu edinmemesidir. İkinci olarak çevre konulu kamu spotları ile ilgili eğitim ve bilgilendirme çabaları ile davranış kazanımındaki önemini konu edinen çalışmaların kısıtlılığıdır. Sosyal pazarlama yaklaşımını temel alan bu araştırma farkındalık–tutum–davranışı bir bütün çerçevede ele almaktadır. TÜBİTAK destekli bir proje kapsamında yürütülen atölye çalışmalarının, gençlerin çevresel mesajları okuma, yorumlama ve eleştirme becerilerini nasıl geliştirdiği ortaya koyulmaktadır. Bu bağlamda bu çalışmanın amacı TÜBİTAK destekli projede yer alan öğrencilerin çevre konulu kamu spotlarına ilişkin duygu, düşünce ve değerlendirmelerini ortaya koymak, kamu spotlarının mesaj kalitesi, ikna ediciliği ve duygusal etkileri açısından nasıl algılandığını analiz etmek, atölye eğitimlerinin ve çalışmalarının farkındalık kazanma ve sürdürülebilir davranış geliştirmelerine etkilerini görmektir.

1- Üniversite öğrencileri çevre konulu kamu spotlarını nasıl algılamakta ve

yorumlamaktadır?

- 2- Kamu spotlarında kullanılan duygusal, görsel ve ikna edici unsurlar öğrencilerin alımlama biçimlerini nasıl etkilemektedir?
- 3- Atölye çalışmaları süreci, öğrencilerin çevre konulu kamu spotlarını değerlendirme ve yorumlama biçimlerinde ne tür değişimler yaratmaktadır?
- 4- Çevre konulu kamu spotlarının öğrenciler üzerinde çevresel farkındalık ve davranış değişikliği oluşturma potansiyeli nasıl değerlendirilmektedir?

Araştırma nitel araştırma yaklaşımı ile yapılandırılmıştır. Katılımcıların çevre konulu kamu spotlarına ilişkin algı, duygu ve düşüncelerini derinlemesine incelemek amacıyla durum çalışması deseni kullanılmıştır. Durum çalışması deseni belirli bir bağlamda (TÜBİTAK destekli bir atölye süreci) gerçekleşen deneyimlerin ve bu deneyimlerin kamu spotlarının yorumlanmasına etkisinin ayrıntılı olarak analiz edilmesine olanak tanımaktadır.

Araştırma grubunu TÜBİTAK destekli proje (proje no:123k696) kapsamında iki farklı üniversitede (Fırat Üniversitesi ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi) düzenlenen çevre temalı atölye çalışmalarına katılan üniversite öğrencileri oluşturmaktadır. Çalışma grubu (1) en az bir dönem boyunca atölye çalışmalarına düzenli olarak katılmış olmak, (2) çevre iletişimi ve medya okuryazarlığı konularında en az bir atölye oturumuna katılmış olmak ve (3) araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etmek üzere üç temel ölçüt çerçevesinde amaçlı örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Bu kriterler çevre konulu kamu spotlarının nasıl yorumlandığının atölye deneyimiyle ilişkili biçimde derinlemesine incelenebilmesi amacıyla tanımlanmıştır. Araştırmanın katılımcı sayısı 14 kişiden (K1–K14) oluşmakta olup nitel araştırmalarda doygunluğa ulaşmak için yeterli görülen bu sayı, veri çeşitliliği sağlanana dek sürdürülen amaçlı örnekleme süreciyle sabitlenmiştir (Creswell, 2013). Katılımcıların yaş aralığı 19–35 arasında değişmekte olup çalışma grubunda hem lisans hem de lisansüstü öğrenciler yer almaktadır. Katılımcı kimlikleri etik ilkeler doğrultusunda gizli tutulmuş; bireyler K1, K2, K3... şeklinde kodlanmıştır.

Veriler, yarı yapılandırılmış bireysel görüşme tekniği aracılığıyla toplanmıştır. Bu teknik; önceden hazırlanan soru kılavuzunun esnekliğini koruyarak katılımcıların kendi anlatı çerçevelerini özgürce kurabilmelerine imkân tanımaktadır (Kvale, 2007). Görüşmeler, her biri ortalama 35–50 dakika süren oturumlar halinde gerçekleştirilmiştir. Her görüşme öncesinde katılımcılara Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın kurumsal

web sitesinde yayımlanan “Sıfır Atık” ve “Yeşil Bakış” adlı iki kamu spotu izletilmiştir. Spotların seçiminde; (1) kamuoyunda yeterli görünürlük kazanmış olması, (2) farklı ikna ve anlatı stratejilerini temsil etmesi ve (3) Türkiye’nin resmi çevre politikaları çerçevesinde üretilmiş olması olmak üzere üç ölçüt esas alınmıştır. Görüşmeler araştırmacılar tarafından yazılı olarak kayıt altına alınmış, görüşme sonunda katılımcı onayı sağlandıktan sonra analize dahil edilmiştir.

Görüşmelerden elde edilen veriler tematik içerik analizi yöntemiyle çözümlenmiştir. Analiz süreci beş aşamada yürütülmüştür: (1) Deşifre metinleri araştırmacılar tarafından bağımsız olarak defalarca okunmuş ve ham kodlar belirlenmiştir. (2) Ham kodlar anlamsal benzerlik ilkesi doğrultusunda gruplandırılmış; tekrarlanan ve örtüşen kodlar birleştirilmiştir. (3) Kod kümeleri altı ana tema ve yirmi alt kod olarak yapılandırılmış; bu yapı Tablo 1’de sunulmuştur. (4) Temalar ve alt kodlar, araştırmacılar arasında uzlaşa sağlanana dek tartışılmış; görüş ayrılıkları üçüncü bir araştırmacının değerlendirmesiyle çözümlenmiştir. (5) Tüm analiz süreci MaxQDA 2020 programı aracılığıyla yönetilmiş ve kod ilişkileri görselleştirilmiştir. Geçerlilik ve güvenilirliği artırmak amacıyla katılımcı doğrulaması uygulanmış; elde edilen bulgular seçilmiş katılımcılara sunularak onay alınmıştır. Böylece araştırmanın çevresel farkındalık çalışmalarına ve iletişim kampanyalarının etkililiğine ilişkin literatüre hem kuramsal hem de uygulamaya dönük katkı sunması beklenmektedir. Tablo 1’de kodlar ve alt kodlar tablosu görülmektedir.

Tablo 1. Kodlar ve alt kodlar

Kodlar	Alt kodlar
Çevresel duyarlılık ve ön bilgi	Çevresel ön bilinç
	Doğa kaygısı
	Toplumsal etki algısı
Kamu spotlarının algılanma biçimleri (a.s.1)	Mesajın açıklığı
	Gerçeklik algısı
	Olumsuz yaklaşım
	Güvenirlilik
Görsel-duyusal ikna unsurları (a.s.2)	Duyusal etki
	Görsel etkililik
	Bilimsel kanıt ihtiyacı
	Ünlü kullanımı
Gençlere yönelik iletişim stratejisi	Gençlere hitap
	Hedef kitle belirsizliği
	Genel hedef kitle uyumu
Atölye çalışmalarının etkisi (a.s.3)	Farkındalık artışı
	Eleştirel okuma
	Medya okuryazarlığı
	Atölye öncesi/sonrası karşılaştırma
Davranış ve farkındalık (a.s.4)	Günlük davranış kazanımı
	Davranış niyeti
	Sosyal etki algısı
	Davranışa dönüşme sınırı

1.1.1.Araştırmanın Bulguları

Bu bölümde, TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilen atölye çalışmalarına katılan üniversite öğrencilerinin çevre konulu kamu spotlarına ilişkin görüşlerinden elde edilen bulgular sunulmaktadır. Veriler MAXQDA 2020 programı kullanılarak analiz edilmiş; analiz sonucunda altı ana tema altında toplanmıştır. Bulgular her tema kapsamında katılımcı ifadeleriyle desteklenerek betimlenmiştir.

Tablo 2. Çevresel duyarlılık ve ön bilgi koduna göre genel eğilimler

Ana tema	Alt tema	Genel eğilimler	Katılımcı ifadeleri
Çevresel duyarlılık ve ön bilgi	Çevresel ön bilinç	Öğrencilerin büyük çoğunluğu çevre konusunda temel bilgiye ve duyarlılığa sahiptir, bu bilinç çoğunlukla geri dönüşüm ve gelecek vurgusu üzerinden kurulmaktadır.	“Doğa, insan ve hayvan yaşamı için önem arz eden bir alandır. Bu alanın geri dönüşüm, enerji tasarrufu ve doğa koruma gibi faaliyetler ile korunması canlılığın sürdürülmesi açısından oldukça önemlidir.” (K1-K2-K3-K4-K5-K6-K7-K9-K11-K12)
	Doğa kaygısı	Doğaya yönelik kaygı; kaynakların tükenmesi, hayvanlar ve gelecek nesiller üzerinden kurulmaktadır.	“Doğa kaynaklarının tükenmeye başlaması dikkatimi çekiyor çünkü doğa kaynaklarının tükenmeye başlaması bizlerin yaşamını etkilemekle beraber geleceğimizi de riske atıyor. Aynı zaman da hayvanların neslinin tükenmesine de sebebiyet vererek yaşam alanının yok olmasına neden oluyor.” (K1-K2-K3-K4-K5-K6-K7-K8-K9-K11-K12)
	Toplumsal etki algısı	Çevresel sorunları bireysel olmaktan çok toplumsal yaşamı etkileyen yapısal sorunlar olarak görürler.	Çevre sorunlarının dünyamızda ve toplumsal yaşam üzerinde çok büyük etkileri olduğunu düşünüyorum. Hava kirliliği, çevre kirliliği, su kayıpları yaşanması, iklim krizlerinin yaşanması gibi birçok neden doğuruyor. Bu problemlerin hepsi bizleri doğrudan etkiliyor. Toplumun yaşam şeklimizi, gündelik hayatımızdaki davranışlarımızı, sağlığımızı, ekonomik düzenimizi ve hatta sosyal ilişkilerini bile etkiliyor. Bu yüzden çevre sorunları aslında hepimizin ortak sorunu. (K1-K2-K3-K4-K5-K6-K7-K8-K10-K11-K13)

Katılımcıların görüşleri incelendiğinde, çevre konularına ilişkin belirli bir ön farkındalık ve duyarlılığa sahip oldukları görülmektedir. Özellikle geri dönüşüm, doğal kaynakların korunması ve çevre kirliliğinin insan yaşamı üzerindeki etkileri sıklıkla vurgulanmıştır. Katılımcılar, çevresel sorunları bireysel değil toplumsal ve gelecek kuşakları ilgilendiren bir mesele olarak değerlendirmektedir:

“Doğa kaynaklarının tükenmeye başlaması bizlerin yaşamını etkilemekle beraber geleceğimizi de riske atıyor.” (K1). “Doğa, insan ve hayvan yaşamı için oldukça önemli bir alandır ve korunması gerekmektedir.” (K2).

Bu veriler öğrencilerin kamu spotlarını değerlendirirken tamamen bilgisiz bir konumda olmadıklarını; belirli bir çevresel bilinç zemininden hareket ettiklerini göstermektedir.

Tablo 3. Kamu spotlarının algılanma biçimleri koduna göre genel eğilimler

Ana tema	Alt tema	Genel eğilimler	Katılımcı ifadeleri
Kamu spotlarının algılanma biçimleri	Mesajın açıklığı	Kamu spotlarının mesajları oldukça açık ve anlaşılır bulunur.	“Mesaj açık bir şekilde iletilmiştir. Mesaj insanların çevresinde olan görsellerin ve örneklerin verilmesiyle duygusal örneklerin gösterilmesiyle insanların dikkatini çekmiş ve açık bir şekilde mesaj iletilmiştir.” (K1, K2, K3, K4,K5, K6, K9, K10, K11,
	Gerçeklik algısı	Günlük yaşamdan sahneler ve somut örnekler spotların gerçekçi algılanmasını sağlar.	“Mesajlar açık bir şekilde iletilmiş, görseller gerçek yaşamdan kesitlerle duygusal tepki uyandırdığını fark ediyorum.” (K1,K4,K7,K9,K14)
	Olumsuz yaklaşım	Bazı öğrenciler spotları yüzeysel, tekrar eden ve sınırlı bulur.	“Görüntüler inandırıcılığı destekliyor ancak duygu aktarımı yansıtmıyor.” (K6, K7, K8, K10)
	Güvenirlilik	Ünlü ve kamusal figür kullanımı güven algısını artırır.	“Güvenilir kişilerin kamu spotlarında bulunması mesajın inandırıcılığını artırır.” (K2, K3, K4, K5)

Kamu spotlarının algılanma biçimine ilişkin bulgular öğrencilerin spotları genel olarak açık, anlaşılır ve gerçekçi bulduklarını ortaya koymaktadır. Katılımcılar, mesajların günlük yaşamdan örneklerle desteklenmesini spotların inandırıcılığını artıran bir unsur olarak değerlendirmiştir.

“Mesaj açık bir şekilde iletilmiştir. Günlük hayatımızdan örneklerle insanların dikkatini çekmektedir.” (K1)

“İki kamu spotunda da mesajlar oldukça açık bir şekilde anlatılmıştır.” (K2) Bununla birlikte bazı katılımcılar, kamu spotlarının çevre sorunlarını ele alırken yüzeysel bir anlatı sunduğunu ifade ederek eleştirel bir tutum sergilemiştir:

“Sorunlar hakkında detaylı bilgi verilmemiş, daha yüzeysel bir anlatım tercih edilmiştir.” (K2) Bu durum, öğrencilerin çoğunlukla kamu spotlarına olumlu yaklaşmışlar; ancak yer yer olumsuz eleştirilere de yönelmişlerdir.

Tablo 4. Görsel-duygusal ikna koduna göre genel eğilimler

Ana tema	Alt tema	Genel eğilimler	Katılımcı ifadeleri
Görsel-duygusal ikna	Duygusal etki	Çocuklar, hayvanlar ve doğa imgeleri güçlü ama çoğu zaman geçici duygusal etki yaratır.	“İnsanların yaşantısı üzerinden konular ele alınarak sunulmasının daha etkili olduğunu düşünüyorum.”(K1, K2,K3, K4,K6,K8, K9, K10, K11, K12, K13)
	Görsel etkililik	Görseller mesajın akılda kalıcılığını artırır.	“Görselin akılda kalıcılığının önemli bir unsur olmasıyla beraber duyguyu insanlara geçirerek çevredeki sorunları gösterip duyguyu geçirebilmelidir.” (K1K2,K3, K4,K8, K9, K10, K11, K12, K14)
	Bilimsel kanıt ihtiyacı	Öğrenciler duygusal anlatının bilimsel verilerle desteklenmesini ister.	“Gerçekliği kanıtlanmış veriler insanların hem akıl hem de vicdan olarak etkilenmesine sebep olur.” (K2, K5, K7, K12, K14)
	Ünlü kullanımı	Ünlü kullanımı dikkat çekici olmakla birlikte tek başına yeterli değildir.	“Ünlü kişilerin bu kamu spotlarında yer almasının, insanların güven ve inandırıcılık duygusunu artırdığını düşünüyorum.” (K3, K8)

Katılımcı görüşleri, kamu spotlarında kullanılan duygusal vurgu ve görsel öğelerin alımlama sürecinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Görsellerin günlük yaşamdan seçilmesi, renk, sahne ve kamera açıları gibi unsurların dikkat çekiciliği artırdığı ifade edilmiştir.

“Görsel öğelerin canlı ve yaşantımızdan olması spotları daha akılda kalıcı yapıyor.” (K1)

Duygusal etki açısından katılımcılar, spotların gelecek kaygısı, sorumluluk ve endişe duygularını tetiklediğini belirtmiştir:

“Gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakıp bırakamayacağımız endişesi oluşuyor.” (K1)

Bununla birlikte K2, duygusal unsurlardan ziyade bilimsel kanıtların ve mantıksal gerekçelerin ikna ediciliği artırdığını vurgulamıştır:

“Beni bir çevresel mesajda en çok bilimsel kanıtlar etkiler.” (K2)

Bu bulgu, kamu spotlarının farklı izleyiciler üzerinde farklı ikna mekanizmalarıyla etkili olduğunu göstermektedir.

Tablo 5. Gençlere yönelik iletişim stratejisi koduna göre genel eğilimler

Ana tema	Alt tema	Genel eğilimler	Katılımcı ifadeleri
Gençlere yönelik iletişim stratejisi	Gençlere hitap	Kısa, görsel ağırlıklı ve dijital uyumlu içerikler talep edilir.	Gençler çoğunlukla yoğun şekilde sosyal medyayı kullanmakta, mesajları hem görsel hem de işitsel olarak alan ve hızlı etkilenen bir kitleye sahiptir.” (K3, K4, K6, K7, K8, K11, K12, K13, K14
	Hedef kitle belirsizliği	Spotların gençlere özel tasarlanmadığı düşünülür.	“Günümüzde kamu spotlarına denk gelen gençler bir yana, kamu spotuna zaman bile ayırdıklarını düşünmüyorum. Dolayısıyla gençlere ulaşabilmek için daha farklı bir yol izlenmeli.” (K4, K7, K8, K11)
	Hedef kitle uyumu	Gençlere özgü derinlik eksiktir.	“Özellikle gençler hedef gösterilerek bir iletişimde bulunulmamıştır. Sadece görsel içeriklere gençler dahil edilmiş fakat gençleri teşvik için özellikle bir mesaj verilmemiştir.” (K2, K6, K7, K8, K11, K14)

Gençlere yönelik iletişim stratejilerine ilişkin bulgular, katılımcılar arasında farklı algıların bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bazı katılımcılar spotların gençlere hitap ettiğini düşünürken, bazıları ise gençlere özel bir mesajın yeterince vurgulanmadığını belirtmiştir.

“Spotların her yaşta hedef kitleye uygun olduğunu düşünüyorum.” (K1)
 “Gençler görsel olarak yer alıyor ama gençleri özellikle teşvik eden bir mesaj yok.” (K2)

Bu bulgu, çevre konulu kamu spotlarının gençlere yönelik iletişim stratejilerinin netleştirilmesi ve hedef kitle odaklı içeriklerin güçlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

Tablo 6. Atölye çalışmalarının etkisi koduna göre genel eğilimler

Ana tema	Alt tema	Genel eğilimler	Katılımcı ifadeleri
Atölye çalışmalarının etkisi	Farkındalık artışı	Atölye süreci çevre konularına yönelik farkındalığı belirgin bir biçimde artmıştır.	“Gelecekteki davranışlarıma küçük de olsa bir etkisi olacağını düşünüyorum. Özellikle bir şeyi hemen çöpe atmak yerine “bunu değerlendirebilir miyim?” diye düşünme alışkanlığı kazandırdı. Ufak değişikliklerin bile birikebileceğini gördüm” (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14)
	Eleştirel okuma	Öğrenciler mesajları sorgulayan bir bakış açısı ile geliştirilmiştir.	“Mesajları daha dikkatli okuyup yorumluyorum ancak bazı spotların yüzeysel kaldığını ve mesajın etkisinin sınırlı olduğunu gözlemliyorum.” (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14)
	Medya okuryazarlığı	Kamu spotlarının dili, hedef kitlesi ve ikna yöntemleri analiz edilir.	“Mesajların ne anlama geldiğini ya da ne söylemek istediklerini daha iyi anlıyorum. (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14)
	Atölye öncesi/ sonrası	Atölye öncesi pasif izleme, sonrası analitik değerlendirme yapılır.	“Daha önce çok dikkat etmiyordum ama atölyeden sonra izlediğim kamu spotlarında verilen mesajlara daha fazla odaklanmaya başladım.” (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14)

Araştırmanın en dikkat çekici bulgularından biri, atölye çalışmalarının öğrencilerin kamu spotlarını değerlendirme ve yorumlama biçimlerinde belirgin bir dönüşüm yaratmış olmasıdır. Katılımcılar, atölye süreci öncesinde kamu spotlarına yeterince dikkat etmediklerini; süreç sonrasında ise mesajları daha bilinçli ve eleştirel bir bakışla değerlendirdiklerini ifade etmiştir.

“Atölye çalışmaları sonrası nelere dikkat etmem gerektiğini daha iyi anladım.” (K1)

“Artık kamu spotlarını sadece izlemiyorum, ne anlatmak istediğini sorguluyorum.” (K2)

Bu bulgular, atölye çalışmalarının öğrencilerde medya okuryazarlığı ve eleştirel izleyicilik becerilerini geliştirdiğini göstermektedir.

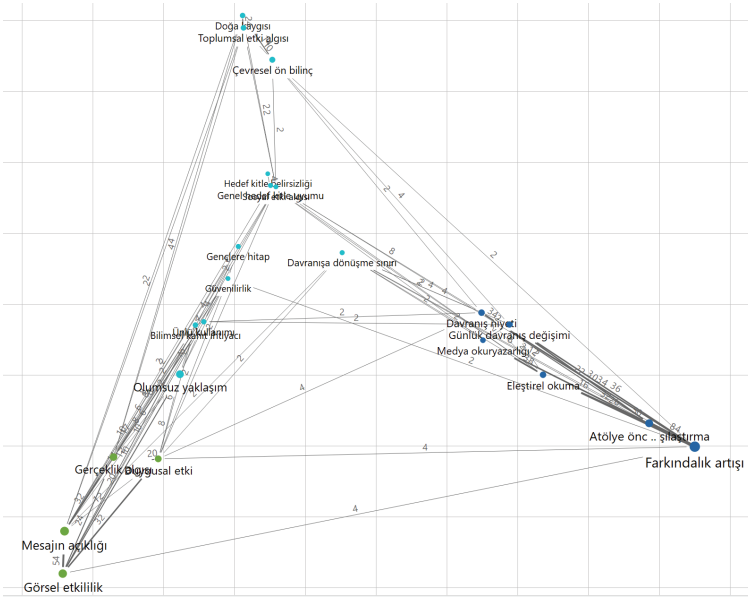
Tablo 7. Davranış değişikliği ve farkındalık koduna göre genel eğilimler

Ana tema	Alt tema	Genel eğilimler	Katılımcı ifadeleri
Davranış değişikliği ve farkındalık	Günlük davranış kazanımı	Geri dönüşüm ve tasarruf gibi günlük davranışlarda artış	“Atölye sonrası günlük yaşantıma en çok yansıyan bilgi gereksiz alım yaparak atık oluşturmamak oldu çünkü kullandığım ürünleri atıp yenisini almaktansa elimdeki ürünü dönüştürüp kullanmaya devam ediyorum.” (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11)
	Sürekli davranış niyeti	Öğrenciler çevre dostu davranış sürdürme niyetindedir.	“Yaptığımız çalışmalar sonrası günlük hayatım da daha fazla dikkat etmeme sebep oldu. Fazla atık oluşturmamak, geri dönüşüme uygun ürünler kullanmaya özen göstermeye başladım.” (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11)
	Sosyal etki algısı	Bireysel çabanın tek başına yeterli değildir.	“Çevre sorunları halen büyük bir çoğunluk tarafından “ciddi” bir sorun olarak görülüyor” (K4, K5, K12)
	Davranışa dönüşme sınırı	Farkındalık her zaman kalıcı davranışa dönüşmemektedir.	“Yetersiz diyemeyeceğim ama insanlar üzerinde fazlasıyla etki oluşturacağımı da düşünmüyorum. (K12, K13, 14)

Katılımcılar, kamu spotlarının çevresel farkındalık oluşturma konusunda etkili olduğunu; bu etkinin özellikle günlük yaşam pratiklerine yansıdığını belirtmiştir. Geri dönüşüm, atık ayrıştırma ve israfı azaltma gibi davranışların öne çıktığı görülmektedir.

“Atıkları ayırmaya ve geri dönüşümlü ürünler kullanmaya başladım.” (K1)
“Kâğıt ve plastik atıklarımı artık ayrı bir poşette biriktiriyorum.” (K2)

Ancak davranış değişikliğinin daha çok bireysel düzeyde ve sınırlı pratikler üzerinden gerçekleştiği ifade edilmiştir. Bu durum, kamu spotlarının farkındalık yaratma gücünün yüksek; ancak uzun vadeli ve yapısal davranış değişikliği oluşturma potansiyelinin sınırlı olabileceğini göstermektedir.



Şekil 1. Kod ilişkisi haritası

Kod ilişki haritası incelendiğinde, analiz sürecinde oluşan temaların birbirleriyle çok katmanlı bir yapı içerisinde ilişkilendiği görülmektedir. Özellikle “farkındalık artışı” kodunun diğer birçok kodla yoğun biçimde bağlantı kurduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, araştırmanın merkezinde yer alan atölye sürecinin öğrencilerin çevresel mesajları algılama ve yorumlama biçimlerinde belirgin bir dönüşüm yarattığını göstermektedir. “Farkındalık artışı” kodunun “eleştirel okuma” ve “medya okuryazarlığı” kodlarıyla güçlü biçimde ilişkilendiği görülmektedir. Bu bulgu, öğrencilerin kamu spotlarını yalnızca izleyen pasif bireyler olmaktan çıkarak mesajın yapısını, niyetini ve stratejik kurgusunu

sorgulayan aktif alımlayıcılara dönüştüğünü göstermektedir. Atölye sürecinin bu dönüşümde önemli bir rol oynadığı anlaşılmaktadır. Kod haritasında ayrıca mesajın yapısal özelliklerine ilişkin kodların (mesajın açıklığı, görsel etkililik, gerçekçilik ve duygusal etki) kendi içinde yoğun bir küme oluşturduğu görülmektedir. Öğrenciler kamu spotlarını değerlendirirken yalnızca içerik düzeyinde değil, biçimsel ve estetik unsurlar üzerinden de yorum yapmışlardır. Mesajın açık ve anlaşılır olması ile görsel tasarımın dikkat çekiciliği arasında kurulan bağlantılar, öğrencilerin ikna edici iletişimde netlik ve estetik uyum aradıklarını göstermektedir. Bununla birlikte “gerçekçilik” ve “bilimsel kanıt ihtiyacı” kodlarının öne çıkması, gençlerin yalnızca duygusal etkiyle ikna olmadığını, mesajın güvenilirliğini de önemstediklerini ortaya koymaktadır. Bu bulgu sosyal pazarlama literatüründe vurgulanan “kaynak güvenilirliği” ve “kanıta dayalı mesaj” ilkeleriyle örtüşmektedir. Haritada dikkat çeken bir diğer yapı, “davranış niyeti”, “günlük davranış değişimi” ve “davranışa dönüşüm sınırlı” kodları arasındaki ilişkidir. Öğrencilerde çevresel farkındalığın arttığı ve davranışa yönelik bir niyet oluştuğu görülmekle birlikte, bu niyetin her durumda somut davranış değişimine dönüşmediği anlaşılmaktadır. Bu durum, çevre iletişimi ve sosyal pazarlama alanında sıklıkla tartışılan bilgi-tutum-davranış arasındaki kopukluk sorununu doğrulamaktadır. Yani bilişsel ve duygusal etki güçlü olsa da, davranış dönüşümü daha karmaşık ve çok boyutlu bir süreç olarak ortaya çıkmaktadır. “Hedef kitle belirsizliği”, “gençlere hitap” ve “güvenilirlik” kodlarının oluşturduğu ilişki ağı ise öğrencilerin kamu spotlarını stratejik iletişim perspektifinden değerlendirdiklerini göstermektedir. Katılımcılar, mesajın kimlere hitap ettiği, dilinin gençlere uygun olup olmadığı ve inandırıcılık düzeyi gibi unsurları sorgulamışlardır. Bu durum, atölye sürecinin gençlerin medya içeriklerini daha bilinçli ve eleştirel biçimde analiz etmelerine katkı sağladığını düşündürmektedir. “Atölye öncesi-sonrası karşılaştırma” kodunun farkındalık artışı ve eleştirel okuma ile yoğun biçimde ilişkilenebilir, araştırmanın temel sorularından birine doğrudan yanıt sunmaktadır. Öğrenciler, atölye süreci sonrasında kamu spotlarını daha bilinçli, sorgulayıcı ve analitik bir bakış açısıyla değerlendirdiklerini ifade etmişlerdir. Bu durum, atölye çalışmalarının bilgi aktarmaktan ziyade yorumlama becerisi geliştiren bir pedagojik süreç olduğunu göstermektedir.

Tablo 8’de katılımcılar tarafından değerlendirilen iki kamu spotuna yönelik eğilimler özetlenmektedir.

Tablo 8. Davranış değişikliği ve farkındalık koduna göre genel eğilimler

Boyut	Sıfır Atık spotu	Yeşil Bakış spotu
Görsel öge	Güçlü — süreçleri somut gösteriyor	Zayıf — görsel öge yetersiz
Duygusal etki	Orta — merak uyandırıyor	Düşük — duygu oluşturmuyor
Akılda kalıcılık	Yetersiz — akılda kalıcı cümle yok	Güçlü — ‘Çevren için bir şey yap’ sloganı
İkna gücü	Yüksek — somut süreçler ikna edici	Orta — klişe mesajlar etkiyi azaltıyor
Olumsuz unsur	Siyasi figür kullanımı rahatsızlık verdi	Bilimsel dayanak eksik
Genel tercih	K3, K5, K7, K9, K10, K11, K13 tarafından daha güçlü bulundu	K4, K8 tarafından daha başarılı bulundu

Sonuç olarak, analiz bulguları atölye çalışmalarının gençlerin çevresel kamu spotlarını daha bilinçli ve eleştirel biçimde değerlendirmelerine katkı sağladığını; farkındalık düzeyinde belirgin bir artış oluşturduğunu, ancak davranış dönüşümünün daha sınırlı ve koşullu bir süreç olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Bu bulgu, çalışmanın sosyal pazarlama, çevre iletişimi ve mesajı alımlama çerçevesinde bütüncül bir biçimde temellendirilebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgu, çalışmanın sosyal pazarlama, çevre iletişimi ve mesajı alımlama çerçevesinde bütüncül bir biçimde temellendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, çevre konulu kamu spotlarının gençler tarafından nasıl alımlandığını ve atölye temelli bir öğrenme sürecinin bu alımlama biçimini nasıl dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır. Özellikle atölye süreci sonrasında katılımcıların mesajları daha eleştirel bir gözle analiz ettikleri, yüzeysel anlatılar ile yapısal çevre sorunlarını ayırt edebildikleri ve ikna edicilik unsurlarını daha bilinçli biçimde tartışabildikleri görülmüştür. Çalışma aynı zamanda çevre konulu kamu spotlarının davranış değişikliği yaratma potansiyelinin, salt bilgi aktarımından ziyade duygusal etki, gerçeklik algısı ve bireysel deneyimle kurulan bağ üzerinden şekillendiğini göstermektedir. Sosyal pazarlama perspektifinden

değerlendirildiğinde, gençlere yönelik çevre iletişimiinde güvenilirlik, somutluk ve katılımcı deneyimlerin ön plana çıkarılması gerekliliği dikkat çekmektedir. Bu bağlamda atölye temelli uygulamaların, gençlerin çevresel mesajları daha bilinçli ve eleştirel biçimde alımlamalarını sağlayarak çevresel farkındalığın derinleşmesine katkı sunduğu söylenebilir. Dolayısıyla çevre iletişimiinde sürdürülebilir bir etki yaratabilmek için medya içerikleri ile deneyimsel öğrenme süreçlerinin birlikte kurgulanması önemli görünmektedir. Bulgular genel olarak değerlendirildiğinde çevre konulu kamu spotlarının üniversite öğrencileri üzerinde farkındalık yarattığı, atölye çalışmalarının ise bu mesajların daha eleştirel ve bilinçli biçimde alımlanmasına katkı sağladığı görülmektedir. Öğrencilerin kamu spotlarını anlamlandırma biçimleri, atölye süreciyle birlikte yüzeysel izleyicilikten daha sorgulayıcı bir konuma doğru evrilmiştir. Bu araştırma ile çevre konulu kamu spotlarının gençler üzerindeki farkındalık yaratmada etkili olduğu; kalıcı davranış değişikliği için katılımcı, eğitsel ve eleştirel iletişim süreçleriyle desteklenmesi gerektiği; atölye temelli uygulamaların bu dönüşümde önemli bir yer edindiği öne çıkmaktadır.

Kuramsal katkı açısından ele alındığında bu çalışma alımlama teorisi, sosyal pazarlama ve medya okuryazarlığı çerçevelerini bütünleştiren özgün bir analitik yapı önermektedir. Mevcut literatürde bu üç çerçevenin çevre iletişimi bağlamında bir arada ele alındığı çalışmalar sınırlı görülmektedir. Bu araştırma; mesaj yapısı, anlam üretimi ve eleştirel okuryazarlık gelişimini eş zamanlı inceleyen üç katmanlı çerçevesiyle bu boşluğu doldurmada ve ileriki çalışmalar için kavramsal bir zemin sunmaktadır. Türkiye bağlamına özgü katkılar değerlendirildiğinde ise araştırmanın üç açıdan özgün bir alan açtığı görülmektedir: İlk olarak çalışma, Türkiye'nin yeşil dönüşüm politikaları ve Sıfır Atık programı çerçevesinde üretilen kamu spotlarını alımlama perspektifinden inceleyen çalışmalar arasında yer almaktadır. İkinci olarak TÜBİTAK 1001 destekli atölye programının pedagojik koşullarını ve bu koşulların medya okuryazarlığı üzerindeki somut etkilerini nitel olarak belgeleyen özgün bir çalışmadır. Üçüncü olarak ise Türkiye'deki çevre kampanyaları literatüründe sıklıkla göz ardı edilen kuşak boyutunu —özellikle dijital platformlarda sosyalleşmiş ve televizyon izleme alışkanlıkları giderek azalan Z kuşağının kamu spotlarını nasıl alımladığını— merkeze almaktadır. Bu sonuçlar, Türkiye'deki çevre iletişimi tasarımcılarına, kamu kurumlarına ve eğitim politikası yapıcılara somut ve uygulanabilir çıkarımlar sunmaktadır.

Araştırma kapsamında aşağıdaki öneriler ortaya koyulmaktadır:

1. Atölye Deneyimi Belirleyicidir

Katılımcıların tamamı, pratik uygulamalara dayalı atölye sürecinin çevresel farkındalığı ve medya okuryazarlığını anlamlı biçimde artırdığını bildirmiştir. Bu bulgu pasif bilgi aktarımının ötesinde deneyimsel öğrenmenin değerini açıkça ortaya koymaktadır. Yalnızca kamu spotu izletmek yerine atölye türü katılımcı deneyimlerin programlara entegre edilmesi önerilmektedir.

2. Görsel ve Duygusal Unsurlar İkna için Zorunludur

İkna edici çevresel iletişim için görsel güç, duygusal rezonans ve bilimsel kanıtların birlikte kullanılması gerektiği katılımcılar tarafından tutarlı biçimde vurgulanmıştır. Yalnızca duygusal ya da yalnızca bilgisel içeriklerin tek başına yetersiz kaldığı görülmüştür.

3. Gençlere Yönelik İletişim Kanalı Kritik Önem Taşımaktadır

Gençlerin kamu spotlarını televizyon yerine sosyal medya üzerinden tükettiği ve bu platformlara özgü kısa, görsel ağırlıklı içeriklerin daha etkili olduğu anlaşılmaktadır. Çevre iletişim kampanyalarının Instagram, TikTok ve YouTube gibi platformlara taşınması gerekmektedir.

4. Yapısal Destek Şarttır

Bireysel farkındalık ve niyet, kurumsal teşvikler ve altyapı desteği olmaksızın davranış değişikliğine dönüşmekte sınırlı kalmaktadır. İletişim kampanyaları bu yapısal boyutla birlikte ele alınmalı; geri dönüşüm altyapısı, erişilebilir ulaşım ve sürdürülebilir ürün seçenekleri kampanyalara eşlik etmelidir.

5. Atölye Katılımcılarının Medya Okuryazarlığı Gelişmektedir

Katılımcılar yalnızca daha bilinçli tüketiciler haline gelmekle kalmamış; aynı zamanda çevresel iletişimi içerik, strateji ve ikna teknikleri açısından çözümleyebilen birer medya okuryazarına dönüşmüştür. Bu dönüşümün okul programlarına entegrasyonu önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 123k696 no'lu Tübitak 1001 projesi kapsamında üretilmiştir. Tübitak'a teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Sage Publications.
- Kükreer Aydın, Ö. (2016). Çevre iletişimi kapsamında çevreyle ilgili kamu hizmeti duyurularının araştırılması. *Uluslararası Sosyal Bilimler ve Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 2 (3), 785-800. <https://doi.org/10.24289/ijsser.279023>
- Kvale, S. (2007). *Doing interviews*. Sage Publications.
- Orhan, Musab. (2022). Sağlık iletişimi aracı olarak kamu spotları: Corona virüs temalı kamu spotları üzerine bir araştırma. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Konya.
- Nerlich, B., Kotevko, N. and Brown, B. (2010), Theory and language of climate change communication. *WIREs Clim Change*, 1: 97-110. <https://doi.org/10.1002/wcc.2>
- Wit, R., Lexer, A., Themessl, M., and Prutsch, A.: Visual climate change communication: key points for public engagement, EMS Annual Meeting 2021, online, 6–10 Sep 2021, EMS2021-103, <https://doi.org/10.5194/ems2021-103>, 2021.
- Nazir M, Wani TA (2025), “Human vs virtual influencers and message framing: enhancing environmental awareness, activism and sustainable purchase intentions through effective messaging”. *Management Research Review*, Vol. 48 No. 5 pp. 685–708, doi: <https://doi.org/10.1108/MRR-08-2024-0630>
- Kesenheimer, J. S., & Greitemeyer, T. (2020). Ego or Eco? Neither Ecological nor Egoistic Appeals of Persuasive Climate Change Messages Impacted Pro-Environmental Behavior. *Sustainability*, 12(23), 10064. <https://doi.org/10.3390/su122310064>
- Hodson, J. (2019). An ecological model of climate marketing: A conceptual framework for understanding climate science related attitude and behavior change. *Cogent Social Sciences*, 5(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1625101>
- Skanavis, C., Kounani, A., Koukoulis, A., Maripas-Polymeris, G., Tsamopoulos, K., Valkanas, S. (2019). Climate Change Communication: A Friendly for Users App. In: Leal Filho, W., Lackner, B., McGhie, H. (eds) *Addressing the Challenges in Communicating Climate Change Across Various Audiences*. Climate Change Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98294-6_17
- Reyes-García, V., Attoh, E. M. N. A. N., Barrington-Leigh, C., Benyei, P., Calvet-Mir, L., Chakauya, R., Al Faisal, A., Galbraith, E. D., Glauser, M., Izquierdo, A. E., Junqueira, A. B., Li, X., López-Maldonado, Y., Miñarro, S., Porcher, V.,

Porcuna-Ferrer, A., Schlingmann, A., Singh, P., Torrents-Ticó, M., & LICCI Consortium (2026). Experienced climate change impacts help explain subjective well-being—Evidence from 14 nature-dependent communities. *People and Nature*, 8, 461–475. <https://doi.org/10.1002/pan3.70230>

SUSTAINABLE PRODUCTION OF HIGH-STRENGTH STEELS THROUGH OPTIMIZED CONTINUOUS COOLING STRATEGIES

Dr. Emre ALAN

Sivas University of Science and Technology

Metallurgical and Materials Engineering

ealan@sivas.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-1894-0231>

Muharrem GÜRGEN

ÇEMTAŞ Steelmaking, Co. R&D Center

mgurgen@cemtas.com.tr

<https://orcid.org/0000-0002-7723-6607>

ÖZET

Otomotiv, enerji, makine endüstrisi gibi farklı uygulamalarda kullanılan çelik malzemelerden yüksek mekanik özellikler talep edilmektedir. Genellikle sıcak dövme yöntemiyle şekillendirilen çelik malzemelere istenilen mekanik özellikleri kazandırmak için sonraki aşamada “su verme ve temperleme (Q&T)” ısıtma işlemi uygulanmaktadır. Q&T ısıtma işleminde, çelik kimyasal kompozisyonuna uygun olacak şekilde malzemelere öncelikle yüksek sıcaklıklarda östenitleme işlemi yapılmaktadır. Sonraki aşamada malzemeler su, yağ, hava gibi ortamda hızlı soğutulmaktadır. “Su verme” olarak tanımlanan hızlı soğutma işleminde östenitten martenzit mikroyapısal dönüşümü gerçekleşmektedir. Yüksek sertlik kazandırılan malzemeler aynı zamanda gevrek davranış göstermektedir. Bu nedenle, malzemelerin tokluk özelliklerini iyileştirebilmek amacıyla su verme işlemi sonrasında nispeten daha düşük sıcaklıklarda temperleme ısıtma işlemi uygulanmaktadır.

Q&T ısıtma işlemi, yüksek sıcaklıklara ısıtma ve belirli sürelerde bekletme gibi

operasyonlardan oluşmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda elektrik ya da doğal gaz gibi fosil kaynaklı enerjinin kullanıldığı firmalarda yapılan işlemler üretim maliyetinin yanı sıra karbon emisyonlarını da arttırmaktadır. Diğer yandan, dövme yöntemiyle üretim yapan birçok firmada Q&T ısıtma işlemi firma dışından hizmet alımı ile gerçekleştirilmektedir. Bu durumda, ısıtma işlemi birlikte lojistik ve operasyonel süreçlerden ayrıca maliyetler ve enerji tüketimleri artmaktadır.

Bu çalışmada, özellikle sıcak dövme sonrası ilave bir Q&T ısıtma işlemine gerek kalmadan yüksek mekanik özellikler sağlayabilecek alternatif kimyasal kompozisyon tasarımları ve üretim rotaları değerlendirilmiştir. Laboratuvar ölçekli deneylerle belirlenen malzeme ve proses parametreleri, endüstriyel uygulama sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Orta karbonlu Mn-Cr grubu çeliklerin Q&T ısıtma işlemi olarak kullanıldığı uygulamalara yönelik düşük karbonlu düşük alaşımlı alternatif çelik kaliteleri ile çalışmalar yapılmıştır. Alternatif çelik kaliteleri ile dövme sonrası fanla yapılan soğutmalarda Q&T uygulaması sonrasında talep edilen yüksek mukavemet ve darbe enerjisi değerleri sağlanabilmektedir. Farklı bir çalışmada ise dövme ile üretilen ve yüksek mukavemet ile birlikte yüksek yorulma dayanımı talep edilen uygulamalar için havada soğutma ile istenilen özellikleri sağlayabilen alternatif yeni çelik kaliteleri geliştirilmiştir. Her iki uygulamada da martenzit ve beynit mikroyapılarının yanı sıra kalıntı östenit miktarı ve morfolojisinin kontrolüyle ilave bir Q&T ısıtma işlemine gerek olmadan talep edilen performans kriterlerini karşılayabilen yüksek mekanik özelliklere sahip çeliklerin geliştirilebileceği belirlenmiş ve endüstriyel ölçekte başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yeni geliştirilen alaşım tasarımlarında kullanılan elementlerin neden olduğu sınırlı maliyet artışının, mevcut çelik kaliteleri ve Q&T işleminin toplam maliyetine göre avantaj sağladığı belirlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, sürekli soğutma uygulamasına yönelik geliştirilebilecek uygun kimyasal kompozisyon tasarımlarının mikroyapısal modifikasyonlarla talep edilen yüksek mekanik performansları sağlayabileceği belirlenmiştir. Bu kapsamda, ilave ısıtma işlemlere gerek olmaması nedeniyle belirtilen üretim rotası maliyet avantajının yanı sıra çevresel sürdürülebilirlik odağında da önemli bir kazanım sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek mukavemetli çelikler, ısıtma işlemi, sürdürülebilir üretim, sürekli soğutma, alaşım ve proses tasarımı.

ABSTRACT

Many components used in the automotive, energy and machinery industries are manufactured from hot-forged steels. In order to achieve the desired high mechanical performance, these steels are typically subjected to quenching and tempering (Q&T) heat treatment after forging. During Q&T processing, the material is first austenitized at elevated temperatures according to its chemical composition and then rapidly cooled in quenching media such as water, oil or air. The quench produces a predominantly martensitic microstructure, providing high hardness but also significant brittleness, which necessitates a subsequent tempering stage to restore toughness.

The Q&T route requires energy-intensive thermal cycles involving high-temperature heating and controlled holding times. These steps are typically carried out in electric or fossil fuel powered furnaces, increasing both production costs and carbon emissions. Moreover, many forging companies outsource Q&T heat treatment, which introduces additional logistic and operational expenses.

In this study, alternative alloy design strategies and modified production routes were evaluated with the objective of achieving high mechanical performance after hot forging without the need for an additional Q&T heat treatment. Laboratory-scale experiments were initially conducted to determine and optimize alloy compositions and continuous cooling parameters. The optimized parameters were subsequently implemented in industrial-scale validation trials and the mechanical performance of the newly developed materials as well as processing routes was compared with that of conventionally Q&T-treated steels.

As an alternative to conventional medium-carbon Mn–Cr steels used in the Q&T condition, low-carbon low-alloy steels designed specifically for continuous cooling were developed. By tailoring the chemical composition and controlling the cooling rate after forging, it was demonstrated that strength and impact toughness levels comparable to those typically obtained through Q&T processing can be achieved. The results further showed that the targeted performance criteria can be met by controlling the martensitic–bainitic microstructure together with the amount and morphology of retained austenite, thereby eliminating the need for an additional heat-treatment step. The applicability and reliability of these results were validated through industrial-scale trials. Additionally, the limited cost increase associated with the alloying additions in the newly designed compositions was found to be economically advantageous when compared to the combined

cost of conventional steel grades and the Q&T process.

Overall, the findings confirm that alloy compositions specifically engineered for continuous cooling can achieve the required high mechanical performance through controlled microstructural refinement. The elimination of post-forging Q&T heat treatment provides significant economic benefits while offering a substantial contribution to environmental sustainability

Keywords: High-strength steels, Heat-treatment, Energy-efficient processing, Continuous Cooling, Process Design.

INTRODUCTION

Steel is one of the most widely used engineering materials and plays a fundamental role across numerous industrial sectors. The continuous increase in global steel production clearly demonstrates its growing importance in infrastructure, manufacturing and energy applications, as illustrated in Figure 1 (Statista, 2024; Lopez et al., 2022).

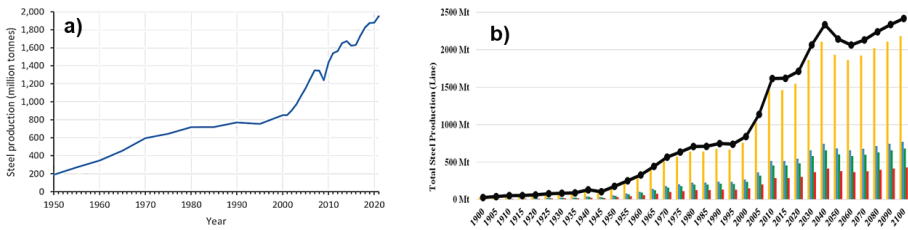


Figure 1. a) Annual change in global steel production (Statista, 2024), b) steel production by (Lopez et al., 2022).

The widespread use of steel is largely attributed to its advantageous combination of properties. These include high recyclability, which supports sustainable material utilization and the ability to tailor mechanical properties through heat treatment, enabling a broad range of strength and toughness levels (Bhadeshia & Honeycombe, 2017; Callister & Rethwisch, 2018; Krauss, 2015). In addition, steel exhibits excellent formability and manufacturability, allowing it to be processed through various industrial methods. Its high strength, durability and relatively low production cost further enhance its suitability for large-scale and mass production (Ashby, 2011; Ayhan et al., 2024).

Steel is extensively utilized in key industries such as automotive, construction and energy. The distribution of steel consumption across these sectors is

illustrated in Figure 2, highlighting its versatility and broad applicability. This widespread use continues to drive the development of advanced steel grades and processing techniques, among which hot forging represents a critical manufacturing route.



Figure 2. Steel usage distribution by industries (World Steel Association, 2024).

Hot forging is a commonly used manufacturing process in which a heated metal workpiece is shaped under applied force, with or without the use of dies. It is widely preferred for producing components that require high reliability and performance (Altan et al., 2005; Hosford & Caddell, 2011). In practice, forged parts are expected to exhibit good surface quality, accurate dimensions and adequate mechanical strength. To meet these requirements, quenching and tempering (Q&T) heat treatment processes are often applied after forging. As shown in Figure 3, a typical process route involves heating, rapid cooling, and subsequent tempering, which together improve the overall mechanical performance of the material. This approach enables steels to achieve a desirable balance between high strength and toughness for engineering applications (Alan, 2025; Küçükakarsu et al., 2022).

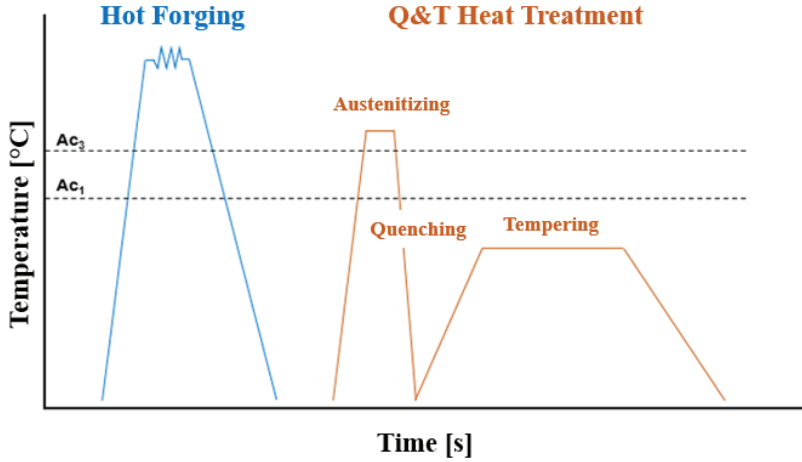


Figure 3. Q&T heat treatment application after hot forging process.

Although Q&T heat treatment effectively enhances the mechanical properties of forged steels, the process has notable limitations. High-temperature heating and prolonged processing times are required, and many forging companies lack in-house facilities. As a result, heat treatment is often outsourced, introducing additional logistical, coordination and quality control challenges (Scharf et al., 2020; Unver & Kara, 2019). These factors have both economic and environmental implications. From an economic perspective, additional energy consumption and costs associated with outsourced operations increase overall production expenses. Environmentally, the reliance on fossil-based energy for heating, combined with emissions from transportation and outsourced logistics, contributes to higher carbon footprints (Allwood et al., 2010; Alan et al., 2024; Zhang et al., 2022). Together, these limitations highlight the need for more efficient and sustainable approaches in the heat treatment of forged steels.

The purpose of this study is to investigate alternative alloy design strategies and modified processing routes for achieving high mechanical performance in hot-forged components, without requiring a subsequent quenching and tempering heat treatment.

1. MATERIAL AND METHODS

To systematically assess the influence of alloy design and processing strategies on the mechanical performance of hot-forged steels, two representative

case studies were conducted. The first case study addresses enhanced fatigue performance, whereas the second examines the optimization of strength-toughness combination.

1.1. The Case Study No. 1 – Higher Fatigue Performance

In the first case study, a conventional medium-carbon Cr–V steel (DIN EN 10089, 2003), subjected to Q&T heat treatment, is compared with an alternative steel produced via continuous cooling (Erişir et al., 2021). The chemical compositions of both the standard and alternative steels are summarized in Table 1, highlighting key differences in alloying elements designed to influence fatigue performance.

Table 1. Chemical compositions of steel grades used in the Case Study No. 1.

Steel Grade	C [%]	Si [%]	Mn [%]	Cr [%]	Others
Med. Carbon					
Std. Q&T Grade	0,47 – 0,55	Max. 0,40	0,70 – 1,10	0,90 – 1,20	V
[REFERENCE]					
B1200	0,22 - 0,25	1,30 – 1,60	1,30 – 1,60	1,00 – 1,30	Mo, Nb, Ti, B
[ALTERNATIVE]					

In addition, the respective production workflows are illustrated in Figure 4, providing a schematic comparison of the standard and modified processing routes.

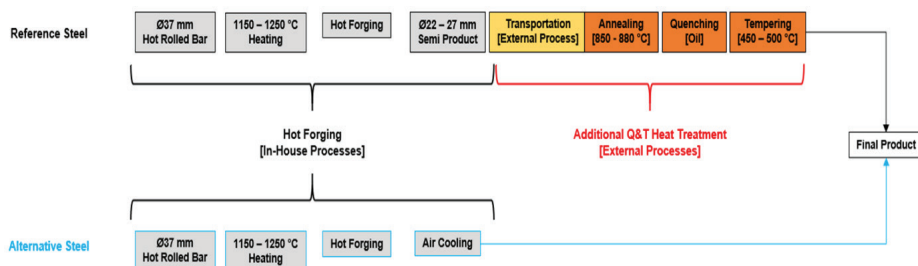


Figure 4. The comparison of processing route for reference Q&T and alternative steel grades.

The conventional steel required additional transportation, austenitization, quenching and tempering operations after forging. Billets were reheated to approximately 1150–1250 °C prior to hot forging. After forging, conventional Q&T processing included austenitization, quenching and subsequent tempering operations. In contrast, the alternative continuously cooled steel was processed only through billet reheating, hot forging and subsequent controlled continuous cooling under forced-air/fan-assisted conditions without any additional post-forging heat treatment.

The alternative alloy design contained lower carbon content together with Nb, Ti and B additions. Nb and Ti microalloying additions were used to suppress prior austenite grain growth during reheating and forging, while boron addition was utilized to improve hardenability under continuous cooling conditions. Increased Si and Mn contents were additionally employed to stabilize bainitic transformation and retained austenite formation.

Microstructural characterization was carried out by optical microscopy after standard metallographic preparation procedures. Samples were mechanically ground, polished and etched using 2% Nital solution prior to optical microscopy examinations. Prior austenite grain boundaries (PAGBs) and final transformation microstructures were comparatively evaluated for both steel grades.

Mechanical characterization included tensile testing, Charpy impact testing and rotational bending fatigue testing. Tensile and impact tests were performed according to relevant ASTM standards. Yield strength, ultimate tensile strength and impact energy values were comparatively analyzed to evaluate the influence of the modified alloy design and continuous cooling strategy on mechanical performance.

1.2. The Case Study No. 2 – Improved Strength Toughness Combination

In the second case study, a conventional medium-carbon Mn–Cr steel produced according to DIN EN 10083-3 (2006) and subjected to Q&T heat treatment was compared with a newly designed continuously cooled low-alloy steel developed to achieve a superior strength–toughness balance.

The chemical compositions of both steel grades are presented in Table 2. Similar to the first case study, the conventional production route included billet reheating, hot forging, transportation to an external heat-treatment facility, austenitization, quenching and tempering operations as given in Figure 5. In

contrast, the alternative steel was processed through direct continuous cooling after forging, eliminating the need for additional post-forging heat treatment.

Table 2. Chemical compositions of steel grades used in the Case Study No. 2.

Steel Grade	C [%]	Si [%]	Mn [%]	Cr [%]	Others
Med. Carbon Std. Q&T [REFERENCE]	0,38 – 0,45	Max. 0,40	0,60 – 0,90	0,90 – 1,20	–
Com-BM [ALTERNATIVE]	0,15 - 0,20	0,15 – 0,45	2,10 – 2,55		Mo, Nb, Ti, B

The alternative alloy design contained reduced carbon content together with elevated Mn and microalloying additions including Nb, Ti and B. The alloying strategy was designed to promote the formation of fine bainitic–martensitic microstructures under continuous cooling conditions while simultaneously suppressing excessive grain coarsening.

Billets were reheated prior to hot forging and subsequently cooled under controlled continuous cooling conditions. Unlike the conventional production route, no additional quenching and tempering heat treatment was applied after forging.

Microstructural analyses were conducted using optical microscopy to compare prior austenite grain size and final transformation products between the reference and alternative steel grades. Samples were mechanically ground, polished and etched using 2% Nital solution prior to microscopy examinations. Particular attention was given to the distribution and morphology of bainite, martensite and retained austenite.

Mechanical characterization was performed through tensile and Charpy impact testing. The yield strength, ultimate tensile strength and impact toughness values obtained from the alternative continuously cooled steel were directly compared with those of the conventional Q&T steel in order to evaluate the applicability of the proposed processing route.

In both case studies, the overall process routes were additionally evaluated from economic and environmental perspectives. The elimination of outsourced Q&T operations was considered in terms of reduced thermal processing

requirements, lower logistics demand and decreased operational complexity.

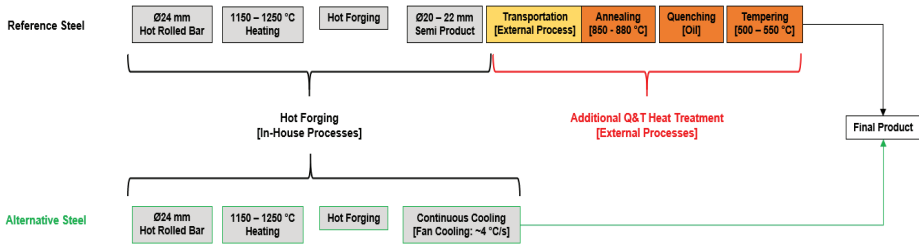


Figure 5. The comparison of processing route for reference Q&T and alternative steel grades.

2. RESULTS AND DISCUSSION

2.1. The Case Study No. 1 – Higher Fatigue Performance

The microstructural analysis of Case Study 1 revealed significant differences between the standard and alternative steel grades. As shown in Figure 6(a,b), the alternative grade exhibits finer PAGBs and more homogeneous grains compared to the standard medium-carbon Cr–V steel. This refinement is attributed to the presence of elements such as Nb and Ti, which act as grain growth inhibitors even at elevated temperatures, limiting grain coarsening during heating processes.

A comparison of the final product microstructures given in Figure 6(c,d) indicates that while the standard steel exhibits tempered martensite following Q&T heat treatment, the continuously cooled alternative steel shows a predominantly bainitic microstructure with a mixture of martensite and retained austenite.

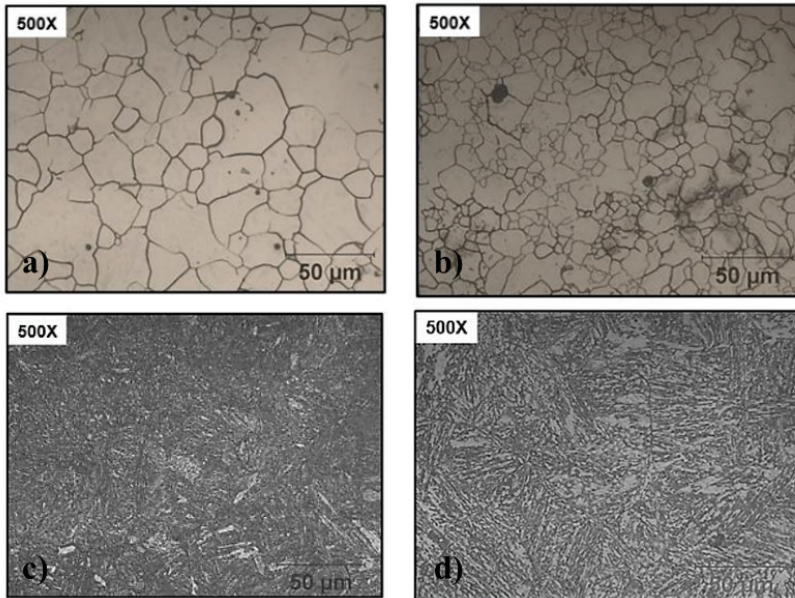


Figure 6. (a,b) The comparison of PAGBs and (c,d) steel microstructures of the reference Q&T and alternative steel grades, respectively.

Tensile testing result given in Figure 7 shows that both steels exceed the target ultimate tensile strength of 1150 MPa, however, the alternative continuously cooled grade exhibits a slightly lower yield strength. In contrast, Charpy impact testing reveals a remarkable improvement for the alternative steel, with an impact toughness approximately 85.6% higher than the standard grade. This enhancement exceeds expectations based solely on the slight reduction in strength, indicating a strong contribution from the refined microstructure and the reduced presence of PAGBs.

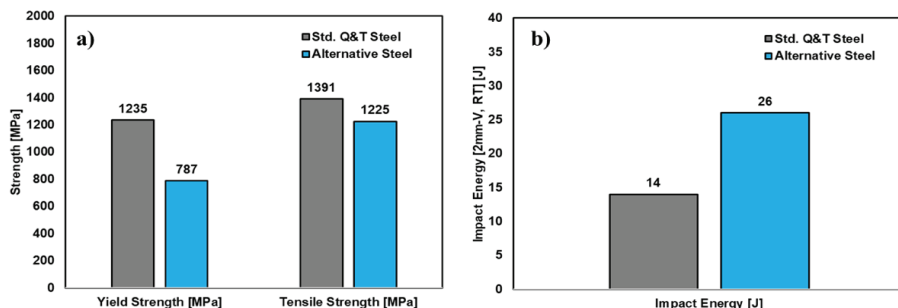


Figure 7. The comparison of (a) tensile test and (b) impact energy test results of the reference Q&T and alternative steel grades.

Rotational bending fatigue test results of standard and alternative steel grades are shown in Figure 8. When the applied fatigue stress was normalized to the respective yield strength, the alternative continuously cooled steel exhibited substantially higher fatigue resistance compared to the standard Q&T heat-treated steel, despite its slightly lower yield strength. This outcome demonstrates that the refined and more homogeneous microstructure of the alternative grade, together with the reduced PAGBs, contributes significantly to its superior fatigue performance.

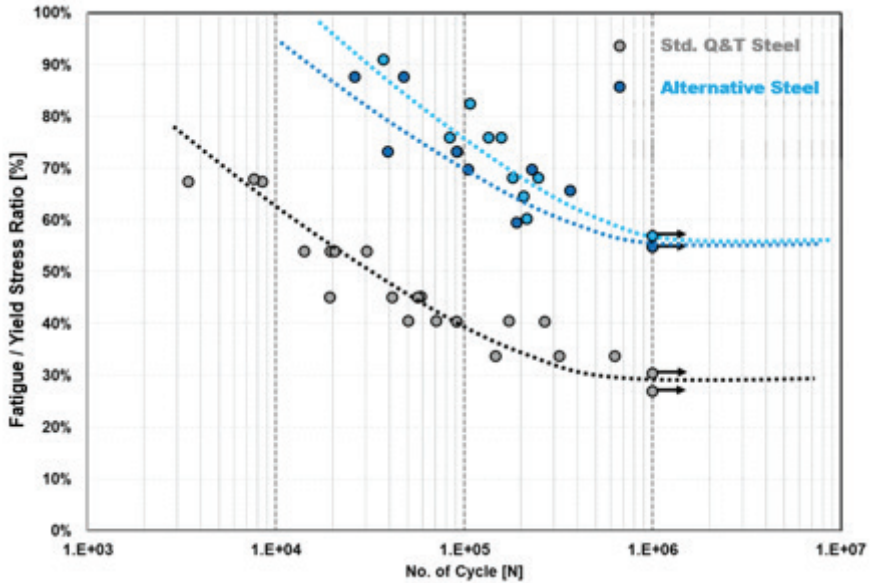


Figure 8. The comparison of rotational bending fatigue test performances of the reference Q&T and alternative steel grades.

3.2. The Case Study No. 2 – Improved Strength Toughness Combination

Microstructural analysis of the Case Study-2 revealed notable differences between the standard and alternative steel grades. As shown in Figure 9(a,b), the alternative continuously cooled grade exhibits finer PAGBs compared to the standard medium-carbon Mn–Cr steel. This refinement is attributed to the presence of elements such as Nb and Ti, which act as grain growth inhibitors even at high temperatures.

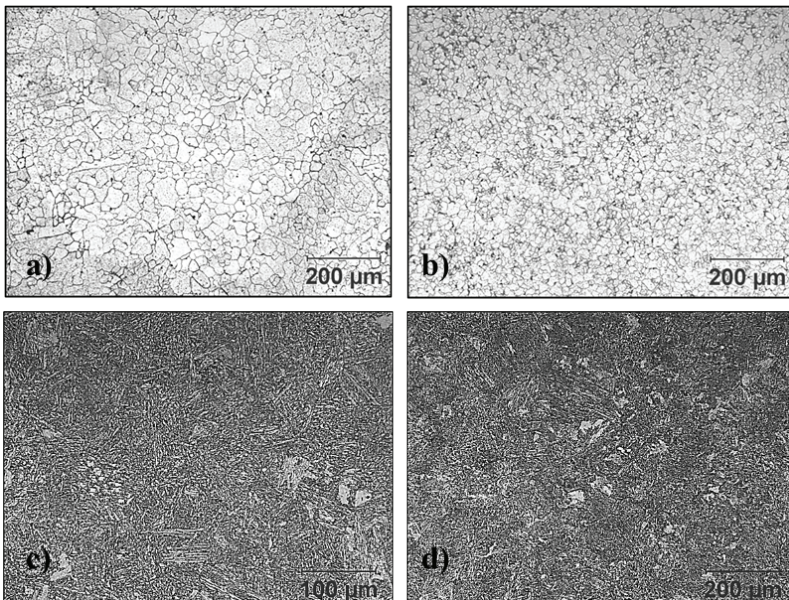


Figure 9. (a,b) The comparison of PAGBs and (c,d) steel microstructures of the reference Q&T and alternative steel grades, respectively.

A comparison of the final product microstructures shown in Figure 9(c,d) indicates that the standard steel developed tempered martensite after conventional Q&T heat treatment, whereas the alternative continuously cooled steel exhibited a predominantly bainitic–martensitic microstructure. The formation of bainitic and martensitic transformation products under continuous cooling conditions enabled the achievement of high mechanical strength without requiring additional post-forging heat treatment.

Mechanical testing results given in Figure 10 demonstrate that both steel grades achieved similar yield strength, ultimate tensile strength and impact toughness values. The results indicate that the alternative continuously cooled steel can provide mechanical properties comparable to those of conventionally Q&T heat-treated steels while eliminating additional thermal processing stages. This performance is largely attributed to the fine and homogeneously distributed bainitic–martensitic microstructure together with the refined PAGBs.

Furthermore, the elimination of post-forging Q&T treatment reduced the total number of thermal processing stages and associated logistics operations. The proposed production route therefore provides not only comparable mechanical performance but also significant potential advantages in terms of process simplification, energy consumption and environmental sustainability.

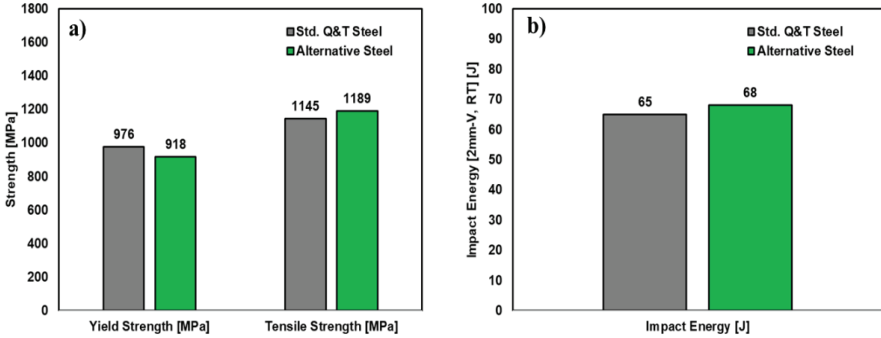


Figure 10. The comparison of (a) tensile test and (b) impact energy test results of the reference Q&T and alternative steel grades.

CONCLUSIONS

This study evaluated alternative alloy design strategies and modified production routes with the objective of achieving high mechanical performance in hot-forged steels without the need for additional quenching and tempering (Q&T) heat treatment. Two representative industrial case studies focusing on fatigue performance and strength–toughness optimization were comparatively investigated.

The results demonstrated that continuously cooled low-alloy steel designs can achieve mechanical properties comparable to those of conventional medium-carbon Q&T steels through appropriate control of alloy composition and microstructural evolution. In both case studies, the alternative continuously cooled steels exhibited finer and more homogeneous prior austenite grain boundaries (PAGBs) compared to the conventional steels. The refined microstructures were mainly attributed to Nb- and Ti-containing microalloying additions, which suppressed austenite grain coarsening during reheating and hot forging operations.

In the first case study, the alternative continuously cooled bainitic steel achieved ultimate tensile strength values exceeding 1150 MPa while simultaneously providing approximately 85.6% higher impact toughness compared to the reference Q&T steel. In addition, the normalized rotational bending fatigue performance of the alternative steel was significantly improved. The enhanced fatigue resistance was associated with the refined bainitic–martensitic microstructure, retained austenite formation and reduced PAGB density, which likely suppressed crack initiation during cyclic loading.

In the second case study, the alternative continuously cooled steel successfully achieved a balanced combination of high strength and impact toughness comparable to the conventional Q&T-treated Mn–Cr steel. The formation of bainitic–martensitic microstructures under controlled continuous cooling conditions enabled the elimination of additional post-forging heat treatment without compromising mechanical performance.

From an economic perspective, the proposed alternative alloy designs exhibited cost multipliers below 1.20 relative to conventional Q&T steels. Although the microalloying additions resulted in a limited increase in material cost, the elimination of outsourced austenitization, quenching and tempering operations provided significant reductions in operational complexity, logistics requirements and overall processing cost. In addition, the continuously cooled production route can be implemented without requiring additional investment in post-forging heat-treatment infrastructure. The reduction in thermal processing stages also contributes to lower energy consumption and improved overall process efficiency.

Overall, the findings confirm that properly designed continuously cooled low-alloy steels can provide a practical and sustainable alternative to conventional Q&T heat-treated forging steels. In addition to maintaining high mechanical performance, the proposed production strategy offers substantial potential benefits regarding environmental sustainability through reduced energy demand, simplified processing routes and lower process-related carbon emissions.

REFERENCES

- Alan, E. (2025). Effect of prior deformation on microstructural evolution and retained austenite stability in bainite–martensite structures of continuously cooled low-carbon steel. *European Mechanical Science*, 9(3), 291–301.
- Alan, E., Ayhan, İ. İ., Ögel, B., & Uzunsoy, D. (2024). A comparative assessment of artificial neural network and regression models to predict mechanical properties of continuously cooled low carbon steels: an external data analysis approach. *Journal of Innovative Engineering and Natural Science*, 4(2), 495–513.
- Allwood, J. M., Cullen, J. M., & Milford, R. L. (2010). *Options for achieving a 50% cut in industrial carbon emissions by 2050*. *Environmental Science & Technology*, 44, 1888–1894.
- Altan, T., Ngaile, G., & Shen, G. (2005). *Cold and Hot Forging: Fundamentals and Applications*. Materials Park, OH: ASM International.

- Ashby, M. F. (2011). *Materials Selection in Mechanical Design* (4th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Ayhan, İ. İ., Güney, C., Alan, E., Bal, A., Kayadeğirmeni, M. F., Küçükakarsu, F. Y., Taştëmür, D., & Gündüz, S. (2024). *The influence of Multi-Pass hot rolling parameters and subsequent heat treatment on microstructure and mechanical properties of Medium-Carbon steel*. Transactions of the Indian Institute of Metals, 77(11), 3475–3485.
- Bhadeshia, H. K. D. H., & Honeycombe, R. W. K. (2017). *Steels: Microstructure and Properties* (4th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10th ed.). New York: Wiley.
- DIN EN 10083-3. (2006). *Steels for quenching and tempering: Technical delivery conditions for alloy steels*.
- DIN EN 10089. (2003). *Hot rolled steels for quenched and tempered springs*. Technical delivery conditions for alloy steels.
- Erişir, E., Ayhan, İ. İ., Güney, C., Alan, E., Dürger, N. B., & Ün, S. (2021). *Microstructure and phase transformations in High-Strength Bainitic Forging Steel*. Journal of Materials Engineering and Performance, 30(5), 3458–3467.
- Hosford, W. F., & Caddell, R. M. (2011). *Metal Forming: Mechanics and Metallurgy* (4th ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Krauss, G. (2015). *Steels: Processing, Structure, and Performance* (2nd ed.). Materials Park, OH: ASM International.
- Küçükakarsu, F. Y., Ayhan, İ. İ., Alan, E., Taştëmür, D., & Gündüz, S. (2022). *Effect of hot rolling process parameters on the microstructure and mechanical properties of continuously cooled low-carbon high-strength low-alloy (HSLA) steel*. Materials Testing, 64(8), 1136–1149.
- Lopez, G., Farfan, J., & Breyer, C. (2022). *Trends in the global steel industry: Evolutionary projections and defossilisation pathways through power-to-steel*. Journal of Cleaner Production, 375, 134182.
- Scharf, S., Bergedieck, N., Riedel, E., Richter, H., & Stein, N. (2020). *Unlocking sustainability potentials in heat treatment processes*. Sustainability, 12(16), 6457.
- Statista. (2024). *World crude steel production*. <https://www.statista.com/world-crude-steel-production/>
- Unver, U., & Kara, O. (2019). *Energy efficiency by determining the production process with the lowest energy consumption in a steel forging facility*. Journal of Cleaner Production, 215, 1362–1370.
- World Steel Association (2024). *World Steel in Figures 2023*. Brussels: World Steel Association.
- Zhang, H., Li, L., Li, L., Cai, W., Liu, J., & Sutherland, J. W. (2022). *An integrated energy efficiency evaluation method for forging workshop based on IoT and data-driven*. Journal of Manufacturing Systems, 65, 510–527.

SU VE ATIKSU ORTAMLARINDA PFAS’LARIN (SONSUZ KİMYASALLAR) ÇEVRESEL VE SAĞLIK ETKİLERİ

Prof. Dr. Meral YURTSEVER

Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

mevci@sakarya.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-7965-1919>

Samiullah SERAT

Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

samiullahserat800@gmail.com

ÖZET

Per- ve polifloroalkil maddeler (PFAS), yüksek kimyasal kararlılıkları ve güçlü karbon–flor bağları nedeniyle çevrede kalıcı davranan, geniş kullanım alanlarına sahip sentetik kirleticilerdir. Su ve atıksu sistemlerine; endüstriyel deşarjlar, yangın söndürme köpükleri, tüketim ürünleri ve atık yönetimi süreçleri üzerinden taşınırlar ve birçok havzada içme suyu kaynaklarında ölçülebilir seviyelere ulaşabilirler. Bu çalışma, PFAS’ların sucul ortamlardaki taşınım–dağılım dinamiklerini, içme suyu yoluyla insan maruziyetini ve arıtma süreçlerinde giderim/azaltımın neden zorlaştığını bütüncül bir çerçevede tartışmaktadır. Özellikle kısa zincirli ve “ultra-kısa” PFAS bileşiklerinin, geleneksel proseslerde düşük giderim verimi göstermesi ve proses koşullarına (pH, iyonik bileşim, doğal organik madde vb.) yüksek duyarlılık sergilemesi teknoloji seçiminde belirleyici olmaktadır. Tam ölçekli uygulamalar, aktif karbon ve anyon değiştirici reçine gibi teknolojilerin uzun zincirli PFAS’lar için daha etkili olduğunu; buna karşın kısa zincirli türler için daha seçici adsorbentler veya membran proseslerinin gerekli olabildiğini göstermektedir. Son bölümde, izleme–risk değerlendirmesi–arıtma optimizasyonu ekseninde

Türkiye için uygulanabilir öncelikler önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: PFAS, su kirliliği, içme suyu, biyobirikim, arıtım teknolojileri, çevresel risk

ABSTRACT

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are persistent synthetic contaminants characterized by highly stable carbon–fluorine bonds and widespread applications. They enter water and wastewater systems through industrial releases, aqueous film-forming foams, product life cycles, and waste pathways, reaching measurable levels in drinking-water sources in many basins. This paper provides an integrated discussion of PFAS transport and fate in aquatic environments, human exposure via drinking water, and the practical limitations of removal in treatment processes. Short-chain and ultra-short-chain PFAS are particularly challenging due to low removal efficiencies in conventional units and strong sensitivity to operational conditions such as pH, ionic composition, and natural organic matter. Full-scale evidence indicates that activated carbon and anion-exchange resins generally perform better for long-chain PFAS, whereas short-chain species may require more selective adsorbents and/or membrane-based processes. Finally, actionable priorities are proposed for Türkiye, focusing on monitoring, risk-based management, and treatment optimization.

Keywords: PFAS, water pollution, drinking water, bioaccumulation, treatment technologies, environmental risk

GİRİŞ

Per- ve polifloroalkil maddeler (PFAS), 1940'lardan itibaren su iticilik, yağ iticilik, yüzey aktif özellik ve ısıya dayanım gibi endüstriyel avantajlar nedeniyle çok sayıda sektörde yaygınlaşmıştır. Ancak bahsedilen aynı özellikler, çevresel kalıcılık ve uzun dönemli maruziyet risklerini de beraberinde getirmiştir (Evich vd., 2022; Abunada vd., 2020). Per- ve polifloroalkil maddeler (PFAS), kalıcılıkları, toksisiteleri ve yaygın dağılımları nedeniyle ciddi halk sağlığı ve çevresel kaygılara yol açan sentetik kirleticilerdir. PFAS'ın binlerce varyantı bulunmaktadır ve bunların önemli bir kısmı yüzey suyu ve yeraltı suyu kaynaklarında ng/L ile µg/L aralığında tespit edilmiştir. Atıksu ortamlarında

PFAS, konvansiyonel arıtma teknolojilerine karşı direnç gösterdiği için, içme suyu güvenliği açısından ciddi risk oluşturmaktadır. Potansiyel kaynaklardan uzak mesafelere kadar uzun menzilli atmosferik taşınım ile taşınabilen PFAS, küresel ölçekte bir çevre sorunudur. İnsanlar PFAS'a ağırlıklı olarak besin yoluyla maruziyet ve soluma yoluyla maruz kalmaktadır. Bu çevresel ve sağlık riskleri nedeniyle, bazı PFAS bileşikler Avrupa Birliği'nin REACH yönetmeliği kapsamında yasaklanmış veya aşamalı olarak kullanım dışına çıkarılmaktadır ve benzer düzenlemeler dünya genelinde giderek daha sık uygulanmaktadır.

PFAS'lar, endüstriyel süreçlerde ve tüketici ürünlerinde yaygın olarak kullanılan sentetik organik bileşiklerdir; bunlara örnek olarak AFFF yangın söndürme köpükleri, tekstil ürünleri, yapışmaz tencere kaplamaları ve gıda ambalajları verilebilir. Isıya, suya ve yağa karşı direnç sağlayan benzersiz kimyasal özellikleri nedeniyle PFAS çevrede yüksek derecede kalıcıdır ve bu nedenle "sonsuz kimyasallar" olarak adlandırılmaktadır. PFAS'ın çevreye, özellikle de su sistemlerine yayılması, küresel düzeyde sağlık ve ekolojik endişelere yol açmıştır. Çok sayıda çalışma, PFAS'ın yüzey sularında, yeraltı suyunda, atıksu ve içme suyunda bulunduğunu doğrulamıştır (Sadia vd., 2023; Sun vd., 2022). Ortama girdikten sonra PFAS doğal bozunma süreçlerine karşı dirençlidir ve canlılarda ve insan dokularında biyobirikim gösterir.

"Sonsuz kimyasallar" ifadesi popüler olsa da teknik olarak esas sorun PFAS ailesinin büyüklüğü, dönüşüm ürünleri ve öncül bileşikler nedeniyle kümülatif yükün sürekli yeniden üretilebilmesidir (Brase vd., 2021; Kurwadkar vd., 2022). Su döngüsü bu kirliliğin en kritik taşıyıcısıdır: PFAS'lar kaynak bölgelerden yüzey sularına, yeraltı suyuna ve nihayet içme suyu şebekelerine taşınabilir; arıtma tesisleri ise bazı koşullarda yalnızca "yer değiştiren" bir çözüm yaratarak konsantrasyonlu atık akımları üretebilir (Kurwadkar vd., 2022; Appleman vd., 2014).

Bu çalışmada, su ve atıksulardaki PFAS sorunu kaynak, taşınım, maruziyet, arıtım, düzenleme kapsamında bütüncül biçimde ele alınmaktadır. PFAS'ların çevreye giriş kaynaklarından başlayıp sulu ortamdaki taşınım ve dönüşümlere, içme suyu üzerinden maruziyetin halk sağlığı boyutuna, arıtım teknolojilerinin etkinliğine ve nihayetinde düzenleyiciler ve izleme stratejilerinin kurgulanmasına uzanan bir çerçevede değerlendirmeler bulunmaktadır.

1. PFAS'LARIN SU ORTAMLARINA GİRİŞİ VE ÇEVRESEL DAVRANIŞI

PFAS girdileri çoğunlukla noktasal (endüstriyel deşarjlar, atıksu arıtma tesisi çıkışları, AFFF kullanım sahaları) ve yayılı (ürün kullanım/atık fazı, atmosferik taşınım ve ıslak çökelme) kaynakların bileşiminden oluşur (Kurwadkar vd., 2022; Hill vd., 2024). Su ortamında dağılımı belirleyen parametreler arasında zincir uzunluğu, fonksiyonel grup (sülfonat, karboksilat), iyonik form, çözeltinin iyonik gücü, çok değerli katyonlar ve doğal organik madde etkileşimleri öne çıkar (Jian vd., 2019; Gagliano vd., 2020). Uzun zincirli PFAS'lar sediman ve biyota ile daha güçlü etkileşime girerken, kısa zincirli türler daha hareketlidir ve yeraltı suyuna geçiş potansiyeli daha yüksektir (Brase vd., 2021; Kurwadkar vd., 2022). Çalışmalar, PFAS varlığının Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'daki içme suyu temin sistemlerinde tespit edildiğini göstermektedir (Gagliano vd., 2020; Wang vd., 2023). Temel kaynaklar arasında atıksu arıtma tesisi çıkışları, düzenli depolama sahası sızıntı suları ve endüstriyel yüzey akışları yer almaktadır.

Son yıllarda “yeni nesil” PFAS türleri (ör. florlu eterler ve çeşitli ikameler) çevresel izleme çalışmalarında daha sık raporlanmaktadır. Bu ikame yaklaşımı, düzenleme baskısı altında uzun zincirli bileşiklerin yerine geçen alternatiflerin de kalıcılık ve risk tartışmasını bitirmediğini göstermektedir; literatürde bu durum ‘uzun hikâye’ vurgusu ile de tartışılmaktadır (Wang vd., 2017; Brase vd., 2021; Duru vd., 2024). Gerçekten de PFAS tehlikesini gidermek amacıyla yerine üretilen yeni PFAS türevleri bu sorunun daha da uzamasına neden olmuştur.

Tablo 1. Su ve atıksu ortamlarında PFAS'lara ilişkin yapılmış küresel araştırma bulguları

Ülke/Bölge	Matris	Hedef PFAS	Konsantrasyon	Muhtemel kaynak	Referans
ABD (Maryland)	İçme suyu (sistem izleme)	PFOA, PFOS (toplam)	Toplam PFOA/PFOS ortalamaları: 18.78, 7.28, 14.60, 12.46 ng/L (örnekleme fazlarına göre).	Ortalama seviyeler, düzenleyici eşik değerlerle (ng/L mertebesi) ile kıyaslandığında yüksektir. Potansiyel kaynaklar arasında endüstriyel alanlar ve atıksu arıtma tesisleri mevcuttur.	Duru vd., 2024
Almanya (Arnsberg)	İçme suyu + insan biyomonitöring	PFOA odaklı	Aktif karbon filtrasyonu sonrası plazma PFOA 28.2 → 4.7 µg/L (2010)	Kirlenmiş içme suyu; arıtma müdahalesinin "sağlık yükü"ne yansımaları net anlaşılmaktadır.	(Brede vd., 2010)
ABD (Florida Everglades/ Miami kanalları; Miccosukee Reservation)	Yüzey suları/kanallar	ΣPFAS; PFOS, PFPeA, PFBA, PFHxA	Miami kanalları: 30.1–153 ng/L; Reservation: 3.94–40.1 ng/L; PFOS ort.: 15.2±9.72 ng/L; PFPeA ort.: 10.2±7.73 ng/L; PFBA ort.: 10.7±7.87 ng/L; PFHxA ort.: 7.38±5.16 ng/L.	Bölgesel hidrografi ve yerel kaynaklar kompozisyonu şekillendirmektedir.	Heath vd., 2025

Avrupa (Amsterdam, Hollanda)	Musluk suyu	PFBS, PFOA	PFBS: 18.8 ng/L; PFOA: 8.6 ng/L.	Seçilmiş Avrupa ülkelerinde musluk suyunda raporlanan ve nispeten yüksek değerler söz konusudur.	Ullah vd., 2011
Avrupa (Stockholm, İsveç)	Musluk suyu	PFOS	PFOS: 8.8 ng/L.	Avrupa, Stockholm musluk suyunda PFOS tespiti yapılmıştır.	Ullah vd., 2011
Avrupa (Fransa – ham/arıtılmış su taraması, 2009–2010)	Ham su + arıtılmış su	PFOS, PFOA (ve diğerleri)	PFOS: 22 ng/L; PFOA: 12 ng/L (raporlanan en yüksek değerler).	Ulusal ölçekli örneklenen değerler farklı ülke kılavuzlarıyla kıyaslanmıştır.	Le Coadou vd., 2017
Birleşik Krallık (UK)	Yüzey suları (nehirler)	PFOS	PFOS maksimum ortalama: 19 ng/L.	Havza ölçeğinde kirletici yüklerinin farklılaşması vurgulanmıştır.	Kurwadkar vd., 2022
Japonya (Osaka)	Yüzey suları	PFOA	PFOA maksimum: 1630.2 ng/L.	Diğer şehirlerde ortalamalar genellikle <100 ng/L iken, Osaka’da maksimum değer belirgin şekilde yüksek raporlanmıştır.	Kurwadkar vd., 2022
İspanya (Júcar Nehri – Doğu İspanya)	Yüzey suyu (nehir)	PFAS (çoklu)	Suda: 0.04–83.1 ng/L (aynı çalışmada sediman ve biyotada daha yüksek birikim bildirilmiştir).	Su, sediman ve biyota birlikte ele alındığında biyotada daha yüksek birikim olması biyoakümülyasyon ihtimalini desteklemektedir.	Kurwadkar vd., 2022

Vietnam (WWTP etkisi; 8 bölge)	Yüzeysel su + musluk suyu + yeraltı suyu	PFOA, PFOS	Yüzeysel suyu (WWTP deşarjı alan kanalda) en yüksek: PFOA 53.5 ng/L; PFOS 40.2 ng/L. Yüzeysel suyu ort.: <2.3 ve <0.5 ng/L. Musluk suyu PFOA ort.: 0.14 ng/L. Yeraltı suyu PFOA ort.: 1.93 ng/L; PFOS ort.: 0.32 ng/L.	Deşarj etkisiyle pik değerler gözlenirken genel ortalamalar düşüktür. Musluk suyunda PFOS raporlanmamıştır.	Kurwadar vd., 2022
Avustralya (14 WWTP)	Atıksu (influent/effluent) + biyokatı	PFAS (çoklu)	Influent: 0.98–440 ng/L; Effluent: 21–560 ng/L; Biyokatı: 5.2–150 ng/g.	Aritma süreçlerinde öncül (precursor) dönüşümü, arıtma çıkışında kalıcılık ve biyokatıda birikim kritiktir.	Kurwadar vd., 2022
Güney Kore (tarımsal su kaynakları; WWTP etkisi)	Tarımsal amaçlı kullanılan sular	PFOA, PFOS	Örneklerin %92.3'ünde PFOA/PFOS ≤ 50 ng/L.	WWTP'nin konumu ve deşarj yükü, haritada sıcak nokta–düşük nokta farkına (mekânsal farklılaşmayı) sebep olmaktadır.	Kurwadar vd., 2022

Gana, Japonya, İspanya	Musluk suyu / kuyu suyu	PFOA, PFOS	PFOA en yüksek: Japonya 110 ng/L, Gana 800 ng/L (tap/kuyu). PFOS en yüksek: Gana 100 ng/L, İspanya 40 ng/L (tap).	Çoklu ülke taramasında ‘sıcak nokta’ örnekleri mevcuttur. İçme suyu türüne göre değişkenlik söz konusudur.	Kurwadar vd., 2022
------------------------	-------------------------	------------	---	--	--------------------

2. İÇME SUYU YOLUYLA İNSAN MARUZİYETİ VE SAĞLIK ETKİLERİ

Toplum düzeyinde PFAS maruziyetinin en kritik bileşenlerinden biri içme suyudur, çünkü düşük konsantrasyonlar dahi kronik tüketimle uzun dönemde vücut yükünün artmasına neden olur (Sunderland vd., 2019; Domingo ve Nadal, 2019). Birçok PFAS türü insan serumunda ve çeşitli biyolojik matrislerde saptanabilmekte ve bazı türler için eliminasyon yarı ömürlerinin uzun olması, risk değerlendirmesinde maruziyet süresini belirleyici hâle getirmektedir (Sunderland vd., 2019; Panieri vd., 2022). Son dönem derlemeler, PFAS’ların olası sağlık etkilerini daha geniş bir mekanizma setiyle tartışmakta ve özellikle karışım maruziyetinin değerlendirilmesinde metodolojik zorluklara işaret etmektedir (Zulfiqar vd., 2025; Sunderland vd., 2019). Bu nedenle PFAS ailesi için tek bileşik–tek sonuç mantığı çoğu zaman yetersiz kalmaktadır (Sunderland vd., 2019; Rahman vd., 2014).

Saha verileri, içme suyu sistemlerinde belirli PFAS türlerinin saptanma sıklığının yüksek olabileceğini ve bazı bölgelerde önerilen limitleri aşabildiğini göstermektedir (Duru vd., 2024). Bu durum, izleme programlarının yalnızca PFOA/PFOS ile sınırlı kalmaması; kısa zincirli ve ikame bileşiklerin de hedef listelere dahil edilmesi gerektiğine işaret eder (Sadia vd., 2023; Duru vd., 2024).

PFOS ve PFOA gibi uzun zincirli PFAS türleri, biyobirikim potansiyeli ve toksisiteyi nedeniyle özellikle sorunludur (Wang vd., 2020). PFAS maruziyeti immünotoksisite, karaciğer hasarı ve endokrin bozulma ile ilişkilendirilmektedir (Sunderland vd., 2019). Bazı PFAS bileşiklerine yönelik düzenleyici yasalara rağmen, GenX ve PFBS gibi yeni alternatiflerin su ortamlarında giderek daha fazla tespit edildiği bildirilmektedir (Sun vd., 2022).

PFAS kirliliğinin su ve atıksu sistemlerindeki çevresel ve sağlık etkileri, küresel ölçekte acil müdahale gerektirmektedir. AB İçme Suyu Direktifi ve ABD EPA tavsiyeleri gibi düzenleyici adımlar önemli olmakla birlikte, bu çabaların evrensel izleme çerçeveleri ve etkin arıtma teknolojilerine yatırım ile desteklenmesi gerekmektedir. PFAS maruziyetini azaltmak ve su güvenliğini korumak için disiplinler arası araştırma ve koordineli politika eylemleri kritik öneme sahiptir. Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de PFAS’ın çevresel davranışı ve sağlık etkileri üzerine kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

3. SU/ATIKSU ARITIMINDA GİDERİM MEKANİZMALARI VE TEKNOLOJİ SINIRLARI

PFAS gideriminde en çok yapılan çalışmalar, adsorpsiyon (GAK/PAC, anyon değiştirici reçineler ve seçici sorbentler), membran prosesleri (NF/RO) ve hibrit uygulamalardır (Gagliano vd., 2020; Kurwadkar vd., 2022; Rahman vd., 2014). Tam ölçekli çalışmalar, aktif karbonun uzun zincirli PFAS türlerinde anlamlı bir performans sergileyebildiğini, ancak kısa zincirli türlerde temas süresi ve yatak ömrü gereksinimlerinin hızla arttığını göstermektedir (Appleman vd., 2014). Güçlü anyon değiştirici reçineler, kısa zincirli PFAS’larda daha istikrarlı performans bildiren seçenekler arasında yer alsada rejenerasyon ve konsantrasyon atık yönetimi bileşeni çoğu uygulamada sıkıntıdır (Gagliano vd., 2020; Kurwadkar vd., 2022). Granüler aktif karbon, ters osmoz ve iyon değişim reçineleri gibi arıtma teknolojileri PFAS gideriminde etkilidir ancak maliyet ve ölçeklenebilirlik açısından önemli sınırlamaları bulunmaktadır (Appleman vd., 2014; Zeng vd., 2019).

Saha ölçeğinde proses performansını belirleyen kritik bir nokta, su kalitesi–proses verimi ilişkisini basit bir tek değişkenle açıklamanın çoğu zaman mümkün olmamasıdır. Örneğin, İslam vd. (2024) saha ölçekli filtrasyon hücrelerinde pH, amonyum ve katyon bileşiminin PFAS gideriminde belirgin rol oynadığını, özellikle amonyum oluşumunun pH düşüşüyle birlikte adsorpsiyonu zayıflatılabildiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, tesis işletmesinde mevsimsellik ve havza koşullarının teknoloji seçiminden bağımsız düşünülmemeyeceğini göstermektedir. Atıksu arıtma tesisleri açısından bakıldığında, konvansiyonel biyolojik prosesler PFAS’ları yok etmekten ziyade fazlar arasında dağıtabilir, bu da çamur yönetimi ve nihai bertaraf stratejilerini daha kritik hâle getirir (Kurwadkar vd., 2022).

Bazı PFAS’lar doğrudan son ürün gibi değil, prekürsör (öncül) bileşik gibi davranmaktadır, çevrede veya arıtma süreçlerinde parçalanıp (veya oksitlenip)

daha kararlı ve son aşamadaki PFAS türlerine dönüşebilmektedir. Bu son aşamadaki ürünler çoğunlukla, PFCA'lar (ör. PFOA, PFHxA gibi perflorokarboksilik asitler) ve PFSA'lardır (ör. PFOS gibi perflorosülfonik asitler). PFAS'ların biyota üzerindeki etkileri ve öncül bileşiklerin nihai ürünlere dönüşümü, yalnız insan sağlığı değil ekosistem sağlığı açısından da ele alınmalıdır (Hill vd., 2024).

Tablo 1. PFAS giderim teknolojilerinin zincir uzunluğuna göre performansı ve sınırlılıkları (Appleman vd., 2014; Gagliano vd., 2020; Kurwadkar vd., 2022; Islam vd., 2024)

Teknoloji	Uzun zincir (örn. PFOS/PFOA)	Kısa/ultra-kısa zincir	Kritik işletme parametreleri	Atık/yan ürün – sınırlılık
Granüler/Toz Aktif Karbon (GAK/PAC)	Genellikle yüksek; yatak ömrü ve EBCT ile artar.	Daha düşük, hızlı doygunluk, sık medya değişimi.	Yatak hacmi (EBCT), çözünmüş organik karbon-doğal organik madde (DOC-NOM), rekabetçi adsorpsiyon, sıcaklık.	Kullanılmış karbonun rejenerasyonu/bertarafı, konsantre atık akımı.
Güçlü Anyon Değiştirici Reçineler	Yüksek; seçicilik avantajı.	Orta–yüksek, türlere bağlı.	İyonik güç, sülfat/nitrat rekabeti, rejenerasyon kimyası.	Rejenerat atığı, tuzluluk artışı ve nihai bertaraf ihtiyacı.
Membran (NF/RO)	Yüksek; fiziksel ayırma ile.	Yüksek–orta; küçük türlerde seçicilik değişebilir.	Membran seçimi, fouling, basınç, geri kazanım oranı.	Retentat (konsantre) yönetimi, enerji ihtiyacı.
Özel sorbentler / hibrit filtre medyaları	Hedefli koşullarda yüksek (saha ölçüğü kanıtı artıyor).	Tür ve su kalitesine duyarlı; performans değişken.	pH, amonyum/kasyon bileşimi, mevsimsellik, hidrolik yük.	Sorbent değişimi, performansın saha koşullarında dalgalanması.

5. DÜZENLEYİCİ ÇERÇEVE VE TÜRKİYE İÇİN ÖNCELİKLER

PFAS yönetimi, klasik tek kirlenici–tek limit yaklaşımını zorlayan bir alandır. Birçok ülkede içme suyunda PFOA/PFOS için daha düşük eşiklere yönelim görülmektedir. Bazı düzenlemeler ise PFAS’ları sınıf temelli veya toplam parametreler üzerinden ele almaya çalışmaktadır (U.S. EPA, 2024; Wee, 2023). Bu eğilim, izleme ve analitik kapasitenin genişletilmesini de zorunlu kılmaktadır. Hedef listeye eklenen her yeni bileşik, laboratuvar altyapısı, kalite güvencesi ve veri yorumlama çerçevesi gerektirmektedir (Sadia vd., 2023; Kurwadkar vd., 2022).

Türkiye açısından önceliklendirme, “ölçmeden yönetemezsiniz” ilkesinden başlamalıdır. Çünkü iyi bir PFAS yönetimi, ölçüm ve doğrulanabilir veri olmadan sürdürülemez. Bu nedenle ilk adım, endüstri yoğunluğu, AFFF kullanım alanları, düzenli depolama sahaları ve atıksu deşarj noktalarını dikkate alan havza bazlı risk haritalamasıyla hedeflenmiş bir izleme ağının kurulmasıdır. İçme suyu arıtma tesislerinde PFAS’a duyarlı bir proses performans takibi yapılmalı, özellikle kısa zincirli türler için adsorban reçine doygunluğu, malzeme ömrü, ve rejenerasyon stratejileri performans göstergeleriyle izlenmelidir. Ayrıca reçine rejeneratları, RO retentatı ve çamur gibi konsantre akımlar için güvenli bertaraf standartları tanımlanmalıdır. Bu yaklaşım, çevre mühendisliği ile halk sağlığı, endüstriyel dönüşüm ve mevzuat uyumuyla birlikte başarılı olacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

PFAS’lar su ve atıksu sistemlerinde hem çevresel hem de halk sağlığı açısından uzun vadeli bir risk grubu oluşturmaktadır. Kısa zincirli ve ikame PFAS türleri, hareketlilikleri ve konvansiyonel proseslerde düşük giderimleri nedeniyle yönetimi zorlaştırmaktadır. Arıtımda başarı, yalnız teknoloji seçimine değil, su kalitesi ve işletme parametrelerine duyarlı optimizasyona bağlıdır. Etkin bir yönetim, izleme, risk değerlendirmesi, arıtma ve oluşan atık yönetimi zincirinin birlikte tasarlanmasını gerektirir (Appleman vd., 2014; İslam vd., 2024; Kurwadkar vd., 2022). Bu nedenle, Türkiye’de PFAS kirliliği konusunda, hedefli izleme ağının kurulması ve raporlama standartlarının netleştirilmesi, içme suyu tesislerinde PFAS’a özgü proses izleme göstergelerinin rutin işletme parametrelerine entegre edilmesi ve konsantre akımların bertarafına ilişkin teknik kılavuzların geliştirilmesi çalışmalarının yapılması gereklidir. Belirtilen bu adımların atılması, kısa vadede ölçülebilir iyileşme sağlayarak daha ileri sınıflandırma ve düzenlemelere geçiş için de temel veriyi sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Abunada, Z., Alazaiza, M. Y., Bashir, M. J. (2020). An overview of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in the environment: Source, fate, risk and regulations. *Water*, 12(12), 3590.
- Brase, R. A., Mullin, E. J., Spink, D. C. (2021). Legacy and emerging per-and polyfluoroalkyl substances: analytical techniques, environmental fate, and health effects. *International journal of molecular sciences*, 22(3), 995.
- Brede, E., Wilhelm, M., Göen, T., Müller, J., Rauchfuss, K., Kraft, M., Hölzer, J. (2010). Two-year follow-up biomonitoring pilot study of residents' and controls' PFC plasma levels after PFOA reduction in public water system in Arnsberg, Germany. *International journal of hygiene and environmental health*, 213(3), 217-223.
- Chohan, A., Petaway, H., Rivera-Diaz, V., Day, A., Colaiani, O., Keramati, M. (2021). Per and polyfluoroalkyl substances scientific literature review: water exposure, impact on human health, and implications for regulatory reform. *Reviews on Environmental Health*, 36(2), 235-259.
- Domingo, J. L., Nadal, M. (2019). Human exposure to per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) through drinking water: A review of the recent scientific literature. *Environmental research*, 177, 108648.
- Duru, C. I., Kang, D. H., Sherchan, S. P. (2024). The trends of per-and polyfluoroalkyl substances (pfas) in drinking water systems in Maryland, United States. *Science of The Total Environment*, 957, 177152.
- Evich, M. G., Davis, M. J., McCord, J. P., Acrey, B., Awkerman, J. A., Knappe, D. R., Washington, J. W. (2022). Per-and polyfluoroalkyl substances in the environment. *Science*, 375(6580), eabg9065.
- Heath, C. N., Castaneda, A., Ornstein, E., de Navarro, M. G., McNamee, B., Najera, S., Quinete, N. (2025). Per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) composition and distribution in surface water of the Miccosukee Indian Reservation, Everglades and tributaries in the coastal environment of Miami, Florida. *Environmental Research*, 278, 121627.
- Hill, N. I., Becanova, J., Vojta, S., Barber, L. B., LeBlanc, D. R., Vajda, A. M., Lohmann, R. (2024). Bioconcentration of Per-and Polyfluoroalkyl Substances and Precursors in Fathead Minnow Tissues Environmentally Exposed to Aqueous Film-Forming Foam–Contaminated Waters. *Environmental toxicology and*

chemistry, 43(8), 1795-1806.

- Islam, M. T., Cheng, J., Sadmani, A. A., Reinhart, D., Chang, N. B. (2024). Investigating removal mechanisms of long-and short-chain per-and polyfluoroalkyl substances using specialty adsorbents in a field-scale surface water filtration system. *Journal of Hazardous Materials*, 474, 134646.
- Jiao, E., Zhu, Z., Yin, D., Qiu, Y., Kärrman, A., Yeung, L. W. (2022). A pilot study on extractable organofluorine and per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in water from drinking water treatment plants around Taihu Lake, China: what is missed by target PFAS analysis?. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 24(7), 1060-1070.
- Kurwadkar, S., Dane, J., Kanel, S. R., Nadagouda, M. N., Cawdrey, R. W., Ambade, B., Wilkin, R. (2022). Per-and polyfluoroalkyl substances in water and wastewater: A critical review of their global occurrence and distribution. *Science of the Total Environment*, 809, 151003.
- Le Coadou, L., Le Menach, K., Labadie, P., Devier, M. H., Pardon, P., Augagneur, S., Budzinski, H. (2017). Quality survey of natural mineral water and spring water sold in France: Monitoring of hormones, pharmaceuticals, pesticides, perfluoroalkyl substances, phthalates, and alkylphenols at the ultra-trace level. *Science of the Total Environment*, 603, 651-662.
- Mayilswami, S., Raval, N. P., Tomar, R., Sharma, S., Praveena, S. M., Kataria, N., Mukherjee, S. (2025). Potential human health effects of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) prevalent in aquatic environment: a review. *Environmental Science: Advances*.
- O'Connor, J., Bolan, N. S., Kumar, M., Nitai, A. S., Ahmed, M. B., Bolan, S. S., Kirkham, M. B. (2022). Distribution, transformation and remediation of poly-and per-fluoroalkyl substances (PFAS) in wastewater sources. *Process Safety and Environmental Protection*, 164, 91-108.
- Panieri, E., Baralic, K., Djukic-Cosic, D., Buha Djordjevic, A., Saso, L. (2022). PFAS molecules: a major concern for the human health and the environment. *Toxics*, 10(2), 44.
- Sadia, M., Nollen, I., Helmus, R., Ter Laak, T. L., Béen, F., Praetorius, A., van Wezel, A. P. (2023). Occurrence, fate, and related health risks of PFAS in raw and produced drinking water. *Environmental Science & Technology*, 57(8), 3062-3074.
- Smalling, K. L., Romanok, K. M., Bradley, P. M., Morriss, M. C., Gray, J. L., Kanagy, L. K., Wagner, T. (2023). Per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in United States tapwater: Comparison of underserved private-well and pub-

- lic-supply exposures and associated health implications. *Environment international*, 178, 108033.
- Smith, S. J., Sylvestre, É., Motelica-Wagenaar, A. M., Cantoni, B., Nair, P. S., Parada, M. P. (2025). PFAS drinking water treatment trade-offs: comparing the health burden of GAC treatment to the health benefits of reduced PFAS exposure. *Environmental Science: Processes & Impacts*.
- Ullah, S., Alsberg, T., Berger, U. (2011). Simultaneous determination of perfluoroalkyl phosphonates, carboxylates, and sulfonates in drinking water. *Journal of Chromatography A*, 1218(37), 6388-6395.
- Wanninayake, D. M. (2021). Comparison of currently available PFAS remediation technologies in water: A review. *Journal of Environmental Management*, 283, 111977.
- Winchell, L. J., Wells, M. J., Ross, J. J., Fonoll, X., Norton Jr, J. W., Kuplicki, S., Bell, K. Y. (2022). Per-and polyfluoroalkyl substances presence, pathways, and cycling through drinking water and wastewater treatment. *Journal of Environmental Engineering*, 148(1), 03121003.
- Yurtsever, M. (2025). Çevredeki Per-ve Polifloroalkil Madde (PFAS) Kirliliği: Tarihiçesi, Kaynakları, Analizi, Riskleri ve İlgili Düzenlemeler, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.
- Yurtsever, M. (2025). Per-ve Polifloroalkil maddelerin (sonsuz kimyasalların) çevredeki kalıcılığı, yayılımı, birikimi ve sağlığa etkileri. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(1), 412-423.

KURUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK STRATEJİLERİNİN DÖNÜŞÜMÜ: DİJİTAL/YAPAY ZEKÂ TABANLI YENİ NESİL İŞ MODELLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Gülcan AYRAL

Üsküdar Üniversitesi

Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü

gulcan.ayral@uskudar.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-2744-3314>

Prof. Dr. Nüket SARACEL

Doğuş Üniversitesi İşletme Bölümü

nsaracel@dogus.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-7156-8088>

ÖZET

Bu çalışma, dijitalleşme ve yapay zekâ (YZ) tabanlı yeni nesil iş modellerinin kurumsal sürdürülebilirlik bağlamındaki uygulanabilirliğini kavramsal bir çerçevede incelemektedir. İkincil verilere dayalı nitel araştırma tasarımı kapsamında yürütülen sistematik literatür taraması ve tematik içerik analizi sonucunda, dijital/YZ tabanlı iş modeli dönüşümünün stratejik uyum ve dinamik kabiliyetler, dijital olgunluk ve veri temelli kapasite, dijital ekosistem entegrasyonu, düzenleyici uyum, finansal kapasite ve organizasyonel kültür ve yetkinlikler olmak üzere altı temel bileşene dayandığı tespit edilmiştir. Bu bileşenler temelinde geliştirilen “Dijital/YZ Tabanlı Yeni Nesil İş Modeli Uygulanabilirlik Modeli”, dijital dönüşüm literatüründeki kavramları sürdürülebilir iş modeli perspektifiyle bütünleştirerek akademik yazına özgün bir katkı sunmakta; dijital/YZ tabanlı iş modellerinin net-zero hedefleri ve ESG yükümlülüklerinin operasyonel düzeyde hayata geçirilmesinde kritik bir araç seti sunduğunu ortaya koymaktadır. İşletmeler açısından stratejik yönelim,

dijital olgunluk, veri yönetişimi ve ekosistem temelli iş birlikleri dđnüşümün başlıca yönetsel kaldıraçları olarak öne çıkarken, Türkiye bağlamında KOBİ'lere yönelik tartışma düşük dijital olgunluk, sınırlı finansal kapasite ve zayıf dijital ekosistem entegrasyonunun dđnüşümün önündeki temel yapısal engeller olduğunu göstermekte ve politika yapıcılar için dijital yetkinlik programları ile sürdürülebilir finansman mekanizmalarının geliştirilmesine yönelik yönlendirici bulgular sunmaktadır; çalışma ayrıca önerilen modelin farklı sektörlerde nicel, nitel ve karma yöntemlerle ampirik olarak test edilmesine yönelik bir gelecek araştırma gündemi de önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kurumsal sürdürülebilirlik; yeni nesil iş modelleri; dijitalleşme ve yapay zeka; KOBİ; dijital olgunluk.

ABSTRACT

This study conceptually examines the applicability of digital and artificial intelligence (AI)-based next-generation business models, based on the growing difficulty of meeting corporate sustainability objectives through traditional, linear, and predominantly financially oriented business models. Drawing upon Elkington's Triple Bottom Line framework and the broader corporate sustainability literature, the study discusses the necessity of new business models across economic, environmental, and social dimensions. Within this context, circular economy approaches, net-zero strategies, stakeholder-oriented governance, social-impact-driven models, and digital/AI-enabled business models are evaluated in line with the current literature.

Methodologically, the study is a qualitative investigation grounded in secondary data, involving a systematic analysis of academic and institutional literature on sustainable business models, digital transformation, artificial intelligence, digital maturity, and dynamic capabilities. Through thematic content analysis, the study identifies six key factors that shape the applicability of digital/AI-based next-generation business models: strategic alignment and dynamic capabilities, digital maturity and data-driven capacity, digital ecosystem integration, regulatory compliance and reporting standards, financial capacity and sustainable financing, and organizational culture, competencies, and execution capability. These factors are integrated into a holistic "Digital/AI-Based Next-Generation Business Model Applicability Framework."

Another unique contribution of the study is the discussion of the proposed conceptual model within the context of small and medium-sized enterprises (SMEs)

in Türkiye. The findings indicate that the implementation of digital/AI-driven business models in SMEs is constrained by several structural limitations; however, under appropriate institutional, managerial, and financial conditions, a phased transformation approach could enable these models to be effectively adopted.

In this respect, the study not only offers a conceptual model contributing to the digital transformation and sustainability literature but also provides strategic insights for policymakers and business leaders regarding the transition of SMEs in Türkiye.

Keywords: Corporate sustainability, next-generation business models, digitalization and artificial intelligence, SMEs, digital maturity.

GİRİŞ

Küresel ölçekte derinleşen iklim krizi, doğal kaynakların aşırı kullanımı ve artan paydaş beklentileri, işletmelerin yalnızca ekonomik performansa odaklanan geleneksel iş modeli anlayışını sorgulanır hâle getirmiştir. Elkington'ın (1997) Üçlü Bilanço yaklaşımıyla kurumsal temeli güçlenen bu dönüşüm, sürdürülebilirliğin kurumsal stratejinin merkezine yerleşmesini zorunlu kılmaktadır. Literatür, özellikle gelişmekte olan ülkelerde KOBİ'lerin sürdürülebilirlik hedeflerine katkı potansiyeline rağmen sınırlı finansal kaynaklar, düşük dijital olgunluk ve kurumsallaşma yetersizlikleri nedeniyle bu dönüşümden yeterince yararlanamadığını göstermektedir.

Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı, Karbon Sınır Düzenleme Mekanizması (CBAM) ve ESG odaklı yatırımcı baskıları, sürdürülebilirliği gönüllü bir tercihten çıkararak düzenleyici ve operasyonel bir zorunluluk hâline getirmiş; karbon raporlaması, tedarik zinciri şeffaflığı ve net-zero hedefleri özellikle ihracata dönük KOBİ'ler için rekabet avantajının belirleyici unsurları arasına girmiştir. Döngüsel ve düşük karbonlu iş modelleri bağlamında dijitalleşme ve yapay zekâ (YZ) tabanlı yeni nesil iş modelleri, izlenebilirlik, kaynak ve enerji verimliliği ile karbon muhasebesi yoluyla sürdürülebilirlik performansını ölçülebilir ve yönetilebilir hâle getiren kritik bir kaldıraçtır.

Buna karşın dijital ve YZ tabanlı yeni nesil iş modellerinin kurumsal sürdürülebilirlik bağlamında hangi kurumsal koşullar altında ve hangi mekanizmalarla uygulanabilir olduğu literatürde bütüncül bir çerçevede sınırlı düzeyde ele alınmıştır. Bu çalışmanın araştırma sorusu, “*Dijital/YZ tabanlı yeni nesil iş modellerinin kurumsal sürdürülebilirlik bağlamında uygulanabilirliğini belirleyen temel faktörler nelerdir?*” şeklinde belirlenmiştir. Çalışmanın amacı, bu faktörleri sistematik biçimde ortaya koymak ve “Dijital/YZ Tabanlı Yeni

Nesil İş Modeli Uygulanabilirlik Modeli'ni geliştirerek modeli Türkiye'deki KOBİ'ler bağlamında tartışmaktadır. Bu çalışma, genel işletmeler, akademi ve politika yapıcılar için de yönlendirici kuramsal ve uygulamalı çıkarımlar sunmayı amaçlamaktadır.

1. KAVRAMSAL ARKA PLAN: KURUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YENİ NESİL İŞ MODELLERİNİN GEREKLİLİĞİ

Kurumsal sürdürülebilirlik, işletmelerin ekonomik, çevresel ve sosyal hedeflerini bütüncül biçimde yöneten stratejik bir yaklaşımdır. Elkington'ın (1997) Üçlü Bilanço modeli, iş başarısının yalnızca finansal performansla değil, çevresel ve sosyal değer yaratımıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Dyllick ve Hockerts (2002) ise sürdürülebilirliği, işletmelerin bugünkü ve gelecek kuşak paydaşlarının ihtiyaçlarını gözeterek uzun vadeli değer üretme sorumluluğu olarak tanımlamaktadır.

Literatürde kurumsal sürdürülebilirlik ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere üç boyutta ele alınmaktadır. Ekonomik boyut uzun vadeli değer yaratımı ve rekabet gücünü; çevresel boyut kaynak verimliliği, karbon emisyonlarının azaltılması, döngüsel ekonomi ve çevresel etki yönetimini; sosyal boyut ise çalışan refahı, etik yönetim ve paydaş katılımını kapsamaktadır (Elkington, 1997; Hockerts & Wüstenhagen, 2010; Bansal & DesJardine, 2014; Sapmaz Veral, 2021; Dyllick & Muff, 2016; Freeman vd., 2010; UNEP, 2022). İklim krizi, Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı, karbon düzenlemeleri ve ESG temelli yatırımcı baskıları, işletmelerin geleneksel iş modelleriyle sürdürülebilir performans hedeflerine ulaşmasını giderek zorlaştırmaktadır. Türkiye'de özellikle ihracatçı işletmeler için karbon raporlaması ve sürdürülebilir tedarik zinciri kriterleri, sürdürülebilirliği operasyonel bir zorunluluk hâline getirmiştir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2023).

Bu bağlamda literatür, doğrusal üretim-tüketim mantığına ve kısa vadeli finansal göstergelere dayanan geleneksel iş modellerinin yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır (Boons & Lüdeke-Freund, 2013). Buna karşılık yeni nesil iş modelleri; dijitalleşme, döngüsel ekonomi, veri temelli karar alma, yapay zekâ destekli süreç yönetimi ve paydaş merkezli değer yaratımı yoluyla sürdürülebilirliği iş modelinin merkezine yerleştirmekte ve politika belgelerinde de kurumsal sürdürülebilirliğin sağlanmasında yapısal bir gereklilik olarak vurgulanmaktadır (Lüdeke-Freund & Dembek, 2017; Schaltegger vd., 2016; UNEP, 2022; TÜBİTAK, 2023; T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021).

2. YENİ NESİL İŞ MODELLERİ

Günümüzde işletmelerin sürdürülebilirlik stratejileri, geleneksel olarak yalnızca ekonomik değer üretimine odaklanan iş modeli anlayışının ötesine geçerek döngüsel ekonomi, dijital dönüşüm ve ESG uyumlu yönetim ekseninde çok boyutlu bir yapıya evrilmektedir. Bu dönüşüm, uzun vadeli rekabet avantajının temel belirleyicilerinden biri olarak görülmektedir (Geissdoerfer vd., 2020). Sürdürülebilirlik temelli yeni nesil iş modelleri, kurumsal strateji ile sürdürülebilirlik hedefleri arasında köprü kurmakta ve ekolojik ile sosyal değer yaratımını iş modelinin merkezine yerleştirmektedir (Lüdeke-Freund & Dembek, 2017). Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı ve sürdürülebilir tedarik zinciri düzenlemeleri de bu modelleri kurumsal bir tercih olmaktan çıkararak yapısal bir zorunluluk hâline getirmiştir (European Commission, 2023; T.C. Ticaret Bakanlığı, 2023).

Literatürde yeni nesil iş modelleri; **(1)** kaynak verimliliği ve kapalı döngü sistemlere dayalı döngüsel ekonomi modelleri (Bocken vd., 2014; Kirchherr vd., 2018), **(2)** karbon azaltımı ve yenilenebilir enerji temelli net-zero ve düşük karbonlu modeller (SBTi, 2023), **(3)** dijital ikizler, veri temelli karar alma ve YZ destekli optimizasyonu içeren dijital/YZ tabanlı modeller (Nambisan vd., 2020; Kaya & Ergün, 2021; TÜBİTAK, 2023), **(4)** çok paydaşlı değer yaratımını esas alan paydaş odaklı yönetim modelleri (Freeman vd., 2010; OECD, 2020), **(5)** ekonomik getiri ile toplumsal faydayı birlikte hedefleyen sosyal etki ve etki yatırımcılığı modelleri (Yunus vd., 2010; Nicholls, 2018) ve **(6)** mülkiyet yerine erişim ve kullanım temelli ürün–hizmet sistemleri (Tukker, 2015) altında ele alınmaktadır. Bu bütüncül çerçeve, iş modellerinin yalnızca değer zincirini değil, iş mantığını, yönetim yapısını ve teknoloji altyapısını dönüştüren bir paradigma değişimine işaret etmektedir. Özellikle dijitalleşme ve YZ tabanlı yaklaşımlar, sürdürülebilirlik performansının ölçülmesini ve operasyonel süreçlere entegrasyonunu mümkün kılarak bu modellerin uygulanabilirliğini güçlendirmektedir.

3. DİJİTALLEŞME VE YAPAY ZEKÂ TABANLI YENİ NESİL İŞ MODELLERİ

Dijitalleşme ve yapay zekâ (YZ), işletmelerin sürdürülebilirlik hedeflerini yönetme biçiminde yapısal bir dönüşüm yaratarak yeni nesil iş modellerinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Dijital teknolojiler, süreç şeffaflığı, tedarik zinciri izlenebilirliği ve gerçek zamanlı kaynak optimizasyonu yoluyla çevresel

ve sosyal etkilerin ölçülebilir biçimde yönetilmesini mümkün kılmakta ve sürdürülebilirlik performansını artıran stratejik bir kaldıraç işlevi görmektedir (Nambisan, Wright & Feldman, 2020; Geissdoerfer vd., 2020).

Literatürde dijitalleşmenin sürdürülebilirliğe katkıları; (i) dijital tedarik zinciri ve blokzincir tabanlı sistemlerle karbon ayak izi ve tedarikçi performansının izlenebilmesi (European Commission, 2023), (ii) IoT tabanlı otomasyon yoluyla enerji ve kaynak verimliliğinin artırılması (UNEP, 2022) ve (iii) büyük veri analitiği ve makine öğrenmesi ile iklim riskleri ve tedarik zinciri kesintilerinin öngörülebilmesi olarak özetlenmektedir.

YZ tabanlı iş modelleri; tahmine dayalı sürdürülebilirlik yönetimi, dijital ikizler ve otomatik karbon muhasebesi uygulamalarıyla sürdürülebilirliği kurumsal stratejiye entegre etmekte; net-zero, döngüsel ekonomi ve dijital ESG performans yönetimi alanlarında işletmelerin dönüşüm kapasitesini güçlendirmektedir (Boons & Lüdeke-Freund, 2013; Kaya & Ergün, 2021; OECD, 2021; Uddin vd., 2024; SBTi, 2023; European Commission, 2023). Arçelik ve Unilever örnekleri, bu modellerin teknolojik ve yönetsel açıdan uygulanabilirliğini göstermektedir (Arçelik, 2022; Unilever, 2023).

Sonuç olarak dijitalleşme ve YZ tabanlı iş modelleri, sürdürülebilirliği işletme süreçlerinin çekirdeğine entegre eden ve sürdürülebilir rekabet avantajının oluşumunda belirleyici rol oynayan yeni nesil kurumsal yapılarıdır.



Şekil 1. *Dijital/YZ Tabanlı İş Akış Diyagramı.*

Kaynak: Şekil, literatüre dayanarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

3.1. Dijital / YZ Tabanlı Yeni Nesil İş Modeli Uygulanabilirliğini Belirleyen Faktörler

Dijitalleşme ve yapay zekâ (YZ) tabanlı yeni nesil iş modellerinin uygulanabilirliği, yalnızca teknolojik yatırımlara değil; belirli kurumsal koşulların birlikte sağlandığı bütüncül bir dönüşüm sürecine bağlıdır. Bu dönüşüm, işletmelerin değer yaratma, sunma ve yakalama mekanizmalarını veri temelli ve algoritmik karar alma sistemleri üzerine yeniden inşa eden

yapısal bir paradigma değişimi olarak tanımlanmaktadır (Nambisan, Wright & Feldman, 2020). Bu faktörler, dijital/YZ tabanlı yeni nesil iş modellerinin kurumsal düzeyde uygulanabilirliğini doğrudan belirleyen yapısal belirleyiciler olarak değerlendirilmiştir.

Tematik analiz bulgularına göre dijital/YZ tabanlı iş modellerinin uygulanabilirliği altı temel faktöre dayanmaktadır: (1) *Stratejik bütünleşme ve dinamik kabiliyetler*; dijitalleşme ve sürdürülebilirlik hedeflerinin bütünleştirilmesi ve YZ destekli inovasyon kapasitesi dönüşüm başarısını belirlemektedir (Teece, 2023; Nambisan vd., 2020). (2) **Dijital olgunluk ve veri temelli kapasite**; veri altyapısı, analitik yetkinlik ve siber güvenlik kapasitesi enerji verimliliği, tedarik zinciri şeffaflığı ve karbon raporlamayı doğrudan etkilemektedir (Langer, 2025; Fırat & Fırat, 2017). (3) *Dijital ekosistem entegrasyonu*; çok paydaşlı dijital ekosistemlere entegrasyon, düşük karbonlu tedarik zinciri hedeflerini ve ESG raporlama doğruluğunu artırmaktadır (Li, Zhang & Cao, 2023; Zhao, Han & Wang, 2024). (4) *Regülasyon uyumu*; CSRD, ESRS ve ISSB gibi çerçeveler YZ tabanlı iş modeli dönüşümünü kurumsal standart hâline getirmektedir (European Commission, 2023; ISSB, 2023). (5) *Finansal erişim ve sürdürülebilir finansman*; ESG performansı güçlü işletmelerin sürdürülebilir finansmana erişimi dijital/YZ yatırımlarının ölçeklenmesini hızlandırmaktadır (Zhang & Zhang, 2022; Liu, Liu & Feng, 2024). (6) *Organizasyonel kültür ve insan sermayesi*; veri temelli karar alma kültürü ve YZ yetkinlikleri kalıcı başarıyı mümkün kılmaktadır (Garrel & Jahn, 2023; Lüdeke-Freund vd., 2024).

Sonuç olarak dijital/YZ tabanlı yeni nesil iş modellerinin başarısı, bu altı faktörün birlikte sağlandığı kurumsal yapılarda ortaya çıkmaktadır.

4. METODOLOJİ

Amaç: Bu çalışma, ikincil verilere dayalı nitel bir araştırma olup, dijitalleşme ve yapay zekâ tabanlı yeni nesil iş modellerinin kurumsal sürdürülebilirlik bağlamında uygulanabilirliğini kavramsal bir çerçevede incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın metodolojik temeli üç aşamadan oluşmaktadır:

Araştırma Tasarımı: Araştırma, kavramsal/kuramsal bir nitel araştırma tasarımına sahiptir. Bu kapsamda çalışma, sürdürülebilir iş modelleri, dijital dönüşüm, yapay zekâ, dijital olgunluk ve dinamik kabiliyetler alanlarında yapılmış güncel ampirik ve teorik çalışmaları bütünleştirerek kavramsal bir model ve açıklayıcı çerçeve geliştirmektedir. Bu yaklaşım, Webster & Watson

(2002) ile Snyder (2019) tarafından önerilen *kavramsal sentez* modeline dayanmaktadır.

Sistemik Literatür Taraması ve Kapsam: Çalışmanın verileri tamamen ikincil kaynaklara dayalı sistemik literatür taraması yoluyla elde edilmiştir. Bu kapsamda Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar ve TRDizin veri tabanlarında yer alan makale ve kitap bölümleri, uluslararası raporlar (OECD, UNEP, European Commission, ISSB, SBTi) ile seçilmiş kurumsal sürdürülebilirlik raporları (Arçelik, Unilever vb.) değerlendirmeye alınmıştır. Alanın hızlı dönüşümü nedeniyle 2010–2024 dönemine ait çalışmalar incelenmiş; yalnızca algoritmik/teknik modelleme içeren mühendislik araştırmaları ile sürdürülebilirlik teması bulunmayan dijitalleşme çalışmaları kapsam dışında bırakılmıştır.

Analiz Yöntemi: İkincil veriler tematik içerik analizi yaklaşımıyla incelenmiştir (Braun & Clarke, 2006). Analiz sürecinde öncelikle literatürde yer alan kavramlar kodlanmış, ardından bu kodlar dijital/YZ tabanlı iş modelleri ile sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi açıklayan temalar altında bütüleştirilmiştir (dijital olgunluk, dinamik kabiliyetler, dijital ekosistem entegrasyonu, düzenleyici yapı, finansal sürdürülebilirlik, organizasyonel kültür ve yetenek dönüşümü). Kodlanan kavramlardan hareketle dijital/YZ tabanlı iş modellerinin uygulanabilirliğini açıklayan bütüncül bir kavramsal çerçeve geliştirilmiş; bu yaklaşım, dijital dönüşüm ve sürdürülebilir iş modeli literatüründeki temel kavramların ilişkisel olarak bütüleştirilmesine olanak sağlamıştır.

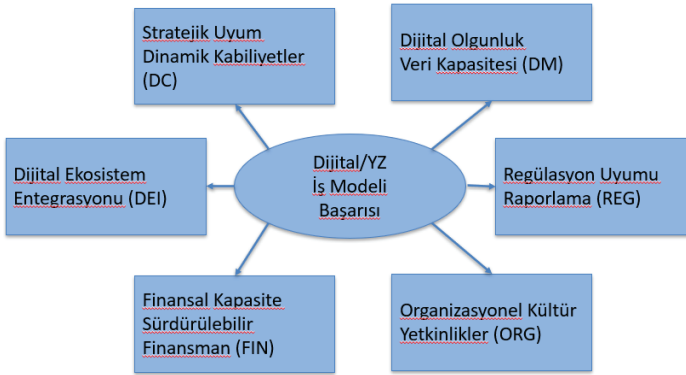
5. DİJİTAL / YZ TABANLI YENİ NESİL İŞ MODELİ UYGULANABİLİRLİK MODELİ

Tematik analiz bulguları, dijital/YZ tabanlı yeni nesil iş modellerinin kurumsal düzeyde uygulanabilirliğinin altı temel faktör etrafında şekillendiğini göstermektedir. Bu çalışmada geliştirilen “**Dijital/YZ Tabanlı Yeni Nesil İş Modeli Uygulanabilirlik Modeli**”, dinamik kabiliyetler (DC), dijital olgunluk ve veri temelli kapasite (DM), dijital ekosistem entegrasyonu (DEI), düzenleyici uyum (REG), sürdürülebilir finansman (FIN) ve organizasyonel kültür ve icra yeteneği (ORG) bileşenlerinden oluşan bütünlük bir kavramsal çerçeve sunmaktadır. Bu kısaltmalar literatürdeki özgün İngilizce kavramlardan türetilmiş olup çalışma bağlamında yapılandırılmıştır.

DC bileşeni, dijital ve sürdürülebilirlik stratejilerinin bütünlük yönetimini;

DM bileşeni, veri altyapısı, analitik kapasite, veri yönetişimi ve siber güvenlik temelinde YZ tabanlı iş modellerinin ölçeklenebilirliğini; DEI bileşeni, çok paydaşlı dijital ekosistemlerde veri paylaşımı ve platform standartları yoluyla değer üretimini; REG bileşeni, CSRD, ESRS ve ISSB çerçevelerinin dijital ESG raporlama altyapılarını zorunlu kılan dönüştürücü etkisini; FIN bileşeni, yeşil tahvil, sürdürülebilir kredi ve etki yatırımı gibi araçların dijital/ YZ yatırımlarının ölçeklenmesindeki belirleyici rolünü; ORG bileşeni ise veri temelli karar alma kültürü, dijital yetkinlikler ve çevik yönetim anlayışı yoluyla dönüşümün kurumsal düzeyde icra edilebilirliğini temsil etmektedir. DM konusunda Türkiye bağlamında yapılan çalışmalar ise, söz konusu teknik altyapının etkin biçimde kullanılabilmesinin işletmelerin dijital olgunluk düzeyine ve analitik yetkinliklerine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır (Merdin vd., 2023)

Bu bütünleşik yapı, dijital dönüşüm literatürü ile sürdürülebilir iş modeli çalışmalarını tek bir analitik çerçevede birleştirerek dijital/YZ tabanlı iş modeli inovasyonunun kurumsal düzeyde nasıl hayata geçirilebileceğini açıklayan özgün bir uygulanabilirlik modeli sunmaktadır. Bu altı faktörün bütünleşmesi, dijital/YZ tabanlı yeni nesil iş modellerinin kurumlarda başarıyla hayata geçirilmesi için gerekli kavramsal çerçeveyi ortaya koymaktadır. Şekil 2, bu faktörlerin karşılıklı ilişkilerini ve iş modeli başarısına katkılarını özetlemektedir.



Şekil 2. Dijital / Yapay Zekâ Tabanlı Yeni Nesil İş Modeli Uygulanabilirlik Modeli

Kaynak: Şekil, modele dayanarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

6. TÜRKİYE’DE KOBİ’LERDE DİJİTAL / YZ İŞ MODELİ UYGULANABİLİRLİĞİ: MODEL BİLEŞENLERİNE DAYALI TARTIŞMA

Türkiye’de KOBİ’ler, istihdam ve üretimde merkezi bir role sahip olmakla birlikte dijital dönüşüm ve yapay zekâ temelli iş modeli uygulamalarında büyük ölçekli işletmelere kıyasla belirgin yapısal sınırlılıklara sahiptir. Bu bağlamda önerilen uygulanabilirlik modeli, KOBİ’ler açısından dijital/YZ tabanlı iş modeli dönüşümünün temel belirleyicilerini ortaya koymaktadır.

Stratejik uyum ve dinamik kabiliyetler bakımından, KOBİ’lerin önemli bir bölümü kısa vadeli hayatta kalma odaklı yönetim anlayışı, aile işletmesi yapısı ve sezgisel karar alma pratikleri nedeniyle uzun vadeli dijital dönüşüm vizyonu geliştirmekte zorlanmaktadır. Dijital olgunluk ve veri kapasitesi açısından, ERP ve CRM gibi temel uygulamalarla sınırlı altyapı, zayıf veri yönetimi, analitik kapasite ve siber güvenlik eksiklikleri ileri analitik ve YZ tabanlı çözümlerin kurumsallaşmasını engellemektedir (Özdemir, 2023; İncekara vd., 2023). Dijital ekosistem entegrasyonu boyutunda, teknik altyapı ve insan kaynağı yetersizlikleri KOBİ’lerin dijital platformlara katılımını ve veri paylaşımını sınırlamakta, bu durum işletmelerin dijital değer ağlarının dışında kalmasına yol açmaktadır. Düzenleyici uyum bağlamında, CSRD, ESRS ve ISSB gibi raporlama standartları KOBİ’ler tarafından yüksek maliyet ve teknik uzmanlık gerektiren süreçler olarak algılanmakta; dijital ESG raporlaması çoğunlukla zorunlu bir formalite olarak görülmektedir. Finansal kapasite ve sürdürülebilir finansman açısından, düşük özkaynak yapısı ve sınırlı finansman araçlarına erişim dijital/YZ yatırımlarının ölçeklenmesini önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Organizasyonel kültür ve yetkinlikler boyutunda ise dijital okuryazarlık düzeyinin düşüklüğü, nitelikli iş gücüne erişimde yaşanan zorluklar ve hiyerarşik aile işletmesi yapısı dönüşüme dirençli bir kurumsal ortam oluşturmaktadır.

Bu altı boyut birlikte değerlendirildiğinde, Türkiye’de KOBİ’lerde dijital/YZ tabanlı iş modellerinin genel uygulanabilirlik düzeyinin sınırlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, güçlü kurumsallaşma düzeyine ve stratejik vizyona sahip, dijital altyapı yatırımlarını gerçekleştirmiş ve ekosistem temelli iş birlikleri kurabilen KOBİ’ler için modelin uygulanabilirliği anlamlı ölçüde artmakta; önerilen yaklaşım kısa vadeli bir çözümden ziyade aşamalı dönüşüme dayalı gerçekçi bir yol haritası sunmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, dijitalleşme ve yapay zekâ (YZ) tabanlı yeni nesil iş modellerinin kurumsal sürdürülebilirlik açısından taşıdığı potansiyeli kavramsal bir çerçevede incelemiş ve bu modellerin işletmelerde uygulanabilirliğini belirleyen temel faktörleri bütüncül biçimde ortaya koymuştur. Bulgular, sürdürülebilirliğin iş modelinin marjinal bir unsuru olmaktan çıkarak yapısal bir bileşeni hâline gelmesi gerektiğini ve dijital/YZ tabanlı iş modellerinin net-zero hedefleri ile ESG yükümlülüklerinin operasyonel düzeyde hayata geçirilmesinde kritik rol oynadığını göstermektedir. Tematik analiz sonucunda geliştirilen “Dijital/YZ Tabanlı Yeni Nesil İş Modeli Uygulanabilirlik Modeli”, dönüşümün stratejik uyum ve dinamik kabiliyetler, dijital olgunluk ve veri temelli kapasite, dijital ekosistem entegrasyonu, düzenleyici uyum, finansal kapasite ve organizasyonel yetkinlikler olmak üzere altı temel bileşene dayandığını ortaya koymakta; dijital dönüşüm literatüründeki kavramları sürdürülebilir iş modeli perspektifiyle bütünleştirerek hem akademik yazına özgün bir katkı sunmakta hem de uygulayıcılar için yönlendirici bir çerçeve önermektedir.

İşletmeler açısından, dijitalleşme ve sürdürülebilirlik stratejilerinin bütünleşik bir kurumsal dönüşüm yaklaşımı içinde ele alınması, YZ tabanlı iş modellerine geçişten önce veri altyapısı, veri yönetimi, analitik yetkinlik ve siber güvenliği kapsayan dijital olgunluk düzeyinin güçlendirilmesi, platform temelli dijital ekosistemlere entegrasyonun sağlanması ve sürdürülebilirlik performansının dijital ESG raporlama altyapılarıyla izlenmesi öncelikli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Politika yapıcılar açısından ise özellikle KOBİ’lere yönelik dijital yetkinlik programlarının yaygınlaştırılması, sürdürülebilir finansman araçlarına erişimi kolaylaştıran teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi ve sektör/bölge bazlı dijital ekosistemlerin kurulması stratejik önem taşımaktadır. Türkiye bağlamında dijital olgunluğun artırılması ve yeşil dönüşüm desteklerinin yaygınlaştırılması, KOBİ’lerde modelin uygulanabilirliğini anlamlı biçimde güçlendirecektir.

Akademik açıdan çalışma, önerilen modelin farklı sektörlerde ampirik olarak test edilmesine yönelik bir araştırma gündemi sunmakta; nicel, nitel ve karma yöntemli çalışmalar yoluyla model bileşenlerinin göreceli etkilerinin incelenmesini önermektedir. Sonuç olarak dijital/YZ tabanlı yeni nesil iş modelleri, kurumsal sürdürülebilirliğin işletme süreçlerine bütüncül biçimde entegre edilmesini sağlayan güçlü bir araç seti sunmakta ve politika yapıcılar ile yöneticiler için dijital dönüşüm ve sürdürülebilirlik gündeminin birlikte tasarlanmasına yönelik yol gösterici bir çerçeve oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Arçelik A.Ş. (2022). *2022 Sürdürülebilirlik Raporu*. Arçelik A.Ş. Erişim adresi: <https://www.arcelikglobal.com/tr/sirket/raporlar-ve-sunumlar/surdurulebilirlik-raporlari/>
- Bansal, P., & DesJardine, M. (2014). Business sustainability: It is about time. *Strategic Organization*, 12(1), 70–78.
- Bocken, N., Short, S., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- Boons, F., & Lüdeke-Freund, F. (2013). Business models for sustainable innovation: State-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 45, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.007>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). *Using thematic analysis in psychology*. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Dyllick, T., & Hockerts, K. (2002). Beyond the business case for corporate sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 11(2), 130–141.
- Dyllick, T., & Muff, K. (2016). Clarifying the meaning of sustainable business. *Organization & Environment*, 29(2), 156–174.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.
- European Commission. (2023). *European Green Deal: Key initiatives and implementation framework*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Fırat, O. Z., & Fırat, S. Ü. (2017). *Endüstri 4.0 yolculuğunda trendler ve robotlar*. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 46(2), 211–223. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iuisletme/issue/36314/410288>
- Freeman, R. E., Harrison, J., Wicks, A., Parmar, B., & de Colle, S. (2010). *Stakeholder theory: The state of the art*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/stakeholder-theory/>
- Geissdoerfer, M., Vladimirova, D., & Evans, S. (2020). *Sustainable business models: A review and agenda for future research*. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122995. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122995>
- Hockerts, K., & Wüstenhagen, R. (2010). Greening Goliaths vs. emerging Davids. *Journal of Business Venturing*, 25, 481–492.
- ISSB. (2023). *IFRS S1 and IFRS S2 Sustainability Disclosure Standards*. IFRS Foundation.
- İncekara, M., Çoban Kumbalı, H., & Sarıkaya, M. (2023). The transformation process of Turkish SMEs in terms of digitalization and sustainability. *Uluslararası İktisadi ve*

- İdari İncelemeler Dergisi*, (41), 1–15. <https://doi.org/10.18092/ulikidince.1133377>
- Kaya, N., & Ergün, E. (2021). Dijital dönüşüm, büyük veri ve yapay zekânın sürdürülebilir işletmelere etkisi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(4), 3319–3336. <https://dergi-park.org.tr/pub/isarder/issue/67033/999341>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2018). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221–232. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917302833>
- Langer, B. (2025). *Understanding Data & Analytics Maturity: A Systematic Review of Maturity Model Composition*. *Schmalenbach Journal of Business Research*, 77(2), 205–227. <https://doi.org/10.1007/s41471-024-00205-2>
- Li, X., Zhang, L., & Cao, J. (2023). Research on the mechanism of sustainable business model innovation driven by the digital platform ecosystem. *Journal of Engineering and Technology Management*, 68, 101738. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2023.101738>
- Lüdeke-Freund, F., & Dembek, K. (2017). Sustainable business model research: Emerging field or passing fancy? *Journal of Cleaner Production*, 168, 1668–1678. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617318103>
- Lüdeke-Freund, F., Massa, L., & Breuer, H. (2024). *Sustainable business model design*. *Journal of Business Models*, 12(1), 115–132. <https://doi.org/10.54337/jbm.v12i1.8409>
- Merdin, D., Ersöz, F., & Taşkın, H. (2023). Digital transformation: Digital maturity model for Turkish businesses. *Gazi University Journal of Science*, 36(1), 263–282. <https://doi.org/10.35378/gujs.982772>
- Nambisan, S., Wright, M. & Feldman, M. (2020 / online 2019). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes. *Research Policy*, 48(8), Article 103773. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.018>
- Nicholls, A. (2018). *Social entrepreneurship: New models of sustainable social change*. Oxford University Press. <https://academic.oup.com/book/34801>
- OECD. (2020). *OECD digital government index 2019: Results and key findings*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/4de9f5bb-en>
- OECD. (2021). *The digital transformation of SMEs*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/bdb9256a-en>
- Özdemir, (2023). KOBİ'lerin Dijital Dönüşüm Olgunluk Seviyesinin Dijital Dönüşüm Olgunluk Modeli ile Belirlenmesi: Sivas İli Örneği, *Uluslararası Ekonomi Finans ve İşletme Kongresi (EFİ-2023)*26-27 Mayıs 2023, Sivas.
- Sapmaz Veral, E. (2021). Döngüsel ekonomi: Engeller, stratejiler ve iş modelleri. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 8(1), 7–18
- Schaltegger, S., Hansen, E. G., & Lüdeke-Freund, F. (2016). *Business Models for Sustainability: Origins, Present Research, and Future Avenues*. *Organization & Environ-*

- ment, 29(1), 3–10. <https://doi.org/10.1177/1086026615599806>
- SBTi – Science Based Targets initiative. (2023). *Net-zero standard*. <https://sciencebasedtargets.org/net-zero>. Erişim Tarihi: 4.12.2025
- Snyder, H. (2019). *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines*. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2021). *Türkiye Yapay Zekâ Stratejisi (2021–2025)*. <https://cbddo.gov.tr/projeler/turkiye-yapay-zeka-stratejisi>
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2023). *Türkiye Yeşil Mutabakat Eylem Planı*. <https://www.ticaret.gov.tr/dis-iliskiler/yesil-mutabakat>. Erişim Tarihi: 4.12.2025
- Teece, D. J. (2023). *The evolution of the dynamic capabilities framework*. In R. Adams, D. Grichnik, A. Pundziene & C. Volkmann (Eds.), *Artificiality and Sustainability in Entrepreneurship* (pp. 113–129). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11371-0_6
- TÜBİTAK. (2023). *Yapay zekâ ekosistem raporu*. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu. <https://www.tubitak.gov.tr/tr/yapay-zeka-ekosistem-raporu>
- Tukker, A. (2015). Product services for a resource-efficient and circular economy: A review. *Journal of Cleaner Production*, 97, 76–91. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613008135>
- Uddin, M. S., Mohamed, O. E. B., & Ebert, J. (2024). *Artificial intelligence-powered carbon emissions forecasting: Implications for sustainable supply chains and green finance*. *Energy Environment & Economy*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.25163/energy.2110154>
- UNEP - United Nations Environment Programme. (2022). *Annual report 2021*. <https://www.unep.org/resources/annual-report-2021>
- Unilever. (2023). *Sustainability Report 2023: Digital ESG Systems*. London: Unilever PLC. <https://www.unilever.com/files/92ui5egz/production/52b12391c11fcc-9d8f8595188cc7f2b42037f19c.pdf>
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). *Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review*. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii–xxiii. <https://doi.org/10.2307/4132319>
- Yunus, M., Moingeon, B., & Lehmann-Ortega, L. (2010). Building social business models: Lessons from the Grameen experience. *Long Range Planning*, 43(2–3), 308–325. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024630109000990>
- Zhang, Y., & Zhang, Y. (2022). Exploring the relationship between ESG performance and green bond issuance. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.897577>
- Zhao, F., Han, Z., & Wang, L. (2024). *Digitization path to improve ESG performance: A study on organizational perspectives*. *PLOS ONE*, 19(12), e0313686. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313686>

DİJİTAL OKURYAZARLIĞIN SOSYAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİKTEKİ ROLÜ

Öğr. Gör. Mert HIZMALI

Doğuş Üniversitesi

Kurumsal Bilişim Uzmanlığı

mhizmali@dogus.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-6049-221X>

ABSTRACT

The rapid digitalization of contemporary societies has made individuals' ability to access and actively participate in digital environments a central component of social sustainability. Today, access to information, online communication, public services, and civic participation significantly depend on digital competencies. In this context, digital literacy represents not only the technical ability to use digital tools but also the capacity to act safely, ethically, responsibly, and consciously in digital environments. As societies become more technology-driven, the role of digital literacy in promoting social inclusion, equality, access to digital rights, and democratic participation has become increasingly evident.

Individuals with higher levels of digital literacy are more capable of verifying information, recognizing and managing online risks, and exercising their digital rights and responsibilities. These competencies contribute to the development of a more conscious, secure, and sustainable digital culture at the societal level. Conversely, insufficient digital skills deepen the digital divide, particularly among disadvantaged groups, and may lead to social exclusion. For this reason, expanding digital literacy across all segments of society is considered a key element of social sustainability policies.

Competencies associated with digital citizenship—such as online ethics,

digital security awareness, and civic engagement—are closely linked to the level of digital literacy. The safe and reliable use of digital environments enhances individuals' trust in online platforms and strengthens the quality of social participation. Moreover, expanding access to digital rights supports social equality and contributes to the formation of a sustainable and inclusive digital ecosystem.

Within this framework, digital literacy is positioned as a critical instrument for achieving social sustainability goals. Ensuring an equitable and long-term digital transformation requires empowering individuals with the necessary digital skills and fostering a digital culture that supports responsible participation, inclusiveness, and social cohesion.

Keywords: Digital literacy, social sustainability, digital citizenship, digital inclusion, digital divide

ÖZET

Dijitalleşmenin hızla dönüştürdüğü toplumsal yaşam, bireylerin teknolojiye erişimini ve dijital ortamlarda etkin varlık göstermesini sosyal sürdürülebilirliğin önemli bir bileşeni haline getirmiştir. Günümüzde bilgiye erişim, çevrim içi iletişim, hizmetlere katılım ve vatandaşlık süreçlerine dahil olma büyük ölçüde dijital becerilere bağlıdır. Bu bağlamda dijital okuryazarlık, yalnızca teknik araçları kullanma yetkinliği değil; aynı zamanda güvenli, bilinçli, etik ve sorumlu dijital davranış geliştirme becerilerinin bütünüdür ifade etmektedir. Toplumların dijitalleşme düzeyi arttıkça dijital okuryazarlığın sosyal kapsayıcılık, eşitlik, dijital haklara erişim ve demokratik katılım gibi alanlarda kritik bir rol oynadığı daha görünür hale gelmiştir.

Dijital okuryazarlık düzeyi yüksek bireylerin bilgi doğrulama, çevrim içi riskleri tanıma ve yönetme, dijital hak ve sorumluluklarını kullanma gibi konularda daha etkin olduğu; bu durumun toplumsal düzeyde daha bilinçli, güvenli ve sürdürülebilir bir dijital kültürün oluşmasına katkı sağladığı görülmektedir. Buna karşılık dijital becerilerdeki yetersizlikler, özellikle dezavantajlı gruplar için dijital uçurumu derinleştirerek sosyal dışlanmaya yol açabilmektedir. Bu nedenle dijital okuryazarlığın toplumsal ölçekte yaygınlaştırılması, sosyal sürdürülebilirlik politikalarının temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Çevrim içi etik davranış, dijital güvenlik farkındalığı ve demokratik katılım

gibi dijital vatandaşlık becerilerinin gelişmesi, doğrudan dijital okuryazarlıkla ilişkilidir. Dijital ortamların güvenilir şekilde kullanılabilmesi, bireylerin çevrim içi platformlara duyduğu güveni artırmakta ve böylece toplumsal katılımın niteliğini güçlendirmektedir. Dijital haklara erişimin yaygınlaşması ise toplumsal eşitliğe katkıda bulunarak sürdürülebilir bir dijital ekosistemin oluşmasını desteklemektedir.

Bu çerçevede dijital okuryazarlık, sosyal sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kritik bir araç olarak konumlanmakta; toplumların dijital dönüşüm sürecinin adil, kapsayıcı ve uzun vadeli olabilmesi için stratejik bir gereklilik haline gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital okuryazarlık, sosyal sürdürülebilirlik, dijital vatandaşlık, dijital kapsayıcılık, dijital bölünmüşlük

GİRİŞ

Dijital çağda sosyal sürdürülebilirliği sağlamak, büyük ölçüde bireylerin dijital dünyaya eşit ve etkin katılımına bağlıdır. Teknolojinin toplumsal yaşamın her alanına nüfuz ettiği günümüzde dijital araçlara erişim ve bu araçları verimli kullanma becerileri, sosyal katılımın vazgeçilmez unsurları haline gelmiştir. Bu noktada dijital okuryazarlık, bireylerin dijital ortamları bilinçli, güvenli ve etkin biçimde kullanabilme yetkinliği olarak karşımıza çıkmaktadır. Dijital okuryazarlık, sadece teknik becerileri değil, aynı zamanda dijital ortamlarda bilgiye erişme, bilgiyi değerlendirme, yeni içerikler üretme, çevrimiçi iletişim kurma ve etik değerleri gözetme gibi kapsamlı yeterlilikleri içerir.

Çubukçu ve Bayzan'ın (2013) tanımına göre dijital vatandaş; teknolojiyi ve dijital araçları doğru kullanabilen, istediği bilgilere kolaylıkla erişebilen, sahip olduğu güvenlik ve sorumluluk bilinci ile çevrimiçi ortamlarda bilinçli ve etik davranışlar sergileyen bireydir. Bu tanım, dijital vatandaşlığın kalbinde dijital okuryazarlık (bilgiye erişim becerisi) ile dijital güvenlik farkındalığı ve etik kullanımı bir arada barındırdığını göstermektedir. Nitekim Aydın (2015) de dijital vatandaş, dijital ortamlardaki tehlikelerin bilincinde olup gerekli önlemleri alabilen kişi olarak tanımlayarak bu vurguyu desteklemektedir. Dijital vatandaşlık kavramının, geleneksel vatandaşlık kavramının dijital ortamdaki bir uzantısı olduğu söylenebilir; teknoloji ve kitle iletişim araçlarını doğru şekilde kullanarak bilgiye ulaşabilen kişiler dijital vatandaş olarak kabul edilmektedir (Şimşek ve Şimşek, 2013).

Dijital okuryazarlık ve dijital vatandaşlık becerileri, sosyal sürdürülebilirlik hedefleriyle doğrudan bağlantılıdır. Toplumdaki her bireyin dijital dünyaya tam ve eşit katılımını sağlamak, sosyal sürdürülebilirliğin gerektirdiği kapsayıcılık ve eşitlik ilkeleriyle örtüşmektedir. Örneğin, iyi bir dijital vatandaşın özelliklerinden biri olarak herkes için eşit dijital haklar ve erişim olanaklarını savunmak gerektiği vurgulanmıştır. Bu, dijital vatandaşlık bakış açısıyla dijital uçurumun kapatılması ve kimsenin geride kalmaması ilkesidir. Dolayısıyla dijital okuryazarlık becerilerinin toplum genelinde yaygınlaştırılması, bireylerin hak ve sorumluluklarını bilen bilinçli dijital vatandaşlar olarak yetişmesini sağlayarak toplumsal bütünlüğe katkıda bulunacaktır.

Son yıllarda gerek uluslararası kuruluşlar gerekse ulusal politikalar düzeyinde dijital okuryazarlığın sosyal sürdürülebilirliğe olan etkisine dikkat çekilmektedir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'nda (SKA) dijital okuryazarlık, kaliteli eğitim (Hedef 4) ve eşitsizliklerin azaltılması (Hedef 10) gibi hedeflere ulaşmada önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Öte yandan, dijital teknolojilerin hızla yaygınlaşması beraberinde dijital bölünmüşlük (dijital uçurum) olgusunu da getirmiştir. Toplum içinde bazı kesimlerin teknolojiye erişimi ve dijital yetkinlikleri yüksek iken, dezavantajlı kesimler geride kalabilmektedir. Bu durum, sosyal sürdürülebilirlik açısından ciddi bir sorun olarak kabul edilmektedir çünkü dijital uçurum, var olan sosyoekonomik eşitsizlikleri derinleştirebilir. Dolayısıyla dijital bölünmüşlüğün giderilmesi hem bir adalet meselesi hem de sosyal bütünleşme için gerekliliktir.

Bu çalışmanın odak noktası, dijital okuryazarlığın sosyal sürdürülebilirlikteki rolünü dijital vatandaşlık becerileri bağlamında irdelemektir. Giriş bölümünde çerçevesi çizilen bu konu, literatürde nasıl ele alındığıyla birlikte aşağıda detaylandırılacaktır. Öncelikle dijital okuryazarlık, sosyal sürdürülebilirlik ve dijital vatandaşlık kavramlarının kuramsal arka planı gözden geçirilecek; ardından dijital okuryazarlığın sosyal sürdürülebilirlik hedeflerine katkıları literatür bulguları ışığında tartışılacaktır. Çalışmanın önemi, dijitalleşen toplumlarda sürdürülebilir sosyal gelişme için dijital okuryazarlığın kritik bir unsur olduğunu ortaya koymasından kaynaklanmaktadır. Bu çerçevede araştırmanın problemi, "Dijital okuryazarlık bireylerin sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlayan dijital vatandaşlık becerilerini nasıl etkilemektedir?" sorusu etrafında şekillenmektedir.

1. LİTERATÜR İNCELEMESİ

1.1. Dijital Okuryazarlık Kavramı ve Önemi

Dijital okuryazarlık, en genel haliyle bireylerin dijital teknolojileri kullanarak bilgiye erişme, bilgiyi anlama, değerlendirme, oluşturma ve paylaşma becerilerinin bütünü şeklinde tanımlanabilir. Kavram ilk kez 1990'ların sonunda Gilster (1997) tarafından ortaya atılmış ve dijital ortamda sunulan bilgiyi yorumlayıp uygulama becerisi olarak tanımlanmıştır. Gilster, dijital okuryazarlığın dijital çağda hayatta kalmak için gerekli entelektüel bir yetkinlik olduğunun altını çizmiştir. Bu erken tanımdan günümüze, dijital okuryazarlık kavramı teknolojik gelişmelere paralel olarak önemli bir evrim geçirmiştir. Dijital okuryazarlığın dinamik doğası, onun 21. yüzyıl becerileri arasında önemli bir yere sahip olmasını sağlamıştır.

Dijital okuryazarlığın önemi, günümüzde hem bireysel hem toplumsal düzeyde hissedilmektedir. Bireysel düzeyde dijital okuryazar bireyler, eğitimden istihdama, sosyal etkileşimden kişisel gelişime kadar pek çok alanda avantaj elde etmektedir. Bilgiye hızlı erişim ve doğru kullanma becerisi, bireylerin ekonomik fırsatlarını artırmakta ve hayat boyu öğrenme süreçlerini desteklemektedir. Toplumsal düzeyde ise dijital okuryazarlık, dijital bölünmüşlüğü azaltılması, vatandaşların demokratik süreçlere katılımı, bilgiye dayalı karar verebilen bir toplum yapısının oluşturulması gibi kritik konularla ilişkilidir. Yapılan araştırmalar dijital okuryazarlık becerilerinin yüksek olduğu toplumlarda, ekonomik ve sosyal uyumun daha güçlü olduğunu öne sürmektedir.

1.2. Dijital Okuryazarlık Kavramı ve Önemi

Literatürde dijital uçurumun sosyal etkileri üzerine pek çok çalışma bulunmaktadır. Örneğin Mossberger, Tolbert ve Hamilton (2012), dijital vatandaşlığı ölçmeye yönelik yaptıkları çalışmada genişbant internet erişimi ve mobil erişim arasındaki farklılıkların toplumsal katılım düzeyini etkilediğini ortaya koymuştur. Bu çalışma, internete erişim kolaylığının toplum içindeki önemini vurgulayarak, herkesin dijital ortamlara tam olarak katılım sağlayamamasının önemli bir sorun olduğunu belirtmektedir. Dijital erişimde altyapı yetersizlikleri, coğrafi izolasyon veya özel gereksinimler gibi sebeplerle ortaya çıkan engeller, bireylerin dijital dünyada tam vatandaş olmasını

engelleyebilmektedir.

Dijital kapsayıcılık sağlandığında sosyal sürdürülebilirliğe katkı somut olarak görülebilir. Bilgiye erişimde eşitlik, vatandaşların eğitim ve sağlık gibi hizmetlere erişimini kolaylaştırarak genel refah düzeyini artırır. E-katılım (e-participation) mekanizmaları yoluyla dijital olarak okuryazar bireyler, karar alma süreçlerine çevrimiçi platformlarda katılabilir, böylece demokrasi ve yönetim süreçleri güçlenir.

1.3. Dijital Okuryazarlık Kavramı ve Önemi

Dijital vatandaşlık, bireylerin dijital ortamda sahip oldukları hakları, sorumlulukları ve etik davranış normlarını kapsayan geniş bir kavramdır. Dijital vatandaşlık becerileri denildiğinde genellikle dijital etik, dijital güvenlik, dijital iletişim, dijital okuryazarlık, dijital hukuk ve dijital hak ve sorumluluklar gibi boyutlar akla gelir (Ribble, 2011). Bu beceriler, bir bireyin dijital toplum içinde sorumlu ve katılımcı bir rol üstlenebilmesi için gereken yeterliliklerdir. Dijital vatandaşlık becerilerinin gelişimi, sosyal sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşır; zira bu becerilere sahip vatandaşlar, dijital teknolojileri toplumsal faydaya uygun biçimde kullanarak hem kendi yaşam kalitelerini yükseltirler hem de içinde buldukları dijital toplulukların sağlığını korurlar.

Dijital haklar ve sorumluluklar boyutu, dijital vatandaşların çevrim içi ortamlarda sahip oldukları ifade özgürlüğü, mahremiyet, erişim hakkı gibi hakları ve bunların kullanımına ilişkin sorumlulukları içerir. Sosyal sürdürülebilirlik bağlamında, dijital hakların korunması ve her bireyin bu haklardan eşit biçimde yararlanabilmesi kritik bir konudur. Örneğin herkesin internete erişim hakkının temel bir vatandaşlık hakkı olarak görülmesi gerektiği yönünde yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu hakkın hayata geçirilmesi, az önce bahsedilen dijital kapsayıcılık politikaları ile mümkündür ve böylece toplumsal eşitlik güçlendirilir.

Dijital güvenlik ve dijital etik becerileri de sosyal açıdan sürdürülebilir dijital bir toplum için vazgeçilmezdir. Dijital güvenlik farkındalığı, bireylerin çevrimiçi ortamlardaki riskleri (siber zorbalık, kimlik hırsızlığı, veri ihlalleri vb.) bilmesi ve bunlara karşı önlem alabilmesi anlamına gelir. Toplum genelinde dijital güvenlik farkındalığının yüksek olması, dijital dünyada güven duygusunu pekiştirerek insanların bu ortamlarda iş birliği yapmasını, bilgi paylaşmasını ve ticari işlemler gerçekleştirilmesini kolaylaştırır. Örneğin, üniversite öğrencileriyle yapılan bir araştırmada dijital okuryazarlık düzeyi

yüksek bireylerin dijital veri güvenliği farkındalığı düzeylerinin de yüksek olduğu bulunmuştur (Hızmalı, 2022). Bu bulgu, dijital okuryazarlık becerileri geliştirildikçe bireylerin çevrimiçi güvenlik konusunda daha bilinçli hale geldiklerini göstermektedir. Güvenli dijital ortamlara duyulan inanç, insanların dijital teknolojileri benimsemesini ve hayatlarının bir parçası haline getirmesini teşvik edeceğinden, uzun vadede dijital teknoloji kullanımıyla ilgili toplumsal endişeleri azaltarak teknolojinin sosyal sürdürülebilirlik hedeflerine hizmet etmesini sağlar.

Dijital etik, dijital vatandaşlık eğitiminde özellikle vurgulanan bir diğer boyuttur. Bireylerin çevrim içi ortamlarda nezaket, saygı, dürüstlük gibi etik değerleri gözetmesi, siber zorbalık yapmaması, fikri mülkiyet haklarına riayet etmesi gibi davranışlar dijital etiğin kapsamındadır. Sosyal sürdürülebilirlik, yalnız fiziksel toplumda değil dijital topluluklarda da barışçıl ve saygılı bir iletişim ikliminin varlığını gerektirir.

Literatürde dijital okuryazarlık ile dijital vatandaşlık becerileri arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar, genellikle bu iki değişkenin pozitif yönlü bir bağlantıya sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin Kaya (2020) tarafından ortaöğretim öğrencileri üzerinde yapılan bir araştırmada, öğrencilerin dijital okuryazarlık düzeyi ile dijital vatandaşlık düzeyi arasında anlamlı ve pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Benzer şekilde çeşitli çalışmalarda dijital okuryazarlığı yüksek bireylerin dijital ortamlarda daha etik davrandığı, çevrimiçi katılımının arttığı ve siber risklere karşı daha donanımlı olduğu bildirilmektedir (Çubukçu & Bayzan, 2013; Aydemir, 2019). Bu sonuçlar, dijital okuryazarlık eğitiminin aynı zamanda iyi dijital vatandaşlar yetiştirmek anlamına geldiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla dijital okuryazarlık becerilerinin yaygınlaştırılması, sadece bireysel düzeyde dijital yetkinliği artırmakla kalmaz; aynı zamanda kolektif düzeyde daha bilinçli, saygılı ve katılımcı bir dijital toplum oluşturmada da anahtarındır.

2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE YÖNTEMİ

Bu araştırmanın temel amacı, dijital okuryazarlığın sosyal sürdürülebilirlikteki rolünü dijital vatandaşlık becerileri perspektifinden kuramsal olarak incelemektir. Daha spesifik olarak, dijital okuryazarlık düzeyinin bireylerin sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlayan davranış ve yetkinlikleri (örn. dijital haklara saygı, dijital katılım, dijital güvenlik farkındalığı, çevrimiçi etik davranış gibi) üzerindeki etkisi literatüre dayalı olarak analiz edilmektedir. Bu

amaç doğrultusunda araştırma şu sorulara yanıt aramaktadır:

- Dijital okuryazarlık kavramı sosyal sürdürülebilirlik bağlamında nasıl konumlandırılmaktadır? Dijital okuryazarlığın sosyal boyuttaki sürdürülebilir gelişmeye katkıları nelerdir?
- Dijital okuryazarlık ile dijital vatandaşlık becerileri (dijital etik, güvenlik, katılım vb.) arasında literatürde belirtilen ilişkiler nelerdir?
- Dijital okuryazarlığın yaygınlaştırılması, toplumsal eşitlik ve kapsayıcılık (dijital uçurumun azaltılması) açısından ne gibi etkiler yaratmaktadır?
- Sosyal sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda dijital okuryazarlığın geliştirilmesine yönelik mevcut politika ve uygulamalardan örnekler nelerdir? Bu alanda hangi iyileştirmelere ihtiyaç duyulmaktadır?
- İleride dijital okuryazarlık ve sosyal sürdürülebilirlik kesişiminde hangi konular araştırılmalıdır? (Örn: yeni teknolojilerin – yapay zeka, büyük veri vb. – yükselişiyle ortaya çıkan dijital yetkinlik ihtiyaçları ve toplumsal etkileri)

Bu sorular, çalışmanın kapsamını çizmektedir.

Bu çalışma nitel araştırma deseninde olup kuramsal literatür taramasına dayanmaktadır. Araştırma kapsamında Google Scholar, DergiPark ve TR Dizin veri tabanlarında “dijital okuryazarlık”, “dijital vatandaşlık” ve “sosyal sürdürülebilirlik” anahtar kelimeleri kullanılarak literatür taraması yapılmıştır. Konu ile doğrudan ilişkili olan kaynaklar belirlenerek tematik analiz yöntemiyle sınıflandırılmıştır.

Araştırmanın yöntemi, literatür taramasına dayalı teorik bir inceleme şeklindedir. Yani, çalışma kapsamında birincil veri toplama veya saha araştırması yapılmamış; bunun yerine konuyla ilgili ulusal ve uluslararası literatürdeki akademik çalışmalar, tezler, raporlar ve politika dokümanları incelenerek sentezlenmiştir. Bu yöntemin tercih edilme nedeni, dijital okuryazarlık ile sosyal sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin halihazırda kavramsal düzeyde incelenmeye ihtiyaç duyan, çok boyutlu bir konu olmasıdır. Literatürde yer alan bulgular ve görüşler bir araya getirilerek daha bütüncül bir çerçeveye çizilmeye çalışılmıştır.

Bu araştırmanın yöntemi kuramsal olduğundan, çalışmanın sınırlılıkları literatüre dayalı olmasından kaynaklanmaktadır. Birincil veri içermediği için, pratikteki durumun birebir yansıtılmasında kısıtlar olabilir. Ancak bu sınırlılığı aşmak adına mümkün olduğunca geniş ve güncel bir literatür taraması yapılmış, farklı coğrafyalardan ve disiplinlerden bakış açıları dâhil edilmiştir. Dolayısıyla

çalışma, yeni bir model test etmekten ziyade mevcut bilgiyi sentezleyerek bir durum değerlendirmesi ve geleceğe yönelik çıkarımlar sunmaktadır. Bu yöntem, incelenen konu hakkındaki genel resmi görmek ve olası araştırma boşluklarını tespit etmek açısından uygun görülmüştür.

3. BULGULAR

Literatür taraması sonucunda dijital okuryazarlığın sosyal sürdürülebilirlik üzerindeki rolüne ilişkin bulgular birkaç ana tema etrafında toplanmıştır: **(i)** Dijital okuryazarlığın sosyal kapsayıcılık ve eşitlik üzerindeki etkileri, **(ii)** Dijital okuryazarlığın dijital vatandaşlık becerilerine katkıları, **(iii)** Dijital okuryazarlığın sosyal katılım ve demokrasiye etkisi, **(iv)** Dijital okuryazarlığı artırmaya yönelik politika ve uygulamaların sonuçları. Aşağıda bu temalar kapsamında literatürden elde edilen temel bulgular sunulmaktadır.

(i) Dijital Okuryazarlık ve Sosyal Kapsayıcılık: Çalışmalar, dijital okuryazarlığın toplumda dezavantajlı grupların dışlanmadan toplumsal yaşama katılabilmeleri için kritik bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin yaşlılar, engelliler veya düşük gelirli bireyler gibi grupların dijital becerilerinin desteklenmesi, onların bilgiye erişim, çevrimiçi hizmetlerden yararlanma ve sosyal etkileşim imkanlarını artırarak sosyal dışlanmayı azalttığı belirtilmektedir. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı'nın (UNDP) Türkiye gençlik raporunda, dijital okuryazarlık becerilerinin geliştirilmesinin gençlerin ekonomik ve sosyal hayata katılımında önemli bir kaldıraç etkisi yaptığı vurgulanmıştır (UNDP, 2020). Yine benzer şekilde, Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı'nın yaşlı bireylere yönelik dijital okuryazarlık eğitimleri, yaşlıların sosyal hayata dijital araçlar üzerinden aktif katılımını sağlamayı ve onların yaşam kalitesini artırmayı hedeflemektedir. Bu tür girişimlerin raporlanan bulguları, dijital beceri kazanan yaşlı bireylerin hem akranlarıyla hem de genç nesillerle iletişiminin arttığını, çevrimiçi bankacılık veya e-devlet hizmetlerini kullanarak günlük işlerini daha bağımsız halledebildiklerini ve böylece kendilerini topluma daha bağlı hissettiklerini göstermektedir.

(ii) Dijital Okuryazarlığın Dijital Vatandaşlık Becerilerine Katkısı: Literatürdeki bulgular, dijital okuryazarlığın dijital vatandaşlığın hemen her boyutunu olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Dijital okuryazarlık becerileri yüksek bireyler, genellikle çevrimiçi ortamlarda daha bilinçli ve sorumlu davranmakta, bu da onların daha "iyi" dijital vatandaşlar olmasına imkan vermektedir. Milenkova ve arkadaşlarının (2020) yaptığı bir çalışma, dijital okuryazarlığın sürdürülebilir bir bilgi toplumu oluşturmadaki

rolünü incelemiştir. Bu çalışmanın analizi, dijital okuryazarlığın sosyal sürdürülebilirliğin gelişimine katkıda bulunduğunu ve dijital okuryazarlığı yüksek bir toplumun sürdürülebilir bilgi toplumu olma yolunda ilerlediğini savunmaktadır. Başka bir deyişle dijital okuryazarlık, bireylerin yalnız kendi kişisel gelişimleri için değil, toplumsal düzeyde de bilgi temelli ve sürdürülebilir bir kültürün yerleşmesi için bir gösterge niteliği taşır.

Dijital okuryazarlığın alt bileşenlerinden olan eleştirel düşünme ve medya okuryazarlığı becerileri, bireylerin dijital medyadaki bilgi kirliliğini ayırt edebilmesini sağlar. Bu becerilere sahip dijital vatandaşlar, yanlış bilgi yayan içeriklere karşı toplumu uyardırma veya dezenformasyonun yayılmasını engellemede aktif rol oynayabilirler. Böyle bir vatandaş profili, sosyal sürdürülebilirlik açısından önemlidir çünkü bilgi ekosisteminin sağlıklı olması, toplumun doğru kararlar alabilmesi ve gereksiz çatışmalardan kaçınabilmesi için gereklidir. Güven'in (2023) medya okuryazarlığı üzerine yaptığı çalışmada, dijital medyanın agresif teşvik edildiği günümüz düzeninde medya okuryazarlığı söyleminin, vatandaşların bilgi niteliğini sorgulayan, teknolojiyi uygun şekilde kullanan bilinçli bireyler olmasını sağlamayı amaçladığı belirtilmiştir. Bu çalışma, medya okuryazarlığının (dijital okuryazarlığın bir alt boyutu olarak) aslında vatandaşların ekonomik ve sosyal uyumunu artıran hegemonik bir gösterge haline geldiğini ve dijital dünyada vatandaşlık görevi gibi sunulduğunu tartışmaktadır. Buradan çıkarılabilecek sonuç, dijital okuryazarlığın sadece bireysel bir beceri değil, aynı zamanda toplumun geneli için beklenen bir ortak yeterlilik haline geldiğidir. Bu yeterliliğe sahip olmak, vatandaşların dijitalleşen dünyada eşit birer aktör olabilmeleri için şart görülmektedir.

(iii) Dijital Okuryazarlık, Sosyal Katılım ve Demokrasi: Literatür bulguları, dijital okuryazarlığın demokratik katılım mekanizmalarını güçlendirebileceğini de ortaya koymaktadır. Özellikle genç nüfus arasında dijital medya ve sosyal ağlar, toplumsal konularda farkındalık yaratma ve harekete geçme aracı olarak etkin biçimde kullanılmaktadır. Dijital okuryazar gençler, küresel iklim değişikliğinden yerel yönetim politikalarına kadar farklı ölçeklerde çeşitli kampanyalar düzenleyebilmekte, seslerini karar alıcılara duyurabilmektedir. Bu durum, dijital demokrasi veya e-demokrasi kavramlarını gündeme getirmiştir. Araştırmacılar, dijital okuryazarlık düzeyinin artmasının e-katılım seviyesini de artırdığını; ancak bunun için vatandaşların çevrimiçi platformlarda güven duygusuna sahip olması ve e-hizmetleri kullanmaya alışkın olması gerektiğini belirtir. Yani dijital okuryazar bir vatandaş kitlesi, ancak güvenli ve erişilebilir dijital altyapılarla birleştiğinde demokratik katılımı anlamlı bir yükseliş sağlayabilir.

(iv) **Politika ve Uygulamaların Sonuçları:** Literatür taramasında, dijital okuryazarlığı artırmaya yönelik politikaların sosyal sürdürülebilirlik çıktıları üzerine yapılan değerlendirmelere de rastlanmıştır. Örneğin çeşitli ülkelerde uygulanan dijital beceri eğitim programlarının, dijital uçurumun azaltılmasındaki etkisi ölçülmüştür. Avrupa Birliği içerisinde yürütülen “Dijital Yetkinlikler Haftası” gibi kampanyaların her yıl binlerce kişiye ulaştığı ve özellikle işsiz gençler ile kadınlar arasında dijital beceri kazandırma noktasında olumlu sonuçlar verdiği raporlanmıştır. Bu tür programlar sonucunda dijital beceri kazanan bireylerin istihdam edilebilirliklerinde artış, özgüvenlerinde yükselme ve toplumsal hayata katılımlarında belirgin iyileşme gözlemlendiği belirtilmektedir.

Ancak literatürde bazı eleştirel bakış açılarının da olduğu görülmüştür. Örneğin Güven (2023), dijital okuryazarlığın günümüzde neoliberal bir söylem olarak bireylere sürekli kendini geliştirme ve uyum sağlama baskısı getirdiğini, bunun da dijitalleşmenin altında yatan eşitsizlik ve adaletsizlik tartışmalarını gölgeleyebileceğini ifade etmektedir. Bu eleştirel perspektif, dijital okuryazarlık politikalarının salt teknik beceri kazandırmaya odaklanıp toplumsal yapıdaki sistemik sorunları göz ardı etmemesi gerektiğine dair bir uyarı mahiyetindedir. Örneğin dijital okuryazarlık eğitimleri verilirken, eğitimi alan kişilerin cihaz veya internet aboneliği maliyetlerini karşılayabilecek durumda olmaması, sürdürülebilir bir etkiyi engelleyebilir. Dolayısıyla politika yapıcılar, dijital okuryazarlığı artırma çabalarını kapsamlı bir dijital ekosistem stratejisi ile bütünleştirmelidir. Bu ekosistem; uygun maliyetli internet, cihaz desteği, yerel dilde ve kültüre duyarlı dijital içerik, teknik destek mekanizmaları ve sürekli güncellenen müfredat gibi unsurları içermelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında dijital okuryazarlığın sosyal sürdürülebilirlik boyutundaki önemi ve etkileri, literatür taramasına dayalı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, dijital okuryazarlığın sosyal sürdürülebilirliğin çeşitli bileşenlerine anlamlı katkılar sağladığını göstermektedir. Dijital okuryazarlık; toplumsal eşitliği güçlendirmekte, dezavantajlı grupların dijital dünyaya katılımını kolaylaştırmakta, dijital vatandaşlık bilincini geliştirmekte ve bireylerin sosyal hayata etkin katılımını desteklemektedir. Bu yönüyle dijital okuryazarlık, sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutunu ilerletmek için kritik bir araç ve aynı zamanda hedef olarak değerlendirilmelidir.

Bu bulgular ışığında, çalışmadan çıkarılan öneriler ve geleceğe yönelik olası araştırma alanları şu şekilde sıralanabilir:

- **Eğitim Politikaları ve Müfredat:** İlköğretimden yükseköğretime kadar tüm eğitim kademelerinde dijital okuryazarlık ve dijital vatandaşlık konularına müfredatta daha fazla yer verilmelidir. Özellikle erken yaşlardan itibaren çocuklara güvenli internet kullanımı, çevrimiçi etik, bilgi doğrulama becerileri kazandırılmalıdır. Milli Eğitim sisteminde “dijital okuryazarlık” dersi zorunlu hale getirilebilir veya mevcut ders içerikleri bu becerileri kapsayacak şekilde güncellenebilir. Öğretmenlerin de dijital okuryazarlık konusunda hizmet içi eğitimlerle donatılması önemlidir. Eğitimde fırsat eşitliğini sağlamak için okullardaki teknoloji altyapısı güçlendirilmeli, dezavantajlı bölgelerdeki okullara cihaz ve internet desteği sağlanmalıdır.
- **Yaşam Boyu Öğrenme Programları:** Yetişkin nüfus için dijital okuryazarlık eğitimleri artırılmalıdır. Halk eğitim merkezleri, kütüphaneler, belediyeler ve STK’lar aracılığıyla ücretsiz veya düşük maliyetli kurslar düzenlenerek dijital beceriler toplumun tüm kesimlerine yayılmalıdır. Özellikle dijital dünyanın dışında kalma riski yüksek olan yaşlılar, ev kadınları, engelliler gibi gruplara yönelik özel programlar hazırlanmalıdır.
- **Dijital Erişim ve Altyapı:** Sosyal sürdürülebilirlik açısından herkes için genişbant internet erişimi temel bir hedef olmalıdır. Kırsal ve yoksul bölgelerde internet altyapısının iyileştirilmesi, uygun fiyatlı internet paketlerinin sunulması ve kamusal alanlarda ücretsiz Wi-Fi noktalarının artırılması, dijital kapsayıcılığı destekleyecektir. Ayrıca düşük gelirli aileler için cihaz edinmeyi kolaylaştırıcı teşvikler (indirimler, taksitlendirme, bağış kampanyaları) sağlanabilir.
- **Kurumlar Arası İş Birliği:** Dijital okuryazarlığın geliştirilmesi, çok paydaşlı bir çaba gerektirir. Bu nedenle hükümet kurumları, özel sektör, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları arasında iş birliği mekanizmaları kurulmalıdır.
- **İçerik ve Dil:** Dijital okuryazarlık eğitim materyalleri ve çevrimiçi içerikler, farklı hedef kitlelere uygun ve anlaşılır şekilde tasarlanmalıdır. Özellikle okur-yazarlık düzeyi düşük ya da teknolojiye aşina olmayan yetişkinler için görsel, basit dilli, adım adım anlatımlı rehberler hazırlanabilir. Yerel dil ve kültüre uygun içerikler, öğrenmeyi kolaylaştırarak daha geniş kitlelere ulaşılmasına yardımcı olacaktır.

- **Araştırma ve Ölçme:** Gelecekte, dijital okuryazarlık ve sosyal sürdürülebilirlik ilişkisine dair daha fazla nicel ve nitel araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin dijital okuryazarlık programlarının uzun vadeli etkilerini ölçmek, hangi yöntemlerin daha verimli olduğunu belirlemek açısından değerlidir. Farklı ülkelerin dijital okuryazarlık politikalarını ve bunların toplumsal göstergelere (işsizlik oranı, eğitim düzeyi, gelir dağılımı, siyasi katılım oranları vb.) etkisini inceleyen karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir. Yeni teknolojilerin (yapay zeka, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik gibi) ortaya çıkmasıyla gerekli hale gelen yeni dijital beceriler konusunda da araştırmalar yapılarak dijital okuryazarlık kavramının kapsamı güncellenmelidir.
- **Sürdürülebilir Dijital Kültür:** Son olarak, sosyal sürdürülebilirlik hedeflerinin dijital kültüre entegre edilmesi gereklidir. Bu da toplumda etik, saygılı ve sorumlu bir dijital kültürün teşvik edilmesi anlamına gelir. Okullarda ve medyada, siber zorbalığın zararları, dijital mahremiyetin önemi, çevrimiçi nezaket gibi konular işlenerek farkındalık kampanyaları düzenlenmelidir. İnsanların yalnız fiziksel dünyada değil dijital dünyada da birbirlerine karşı sorumlulukları olduğu bilinci yerleştirilmelidir. Bu sayede dijital teknolojilerin kullanımı, sosyal değerlerle uyumlu hale gelecek ve dijitalleşme toplumsal uyumu tehdit eden değil, destekleyen bir araç olarak konumlanacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesi sürecinde görüş ve önerileriyle katkı sunan sevgili arkadaşım Enise Odabaş'a teşekkür ederim. Ayrıca araştırma sırasında faydalandığım kaynakları üreten araştırmacılara ve ilgili kurumlara da teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Aydemir, A. (2019). Dijital vatandaşlık farkındalığı ile ilgili öğretmen görüşleri. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 9(2), 194–217.
- Aydın, M. (2015). *Dijital vatandaşlık ve güvenli internet kullanımı* (Yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Çubukçu, A., & Bayzan, Ş. (2013). Türkiye’de dijital vatandaşlık algısı ve bu algıyı internetin bilinçli, güvenli ve etkin kullanımı ile artırma yöntemleri. *Middle*

Eastern & African Journal of Educational Research, 5, 148–174.

Gilster, P. (1997). *Digital literacy*. New York, NY: John Wiley & Sons.

Güven, Ö. Ö. (2023). Medya okuryazarlığı ve dijital vatandaşlık: Bir içererek dışlama rasyonalitesi. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(2), 163–180.

Hızmalı, M. (2022). *Üniversite öğrencilerinin dijital veri güvenliği farkındalıklarının dijital vatandaşlık bağlamında incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Trakya Üniversitesi, Edirne.

Kaya, B. (2020). *Ortaöğretim öğrencilerinin dijital okuryazarlık ve dijital vatandaşlık düzeyleri arasındaki ilişki* (Yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.

Kaya, G., & Kaya, A. (2014). Eğitimde dijital vatandaşlık ve güvenli internet kullanımı. In *Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri* (Mersin).

Milenkova, V., Keranova, D., & Peicheva, D. (2020). Digital literacy as a factor for sustainable society. In *ACAH 2020 Conference Proceedings*.

Mossberger, K., Tolbert, C. J., & Hamilton, A. (2012). Measuring digital citizenship: Mobile access and broadband. *International Journal of Communication*, 6, 2492–2528.

Öcal Dörterler, S. (2024). Dijital çağda yol almak: Dijital okuryazarlığın temelleri ve sınırları. In E. Mutlu (Ed.), *Dijital okuryazarlık ve toplum* (ss. 27–40). Akademisyen Yayınevi.

Ribble, M. (2011). *Digital citizenship in schools: Nine elements all students should know* (2nd ed.). International Society for Technology in Education.

Şimşek, H., & Şimşek, N. (2013). Dijital vatandaşlık: Kavramsal bir analiz. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 13(2), 1123–1142.

Türk Telekom. (2025). *Sürdürülebilirlik stratejimiz*. Retrieved from <https://www.ttyatirimciiliskileri.com.tr/tr-tr/sosyal-sorumlu-yatirim/surdurulebilirlik-stratejimiz>

UNDP Turkey. (2020). *Bugünün gençleri raporu: Dijital dönüşüm ve sosyal katılım*.

UNESCO Institute for Statistics. (2018). *A global framework of reference on digital literacy skills for indicator 4.4.2*. Montreal: UIS.

THE ENVIRONMENTAL FOOTPRINT OF GENERATIVE AI: CURRENT STATE AND SUSTAINABLE SOLUTIONS

Mustafa Kemal MAYUK

Dogus University Financial Economy

202491018018@dogus.edu.tr

<https://orcid.org/0009-0002-5698-0813>

ABSTRACT

The rapid adoption of generative AI systems has shifted computational demands beyond traditional web browsing and search, requiring specialized hardware—GPUs and TPUs—capable of parallel, high-speed operations that conventional components cannot achieve. As models grow larger with each iteration, demand for chip manufacturing intensifies, amplifying supply chain production and rare earth element extraction. This study adopts a dual perspective: examining energy consumption across model architectures and application domains (usage), and analyzing comprehensive water, carbon, and energy footprints throughout hardware manufacturing supply chains (production). The objectives are to expose hidden environmental costs in both AI utilization and production, and to evaluate technological and political mitigation solutions. The research reveals that training generative AI models produces significantly higher environmental footprints than traditional computing. Environmental impact extends beyond electricity consumption to include water usage in semiconductor manufacturing and carbon emissions. Analysis covers operational energy during training and inference phases, plus embodied environmental costs from hardware production across supply chains. Model optimization techniques and infrastructure solutions were comparatively evaluated using 2023-2025 data. Key findings emphasize that chip manufacturing represents a substantial yet underemphasized component of generative AI's environmental footprint, demonstrating that addressing AI's environmental impact requires examining both operational energy consumption

and the complete lifecycle of hardware production, including rare earth extraction, semiconductor fabrication water usage, and supply chain carbon emissions.

Keywords: Green AI, sustainable AI, carbon-neutral computing, sustainability

INTRODUCTION

The announcement of the GPT-3.5 large language model for commercial and general use under the name ChatGPT in November 2022 marked a turning point in the history of technology. ChatGPT became the fastest-growing application in technology history, reaching 1 million users just 5 days after its launch and 100 million active users 2 months later. Major tech firms prioritized their AI plans, and numerous applications were launched in a short period. Artificial intelligence evolved beyond problem-solving and analysis into a technology that generates text, sound, and images (generative artificial intelligence). Within 2 years, the NASDAQ-100 index increased by over 130%, and artificial intelligence became widely debated across all dimensions, including economy, education, security, health, and ethics. Among these effects, environmental impacts remain more concealed and less visible. The primary objective of this study is to make the environmental impacts of artificial intelligence more visible.

This study aims to illuminate the environmental costs of artificial intelligence across user, producer, and supplier layers. To elaborate, the objectives of this study: First, to examine the environmental costs of generative AI models across the application, data center, and semiconductor chip manufacturing layers. Second, to reveal the differences in environmental footprints between different processes, from model training to deployment and use. Third, to demonstrate how environmental costs have evolved with the development of AI models and semiconductor chip technologies within the AI industry. Fourth, to review solutions that are currently being implemented or planned for implementation. This study presents data and findings obtained through analysis of current scientific literature and industry reports.

In addition to compiling existing data on the environmental footprint of artificial intelligence, addressing studies and plans to reduce this footprint is also within the scope of this study. In this context, the study examines the current state of mitigation strategies developed and implemented at various levels. These solutions include specialized hardware innovations for improved energy efficiency, infrastructure optimizations such as renewable energy integration and advanced cooling systems in data centers, operational improvements through smart energy management

protocols, and circular economy approaches that promote hardware lifecycle extension and reuse to reduce embodied carbon emissions throughout the supply chain. The study aims to provide a comprehensive perspective on the environmental sustainability of artificial intelligence by evaluating the extent to which these solutions are implemented, their effectiveness, and their future potential.

In this review study, literature findings related to different layers of artificial intelligence are presented under subsections. Although studies on the environmental footprints of AI applications exist in the literature, there are few studies that address the issue holistically from the user layer to the supply chain layer. One of the objectives of this study is to address this gap by contributing to the review literature that takes a holistic approach to the topic and to guide future research by pointing out areas where quantitative studies are lacking. In the findings section of the study, results from the literature are synthesized and presented through interconnections. The conclusion section discusses policy recommendations, topics not addressed by this study for future research, and the limitations of the study.

1. GENERATIVE AI SUSTAINABILITY: A MULTI-LAYER PERSPECTIVE

In this section, the environmental footprint of generative artificial intelligence is examined across three layers: the application layer visible to users, the lifecycle of large language models executed in data centers, and the supply cycle of hardware necessary to enable this lifecycle in data centers. Although each layer may be experienced as distinct, they are in fact interconnected components of a larger process.

1.1. Applications

With the widespread use of artificial intelligence applications, the use of traditional internet pages is decreasing. Google's global market share has steadily declined below 90% (around 89.6%) after many years (Statcounter, 2025). Gartner (2024) predicts that search engine usage will decrease by 25% in 2026 due to artificial intelligence applications. This change is not limited to search engines but is also observed on other internet platforms.

Wikipedia traffic has dropped by approximately 20% between 2022 and 2025 (DataReportal, 2025). Similarly, activity on Stack Overflow, a software-related Q&A site, decreased by 25% over the 6-month period after November 2022 (Del Rio-Chanona, Laurensyeva, & Wachs, 2024). This data shows

that AI applications are significantly changing user behavior and information seeking habits. While traditional WEB search engines consume approximately 0.3 Wh per query (Jegham, Abdelatti, Elmoubarki, & Hendawi, 2025), the energy consumption of AI-powered applications significantly exceeds these values. However, direct comparison with traditional web searches requires acknowledging that AI application energy consumption varies according to both the specific generative AI model employed and the prompt lengths used during interaction. Figure 1 demonstrates the variation in energy consumption across different model types and prompt lengths (Jegham et al., 2025).

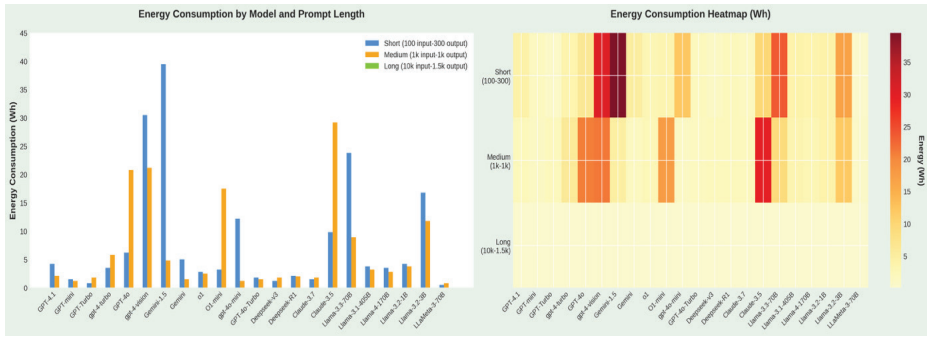


Figure 1. Energy consumption across different model types and prompt lengths

1.2. Lifecycle of Generative AI Models

The lifecycle of artificial intelligence models in data centers consists of four main processes: Training, Fine-Tuning, Inference, and Retrieval-Augmented Generation (RAG). These processes require GPU or TPU chips in the systems used. Training is the longest process and consumes the most energy and water while generating the highest CO2 emissions. Fresh water is used to cool the chips and is non-recoverable as it evaporates. Fine-tuning consumes less energy than training, approximately 2-20% of training’s energy requirements (Singh et al., 2024). Inference and RAG have relatively low energy consumption per individual query; however, when considering all users collectively, these processes account for the largest total environmental footprint due to their high frequency of use.

The training of generative AI models is the longest-running, most energy-consuming, and most water-intensive process as a single operation, and as models advance—meaning as the number of parameters increases—the environmental footprint grows alongside energy consumption. However, as models evolve, the energy consumption and environmental footprint per parameter decreases. While

this indicates that more complex natural language processing tasks can be handled at lower costs, the demand for complexity is also continuously increasing. The results of studies measuring the energy and environmental footprint used in LLM training (Grattafiori et al., 2024; Jegham, Abdelatti, Elmoubarki, & Hendawi, 2025; Li, 2023; Patterson et al., 2021; Strubell, Ganesh, & McCallum, 2020; Touvron et al., 2023a, 2023b) are consolidated in Table 1.

Table 1. Energy consumption and environmental footprint based on the models' parameter counts

Model	Parameters (Billion)	Energy (MWh)	Water (kL)	CO ₂ (Tons)	Duration (Days)	Energy/Parameter (MWh/param)
BERT	0.34	300	200	120	30	882.4
GPT-2	1.5	50	35	20	7	33.3
LLa-MA-3	70	500	280	200	21	7.1
GPT-3	175	1,287	700	550	45	7.4
LLa-MA-3.1	405	2,100	1,200	850	54	5.2

A model's training is performed only once, while creating derivative models through fine-tuning from the base model is a more frequent activity. Inference and RAG operations are executed with each user request, and today's AI applications respond to millions of requests daily. RAG is a process that supports inference and has lower energy consumption and environmental footprint compared to pure inference, thereby reducing the cost of RAG-enabled inference (Wen et al., 2025) The total cost of inference can reach up to 90% of a model's entire lifecycle cost (Jegham et al., 2025). On a per-operation basis, the ranking is: Training, Fine-Tuning, Inference, Inference + RAG. However, when considering all users' operations, the ranking shifts to: Inference, Inference + RAG, Training, Fine-Tuning, with fine-tuning potentially becoming more costly than training depending on the model's widespread adoption.

1.3. Supply Chain of Generative AI Hardware

Large language models require processors that provide high parallelization,

such as GPUs and TPUs, at every stage from training to inference. These processors are the products of a supply chain that is highly complex, demands advanced engineering and precision, and influences international trade and politics. The processing of rare earth elements and chip manufacturing technologies represent the areas with the highest firm and country dependencies within artificial intelligence technology. The carbon emissions resulting from the supply chain of these chips is called “embodied carbon” (Morrison et al., 2025). The manufacturing process requires large quantities of ultra-pure water, chemicals, and minerals. The extraction and processing of rare earth elements needed for chips also requires substantial amounts of energy and water. The worldwide transportation of all necessary raw materials and components further increases energy requirements and environmental footprint. Embodied carbon footprint can reach up to 50% of the carbon footprint resulting from models’ operational life cycles (training and inference) (Faiz et al., 2024).

Hardware cards carrying these chips require more energy and consequently more cooling than CPUs in data centers. While a CPU consumes 100-230W, a TPU consumes 200-250W, and a GPU consumes 450-700W. Artificial intelligence workloads in data centers are powered by servers capable of hosting multiple graphics processing cards, each of which contains multiple chips. Approximately 40% of energy consumption in data centers comes from cooling systems. As card technology advances, carbon emissions decrease (Amiri et al., 2025). For example, the NVIDIA HGX H100 emits 0.66g CO₂e per exaflop, while the NVIDIA HGX B200 emits 0.50g CO₂e per exaflop, representing 24% lower emissions (NVIDIA, 2025). Google’s TPU v4 has 2.7 times more energy efficiency per chip compared to TPU v3. Although energy requirements and emissions decrease as card technologies improve, the increasing complexity of models causes an overall increase in total consumption. With each new model released, the number of parameters increases, leading to improved processing capabilities – including understanding, media and text generating, problem-solving, and reasoning. This, in turn, demands more powerful hardware (Jouppi & Patterson, 2023).

2. GREEN ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPROACHES

Although mature and proven methods related to “Green AI” exist, it is observed that the “Red AI” approach is being adopted (Bolón-Canedo et al., 2024). “Green AI” refers to an approach that prioritizes environmental impacts in artificial intelligence development, while “Red AI” refers to an approach

that prioritizes technological advancements. In this section, green artificial intelligence approaches are examined under two headings: infrastructural and hardware solutions, and software and algorithmic solutions.

2.1. Infrastructural and Hardware Solutions

Green AI's infrastructural and hardware solutions encompass various strategies to minimize environmental impact. These include the deployment of specialized hardware accelerators such as Tensor Processing Units (TPUs), Neuromorphic Processing Units (NPU), and Vision Processing Units (VPUs), which offer greater energy efficiency than traditional processors (Bolón-Canedo et al., 2024). Edge AI hardware positioned close to data collection devices reduces the energy costs associated with data transmission to centralized data centers. Data centers are increasingly integrating renewable energy sources to lower their carbon footprint. Advanced cooling technologies, including direct liquid cooling (DLC) and immersion liquid cooling, significantly reduce the energy consumed by traditional air-based cooling systems, which account for approximately 40% of data center energy use. Additionally, waste heat recovery systems capture and repurpose excess thermal energy for other applications. Dynamic energy management techniques, such as intelligent shutdown protocols and adaptive scaling, optimize power consumption based on workload demands. Finally, extending hardware lifespan and promoting hardware reuse are critical strategies for reducing embodied carbon emissions associated with manufacturing and disposal of AI infrastructure.

2.2. Efficient Coding and Model Lifecycle

Software and algorithmic solutions for Green AI focus on optimizing model efficiency throughout the development and deployment lifecycle. Quantization reduces parameter precision, thereby lowering memory and computational requirements, which translates to reduced energy consumption. Pruning removes unnecessary or minimally effective weights (neurons) from neural networks, reducing model size and computational load (Mu et al., 2025). Knowledge distillation transfers the performance and capabilities of larger (teacher) models to much smaller (student) models, significantly decreasing resource consumption (Hooli, 2025). Rather than defaulting to the largest available general-purpose models, selecting appropriate model architectures—

developing smaller, task-specific, and more efficient designs—can substantially reduce environmental impact (Bolón-Canedo et al., 2024). Efficient code and software management involves utilizing optimized frameworks and libraries, along with techniques such as graph compilation (e.g., TorchInductor) and kernel serialization (Fernandez et al., 2025). Data-Centric AI approaches prioritize improvements in data collection and processing techniques over model training strategies to reduce energy and carbon footprints (Verdecchia et al., 2023). Model reuse through shared repositories of pre-trained models for different tasks minimizes redundant retraining. Finally, batch processing and adaptive scaling for AI services, particularly during the inference phase, minimize idle energy consumption (Singh et al., 2024). These combined strategies represent a comprehensive approach to reducing the environmental impact of AI systems while maintaining performance standards.

CONCLUSION

While artificial intelligence presents significant environmental challenges across its application, infrastructure, hardware, manufacturing, and supply chain layers, the path forward requires a fundamental shift in industry priorities and practices. Despite the availability of mature Green AI methodologies and the development of more efficient hardware and models, the sector's continued adherence to the "Red AI" approach—prioritizing performance over sustainability—undermines these technological advances, as increasing demands for accuracy and precision of models continue to drive up total energy consumption and environmental footprints. As AI investments continue and reshape numerous technologies, the development of comprehensive policies and educational frameworks that integrate environmental and social considerations into AI development is essential to ensure that technological progress aligns with sustainability goals and societal well-being.

This study shows that the literature focuses predominantly on acquiring energy consumption and environmental footprint metrics through model testing, where primary data can be directly obtained. However, data concerning the production and supply chain of AI chips remain largely dependent on companies, secondary in nature, and lack transparency. For scientific research to provide meaningful guidance, companies must continuously provide transparent data on AI-related energy and water consumption, while manufacturers must additionally disclose information regarding chemical usage and the quantity and characteristics of affected land. Due to the novelty of generative AI, peer-

reviewed published scientific studies remain limited. Increasing such research requires governments and institutions to adopt more collaborative approaches, fostering greater data sharing and transparency across the AI ecosystem.

REFERENCES

- Amiri, S. M. H., Goswami, P., Islam, Md. M., Hossen, M. S., & Akter, N. (2025). The Carbon Cost of Conversation, Sustainability in the Age of Language Models. <http://arxiv.org/abs/2507.20018>
- Bolón-Canedo, V., Morán-Fernández, L., Cancela, B., & Alonso-Betanzos, A. (2024). A review of green artificial intelligence: Towards a more sustainable future. *Neurocomputing*, 599, 128096. <https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2024.128096>
- DataReportal. (2025). Digital 2025: Exploring trends in Wikipedia traffic. Retrieved from <https://datareportal.com/reports/digital-2025-exploring-trends-in-wikipedia-traffic>
- Del Rio-Chanona, R. M., Laurentsyeva, N., & Wachs, J. (2024). Large language models reduce public knowledge sharing on online Q&A platforms. *PNAS Nexus*, 3(9), pgae400. <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae400>
- Faiz, A., Kaneda, S., Wang, R., Osi, R., Sharma, P., Chen, F., & Jiang, L. (2024). LLMCarbon: Modeling the end-to-end carbon footprint of large language models. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2309.14393>
- Fernandez, J., Na, C., Tiwari, V., Bisk, Y., Luccioni, S., & Strubell, E. (2025). Energy considerations of large language model inference and efficiency optimizations. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2504.17674>
- Gartner. (2024, February 19). Gartner predicts search engine volume will drop 25% by 2026, due to AI chatbots and other virtual agents. Retrieved from <https://www.gartner.com/>
- Grattafiori, A., Dubey, A., Jauhri, A., Pandey, A., Kadian, A., Al-Dahle, A., ... Zhao, Y. (2024). The Llama 3 herd of models. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2407.21783>
- Hooli, M. (2025). The carbon footprint of AI: Can smart tech be truly sustainable? *Sarcouncil Journal of Engineering and Computer Sciences*, 4(8), 629-635. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16886984>
- Jegham, N., Abdelatti, M., Koh, C. Y., Elmoubarki, L., & Hendawi, A. (2025). How hungry is AI? Benchmarking energy, water, and carbon footprint of LLM inference. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2505.09598>
- Li, S. (2023). Making AI less “thirsty”: Uncovering and addressing the secret water

- footprint of AI models. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.03271>
- Jouppi, N., & Patterson, D. (2023, April 5). TPU v4 enables performance, energy and CO2e efficiency gains. Google Cloud Blog. <https://cloud.google.com/blog/topics/systems/tpu-v4-enables-performance-energy-and-co2e-efficiency-gains>
- Morrison, J., Na, C., Fernandez, J., Dettmers, T., Strubell, E., & Dodge, J. (2025). Holistically Evaluating the Environmental Impact of Creating Language Models. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2503.05804>.
- H. Mu, Y. Lu, C. Lepre, C. Lightfoot, C. Smiley and R. Crenshaw, “Artificial Intelligence and its Carbon Footprint,” 2025 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), Charlottesville, VA, USA, 2025, pp. 31-35, doi: 10.1109/SIEDS65500.2025.11021149.
- NVIDIA. (2025, October 2). NVIDIA HGX B200 reduces embodied carbon emissions intensity. NVIDIA Technical Blog. <https://developer.nvidia.com/blog/nvidia-hgx-b200-reduces-embodied-carbon-emissions-intensity/>
- Patterson, D., Gonzalez, J., Le, Q. V., et al. (2021). Carbon emissions and large neural network training. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.10350>
- Singh, A., Patel, N., Ehtesham, A., Kumar, S., & Tala, T. K. (2024). A Survey of Sustainability in Large Language Models: Applications, Economics, and Challenges. [10.48550/arXiv.2412.04782](https://arxiv.org/abs/2412.04782).
- Statcounter. (2025). Search engine market shares worldwide. Statcounter Global Stats. Retrieved from <https://gs.statcounter.com/search-engine-market-share>
- Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2020). Energy and policy considerations for modern deep learning research. In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 34(5), 13693-13696. <https://doi.org/10.1609/aaai.v34i05.6242>
- Touvron, H., Lavril, T., Izacard, G., et al. (2023). LLaMA: Open and efficient foundation language models. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.13971>
- Touvron, H., Martin, L., Stone, K., et al. (2023). Llama 2: Open foundation and fine-tuned chat models. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.09288>
- Verdecchia, R., Sallou, J., & Cruz, L. (2023). A systematic review of green AI (arXiv:2301.11047). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.11047>
- Wen, J., Zhang, R., Niyato, D., Kang, J., Du, H., Zhang, Y., & Han, Z. (2025). Generative AI for Low-Carbon Artificial Intelligence of Things with Large Language Models. *IEEE Internet of Things Magazine*, 8(1), 82–91. <https://doi.org/10.1109/IOTM.001.2400074>

DENİM ÜRETİMİ KAYNAKLI ATIKSULARIN YÖNETİMİNDE GÜNCEL YEŞİL MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARI

Öğr. Gör. Dr. Nuriye ESENCELİ

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

nkertmen@mehmetakif.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0003-2925-9078>

ÖZET

Denim kumaşlar, tekstil sektörünün en önemli üretim alanlarından biri olup günümüzde pantolon, gömlek, ceket ve çanta gibi birçok üründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Denim ürünlerine yönelik artan küresel talep, sektörün çevresel etkilerini daha görünür hâle getirmekte; özellikle yüksek su tüketimi, önemli sürdürülebilirlik sorunlarına yol açmaktadır. Bu durum, denim kumaşların üretimi sırasında oluşan atıksuların çevresel etkilerinin sürdürülebilir ve döngüsel yaklaşımlarla azaltılmasını zorunlu kılmaktadır. Güncel literatür, denim endüstrisinde uygulanan çevresel stratejilerin iki temel yaklaşım etrafında şekillendiğini göstermektedir. İlk yaklaşım, yeşil mühendislik ilkeleriyle uyumlu şekilde atıksu miktarı ve kirlilik yükünün henüz oluşmadan, kaynağında azaltılmasına odaklanmaktadır. İkinci yaklaşımda ise denim endüstrisi atıksularının sürdürülebilir yöntemlerle arıtılması hedeflenmektedir. Çalışmalar, denim atıksularının arıtımında tekil çözümler yerine, proses koşulları ve tesis ölçeğine göre optimize edilmiş hibrit ve entegre yeşil mühendislik sistemlerinin daha yüksek etkinlik sağladığını ortaya koymaktadır. Sürdürülebilirliğin; suyun döngüsel kullanımı, kaynak geri kazanımı ve karbon-su ayak izlerinin azaltılmasını içeren yaşam döngüsü temelli uygulamalar ile maliyet odaklı bütüncül yaklaşımların entegrasyonu yoluyla optimize edilebileceği öne sürülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Denim, sürdürülebilir arıtma teknolojileri,

sürdürülebilir tekstil, tekstil atıksuyu, tekstil terbiyesi, yeşil mühendislik.

ABSTRACT

Denim fabrics represent one of the most significant production areas in the textile industry and are widely used in various products, including trousers, shirts, jackets, and bags. The increasing global demand for denim products has made the environmental impact of the sector more visible, with high water consumption posing significant sustainability challenges. Therefore, it is imperative to reduce the environmental impact of wastewater generated during denim fabric production using sustainable and circular approaches. The current literature indicates that environmental strategies applied in the denim industry are shaped around two main approaches. The first approach focuses on reducing wastewater generation and pollution loads at the source before they occur, in accordance with green engineering principles. The second approach focuses on the sustainable treatment of wastewater generated by the denim industry. Studies reveal that hybrid and integrated green engineering systems, optimized according to process conditions and plant scale, provide higher treatment efficiency in denim wastewater management than single, standalone solutions. It is suggested that sustainability can be optimized through the integration of life cycle-based practices, including circular water use, resource recovery, and the reduction of carbon and water footprints, together with cost-oriented holistic approaches.

Keywords: Denim wastewater, green engineering, sustainable treatment technologies, sustainable textiles, textile finishing

GİRİŞ

Denim endüstrisi, tekstil sektörünün en önemli üretim alanlarından birini oluşturmaktadır (Pal vd., 2017). Kot kumaş olarak da bilinen denim, günümüzde dünya genelinde her yaş grubundan kadın ve erkek için pantolon, gömlek, ceket ve çanta gibi pek çok farklı ürünün üretiminde tercih edilmektedir (Othman vd., 2024). Tüm dünyadaki denim ihtiyacını karşılayan en büyük dört ülkeden biri olan Türkiye'nin de yer aldığı denim endüstrisinin ekonomik hacmi son yıllarda önemli bir artış göstermiştir. 2022 yılında 64,5 milyar dolar olan bu hacmin, 2030 yılına kadar yaklaşık 95 milyar dolara ulaşacağı öngörülmektedir. Ancak ekonomik açıdan yaşanan bu büyümenin, çevresel etkiler bakımından da önemli sonuçlar doğuracağı açıktır (Lou & Xu, 2024; Güney vd., 2025).

Her yıl tekstil endüstrisinde yaklaşık 215 trilyon litre su kullanılmakta olup (Huang vd., 2024), bir adet kot pantolonun üretilebilmesi için 3.000 ila 4.000 litre su tüketildiği; en optimum üretim süreçleri için bu miktarın 2.000 litreye kadar düştüğü, en fazla su tüketen süreçlerde ise 10.000 litrenin üzerine çıktığı belirtilmektedir (United Nations Environment Programme, 2018). Bu nedenle, denim kumaş üretimi sırasında oluşan atıksuların çevresel etkilerinin döngüsel ekonomi ve sürdürülebilirlik yaklaşımıyla en aza indirilmesine yönelik çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

1. DENİM ENDÜSTRİSİNDE ATIĞI KAYNAĞINDA AZALTMAYA YÖNELİK YEŞİL MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARI

Son yıllarda denim endüstrisinin çevresel etkilerini azaltma konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, uygulanan stratejilerin genellikle iki temel felsefe etrafında toplandığı görülmektedir. Atıksu yönetimindeki ilk yaklaşım, denim kumaş üretimi sırasında oluşan atıksuları henüz sürecin başlangıcında kontrol altına alarak, atıksu miktarını ve kirlilik yükünü oluşmadan önce azaltmayı hedeflemektedir. Bu yaklaşım, doğrudan yeşil mühendislik ilkeleriyle uyumludur.

Yeşil mühendislik; malzeme, süreç, ürün ve sistem düzeyinde sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla tasarım kararlarını yönlendiren ve sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarını kapsayan bir yaklaşımdır. Yeşil mühendislik anlayışı, tasarım sürecinde “zarar oluşmadan önce önleme” ilkesini benimseyerek sürecin bütününe entegre edilmektedir (Davis, 2005). Bu kapsamda; fazla miktarda boyarmadde, kimyasal ve su tüketimine bağlı olarak atıksu yükünün en yoğun olduğu boyama ve denim yıkama işlemlerini içeren bitim işlemleri, üretim sürecinin en kritik kademeleridir. Bu süreçlerde kullanılan boyarmaddelerin ve yardımcı kimyasalların daha “yeşil” alternatiflerle değiştirilmesi veya yeşil mühendislik prensiplerinin uygulanması, atıksu içeriğinin iyileşmesini, arıtma ihtiyacının ve çevresel etkilerin azalmasını sağlamaktadır. Bu kapsamda halat boyama süreçlerinde yeşil reçeteler kullanılması (Fidan vd., 2021), indigo boyasının sürdürülebilir üretimi ve uygulanması için indikan temelli, enzim ve proses mühendisliğiyle geliştirilen çevre dostu yöntemlerle kimyasal indirgeme ihtiyacının ortadan kaldırılması (Bidart vd., 2024), denim üretiminde en çok kullanılan indirgen maddelerden olan sodyum ditiyonit (sodyum hidrosülfid) ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) yerine

monosakkaritler ve indirgen disakkaritlerin kullanılması (Saikhao vd., 2018), denim ağartma işlemlerinde; klor ve peroksit bazlı ağartmalara çevreci bir alternatif olarak suda çözülmüş ozon ve ultrason teknolojisinin kullanılması (Ben Hamida vd., 2017), CO₂ lazer uygulamaları (Kan, 2014), enzimatik biyoyıkama işlemleri

(Rahaman vd., 2025), enzimlerle birlikte kil türevi doğal maddelerin birlikte kullanılması (Maryan vd., 2015) ve ultrason destekli sistemlerle (Wang vd., 2023) veya elektrokimyasal yöntemlerle yapılan indirgeme işlemleri (Abdelileh vd., 2020) kirliliği daha en başında azaltmak için uygulanan stratejilerdendir.

2. DENİM ATIKSULARININ ARITIMINDA YEŞİL MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARI

Denim üretimi sonucunda oluşan atıksuların daha sürdürülebilir ve yeşil mühendislik prensiplerine uygun yöntemlerle arıtılmasına odaklanmak bu yaklaşımın temelini oluşturmaktadır. Dolayısıyla; çevresel sürdürülebilirliği destekleyen, enerji ve kimyasal tüketimini minimize eden ve yeniden kullanım ve geri kazanım potansiyeli yüksek arıtım teknolojilerinin seçimi öncelik taşımaktadır. Bu kapsamda, bakteriyel konsorsiyumlar (Vala vd., 2025) ve ticari aktif karbonlara göre daha düşük karbon ayak izi oluşturan doğal esaslı adsorbanlar kullanılarak gerçekleştirilen arıtma işlemleri (De Almeida vd., 2025) geleneksel yöntemlere göre daha çevreci alternatifler sunmaktadır. Ayrıca, biyolojik, elektrokimyasal, fotokatalitik ve membran sistemleri (Castillo-Suárez vd., 2023); hidrotermal destekli persülfat oksidasyonu (Yabalak vd., 2025); dielektrik bariyer deşarj temelli plazma jet sistemi (Rathore, vd., 2025) ve güneş enerjisi destekli heterojen Fenton (HSF) yöntemi de son yıllarda üzerinde yoğun olarak çalışılan diğer sürdürülebilir arıtım teknolojileridir (Castillo-Suárez vd., 2024). Hem kirliliği kaynağında önlemek hem de arıtımda sürdürülebilir teknolojilerin kullanılmasına yönelik çalışmalar, denim endüstrisinde kaynak verimliliğini artırmayı ve atıksu arıtım süreçlerinin çevresel etkilerini azaltmayı amaçlayan bütüncül bir sürdürülebilirlik perspektifi sunmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda yapılan araştırmalar, denim üretiminde kirliliğin önlenmesi ve atıksuların arıtılmasında tek bir evrensel yeşil teknolojinin bulunmadığını;

bunun yerine, proses koşulları ve üretim tesisi ölçeğine göre optimize edilmiş entegre çözümlerin öne çıktığını göstermektedir. Özellikle birden fazla yöntemin birlikte kullanıldığı hibrit sistemler, denim atıksularının arıtımında geleceğin yeşil mühendislik uygulamaları olarak değerlendirilmektedir. Sürdürülebilir yaklaşımlar yalnızca kirlilik azaltımını değil; aynı zamanda suyun döngüsel kullanımını, kaynak geri kazanımını ve karbon ile su ayak izlerinin minimize edilmesini hedeflemelidir. Bu doğrultuda, araştırmacıların ve sektör paydaşlarının çevresel etkileri azaltacak stratejik ve bütüncül adımlar atması gerekmektedir. Süreç optimizasyonu, önleyici mühendislik uygulamaları ve sürekli teknolojik iyileştirme anlayışı ise denim endüstrisinde sürdürülebilirliğin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Gelecek çalışmaların; uygulanan teknolojilerin yalnızca deneysel veya pilot ölçekle sınırlı kalmayıp endüstriyel üretime uyarlanabilir uzun süreli performansının değerlendirilmesine, arıtımda kullanılan adsorban ve katalizörlerin geri kazanım ve tekrar kullanım yöntemlerinin geliştirilmesine, geleneksel kimyasalların yerine kullanılan yeşil kimyasalların güvenlik analizlerinin yapılmasına, süreçlerin kapsamlı yaşam döngüsü ve maliyet analizlerinin gerçekleştirilmesine ve üretim tesislerine uyumunu kolaylaştıracak rehber ilkelerin oluşturulmasına odaklanması gerektiği vurgulanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdelileh, M., Manian, A. P., Rhomberg, D., Ben Ticha, M., Meksi, N., Aguiló-Aguayo, N., & Bechtold, T. (2020). Calcium-iron-D-gluconate complexes for the indirect cathodic reduction of indigo in denim dyeing: A greener alternative to non-regenerable chemicals. *Journal of Cleaner Production*, 266, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121753>
- Bidart, G. N., Teze, D., Jansen, C. U., Pasutto, E., Putkaradze, N., Sesay, A. M., Fredslund, F., Lo Leggio, L.,
- Ögmundarson, O., Sukumara, S., Qvortrup, K., & Welner, D. H. (2024). Chemoenzymatic indican for light-driven denim dyeing. *Nature Communications*, 15(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45749-3>
- Ben Hamida, S., Srivastava, V., Sillanpää, M., Shestakova, M., Tang, Z., & Ladhari, N. (2017). Eco-friendly bleaching of indigo dyed garment by advanced oxidation processes. *Journal of Cleaner Production*, 158, 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.166>
- Castillo-Suárez, L. A., Sierra-Sánchez, A. G., Linares-Hernández, I., Martínez-Miranda,

V., & Teutli-Sequeira,

E. A. (2023). A critical review of textile industry wastewater: Green technologies for the removal of indigo dyes.

International Journal of Environmental Science and Technology, 20, 10553-10590. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04810-2>

Castillo-Suárez, L. A., Linares-Hernández, I., Martínez-Miranda, V., Garduño-Pineda, N., Castañeda-Juárez, M., & Teutli-Sequeira, E. A. (2024). Denim industry wastewater treatment by a heterogeneous solar-Fenton process catalyzed by Fe supported on recycled polyethylene terephthalate (PET) by ultrasonic modification. *Journal of Environmental Management*, 351, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119929>

Davis, A. P. (2005). Green engineering principles promote low-impact development. *Environmental Science & Technology*, 39(16), 338A-344A. <https://doi.org/10.1021/es053327e>

De Almeida, M. A., de Moraes, N. P., Lourenço, J. C., Rocha, R. da S., Lanza, M. R. de V., & Colombo, R. (2025). Adsorbent derived from coffee waste biomass using microwave-assisted activation route for treating textile effluent containing indigo blue. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15, 17503–17519. <https://doi.org/10.1007/s13399-025-06603-8>

Fidan, F.Ş., Songül, Ç., & Karakaya, Ş. (2021). Multi-dimensional sustainability evaluation of indigo rope dyeing (IRD) obtained by designing a new recipe with the chemical alternative assessment method. *Journal of Cleaner Production*, 309, 1-13. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(21\)01673-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(21)01673-5)

Güney, H., Türkeş, S., Sari, B., Sirlibaş, S., Civan Yiğit, D., Keskinan, O., & Kiliççeker, G. (2025). Investigation of the water footprint of denim fabric production at factory scale. *Clean Technologies and*

Environmental Policy, 27, 6405–6420. <https://doi.org/10.1007/s10098-025-03206-9>

Huang, X., Tan, Y., Huang, J., Zhu, G., Yin, R., Tao, X. & Tian, X. (2024). Industrialization of open- and closed-loop waste textile recycling towards sustainability: A review, *Journal of Cleaner Production*, 436. 1-14.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140676>

Kan, C.-W. (2014). CO₂ laser treatment as a clean process for treating denim fabric. *Journal of Cleaner Production*, 66, 624–631. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.054>

Lou, X. & Xu, Y. (2024). Consumption of sustainable denim products: the contribution of blockchain certified eco-labels. *Journal of Theoretical and Applied*

- Electronic Commerce Research, 19(1), 396–411. <https://doi.org/10.3390/jtaer19010021>
- Maryan, A. S., Montazer, M., & Damerchely, R. (2015). Discoloration of denim garment with colour-free effluent using montmorillonite-based nano clay and enzymes: Nano-bio treatment on denim garment. *Journal of Cleaner Production*, 91, 208-215. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.014>
- Othman, H., El-Desoky, S.S., El-Bahrawy, G.A., Ezat, H.A., Moawaed, S.S., Abd El-Rahman R., Alzahrani,
- A.Y. & Hassabo, A.G. (2024). Different printing techniques for printing denim fabrics. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 21(1), 39–47. https://jtcps.journals.ekb.eg/article_311379.html
- Pal, H., Chatterjee, K. N., & Sharma, D. (2017). Water footprint of denim industry. *Sustainability in denim* (pp. 111–123). Woodhead Publishing.
- Rahaman, M. T., Hasan, M. K., & Khan, M. S. H. (2025). Environmental impact measurement and chromatic performance evaluation of denim washing: A comparison to conventional and sustainable approaches for cleaner production. *Environmental Science and Pollution Research*, 32(10), 6110-6129. <https://doi.org/10.1007/s11356025-36099-8>
- Rathore, V., Nagar, A., Patel, S., Pandey, A., Patil, C. N., Savjani, J., Butani, S., Natesan, G., Dave, H., Nisoa, M., & Nema, S. K. (2025). Optimizing dielectric barrier discharge pencil plasma jet treatment for efficient degradation of organic contaminants in denim industry wastewater. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 45(2), 569-595. <https://doi.org/10.1007/s11090-025-10544-5>
- Saikhao, L., Setthayanond, J., Karpkird, T., Bechtold, T., & Suwanruji, P. (2018). Green reducing agents for indigo dyeing on cotton fabrics. *Journal of Cleaner Production*, 197, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.199>
- United Nations Environment Programme. (2018). Cleaning up couture: What's in your jeans? UNEP. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/cleaning-couture-whats-your-jeans>
- Vala, D.P., Tipre, D.R., Dave, S.R., Patel, D. K. & Gajjar, S. B. (2025). Cost-effective optimization of indigo dye decolourization by novel bacterial consortium: a robust approach using RSM. *Water, Air, & Soil Pollution*, 236 (924), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08579-7>
- Wang, K., Meng, Y., Luo, Q., Wang, L., Wang, R., & Qin, X. (2023). An ultrasound-assisted nitrogen protection system for sustainable indigo dyeing of cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 93(13-14):3355-3367. <https://journals.>

[sagepub.com/doi/abs/10.1177/00405175221144779](https://doi.org/10.1177/00405175221144779)

Yabalak, E., Alhroub, F., Alterkaoui, A., & Dizge, N. (2025). One-step hydrothermally-assisted persulfate treatment: A sustainable approach for highly concentrated denim scrap wastewater. *International Journal of*

Environmental Science and Technology, 22, 16921–16934. <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06747-0>

İKİZ DÖNÜŞÜM PERSPEKTİFİNDE LOJİSTİKTE KARBON AZALTIMI: DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN STRATEJİK ROLÜ

Sevda KIRMIZIOĞLU

sevdabagryanova@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9956-9912>

Doç. Dr. Saniye YILDIRIM ÖZMUTLU

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi,

Yönetim ve Organizasyon Bölümü

saniyeyildirim@nku.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-6199-3999>

ABSTRACT

This study examines the strategic impact of digital technologies on reducing carbon emissions in the logistics sector within the framework of the twin transformation approach, which integrates green and digital transitions. The primary aim is to reveal how digitalization contributes to environmental performance in logistics processes aligned with sustainability goals. A qualitative case study was conducted on Borusan Logistics using semi-structured interviews as the data collection method. The findings indicate that digital technologies—such as the Internet of Things (IoT), big data analytics, and artificial intelligence—play a critical role in reducing carbon emissions by enhancing energy efficiency and enabling real-time monitoring and optimization of operations. Furthermore, the study confirms that higher levels of digitalization significantly reduce CO₂ emissions from transportation, consistent with existing literature. Ultimately, the twin transformation approach emerges as a strategic necessity for achieving environmental sustainability and competitive advantage in the logistics sector. This research contributes to the literature by providing a qualitative analysis of twin transformation practices in the Turkish logistics industry, supported by field data.

Keywords: Green transformation, digital transformation, logistics, carbon emissions, digital technologies.

ÖZET

Bu çalışma, yeşil ve dijital dönüşümün kesişim noktasında lojistik sektöründe karbon emisyonlarının azaltılmasında dijital teknolojilerin stratejik rolünü incelemektedir. Çalışmanın temel amacı, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda lojistik süreçlerde dijitalleşmenin çevresel performansa katkısını ortaya koymaktır. Borusan Lojistik örneği üzerinden yürütülen nitel araştırmada veri toplama yöntemi olarak yarı yapılandırılmış mülakat tekniği kullanılmıştır. Araştırmada yöneticilere; depo ve dağıtım süreçlerinde karbon ayak izi ölçümü, dijital teknolojilerin emisyon azaltımındaki rolü, performans izleme yöntemleri ve sürdürülebilirlik stratejilerinin organizasyonel yapısı hakkında dört temel soru yöneltilmiştir. Bulgular, dijital teknolojilerin enerji verimliliğini artırarak karbon emisyonlarının azaltılmasında kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Nesnelerin İnterneti (IoT), büyük veri analitiği ve yapay zekâ uygulamaları sayesinde süreçlerin gerçek zamanlı izlenmesi ve optimize edilmesi mümkün hale gelmiştir. Ayrıca mevcut literatür, dijitalleşme seviyesindeki artışın ulaşımdan kaynaklanan CO₂ emisyonlarında anlamlı bir azalma sağladığını doğrulamaktadır. Sonuç olarak, yeşil dönüşüm ile dijital dönüşümün eş zamanlı ve bütüncül ilerlemesini ifade eden ikiz dönüşüm yaklaşımı, lojistik sektöründe çevresel sürdürülebilirlik ve rekabet avantajı için stratejik bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma, Türkiye lojistik sektöründe ikiz dönüşüm uygulamalarına yönelik nitel bir analiz sunarak literatürdeki boşluğu doldurmaya katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil dönüşüm, dijital dönüşüm, lojistik, karbon emisyonu, dijital teknolojiler.

GİRİŞ

Sanayi devrimleri, dünya tarihindeki ekonomik ve toplumsal yapıları köklü biçimde dönüştüren kritik kırılma noktaları olarak öne çıkmaktadır. İlk sanayi devrimi, 18. yüzyılın sonlarında su ve buhar gücüne dayalı üretim tesisleriyle başlayarak insan gücünün yerini mekanik sistemlere bırakmıştır. İkinci sanayi devrimi, 20. yüzyıl başlarında elektrik enerjisinin yaygınlaşmasıyla

kitlesel üretim tekniklerini geliştirmiştir. Üçüncü sanayi devrimi, elektronik ve bilgi teknolojilerinin ön plana çıkmasıyla otomatik üretim sistemlerinin yaygınlaşmasına öncülük etmiştir. Günümüzde ise heterojen veri kaynakları ve bilgi entegrasyonu ile çalışan siber-fiziksel sistemler aracılığıyla üretim süreçlerini dönüştüren dördüncü sanayi devrimi yaşanmaktadır (Lu, 2017).

Bu tarihsel süreçler, ekonomik yapıların dijitalleşme ve otomasyonla entegrasyonunu hızlandırırken, çevresel sınırların zorlandığı ve geleneksel kaynak temelli kalkınma anlayışının sürdürülemez hale geldiği günümüz dünyasının temel paradokslarını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, yeşil dönüşüm ile dijital dönüşümün eş zamanlı ve bütüncül bir biçimde ilerlemesini ifade eden “ikiz dönüşüm” kavramı literatürde önem kazanmaktadır. İkiz dönüşüm, dijital dönüşüm ile yeşil dönüşüm süreçlerinin birbirini tamamlayacak şekilde eş zamanlı ve bütüncül olarak yürütülmesini ifade eden bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, dijital teknolojilerin verimlilik, izlenebilirlik ve optimizasyon kapasitesini; yeşil dönüşümün ise çevresel sürdürülebilirlik, kaynak verimliliği ve karbon azaltımı hedefleriyle bütünleştirmektedir (Muench vd., 2022; Deniz & Büyük, 2023; Vermeulen & Pyka, 2024). Avrupa Komisyonu (2020), dijital teknolojilerin enerji verimliliğini artırma, kaynak kullanımını izleme ve karbon azaltımını destekleme gibi yeşil dönüşüm hedeflerinde kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Dünya Ekonomik Forumu (2023) dijital çözümlerin çevresel risklerin azaltılmasında stratejik bir araç olarak hizmet ettiğini belirtmektedir. Bu nedenle, ikiz dönüşüm yaklaşımı hem ekolojik sürdürülebilirlik hem de ekonomik rekabet açısından geleceğin kalkınma paradigmasını şekillendiren temel bir strateji haline gelmiştir. Mevcut literatürde ikiz dönüşümün lojistik sektöründeki operasyonel etkileri sınırlı düzeyde ele alınmıştır. Bu çalışma, uluslararası faaliyet gösteren bir lojistik firması örneğinde yürütülerek ilgili literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Bu açıdan çalışma, Türkiye lojistik sektöründe dijitalleşme ve yeşil dönüşümün entegrasyonunu saha verileri temelinde inceleyen az sayıdaki çalışmadan biri olarak, teorik yaklaşımlara uygulama odaklı bir katkı sunmaktadır.

Lojistik sektörü, küresel emisyonların önemli bir kaynağı olması sebebiyle yeşil dönüşümün ve dijitalleşmenin odak noktalarından biridir. Sektörün lojistik 4.0 olarak adlandırılan dijital dönüşümü, geleneksel fiziksel taşımacılık yaklaşımlarının ötesinde veriye dayalı stratejik yönetim süreçlerinin benimsenmesini mümkün kılmaktadır (Borusan Lojistik, 2023, 2024). Dijital teknolojiler; otonom robotlar, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, yapay zekâ ve rota optimizasyonu gibi uygulamalar sayesinde enerji tüketimini

azaltmakta, operasyonel verimliliği artırmakta ve karbon ayak izini minimize etmektedir (Huang vd., 2023; Yılmaz & Duman, 2019).

Bu çalışma, ikiz dönüşüm perspektifinde lojistik sektöründe dijital teknolojilerin karbon emisyonlarının azaltılmasındaki stratejik rolünü araştırmaktadır. Araştırma kapsamında, uluslararası düzeyde faaliyet gösteren bir lojistik firması örneğinde nitel yöntemlerden yararlanılmış; veri toplama sürecinde derinlemesine bilgi sağlamaya olanak tanıyan yarı yapılandırılmış mülakat tekniği tercih edilmiştir (Creswell & Creswell, 2017; Yıldırım & Şimşek, 2021).

Böylelikle, depo ve dağıtım süreçlerindeki karbon ayak izi takibi, dijital teknolojilerin emisyon azaltımındaki etkisi, performans izleme yöntemleri ve sürdürülebilirlik stratejilerinin organizasyon yapısına entegrasyonu detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmanın amacı, sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda lojistik süreçlerde dijitalleşmenin çevresel performansa olan katkısını ortaya koymaktır. Başka bir ifadeyle, bu çalışma uluslararası düzeyde faaliyet gösteren bir lojistik firması örneğinde dijital teknolojilerin karbon emisyonlarının azaltılmasındaki stratejik etkisini inceleyerek literatüre özgün bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

1. LİTERATÜR TARAMASI

1.1. Döngüsel Ekonomi

Döngüsel ekonomi, geleneksel doğrusal ekonomik modele alternatif olarak geliştirilen sürdürülebilir bir üretim ve tüketim yaklaşımıdır. Doğrusal ekonomi; ham maddelerin çıkarılması, ürünlerin üretilmesi, tüketilmesi ve kullanım ömrü sonunda bertaraf edilmesine dayanan, kaynakların döngüsel kullanımını ve çevresel etkileri yeterince dikkate almayan bir yapıya sahiptir (Sauvé vd., 2016; Kirchherr vd., 2023). Buna karşılık döngüsel ekonomi, endüstriyel sistemlerde malzeme akışlarını kapalı döngüler içinde yöneterek kaynak verimliliğini artırmayı; ürünlerin yeniden kullanımını, onarımını, yenilenmesini ve geri dönüşümünü teşvik etmektedir (Stahel, 2019; Velenturf & Purnell, 2021). Bu model, kullanım ömrünü tamamlayan ürünleri farklı üretim süreçleri için yeni girdilere dönüştürerek atık oluşumunu ve kaynak israfını en aza indirmeyi hedeflemektedir (Kılavuz & Kızır, 2025). Ayrıca kapalı döngü tedarik zincirleri, atıkların ve kullanım sonrası ürünlerin üretim süreçlerine yeniden

kazandırılmasını sağlayarak hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Govindan vd., 2015).

1.2. Döngüsel Ekonomi Çerçevesinde Lojistik Sektörü

Döngüsel ekonominin uygulanmasında lojistik süreçler kritik bir rol üstlenmektedir. Özellikle kapalı döngü tedarik zincirleri, malzemelerin yeniden kullanım veya üretim amacıyla ters yönde hareket etmesini gerektirir; bu durum tersine lojistik uygulamalarını vazgeçilmez hâle getirir (Makarova vd., 2021; Ji-Hyland vd., 2025). Tersine lojistik, ürünlerin tüketiciden geri alınarak yeniden ekonomiye kazandırılmasını planlayan, uygulayan ve denetleyen bir süreçtir. Bu yaklaşım, kaynak kullanımını optimize ederken atık oluşumunu azaltır ve işletmelerin sürdürülebilirlik performansını artırır (Merdivenci vd., 2024; Mücevher, 2021). Ayrıca yeşil lojistik, doğal kaynakların etkin kullanımını ve lojistik süreçlerin çevresel etkilerinin azaltılmasını hedefleyen stratejik bir yaklaşımdır (Mücevher, 2021; Akbal, 2022). Avrupa Komisyonu'nun Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, tedarik zincirlerinde karbon emisyonlarının azaltılması ve kaynakların kapalı döngülerde yönetilmesi için lojistik süreçlerin dönüştürülmesini zorunlu kılmaktadır (European Commission, 2020).

1.3. Lojistik Sistemlerinin Karbon Emisyonları

Lojistik faaliyetlerinden kaynaklanan karbon emisyonları, iklim değişikliği ve küresel sıcaklık artışının başlıca nedenlerinden biridir (Tang vd., 2022; Yang vd., 2019). Atmosfere salınan karbon temelli sera gazları, ekolojik dengeleri bozarak biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve insan sağlığı açısından kritik risklerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Çetintaş & Türköz, 2017; Ozdemir & Koç, 2020). Bu nedenle uluslararası düzeyde Paris Anlaşması gibi düzenlemelerle sera gazı salımlarının azaltılmasına yönelik bağlayıcı yükümlülükler getirilmiştir (United Nations, 2022). Lojistik sektöründe karbon yoğunluğunun başlıca kaynaklarından biri, fosil yakıtla çalışan ulaşım araçlarıdır. Özellikle karayolu taşımacılığı, yüksek enerji tüketimi ve yaygın kullanım alanı nedeniyle emisyon oluşumunda önemli bir paya sahiptir (McKinnon vd., 2015; Yang vd., 2019). Depolama süreçleri de önemli bir emisyon kaynağıdır; aydınlatma, iklimlendirme ve depo içi operasyonlarda kullanılan enerji büyük ölçüde fosil kaynaklara dayanmaktadır (Yolcu, 2023). Bu nedenle yeşil lojistik uygulamaları, enerji verimliliği, alternatif yakıt kullanımı ve dijital izlenebilirlik gibi stratejilerle karbon ayak izinin azaltılmasını hedeflemektedir (McKinnon vd., 2015; Chen vd., 2024).

1.4. Dijital Teknolojilerin Lojistik Süreçlerine Entegrasyonu

Dijital teknolojiler, lojistik sektöründe operasyonel verimliliği artırarak karbon emisyonlarının azaltılmasında stratejik bir araç haline gelmiştir. Endüstri 4.0 ile birlikte lojistik 4.0 kavramı ortaya çıkmış; bu dönüşüm, geleneksel taşımacılık anlayışından veri odaklı, akıllı sistemlere geçişi ifade etmektedir (Yılmaz & Duman, 2019; Özdağoğlu & Bahar, 2022). IoT, yapay zekâ, büyük veri analitiği ve siber-fiziksel sistemler gibi teknolojiler, tedarik zincirlerinin daha esnek ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlamaktadır (Dubey vd., 2019). Bu uygulamalar, gerçek zamanlı izleme, rota optimizasyonu ve enerji tüketiminin azaltılması gibi avantajlar sunmaktadır (Dilek & İncaz, 2021; Turgut & Canitez, 2024).

Endüstri 4.0'ın lojistik üzerindeki etkileri, sanayi devrimleri boyunca lojistik sistemlerinin nasıl evrildiğini gösteren Tablo 1'de özetlenmektedir. Bu tablo, lojistiğin fiziksel taşımadan veri odaklı stratejik yönetime geçiş sürecini ortaya koymaktadır

Tablo 1. Sanayi devrimleri ve lojistik gelişim süreci

Sanayi Devrimi	Teknolojik Temel	Lojistik Seviyesi	Ağ Tasarımı	Taşıma Lojistiği	Depolama Lojistiği
1. Devrim (18. yy. sonu-19. yy. başı)	Buhar gücü, mekanik üretim	Lojistik 1.0	Yerel yapılar	İtme teslimat süreci	Manuel kontrollü vagon
2. Devrim (19. yy. ortası – 20. yy. başı)	Elektrik enerjisi, seri üretim	Lojistik 2.0	Global yapılar	Çekme teslimat süreci	Otomatik depo sistemi
3. Devrim (20. yy. ortası – 20. yy. sonu)	Elektronik, otomasyon	Lojistik 3.0	ERP entegrasyonu	Tahmine dayalı filolar	Otomatik depo ağı
4. Devrim (21. yy. başı – günümüz)	Dijitalleşme, IoT, yapay zekâ	Lojistik 4.0	Açık ve esnek ağ	Otonom kamyonlar	Depolamanın minimize edilmesi

Kaynak: Sorkun, 2020; Yılmaz & Duman, 2019; Bukova vd., 2018; Schrauf & Bertram, 2016

Tablo 1, sanayi devrimleri ile lojistik sistemlerinin gelişim düzeyleri arasındaki ilişkiyi özetlemektedir. Birinci sanayi devriminde lojistik süreçler, buhar gücü ve mekanik üretim teknolojileriyle sınırlı kalmış, yerel ağ yapıları ve manuel kontrollü taşıma yöntemleri ön planda olmuştur. İkinci sanayi devrimiyle birlikte elektrik enerjisi ve seri üretim teknikleri, lojistikte küresel ağların oluşmasına ve otomatik depo sistemlerinin kullanılmasına olanak tanımıştır. Üçüncü sanayi devrimi, elektronik ve otomasyon teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde ERP sistemleri ve tahmine dayalı filo yönetimi gibi uygulamaları yaygınlaştırmıştır. Günümüzde ise dördüncü sanayi devrimi, dijitalleşme, IoT ve yapay zekâ gibi teknolojilerle lojistik 4.0 kavramını ortaya çıkarmış; açık ve esnek ağ tasarımları, otonom taşıma araçları ve depolamanın minimize edilmesi gibi yenilikler sektörde köklü dönüşümler yaratmıştır (Yılmaz & Duman, 2019; Sorkun, 2020; Özdağoğlu & Bahar, 2022). Bu gelişim çizgisi, lojistiğin yalnızca fiziksel taşımaya odaklı bir faaliyet olmaktan çıkarak veri odaklı, stratejik bir yönetim alanına evrildiğini göstermektedir. Dijitalleşme, karbon emisyonlarının azaltılmasına da katkı sağlamaktadır. Nitekim yapılan araştırmalar, dijitalleşme seviyesindeki her bir birimlik artışın ulaşımdan kaynaklanan CO₂ emisyonlarında yaklaşık %6,14'lük bir azalma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Huang vd., 2023). Bu bulgu, dijital teknolojilerin çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu bir şekilde lojistik süreçlere entegre edilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Ancak bu çalışmaların çoğu teorik düzeyde kalmış, saha verileriyle desteklenen analizler sınırlı olmuştur.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu araştırma, lojistik sektöründe karbon emisyonlarının azaltılmasına yönelik dijital teknolojilerin rolünü incelemek amacıyla nitel araştırma yaklaşımını benimsemiştir. Nitel yöntemler, olguların doğal bağlamında bütüncül olarak incelenmesine olanak tanır ve anlam oluşturmaya yönelik derinlemesine veri sağlar (Creswell & Creswell, 2017). Bu bağlamda, çalışmada veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış mülakat tekniği kullanılmıştır. Bu yöntem, araştırmacıya hem belirli sorular üzerinden sistematik bilgi toplama hem de katılımcıların görüşlerini esnek biçimde ifade etmesine olanak tanır (Yıldırım & Şimşek, 2021).

2.1. Araştırma Veri Toplama Yöntemi ve Örnekleme

Araştırmanın veri toplama süreci, uluslararası düzeyde faaliyet gösteren bir lojistik firmasında üst yönetim kademesinde görev yapan katılımcılarla gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış mülakatlar aracılığıyla yürütülmüştür. Mülakat soruları, depo ve dağıtım süreçlerinde karbon ayak izi takibi, dijital teknolojilerin emisyon azaltımındaki etkisi, performans izleme yöntemleri ve sürdürülebilirlik stratejilerinin organizasyon yapısına entegrasyonu gibi temalar etrafında hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında tek bir şirketin incelenmesi nedeniyle araştırma, tekil durum çalışması (single-case study) niteliği taşımaktadır. Durum çalışmaları, belirli bir olgunun veya kurumun bağlamsal özelliklerini anlamaya yönelik ayrıntılı analiz imkânı sunar (Yin, 2018). Mülakatlardan elde edilen veriler yazıya dökülmüş, temalar altında sınıflandırılmış ve verilen cevaplar sistematik bir şekilde içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. İçerik analizi, nitel verilerin sistematik biçimde kodlanarak anlamlı kategoriler oluşturulmasını sağlayan bir analiz tekniğidir (Krippendorff, 2018; Creswell & Creswell, 2017). Çalışmada uluslararası düzeyde faaliyet gösteren lojistik firmasının tercih edilme gerekçesi, Türkiye’de sürdürülebilir lojistik uygulamalarında öncü konumda bulunması ve dijitalleşme yatırımlarıyla sektörde örnek teşkil etmesidir.

2.2. Araştırma Kapsamı ve Önemi

Araştırma, Türkiye’de sürdürülebilir lojistik uygulamalarını operasyonel süreçlerine entegre etme konusunda öncü konumda bulunan ve uluslararası düzeyde faaliyet gösteren bir lojistik firması üzerinde gerçekleştirilmiştir. Geleneksel lojistik süreçleri, fosil yakıt kullanımı ve enerji yoğun operasyonlar nedeniyle karbon emisyonlarını artıran temel alanlardan biridir (McKinnon vd., 2015). Bu durum, çevresel farkındalığın yükselmesiyle birlikte işletmelerin sürdürülebilirlik odaklı stratejiler geliştirmesini zorunlu kılmıştır. Çalışma kapsamındaki firmanın bu alandaki uygulamalarının incelenmesi hem sektörel dönüşümün anlaşılması hem de yeşil lojistik stratejilerinin etkinliğinin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

2.3. Araştırma Soruları ve Bulgular

Araştırma kapsamında ilgili lojistik firmasının yönetici pozisyonunda görev yapan katılımcılarına dört temel soru yöneltilmiştir.

1. Firmanızda depo ve dağıtım süreçlerine ilişkin karbon ayak izi ölçümleri düzenli olarak gerçekleştiriliyor mu?
2. Döngüsel ekonomi odaklı lojistik süreçlerinde dijital teknolojilerin karbon emisyonlarının azaltılmasındaki rolü ve etkisi nasıl tanımlanmaktadır?
3. Firmanız performans değerlendirmesinde hangi anahtar performans göstergelerini (KPI) benimsemekte ve kullanmaktadır?
4. Sürdürülebilirlik ve karbon emisyonlarının azaltılması stratejisinde idari ve operasyonel süreçler nasıl yapılandırılmış ve yönetilmektedir?

Bu sorular, literatürde öne çıkan yeşil lojistik ve dijital dönüşüm kavramlarıyla uyumlu olarak belirlenmiş ve şirketin mevcut uygulamalarını değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Dubey vd., 2019; Yılmaz & Duman, 2019). Soruların seçimi, dijital teknolojilerin karbon azaltımı üzerindeki etkisini operasyonel düzeyde anlamaya yönelik literatürdeki eksikliği gidermeyi hedeflemektedir. İlgili firma yöneticilerine yöneltilen yarı yapılandırılmış mülakat soruları ve alınan yanıtlar, şirketin sürdürülebilirlik ve dijitalleşme stratejilerini detaylandırmaktadır. Sorular ve verilen yanıtlar Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Araştırma kapsamındaki lojistik firma yöneticilerine yöneltilen sorular ve alınan yanıtlar

Sorulan sorular	Yöneticiler tarafından verilen doğrudan yanıtlar
1. Firmanızda, depo ve dağıtım süreçlerine ilişkin karbon ayak izi ölçümleri düzenli olarak gerçekleştiriliyor mu?	“Evet, karbon ayak izimizi tüm operasyon aşamalarında takip ediyoruz. Dijitalleşme projeleri sayesinde depo içi atık ve kayıp oranını azaltıyoruz. Enerji verimliliği kapsamında sensörlü sistemler, otomasyon ve optimizasyon araçları kullanarak elektrik ve su tüketimini azaltıyoruz. Bu ölçümler yıllık hedeflerle karşılaştırılarak yönetime raporlanıyor.”

2.Firmanız bünyesinde döngüsel ekonomi odaklı lojistik süreçlerinde dijital teknolojilerin karbon emisyonlarının azaltılmasındaki rolü ve etkisi nasıl tanımlanmaktadır?

3.Firmanız performans değerlendirmesinde hangi anahtar performans göstergelerini (KPI) benimsemekte ve kullanmaktadır?

4.Sürdürülebilirlik ve karbon emisyonlarının azaltılması stratejisinde, idari ve operasyonel süreçler nasıl yapılandırılmış ve yönetilmektedir?

“Depo operasyonlarımızda otonom robotlar, gerçek zamanlı veri akışı ve rota optimizasyonu gibi teknolojiler aktif olarak kullanılıyor. Bu sayede insan gücü bağımlılığı azalırken hata riski ortadan kalkıyor. Süreçleri veri odaklı yönettiğimiz için malzeme hareketlerini optimize edebiliyor, böylece hem enerji hem zaman tasarrufu sağlıyoruz.”

“Performansımızı karbon emisyon azaltımı, operasyonel verimlilik artışı, depo içi hareketlerde otonom sistem kullanım oranı, su geri kazanımı ve enerji tasarrufu gibi sürdürülebilirlik odaklı KPI’larla takip ediyoruz.”

“Döngüsel ekonomi ve yeşil lojistik yaklaşımı şirketimizin sürdürülebilirlik stratejisinin merkezindedir. Operasyonlarımızı yalnızca taşıma ve depolama faaliyeti olarak değil, karbon etkisi en düşük olacak şekilde yeniden tasarladığımız bir değer zinciri olarak ele alıyoruz. Depolarımızda otonom sistemlerden su geri kazanımına, kaynak verimliliğinden enerji tüketimi azaltımına kadar tüm süreçlerimizi döngüsel ekonomi prensiplerine göre optimize ediyoruz. Bir lojistik firması olarak 1 yılda 10 tonun üzerinde plastik azaltımı sağladık. Yeşil lojistik belgelerine sahip olan ilk lojistik şirketlerinden biriyiz.”

Kaynak: Tablo yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

2.3.1. Araştırma Bulguları

Araştırma bulguları, araştırma kapsamındaki firmanın sürdürülebilirlik stratejileri ile dijitalleşme uygulamalarını bütüncül bir şekilde yönettiğini göstermektedir. Bulgular tematik olarak şu şekilde özetlenebilir:

Karbon Ayak İzi Ölçümleri: Şirket, tüm operasyon aşamalarında karbon ayak izini düzenli olarak takip etmekte ve dijitalleşme projeleri sayesinde depo içi atık ve kayıp oranını azaltmaktadır. Ölçümler yıllık hedeflerle karşılaştırılarak yönetime raporlanmaktadır.

Dijital Teknolojilerin Rolü: Otonom robotlar, gerçek zamanlı veri akışı ve rota optimizasyonu gibi dijital uygulamalar enerji tüketimini azaltarak operasyonel verimliliği artırmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde insan gücü bağımlılığı azalırken hata riski ortadan kalkmaktadır. Ayrıca sensörlü sistemler ve otomasyon araçları elektrik ve su tüketiminde anlamlı azalma sağlamaktadır. Bulgular, dijital teknolojilerin karbon emisyonlarının azaltılması ile operasyonel süreçlerin optimize edilmesi arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Sürdürülebilirlik Stratejisi ve KPI'lar: Şirketin sürdürülebilirlik stratejisinin merkezinde döngüsel ekonomi ve yeşil lojistik yaklaşımları bulunmaktadır. Kaynakların etkin kullanımı, enerji tasarrufu ve su geri kazanımı gibi uygulamalar yaygınlaştırılmış; plastik tüketiminde anlamlı azalmalar sağlanmıştır. Performans değerlendirmelerinde karbon emisyon azaltımı, operasyonel verimlilik artışı, otonom sistem kullanımı, su geri kazanımı ve enerji tasarrufu gibi sürdürülebilirlik odaklı KPI'lar benimsenmektedir.

Bu bulgular, literatürde dijitalleşmenin lojistik süreçlerde çevresel performansı artırdığına dair kanıtlarla uyumludur (Dubey vd., 2019; Yılmaz & Duman, 2019; Huang vd., 2023).

SONUÇ

Bu çalışma, lojistik sektöründe dijital teknolojilerin karbon emisyonlarının azaltılmasındaki stratejik rolünü ikiz dönüşüm perspektifiyle ele almıştır. Araştırma bulguları, dijitalleşmenin depo ve dağıtım süreçlerinde karbon ayak izi ölçümlerinin düzenli yapılması ve sürdürülebilirlik odaklı performans göstergeleriyle entegre edilmesi açısından kritik olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle otonom robotlar, gerçek zamanlı veri akışı ve rota optimizasyonu gibi dijital uygulamaların enerji tüketimini azaltarak operasyonel verimliliği artırdığı tespit edilmiştir (Borusan Lojistik, 2023; Huang vd., 2023; Tabares vd., 2025).

Dijitalleşme ve yeşil lojistik stratejilerinin entegrasyonu, çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu olarak karbon emisyonlarının azaltılmasında kritik bir araçtır. Literatürde de dijitalleşme seviyesindeki her

birimlik artışın CO₂ emisyonlarında yaklaşık % 6,14'lük azalma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir (Huang vd., 2023; Yılmaz & Duman, 2019). Bu bulgu, çalışmanın saha verileriyle örtüşmekte ve dijital teknolojilerin çevre performansına katkısını somutlaştırmaktadır. Bununla birlikte, lojistik firmalarının karbon azaltımı hedeflerine ulaşabilmesi için dijital altyapı yatırımlarının teşvik edilmesi ve kamu politikalarında yeşil lojistik uygulamalarına yönelik düzenlemelerin güçlendirilmesi kritik önemdedir. Bu çalışma, Türkiye lojistik sektöründe ikiz dönüşümün operasyonel etkilerini saha verileriyle ortaya koyan sınırlı sayıda çalışmalardan biridir.

3.1. Araştırmanın Kısıtlılıkları

Çalışma, tek bir firma üzerinde gerçekleştirilmiş olup, bulguların genellenabilirliği sınırlıdır. Ayrıca veri toplama yöntemi olarak yarı yapılandırılmış mülakat kullanılması, katılımcı yanlılığı riskini içermektedir (Yıldırım & Şimşek, 2021; Creswell & Creswell, 2017). Gelecekteki çalışmaların daha geniş örneklem grupları ve nicel veri analizleriyle desteklenmesi önerilmektedir. Özellikle farklı lojistik firmaları ve uluslararası karşılaştırmaların dahil edilmesi, dijitalleşme düzeyi ile karbon azaltımı arasındaki nedensel ilişkiyi daha güçlü biçimde ortaya koyacaktır.

3.2. Öneriler

Lojistik firmalarının karbon emisyonlarını azaltma hedeflerine ulaşabilmesi için IoT ve yapay zekâ tabanlı sistemlere yatırım yaparak karbon izleme ve optimizasyon süreçlerini güçlendirmesi kritik önemdedir. Politika düzeyinde ise Avrupa Yeşil Mutabakatı ve benzeri düzenlemeler kapsamında dijitalleşme teşviklerinin artırılması gerekmektedir (European Commission, 2020). Ayrıca, gelecekteki araştırmaların farklı sektörlerde ikiz dönüşüm uygulamalarını karşılaştırmalı olarak analiz etmesi ve dijitalleşmenin karbon azaltımı üzerindeki etkisini nicel yöntemlerle ölçmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Akbal, H. (2022). Sürdürülebilir Lojistik Kapsamında Yeşil Lojistik Uygulamaları. *Kapadokya Akademik Bakış*, 6(1), 15-23.
- Borusan Lojistik. (2023). Dijitalleşme ve sürdürülebilirlik stratejileri raporu.
- Borusan Lojistik. (2024). Borusan Lojistik Faaliyet Raporu.
- Bukova, B., Brumercikova, E., Cerna, L., & Drozdziel, P. (2018). The position of industry 4.0 in the worldwide logistics chains. *LOGI–Scientific Journal on Transport and Logistics*, 9(1), 18–23.
- Çetintaş, H., & Türköz, K. (2017). İklim değişikliği ile mücadelede karbon piyasalarının rolü. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(37), 147–168. <https://doi.org/10.31795/baunsobed.645182>
- Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability*, 16(21), 9145. <https://doi.org/10.3390/su16219145>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Deniz, N., & Büyük, K. (2023). İkiz dönüşüm: Yeşil ve dijital dönüşüm. *Dijital Teknolojiler ve Eğitim Dergisi*, 2(1), 57–70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8194073>
- Dilek, Ş., & İncaz, S. (2021). Küreselleşme sürecinde teknolojik dönüşümün lojistik sektörüne etkileri. *Beykoz Akademi Dergisi*, 9(2), 30–49. <https://doi.org/10.14514/BYK.m.26515393.2021.9/2.30-49>
- Dubey, R., Gunasekaran, A., & Childe, S. J. (2019). Big data analytics capability in supply chain agility: The moderating effect of organizational flexibility. *Management Decision*, 57(8), 2092–2112. <https://doi.org/10.1108/MD-01-2018-0119>
- Dünya Ekonomik Forumu. (2023). *Global Risks Report 2023*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2023/>
- European Commission. (2020). *A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe*.
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European Journal of Operational Research*, 240(3), 603–626. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.012>
- Huang, Y., Hu, M., Xu, J., & Jin, Z. (2023). Digital transformation and carbon intensity

- reduction in transportation industry: Empirical evidence from a global perspective. *Journal of Environmental Management*, 344, 118541.
- Ji-Hyland, C., White, D., & Khaydarov, R. (2025). The impact of circular economy practices on sustainable logistics performance. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 28(10), 1220–1246. <https://doi.org/10.1080/13675567.2025.2465579>
- Kılavuz, E., & Kizir, E. H. (2025). Avrupa Birliği döngüsel ekonomi modelinde sürdürülebilir atık yönetimi. *Kayseri Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 224–246. <https://doi.org/10.51177/kayusosder.1689607>
- Kirchherr, J., Yang, N. H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the circular economy (revisited): An analysis of 221 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 194, 107001. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage Publications.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Makarova, I., Shubenkova, K., Buyvol, P., Shepelev, V., & Gritsenko, A. (2021). The role of reverse logistics in the transition to a circular economy: Case study of automotive spare parts logistics. *FME Transactions*, 49(1), 173–185. <https://doi.org/10.5937/fme2101173M>
- McKinnon, A., Browne, M., Whiteing, A., & Piecyk, M. (2015). *Green logistics: Improving the environmental sustainability of logistics*. Kogan Page Publishers.
- Merdivenci, F., Tekin, M., & Toraman, Y. (2024). Reverse logistics practices in humanitarian supply chain management: A content analysis. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(4), 583–594.
- Mücevher, M. H. (2021). Sürdürülebilir lojistik için üç öncelikli strateji: Yeşil lojistik, tersine lojistik ve yalın lojistik. *Enderun*, 5(1), 39–54.
- Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M., & Scapolo, F. (2022). *Towards a green & digital future*. Publications Office of the European Union.
- Özdağoğlu, A., & Bahar, S. (2022). Logistics 4.0 and smart supply chain management. In *Industry 4.0 and Global Businesses* (pp. 163–183). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-80117-326-120211012>
- Ozdemir, B. K., & Koç, K. (2020). Türkiye’de karbon emisyonları, yenilenebilir enerji

- ve ekonomik büyüme. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 11(1), 66–86. <https://doi.org/10.18354/esam.665191>
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- Schrauf, S., & Bertram, P. (2016). Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused. PwC Research Report.
- Sorkun, M. F. (2020). Digitalization in logistics operations and Industry 4.0: Understanding the linkages with buzzwords. In U. Hacıoglu (Ed.), *Digital Business Strategies in Blockchain Ecosystems* (pp. 163–183). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29739-8_9
- Stahel, W. R. (2019). *The circular economy: A user's guide*. Routledge.
- Tabares, S., Parida, V., & Chirumalla, K. (2025). Twin transition in industrial organizations: Conceptualization, implementation framework, and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 213, 123995. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.123995>
- Tang, Y., Yang, Z., Yao, J., Li, X., & Chen, X. (2022). Carbon emission efficiency and spatially linked network structure of China's logistics industry. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1004463. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1004463>
- Turgut, M., & Canitez, M. (2024). Uluslararası ticarete dijital dönüşüm ve lojistik performans: Bir model önerisi. *İktisadi ve İdari Yaklaşımlar Dergisi*, 6(2), 58–77. <https://doi.org/10.47138/jeea.1543103>
- United Nations. (2022). Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Velenturf, A. P., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1437–1457. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>
- Vermeulen, B., & Pyka, A. (2024). The twin digital and green transition: Paradigm shift or tech fix? *Journal of Innovation Economics & Management*, 45(3), 1–29. <https://shs.cairn.info/journal-of-innovation-economics-2024-3-page-1?lang=en>
- Yang, J., Tang, L., Mi, Z., Liu, S., Li, L., & Zheng, J. (2019). Carbon emissions performance in logistics at the city level. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1258–1266. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.330>

- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri (12. baskı). Seçkin Yayıncılık.
- Yılmaz, Ü., & Duman, B. (2019). Lojistik 4.0 kavramına genel bir bakış: Geçmişten bugüne gelişim ve değişimi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 4(1), 186–200. <https://doi.org/10.33905/bseusbed.465962>
- Yin, R., K. (2018). Case study research and applications: Design and methods. Sage Publications.
- Yolcu, M. B. (2023). Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Türkiye’deki yeşil lojistik uygulamaları. Econder International Academic Journal, 7(2), 136–151. <https://doi.org/10.35342/econder.1399162>

FINANS SEKTÖRÜNDE YEŞİLE BOYAMA: TÜRKİYE İÇİN POLİTİKA ÖNERİLERİ

Dr. Sinan ŞAHİN

İstanbul Ticaret Üniversitesi

İşletme Fakültesi Misafir Öğretim Görevlisi

sinan.sahin@ticaret.edu.tr

<https://orcid.org/0009-0002-3422-7206>

ABSTRACT

Commitments under the Paris Climate Agreement, rising global awareness, and particularly the European Union's pioneering role have collectively intensified efforts toward a sustainable economy around the world. Investor demand for sustainable financial products has been increasing. However, competitive pressures and regulatory constraints may incentivize market participants to mislead clients in order to gain commercial advantage over rivals. Greenwashing refers to sustainability-related statements, disclosures, actions, or communications that fail to reflect the underlying sustainability profile of an institution, financial product, or financial service accurately and fairly. This study evaluates the methods, drivers, and potential risks of greenwashing activities, while also presenting measures that could be implemented to prevent greenwashing in Turkey's emerging sustainable finance market, drawing on international practices.

Research conducted by supervisory authorities indicates that greenwashing activities have increased globally, particularly in the European Union and North America, since 2019, and have gained significant momentum after 2022.

The growing demand of investors for environmentally friendly products and services has created competitive pressures that contribute to greenwashing practices. Regulatory constraints, coupled with concerns over potential sanctions for non-compliance and the ambiguity of regulatory frameworks, may further incentivize institutions to engage in misleading sustainability

claims. In addition, the efforts of non-governmental organizations and the media to promote and maintain the visibility of the sustainable economy can push institutions with weak sustainability profiles toward false or exaggerated communication. A lack of adequate internal ethical standards or their complete absence represents another important driver of greenwashing.

Greenwashing activities generate multiple risks for both the economy at large and the financial sector in particular. As instances of greenwashing increase, public trust in sustainable finance products and markets erodes. This undermines the development of such products and services and complicates progress toward the goal of a carbon neutral economy. Greenwashing can give rise to reputational risk, legal and operational risks, strategic and business risks resulting in revenue and trust losses, funding risk, and credit default risk. Taken together, these risks may ultimately culminate in systemic threats to financial stability.

Preventing greenwashing requires coordinated efforts by regulatory and supervisory authorities, financial institutions, and investors. Clear and concrete taxonomies and standards, robust climate related disclosure obligations, labeling and marketing rules, independent and high quality ESG audits, and regulations that promote infrastructures ensuring high quality data are of critical importance. Financial institutions should strengthen internal governance structures, integrate ESG risks into risk and credit policies, and maintain sound and up to date ESG rating methodologies. Maximum transparency in reporting must be ensured. Corporate credit clients' sustainability credentials, transition plans, and environmental compliance should be verified and monitored. Investors, in turn, should demand high quality, verified information and carefully examine the strategies of ESG themed investment products. Enhancing financial literacy also plays a significant role in this context.

In Turkey, the Climate Law entered into force in 2025. The Banking Regulation and Supervision Agency (BRSA) has published the Guideline on the Management of Climate Related Financial Risks and the Communiqué on the Calculation of Banks' Green Asset Ratio. With the implementation of a green taxonomy and the use of green asset ratio as a tool to promote climate related sustainable products, greenwashing will emerge as a critical issue on the agenda of Turkish financial markets. Given the still relatively small size of the sustainable product market, completing regulatory frameworks to address greenwashing is of particular importance.

Keywords: Sustainability, sustainable finance, greenwashing, financial risks, ESG

GİRİŞ

Sürdürülebilir ekonomiye geçiş çabaları, büyüyen sürdürülebilir finans pazarı, artan rekabet, düzenlemelerin getirdiği kısıtlar finansal kurumları, müşterilerini ve otoriteleri yanlış yönlendirerek ticari avantaj elde etmeye teşvik edebilmektedir. Bu tür girişimlerin başında yeşile boyama gelmektedir. Sürdürülebilirlikle ilgili yanlış, eksik ya da gerçek dışı beyanlarla müşterilerin, düzenleyici ve denetleyici otoritelerin yanıltılması yoluyla haksız rekabet avantajı ve çıkar sağlanması şeklinde tanımlanabilecek yeşile boyama ekonomiler ve finans sektörleri açısından küresel çapta ciddi risk bir haline gelmektedir.

Türkiye’de sürdürülebilir ekonomiye geçiş çabaları artmakta, sürdürülebilir finansal ürünler pazarı giderek büyümektedir. Akademik çalışmalar yeşile boyama sorununun sürdürülebilirlik girişimlerinin başlangıç aşamalarından çok, belirli bir gelişmişlik düzeyine ulaştıktan sonra ortaya çıktığını göstermektedir (Muchiri vd., s. 7). Türkiye’de sürdürülebilir finans piyasalarının olgunlaşması beklenmeden yeşile boyama girişimlerinin önlenmesine dönük politika adımlarının atılması gerekmektedir.

Bu çalışmada yazın taramasını takiben, yeşile boyama kavramı, sebepleri, yöntemleri, yaratabileceği riskler değerlendirilecek, dünyadaki yeşile boyama girişimleri hakkında bilgi verilecektir. Takiben Türkiye’de sürdürülebilir finans piyasalarına ait rakamsal veriler sunulacaktır. Türkiye’de sürdürülebilir finans piyasalarında yeşile boyamanın önlenmesine yönelik uygulanabilecek politikalar ve alınabilecek önlemler uluslararası pratikler ışığında ele alınacaktır. Getirilecek önerilerle hem finansa yazınına katkı sağlanması hem de politika yapıcılara ve uygulayıcılara içgörü sağlanması hedeflenmektedir.

1. YAZIN TARAMASI

Yeşile boyama kavramı 1986 yılında çevre korumacı Jay Westervelt tarafından ortaya atılmıştır. Westervelt, konaklama sektörünün havlu tekrar kullanımını teşvik etme uygulamalarını kötüye kullanması hakkında bir makale yayımlayarak kavramı dikkatlere getirmiştir (Pearson, 2010, s. 39). Delmas ve Burbano (2011) yeşile boyama faaliyetlerinin sebeplerini, yöntemlerini ele almış ve engellenmelerine yönelik önerileri ortaya koymuştur. Marquis vd., (2015) küresel normları uygulayan, sıkı denetime önem veren ülkelerde şirketlerin daha yüksek yaptırım ihtimali ile yeşile boyamaya daha az eğilim gösterdiklerini ortaya koymuştur. Vilchez vd., (2021) yeşile boyama algısı arttıkça şirket yöneti-

cilerinin bu tür kurumlarla çalışma istekliliklerinin azaldığını belirtmiştir. Wang vd., (2022) siyasi bağlantısı olan firmaların, bu ilişkilerinden aldıkları güçle yeşile boyamaya daha fazla meylettiklerini ortaya koymuştur. Gregory (2024) işletmelerin ESG (Çevresel, sosyal ve yönetim) dereceleri ile sermaye maliyetleri arasında negatif yönlü ilişki tespit etmiştir. Dempere vd., (2024) düzenleme otoritelerinin, sivil toplum kuruluşlarının etkin çalışmalarının, şeffaflığın, sertifikasyonun yeşile boyama ile mücadeledeki önemini vurgulamıştır. Murchi vd., (2025) yeşile boyama girişimlerinin ülkelerin gelişmişlik düzeyleri arttıkça, sürdürülebilir finans piyasaları geliştikçe arttığını ortaya koymuştur. Abouarab vd., (2025) Avrupa Birliği'nde (AB) sürdürülebilirlik düzenlemelelerinin yatırım fonu portföylerinin yönetiminde yeşile boyamayı azalttığını ifade etmiştir.

2. YEŞİLE BOYAMA KAVRAMI

Avrupa Birliği Gözetim Otoritesi (ESA)'ne göre yeşile boyama, sürdürülebilirlikle ilgili beyanların, açıklamaların, eylemlerin veya iletişimin bir kuruluşun, finansal ürünün veya finansal hizmetin temel sürdürülebilirlik profilini doğru ve adil bir şekilde yansıtmamasıdır (EBA, 2023, s. 12).

Finans sektörü açısından yeşile boyama finansal ürünleri, hizmetleri, portföyleri veya kurumsal uygulamaları, eksiklikler, abartılar, belirsiz ifadeler, yanıltıcı ölçütler veya seçici açıklamalar yoluyla, gerçekte olduklarından daha çevre dostu veya iklimle uyumlu olarak sunmak, pazarlamak veya raporlamak şeklinde tanımlanabilir (Schneider-Maunory, 2023, s. 1-2).

Üçüncü taraflar genel olarak bir şirketin çevre uygulamaları konusunda yanıtılıyor ise şirket düzeyinde yeşile boyamadan bahsedilir. Kamuoyu, bir işletmenin ya da kuruluşun ürün veya hizmetlerinin çevresel faydaları ya da zararları konusunda yanıtılıyor, yanlış yönlendiriliyor ve gerçeğe aykırı bir algı oluşturmaları isteniyor ise ürün düzeyinde yeşil boyama söz konusudur (Netto vd., 2020, s. 7).

Tablo 1'de işletmeler çevre performansları açısından iyi ve kötü olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Çevre performansı iyi olan firmalar yeşil, kötü olanlar ise kahverengi ile temsil edilmektedir. Kahverengi firma çevre performansı hakkında kamuoyu ile gerçeğe aykırı ve karşı tarafı yanıltıcı şekilde iletişime geçtiğinde yeşile boyama faaliyeti söz konusu olmaktadır (Delmas ve Burbano, 2011, s. 67).

Tablo 1. Firmaların Çevre Performansları Hakkında Kamuoyu ile Etkileşim Tercihleri

Çevre Performansı Hakkında İletişim	Olumlu İletişim	I Yeşile Boyayan Firmalar	II İletişim Kuran Yeşil Firmalar
	İletişim Yok	III Sessiz Kahverengi Firmalar	IV Sessiz Yeşil Firmalar
		Kötü	İyi
Çevresel Performans			

3. YEŞİLE BOYAMA YÖNTEMLERİ

Yeşile boyama yöntemleri iletişim odaklı ve ürün odaklı olmak üzere iki grupta incelenebilir. İletişim odaklı yeşile boyama yöntemlerinde bir kuruluşu, politikayı veya faaliyeti çevreye duyarlı olarak tasvir ederken, gerçek çevresel performansı hakkındaki bilgileri gizleyen, belirsizleştiren veya seçici bir şekilde sunan dil, görseller, anlatılar ve açıklamalar kullanılmaktadır. Ürün bazlı yeşile boyamada ise, ürünün ömrü boyunca yaratacağı etki, temel unsurları veya üründen sağlanan gelirlerinin kullanımı çevresel sürdürülebilirliği anlamlı bir şekilde desteklemese ve hatta zarar verse de, çevresel faydalarının abartılarak veya yanlış bir şekilde ima edilerek ürün veya hizmetlerin tasarlanması, etiketlenmesi veya yapılandırılmasıdır (Netto vd., 2020, s. 7).

Yeşile boyama yöntemlerini belirsiz ve muğlak iddialar, seçici beyanlar, yanıltıcı etiket ve sertifikalar, göreceli iddialar, sembolik eylemler, gelecek dönük abartılı taahhütler ve tutarsız mesajlar olmak üzere yedi ana başlıkta toplamak mümkündür.

İletişim odaklı yeşile boyamada gerçeğe aykırı söylemler, görseller ve pazarlama araçlarından yararlanılır. Somut kanıtlar veya belgeler olmaksızın sürdürülebilir, çevre dostu, yeşil, gibi belirsiz ve geniş ifadeler kullanılır. Seçici beyanlarda bulunma yoluyla yeşile boyamada olumlu bir kurumsal imaj

yaratmak için olumsuz bilgiler saklanmakta, olumlu bilgiler vurgulanmaktadır (Lyon ve Maxwell, 2011, s. 5) Örneğin yeşil krediler vurgulanırken, fosil yakıt sektörüne veriler krediler gözden kaçırılmaktadır (Robinson, 2022). Yanıltıcı etiket ve sertifika kullanımında yeşil olmayan finansal ürün ve hizmetler yeşil algısı uyandırmak için sahte yeşil etiket veya sertifika ile tanıtılmaktadır. Yeşil etiketlenen yatırım fonlarının portföyünde, sürdürülebilirlik özelliği taşımayan şirketler yer almaktadır (Dempere vd., s. 6). Göreceli iddialarla, ürünlerin “daha az kötü” çevreci olduğu ifade edilerek finansal müşteriler yanıltılmaktadır. Ağaç dikme, çöp toplama gibi sembolik eylemlerle kamuoyu dikkati kurumların sebep oldukları çevresel zararlardan farklı yönere çekilmektedir. Kamuoyuna erişilebilir olmayan sürdürülebilirlik hedefleri verilerek kurum hakkında yeşil imaj oluşturulmaya çalışılmaktadır. Sürdürülebilirlik taahhütleri verilirken çevre düzenlemeleri aleyhinde lobi faaliyetleri yürütülmesi eylem ile beyanın çatıştığı yeşile boyama yöntemidir (Netto vd., 2020, s. 7).

4. YEŞİLE BOYAMANIN SEBEPLERİ

Müşterilerin ve yatırımcıların çevre dostu finansal ürün ve hizmetlere artan talepleri karşısında rekabet baskısı yeşil yıkamanın sebeplerinin başında gelmektedir (Nahari, 2024, s. 11). Düzenlemelerle getirilen kısıtlar, bunlara uymamanın olası cezai yaptırımlarının yarattığı endişe, muğlak düzenleme çerçeveleri, düzenlemelerdeki boşluklar kurumları yeşile boyamaya teşvik edilmektedir (EBA, 2023, s. 15). Sivil toplum kuruluşlarının ve basının sürdürülebilir ekonomiyi destekleyen ve gündemde tutan çalışmaları, sürdürülebilirlik yönleri zayıf kurumları, tam tersi algı yaratacak gerçek dışı iletişime sevk edebilmektedir (Delmas & Burbano, 2011, s. 70). Kurumların etik anlayış eksiklikleri ve kısa vadeli kar tercihleri yeşil yıkamanın bir diğer sebebidir (Cherry ve Sneirson, 2010, s. 130). Finansal kurumların sürdürülebilirlik riskini risk yönetimi sistemi içine almamaları, bu riski yönetecek teknik kapasite eksiklikleri yeşile boyama ihtimalini kolaylaştırarak artırmaktadır (Pozdyshev vd., 2025, s. 5).

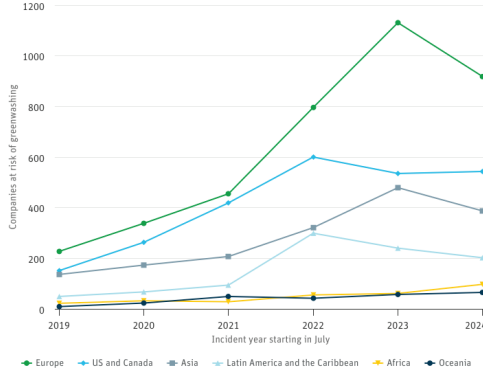
5. YEŞİLE BOYAMANIN YARATTIĞI RİSKLER

Yeşile boyama faaliyetleri genelde ekonomi özelde finans sektörü açısından risklere sebep olmaktadır. Yeşile boyama olayları artıkça her şeyden önce sürdürülebilir finans ürünleri ve piyasalara karşı kamuoyu güveni zayıflamakta, bu tür ürün ve hizmetlerin gelişimi engellenmekte, karbon nötr bir ekono-

miye ulaşma hedefine yönelik ilerleme zorlaşmaktadır (Gavila, 2025, s. 15). Sürdürülebilirlik düzenlemeleri arttıkça bu düzenlemelere uymama sebebi ile finansal kurumlar mali ve idari yaptırımlarla karşılaşmakta, ciddi boyutta cezalar ödemektedir (U.S. Securities and Exchange Commission, 2023). Bankalar, kullandıkları kredilerin sürdürülebilirliğe zarar verdiği iddiaları ile davalarla muhatap olmakta ve hukuk riski ile karşılaşmaktadır (Clifford and Chance, 2024). Yeşile boyama fonların yanlış tahsisine, hatalı alanlara yönlendirilmesine, iklim riskinin hatalı ölçülmesi sonucu kredi geri dönüşlerinde bozulmaya ve güven kaybı sebebi ile sürdürülebilir alanlara fon akışının zayıflamasına sebep olarak sistemik finans riski yaratmaktadır (Zhang ve Zhuang, 2024, s. 37). Bankaların yeşile boyama sebebi ile karşılaşabilecekleri en önemli risk ise kamuoyu nezdinde itibarlarını zedelemeleri ve bununla bağlantılı olarak müşterilerini ve pazar paylarını yitirmeleridir (Vilchez vd., 2021, s. 32-33).

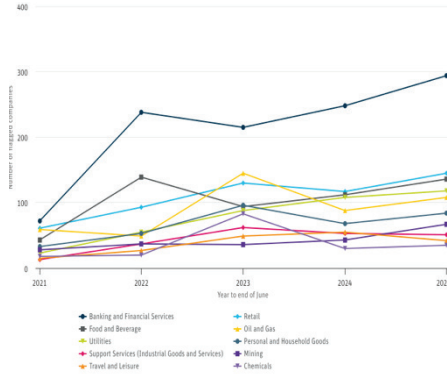
6. DÜNYADA YEŞİL BOYAMA EĞİLİMLERİ

Yeşile boyama girişimleri 2019 yılını takiben Avrupa Birliği (AB) ve Kuzey Amerika başta olmak üzere dünya genelinde artmıştır. AB’de yapılan çalışmalarda yatırım fonları ve krediler başta olmak üzere çok sayıda üründe yeşile boyama tespitleri yer almaktadır (EBA, 2023, s. 20-21). ESG konularında veri toplama hizmeti sunan İsviçre merkezli RepRisk’in yayımladığı rapora göre 2024 yılında dünya çapında 2,213 firma yeşile boyama girişiminde bulunmuştur (Şekil 1a). Toplam girişim sayısı 2023 yılında zirveye çıkmış, takiben gerilemeye başlamıştır (RepRisk, 2024). Aynı kurumun 2025 yılı Ekim ayında yayımladığı rapora göre finans sektörü yeşile boyama vakalarında petrol ve gaz gibi riskli sektörleri geçerek ilk sıraya yükselmiştir (Şekil 1b). Finans sektörünün yeşile boyama girişimlerindeki pay artışı dikkat çekici boyuttadır (RepRisk, 2025).



Şekil 1a. Dünyanın Çeşitli Bölgelerinde Son Dönem Yeşile Boyama Girişimleri

Kaynak: RepRisk (2024)



Şekil 1b. ABD, İngiltere ve AB’de Sektörel Yeşile Boyama Girişimleri

Kaynak: RepRisk (2025)

7. TÜRKİYE’DE KARBON SALINIMI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRÜNLER PİYASASI

Türkiye’de 2021 yılında 573,8 Milyon Ton CO₂ eşdeğerine ulaşan sera gazı emisyonu izleyen dönemde alınan önlemlerin de etkisi ile gerileme eğilimine girmiş, 2023 yılı sonunda 552,2 Milyon Ton CO₂ eşdeğeri olarak gerçekleşmiştir. Ülkede CO₂ emisyonlarının ana kaynağı % 71,6 pay ile enerji sektörü olup, bunu %13 ile tarım ve % 12,8 ile sanayi sektörleri izlemektedir. Fert başına emisyon ise 6,5 ton CO₂ eşdeğeridir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2025). Ülkenin 2024 yılında dünyadaki toplam emisyonlardan aldığı pay %1.33’tür (Rit-

chie ve Rosado, 2025).

Sürdürülebilir ekonomi çabaları paralelinde Türkiye’de sürdürülebilir finans piyasası büyümektedir. Ürünlerin başında yurtiçi ve dışı piyasalarda ihraç edilen sürdürülebilirlik bağlantılı tahviller gelmekte ve hacim yıldan yıla artmakta, T.C. Merkez Bankası verilerine göre piyasada en yüksek payı bankalar almaktadır (Tablo 1). Bankalar bu ihraçlardan sağladıkları fonları sürdürülebilirliğin geliştirilmesine yönelik faaliyet ve projelerin finansmanında kullanmaktadır. BDDK’nın Yeşil Varlık Oranı Tebliği’ne göre bankalar 2025 yılı Haziran ayından itibaren yeşil kapsama giren varlıklarını raporlamaya başlamışlardır. Henüz sektördeki toplam yeşil varlıkların tutarına ve payına ilişkin istatistik bulunmamaktadır.

Tablo 2. Türkiye’de Gerçekleştirilen Sürdürülebilir Tahvil İhraçları

Sürdürülebilir Tahvil İhraçları						
Yıl	Yurt Dışı İhraçlar (Mio. USD)			Yurt İçi İhraçlar (Mio. TL)		
	Finansal Olmayan Kuruluşlar	Bankalar	Hazine	Finansal Olmayan Kuruluşlar	Bankalar	Hazine
2023	1.933	6.052	3.215	3.500	500	0
2024	4.308	11.317	3.215	2.250	500	0
2025	6.631	14.241	3.215	2.350	500	0

Kaynak: T:C: Merkez Bankası İnternet Sayfası

Borsa İstanbul’da kurumsal sürdürülebilirlik performansları yüksek şirketlerin hisse senetlerinin yer aldığı BIST Sürdürülebilirlik, BIST Sürdürülebilirlik 25 ve BIST Katılım Sürdürülebilirlik endeksleri oluşturulmuştur (Borsa İstanbul, 2026). Oluşturulan endeks sürdürülebilirliğe önem veren şirketlerin borsa üzerinden kaynak teminini ve bu alanlara yatırım yapmaya istekli yatırımcıların uygun yatırım araçlarına ulaşmasını kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.

Tablo 3. Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksi Verileri

Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksi (Ocak 2026)		
Endeks	Piyasa Değeri (Mio TL)	Yatırımcı Sayısı
BIST Sürdürülebilirlik	11.451.306	3.833.570
BIST Sürdürülebilirlik 25	7.331.033	2.727.281
BIST Katılım Sürdürülebilirlik	3.322.475	2.119.466

Kaynak: Borsa İstanbul İnternet Sayfası

Türk sermaye piyasasında tahvil ve hisse senedi ihraçlarının artması, bankaların sürdürülebilirlik bağlantılı kullandığı kredilerin hacminin büyümesi, 2025 yılında İklim Kanunu'nun yürürlüğe girmesi, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu'nun İklimle Bağlantılı Finansal Risklerin Yönetimine İlişkin Rehber ile Bankaların Yeşil Varlık Oranı Hesaplaması Hakkında Tebliği yayımlaması ve bu oranın gelecek dönemde iklim bağlantılı sürdürülebilir ürünleri teşvik etmekte bir araç olarak kullanılmaya başlanmasıyla birlikte yeşile boyama sorunu Türkiye'de de finansal piyasaların gündemine girecektir. Sürdürülebilir ürünlerin piyasa payları henüz düşük iken yeşile boyamaya karşı düzenlemelerin tamamlanması önem arz etmektedir.

8. TÜRKİYE'DE YEŞİLE BOYAMANIN ÖNLENMESİNE YÖNELİK UYGULANABİLECEK POLİTİKALAR

Yeşile boyamayı önleyecek politika ve düzenlemelerin kahverengi şirketleri sürdürülebilirlik performanslarını artırmaya, yeşil firmaya dönüşmeye ve bu noktaya gelene kadar da zayıf çevresel performansları hakkında olumlu iletişim kurmalarını engellemeye dönük sonuçlar üretmeleri gerekmektedir (Delmas ve Burbano, 2011, s. 77). Finans sektöründe yeşile boyamanın önlenmesi için düzenleyici ve denetleyici kurumların, finansal kurumların, finansal müşterilerinin ve sivil toplum kuruluşlarının toplu işbirliği ile hayata geçirilebilecek çeşitli uygulamalar ve politikalar bulunmaktadır.

Yeşil yıkamaya karşı ilk düzenleyici önlem, firmaların uygulamalarının çevresel açıdan değerlendirilebileceği somut kriterler sağlayan standartların belirlenmesi ve bunların yeşil taksonomi düzenlemeleri ile yürürlüğe konulmasıdır (EU Technical Expert Group on Sustainable Finance, 2020, s. 2). Taksonomiler iktisadi faaliyetleri sürdürülebilirlik açısından sınıflandırmakta, şeffaflık sağlamakta ve yeşile boyama riskini azaltmaktadır. Taslağı yayımlanan Türkiye Yeşil Taksonomi Yönetmeliği'nin bir an önce yürürlüğe girmesi gerekmektedir (Şahin, 2024, s.180).

Düzenleyici kurumlar firmaların çevre uygulamalarını ve etkilerini kamuoyuna açıklamalarını zorunlu kılarak şeffaflığı teşvik etmektedir. Bu kapsamda Kamu Gözetimi Kurumu (KGK) Türkiye Sürdürülebilirlik Raporlama Standartlarını ve Güvence Denetimi Standartlarını yayımlamıştır. Bu standartlar sürdürülebilirlikle ilgili tutarlı, tam, karşılaştırılabilir ve doğrulanabilir finansal bilgilere ulaşılmasını hedeflemektedir. Raporlamalar başta STK'lar olmak üzere kamuoyunun firmaların çevresel faaliyetlerini rahat ve sağlıklı şekilde takip

edebilmelerinin önünü açmaktadır (Reid ve Toffel, 2009, s. 1158). Finans sektörünün farklılaşan yapısı genel raporlama standartlarının yanı sıra sürdürülebilir finansa özgü ayrı bir raporlama standardını da zorunlu kılmaktadır. AB’de uygulanan Sürdürülebilir Finans Kamuyu Aydınlatma Düzenlemesi SFDR finansal piyasa katılımcılarının sürdürülebilirlik bilgilerini nasıl açıklamaları gerektiğini belirleyerek, sürdürülebilirlik hedefleri olan şirketlere ve projelere yatırım yapmak isteyen yatırımcıların doğru ve bilinçli kararlar almasına yardımcı olmaktadır (European Union, 2025). Türkiye’de de AB düzenlemesi benzeri bir düzenleme yapılmasında yarar görülmektedir.

Düzenlemelerin caydırıcılığı uygulanmalarının sağlanmasına, bunun denetlenmesine ve ihlallerin yaptırıma tabi olmalarına bağlıdır. Düzenleyici kurumlar, yeşile boyama kapsamına giren yanıltıcı çevre beyanlarına yaptırım uygulayarak firmaları yeşile boyamadan sorumlu tutabilmelidir. Bu tür yaptırımlar aldatıcı çevre uygulamalarıyla ilişkili maliyetleri ve riskleri artırdığından yeşile boyamayı caydırabilir (Dempere vd., 2024, s. 8).

Denetim süreçlerinde denetlenen ile denetleyen arasındaki “ödeyen müşteri modeli” nin doğal sonucu olarak çıkar çatışması doğabilmektedir. Denetçinin denetim otoritesi tarafından şeffaf ve kamuoyuna açıklanmış kriterlere dayanılarak atanması sorunu çözecektir (Şahin, 2025).

Sürdürülebilirlik derecelendirmesi yapan bağımsız kuruluşlar finansal tüketicilere finansal ürünlerin sürdürülebilirlik performansı konusunda kolay anlaşılabilir ve erişilebilir bilgi sunarak taraflar arasındaki asimetriyi azaltmaktadır (Abouarab vd., 2025, s. 960) Araştırmalar sürdürülebilirlik derecelendirmelerinin yeşile boyamayı caydırıcı etki yarattığını göstermektedir (Parguel vd., 2011, s. 15). Türkiye’de de söz konusu kuruluşların faaliyete geçmesine yönelik düzenleme ihtiyacı bulunmaktadır.

Finansal ürün ve hizmetlerin “yeşil”, “sürdürülebilir” olarak etiketlenmesine ve pazarlanmasına ilişkin kuralların açıkça belirlenmesi gerekmektedir (ICMA, 2023, s. 16). Bu uygulama yatırımcıların finansal ürünler hakkında sağlıklı bilgi almalarını kolaylaştıracak ve garanti altına alacaktır.

Finansal kurumlar sürdürülebilirlik konusunda kamuoyu ile iletişim kurarken doğru, açık, anlaşılır bilgiler vermekle yükümlüdür. Beyanlar somut olmalı, gerçek verilerle, belirlenmiş standartlarla, yetkilendirilmiş sertifikasyon kuruluşlarının raporları ile desteklenmelidir (Nahari, 2024, s. 26).

Kurumlar içsel yönetim yapılarını sürdürülebilirliği kapsayacak şekilde güçlendirmeli ve kurum içinde sürdürülebilirliğe dönük inancı sağlayacak etik iklimi oluşturmalıdır.

Kurum iş yapma ve davranış şekillerini belirleyen, açık ve dürüst iletişimi, etik ilkelere duyarlılığı savunan bir çalışma prensipleri belgesine sahip olmalıdır. Bu kurumun bütününe her seviyede sağlıklı ve şeffaf iletişim ve sağlam sürdürülebilirlik anlayışının oluşmasını destekleyecektir. Sürdürülebilirlikle ilgili sorumluluklar net şekilde belirlenmesi ve ilgili kurum içi birim ve çalışanlara atanması yeşile boyama riski alınmasını önleyecektir (Modin ve Linde, 2022, s. 18).

Finansal kurumlar ESG ve yeşile boyama risklerini kredi politikalarına eklemelidir. Müşterilerin sürdürülebilirlik beyanlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak ve gerçeğe aykırı verilerin kredilendirme ve diğer finansal süreçlerde kullanımını engellemek için üçüncü taraflarca doğrulanmış, sertifikaya bağlanmış ESG verileri kullanılmalıdır. Kurumların içsel ESG derecelendirme metodolojileri sağlam ve güncel tutulmalıdır. Bu üçüncü taraflardan sağlanan verilerin doğruluğunun kontrolünü sağlayarak, kasıtsız yeşile boyama ihtimalini azaltacaktır.

Sürdürülebilirlik ve bununla bağlantılı yeşile boyama riski risk yönetimi ve iç denetim süreçlerine dahil edilmelidir. Sürdürülebilirlik düzenlemelerini takip eden ve bunu kurum içinde paylaşan, danışmanlık görevi de gören bir uyum mekanizması kurulmalıdır. (EBA, 2024, s. 40-44).

Yeşile boyama vakalarının bir kısmı çalışanların eğitim ve bilgi düzeylerindeki eksiklikten kaynaklanmaktadır. Üst düzey yönetim dahil, çalışanlar ESG ilkeleri konusunda düzenli olarak eğitilmeli ve gelişmeler konusunda güncel kalmaları sağlanmalıdır (Modin & Linde, 2022, s. 19).

Finansal müşterileri yeşile boyamadan mağdur olmalarının önlenmesi ve yeşile boyamanın önlenmesine destek olmaları açısından sürdürülebilir finansal okuryazarlığın artırılmasına dönük toplumsal çalışmalar önem taşımaktadır.

Gelişmiş ülkelerde medya ve sivil toplum kuruluşları (STK), şirketlerin çevresel performansları ve bu konuda kamuoyu ile kurdukları iletişimin takibi ve yeşil yıkamaya konu olup olmadığı gibi konularda düzenleyici ve denetleyici kuruluşların çalışmalarını destekleyen önemli aktörler haline gelmişlerdir. Bu kurumların kamu otoritelerince desteklenmesi ve teşvik edilmesi yeşile boyama girişimlerinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

SONUÇ

Yeşile boyama girişimleri ekonomiler ve finans sektörleri açısından önemli riskler yaratmaktadır. Türkiye’de büyüyen sürdürülebilir finans piyasalarında yeşile boyama girişimlerinin önlenmesi için yeşil taksonomi ve standartların oluşturulmasına, finans sektörüne özgü kamuoyu aydınlatmasına, etiklemeye, sürdürülebilirlik derecelendirmesine, kurallara uyumun denetlenmesine ve aykırı davranışların yaptırıma bağlanmasına yönelik düzenlemelere ihtiyaç bulunmaktadır. Finansal kurumlar sürdürülebilirlik riskini risk yönetimi, uyum ve kredi politikalarına eklemeli, içsel derecelendirme metodolojilerini sağlam ve güncel tutmalıdır. Finansal müşterilerin sürdürülebilirlik bağlantılı finansal okuryazarlıklarını artıracak önlemler alınmalıdır. Sivil toplum ve medya kuruluşlarının sürdürülebilirlik faaliyetleri devlet tarafından desteklenmelidir.

KAYNAKÇA

- Abouarab, R., Mishra, T., & Wolfe, S. (2025). Does the EU Sustainable Finance Disclosure Regulation Mitigate Greenwashing? *The European Journal of Finance*, 31(8), 957-989.
- Borsa İstanbul. (2026). *Sürdürülebilirlik*. <https://borsaistanbul.com/endeksler/bist-pay/surdurulebilirlik> adresinden 7 Ocak 2026 tarihinde erişildi.
- Cherry, M. A., & Sneirson, J. F. (2010). Beyond Profit: Rethinking Corporate Social Responsibility and Greenwashing After the BP Oil Disaster. *Tulane Law Review*, 85(4), 983-1038.
- Clifford and Chance. (2024). *Greenwashing Litigation in the Financial Sector*. <https://www.cliffordchance.com/content/dam/cliffordchance/briefings/2024/01/greenwashing-litigation-in-the-financial-sector.pdf> adresinden 10 Ocak 2026 tarihinde erişildi.
- Delmas, M. A., & Burbano, V. C. (2011). The Drivers of Greenwashing. *California Management Review*, 54(1), 64-87.
- Dempere, J., Alamash, E., & Mattos, P. (2024). Unveiling the Truth: Greenwashing in Sustainable Finance. *Frontiers in Sustainability*, 5, 1-14.
- EBA. (2023). *EBA Progress Report on Greenwashing Monitoring and Supervision*. European Banking Authority.
- EBA. (2024). *Greenwashing Monitoring and Supervision*. European Banking Authority.
- EU Technical Expert Group on Sustainable Finance. (2020). *Taxonomy: Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance*. Technical Report.

- European Union. (2025). *Sustainability-related disclosure in the financial services sector*. European Union: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/disclosures/sustainability-related-disclosure-financial-services-sector_en adresinden 26 Aralık 2025 tarihinde erişildi.
- Gavila, P. G. (2025). *The Challenge of Greenwashing: An International Regulatory Overview*. KPMG.
- Gregory, R. P. (2024). How Greenwashing Affects Firm Risk: An International Perspective. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(526), 1-30.
- ICMA. (2023). *Market Integrity and Greenwashing Risks in Sustainable Finance*. International Capital Market Association.
- Lyon, T. P., & Maxwell, J. W. (2011). Greenwash: Corporate Environmental Disclosure Under Threat of Audit. *Journal of Economics&Management Strategy*, 20(1), 3-41.
- Marquis, C., Toffel, M. W., & Zhou, Y. (2015). Scrutiny, Norms, and Selective Disclosure: A Global Study of Greenwashing. *Organization Sciences*, 27(2), 1-46.
- Modin, S. V., & Linde, V. (2022). *Green Banking - A Qualitative Study on How Nordea Bank Avoids Greenwashing*. Bachelor's Thesis, Uppsala Universitet.
- Muchiri, M. K., Erdei-Gally, S. K., & Feket-Farkaz, M. (2025). Green Banking Practices, Opportunities, and Challenges for Banks: A Systematic Review. *Climate*, 13(102), 1-16.
- Nahari, S. (2024). *Greenwashing in the Banking Sector*. Bachelor's Thesis, Oulu University of Applied Sciences, International Business.
- Netto, S. V., Sobral, M. F., Ribeiro, A. R., & Soares, G. R. (2020). Concepts and Forms of Greenwashing: A Systematic Review. *Environmental Sciences Europe*, 32(19), 1-12.
- Parguel, B., Benoit-Moreau, F., & Larceneux, F. (2011). How Sustainability Ratings Might Deter 'Greenwashing': A Closer Look at Ethical Corporate Communication. *Journal of Business Ethics*, 102, 15-28.
- Pearson, J. (2010). Are We Doing the Right Thing? Leadership and Prioritisation for Public Benefit. *Journal of Corporate Citizenship*, 37, 37-40.
- Pozdyshev, V., Lobanov, A., & Ilinsky, K. (2025). *Incorporating Physical Climate Risks into Banks' Credit Risk Models*. Working Paper, BIS, Monetary and Economic Department.
- RepRisk. (2024). *A Turning Tide in Greenwashing? Exploring the First Decline in Six Years*. <https://www.reprisk.com/insights/reports/a-turning-tide-in-greenwashing-exploring-the-first-decline-in-six-years> adresinden 20 Aralık 2025 tari-

hinde erişildi.

- RepRisk. (2025). *Where Biodiversity Risks Grow, Greenwashing Follows* . <https://www.reprisk.com/insights/reports/where-biodiversity-risks-grow-greenwashing-follows> adresinden 11 Ocak 2026 tarihinde erişildi.
- Ritchie, H. & Rosado P. (2026) CO2 and Greenhouse Gas Emissions. <https://ourworldindata.org/profile/co2/turkey> adresinden 11 Ocak 2026 tarihinde erişildi.
- Robinson, D. (2022). *10 Companies Called Out For Greenwashing*. <https://earth.org/greenwashing-companies-corporations/> adresinden 25 Aralık 2025 tarihinde erişildi.
- Şahin, S. (2024). Türkiye’de Sürdürülebilir Ekonomiye Geçişte Uygulanabilecek Para ve Kredi Politikaları. *Maliye ve Finans Yazıları*, 38(122), 157-186.
- Şahin, S. (2025). *Şirketlerin ve Bankaların Derecelendirme ve Bağımsız Denetim Süreçlerinde Revizyon İhtiyacı*. <https://sinansahinphd.blogspot.com/2025/06/sirketlerin-ve-bankalarin-derecelendirme.html> adresinden 20 Aralık 2025 tarihinde erişildi.
- Schneider-Maunory, G. (2023). *Is Greenwashing a Definition or Only an Hinderance of Sustainable Finance ?* SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4507184 27 adresinden 27 Aralık 2025 tarihinde erişildi.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2025). *Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2023*. Haber Bülteni.
- U.S. Securities and Exchange Commission. (2023). *Deutsche Bank Subsidiary DWS to Pay \$25 Million for Anti-Money Laundering Violations and Misstatements Regarding ESG Investments*. <https://www.sec.gov/newsroom/press-releases/2023-194> adresinden Aralık 2025 tarihinde erişildi.
- Vílchez, V. F., Gil, J. V., & Perales, I. S. (2021). How does Greenwashing Influence Managers’ Decision-Making? An Experimental Approach under Stakeholder View. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 28(2), 860-880.
- Wang, Z.-R., Fu, H.-Q., & Ren, X.-H. (2022). The Impact of Political Connections on Firm Pollution: New Evidence Based on Heterogeneous Environmental Regulation. *Petroleum Science*, 20, 636-647.
- Zhang, C., & Zhuang, Y. (2024). Greenwashing in Sustainable Finance: Defining the Problem, Analysing the Drivers and Paths to a Solution. *Proceedings of the 2023 International Conference on Economic Management* (s. 28-39). Financial Innovation and Public Service.

EVALUATING CARBON-COST EFFICIENCY IN FREIGHT TRANSPORT A FINANCIAL AND ENVIRONMENTAL COMPARISON OF RAIL AND ROAD

Tara Nyatichi Mongina NYAMWARO

Istanbul University - Cerrahpaşa, Graduate School,

Civil Engineering Department, M.Sc Candidate

tnyamwaro@ogr.iuc.edu.tr

Prof. Dr. Niyazi Özgür BEZGİN

Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering,

Civil Engineering Department

ozgur.bezgin@iuc.edu.tr

ABSTRACT

The decarbonisation of the freight sector represents a critical challenge for achieving global sustainability goals. This research provides a direct comparative analysis between railway and heavy-duty road trucking, investigating the intricate relationship between financial costs and carbon emissions in freight transport. The methodology establishes a novel cost-emission efficiency ratio, calculating direct logistics costs, including vehicle, fuel, toll, and labour, alongside the associated carbon cost per ton-kilometre for each transport mode.

For quantitative analysis, data was synthesised from Turkish State Railways (TCDD) operational statistics, financial reports were obtained from highway freight operators, and internationally recognised emission factor databases were used for the assessments. Guided by transportation engineering and life-cycle assessment principles, the analysis clearly demonstrates that rail transport offers substantially superior carbon-cost efficiency compared to road haulage, particularly for long-distance and bulk freight shipments. This performance gap is attributed to the inherent energy efficiency and economies of scale afforded

by rail systems. Furthermore, the study employs scenario-based modelling to quantify the transformative impact of potential future carbon pricing mechanisms on the total cost competitiveness of each mode. The modelling results indicate that the internalisation of carbon costs would significantly amplify the economic advantage of rail freight. The findings offer concrete evidence for sustainable transport policy, leading to the conclusion that strategic railway infrastructure investments, corridor upgrades, and green logistics incentives are crucial to accelerating a modal shift from road to rail. Such policies are not only an environmental imperative but also financially prudent strategies for enhancing resource efficiency and ensuring long-term economic resilience in a carbon-constrained future.

Keywords: Freight transport decarbonisation, carbon-cost efficiency, rail freight, road freight, modal shift.

ÖZET

Yük taşımacılığı sektörünün karbonsuzlaştırılması, küresel sürdürülebilirlik hedefleri için en önemli zorluklardan biridir. Bu araştırma, demiryolu ve karayolu ağır yük taşımacılığı arasında doğrudan bir karşılaştırma sunarak, taşıma modlarının finansal maliyetleri ile karbon emisyonları arasındaki iç içe geçmiş ilişkiyi incelenmektedir. Çalışmanın metodolojisi, her bir taşıma modu için ton-kilometre başına doğrudan lojistik maliyetleri (araç, yakıt, ücret, işçilik) ve ilişkili karbon maliyetini hesaplayan bir maliyet-emisyon verimlilik oranı geliştirmiştir. Nicel analiz için kullanılan veriler, Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) istatistikleri, karayolu yük taşıma operatör raporları ve uluslararası geçerliliği olan emisyon faktörü veritabanlarından sentezlenmiştir. Ulaştırma mühendisliği ve yaşam döngüsü değerlendirmesi ilkeleri ışığında yapılan analiz sonuçları, özellikle uzun mesafeli ve dökme yük taşımacılığında, demiryolu taşımacılığının karayoluna kıyasla önemli ölçüde daha üstün bir karbon-maliyet verimliliği sunduğunu net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu performans farkı, demiryolunun enerji verimliliği ve ölçek ekonomisi avantajlarından kaynaklanmaktadır. Çalışma ayrıca, gelecekte yaygınlaşması beklenen karbon fiyatlandırma mekanizmalarının her bir modun toplam maliyet rekabet gücü üzerindeki dönüştürücü etkisini senaryo bazlı bir modelleme ile ölçmektedir. Model sonuçları, karbon maliyetlerinin içselleştirilmesi halinde demiryolunun ekonomik avantajının daha da belirginleşeceğini göstermektedir. Ulaşılan bulgular, sürdürülebilir ulaşım politikaları için somut kanıtlar sunmaktadır. Stratejik

demiryolu altyapı yatırımlarının, koridor iyileştirmelerinin ve yeşil lojistik teşviklerinin, yükün mod değiştirerek demiryoluna kaymasını hızlandırmak için kritik öneme sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu tür politikalar, yalnızca çevresel bir zorunluluk değil, aynı zamanda kaynak verimliliği ve uzun vadeli ekonomik dayanıklılık açısından da finansal açıdan isabetli stratejilerdir.

Anahtar Kelimeler: Yük taşımacılığında karbonsuzlaşma, karbon-maliyet verimliliği, demiryolu yük taşımacılığı, karayolu yük taşımacılığı, mod kayması.

INTRODUCTION

Global logistics and freight transportation constitute the backbone of international trade and economic development, and simultaneously they are a dominant and a growing source of greenhouse gas (GHG) emissions. The sector accounts for approximately 10% of global CO₂ emissions, with road freight being the largest contributor within the transport domain (International Transport Forum (ITF), 2023). (ITF Transport Outlook, 2023). In Türkiye; a pivotal logistics corridor bridging Europe and Asia, the freight transportation landscape is dominated by road haulage, which commands over 85% of the modal share in domestic freight tonnage, while rail transport lags at less than 5% (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2023). This heavy reliance on road transport creates significant economic vulnerabilities due to volatile fuel prices and imposes substantial environmental costs, undermining national and international climate commitments.

The consequences of this road dependency are not evenly distributed but create critical regional bottlenecks. A stark example is the southwestern Mediterranean coast, a region encompassing Antalya and Muğla, which contributes approximately 5% to the national GDP through tourism and agriculture but remains entirely disconnected from the national railway network (Nyamwaro, T. N. M., Türkakın, O. H., & Bezgin, N. Ö., 2025). This forces a complete reliance on road freight, leading to higher logistics costs, increased congestion, and elevated greenhouse gas emissions for one of the country's most productive economic zones. This case exemplifies the systemic, nationwide need for a rigorous re-evaluation of modal competitiveness based on full societal cost.

The imperative to decarbonise the freight sector necessitates a rigorous, evidence-based comparison of available modes. While rail transport is often

cited for its superior environmental performance, its perceived higher initial costs and operational inflexibility have hindered its market share growth. Conversely, the apparent flexibility and door-to-door service of road transport masks its true societal cost when environmental externalities are excluded from financial calculations. This disconnects between private logistics costs and public environmental costs forms the central problem addressed in this study.

This paper aims to develop and apply an integrated analytical framework to evaluate the true carbon-cost efficiency of rail versus road freight in the Turkish context. The primary objective is to establish a quantifiable metric, the Cost-Emission Efficiency Ratio (CEER), that synthesises direct operational expenses with the monetised cost of carbon emissions on a per-tonne-kilometre basis. A secondary objective is to model the sensitivity of this efficiency to future carbon pricing policies, thereby providing forward-looking insights for infrastructure planning and policy formulation. The significance of this work lies in its potential to inform national transport strategy, demonstrating that investments in rail are not merely an ecological choice but a strategic economic decision for long-term resilience and competitiveness. By grounding the analysis in empirical Turkish data, this study provides a replicable model for other emerging economies facing similar decarbonisation challenges in their freight sectors.

2. METHODOLOGY AND DATA

2.1. Analytical Framework: The Cost-Emission Efficiency Ratio (CEER)

This study introduces the Cost-Emission Efficiency Ratio (CEER) to holistically compare the two modes. The CEER is defined as the sum of direct logistics costs (C_{direct}) and monetised carbon costs (C_{carbon}) per unit of freight work performed (tonne-kilometre, tkm).

$$CEER (TL/tkm) = \frac{C_{direct} + C_{carbon}}{\text{Freight Volume (tonnes)} \times \text{Distance (km)}}$$

Direct Logistics Costs (C_{carbon}) were calculated for a standardised haulage operation over a 500 km corridor (representative of routes such as Istanbul-Eskişehir or Konya-Adana). For road transport, costs include fuel consumption (based on average litres per 100 km for a 40-tonne truck), driver salaries, toll fees (via HGS/UGS), vehicle maintenance, insurance, and depreciation. For rail transport, costs were derived from TCDD Taşımacılık A.Ş. tariff guidelines and

operational reports, encompassing traction energy (diesel/electric), locomotive and wagon leasing, crew costs, and track access charges, TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2023 Tarife ve Ücret Cetvelleri.)

Carbon Costs (C_{direct}) were calculated by first determining the CO₂-equivalent emissions (kg CO₂-eq.) per ton-km for each mode using Tier 2 emission factors from the European Environment Agency (EEA) and verified against Türkiye's national inventory reports (European Environment Agency (EEA), 2023). These emissions were then monetised using two carbon price benchmarks: (i) the current average price in the EU Emissions Trading System (EU ETS), and (ii) the projected Social Cost of Carbon (SCC) as recommended by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) for policy analysis (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022).

2.2. Data Sources

The analysis synthesises data from multiple primary and secondary sources:

- **Railway Data:** Operational statistics, average train loads, and energy consumption data from TCDD and TCDD Taşımacılık A.Ş. annual reports, 2021-2023) (T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, 2023 Demiryolu Sektör Raporu., TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü., 2023 Tarife ve Ücret Cetvelleri).
- **Road Freight Data:** Market-based cost structures from the Association of International Road Transport Carriers (UND) reports, fuel consumption standards from the Ministry of Transport and Infrastructure, and toll fee schedules from the General Directorate of Highways (KGM) [9].
- **Emission Factors:** Default emission factors for diesel combustion in heavy-duty trucks and diesel-electric locomotives were sourced from the EEA EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (Janic, M., 2007). A sensitivity analysis was conducted for electric rail using Türkiye's national grid carbon intensity.
- **Carbon Pricing:** Current and historical EU ETS carbon allowance prices from the ICE Exchange and SCC estimates from the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) and IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022).

2.3. Scenario-Based Modelling

To assess future competitiveness, three carbon pricing scenarios were modelled for the year 2030:

1. **Baseline Scenario:** No explicit carbon price (current implicit subsidy).
2. **Moderate Scenario:** A carbon price of 50 USD/tonne CO₂-eq, aligning with lower-bound 2030 EU ETS projections.
3. **Stringent Scenario:** A carbon price of 100 USD/tonne CO₂-eq, reflecting a higher SCC value and more aggressive climate policy.

For each scenario, the CEER was recalculated, and the relative cost difference between rail and road was analysed.

3. ANALYSIS AND RESULTS

3.1. Baseline Carbon-Cost Efficiency

Under current conditions (excluding an explicit carbon price), the direct logistics cost for road freight was calculated at approximately 0.95 TL/ton-km. For rail freight, the direct cost was 0.38 TL/ton-km. When the carbon emissions (road: ~62 gCO₂-eq./ton-km; rail: ~14 gCO₂-eq/ton-km) are monetised using the current EU ETS price (~85 USD/tonne), the CEER values shift significantly.

- **Road CEER (Baseline):** 1.12 TL/t-km
- **Rail CEER (Baseline):** 0.43 TL/t-km

This result demonstrates that rail transport is approximately 62% more carbon-cost efficient than road transport on the analysed corridor, even before accounting for ancillary externalities like congestion, accidents, and noise pollution.

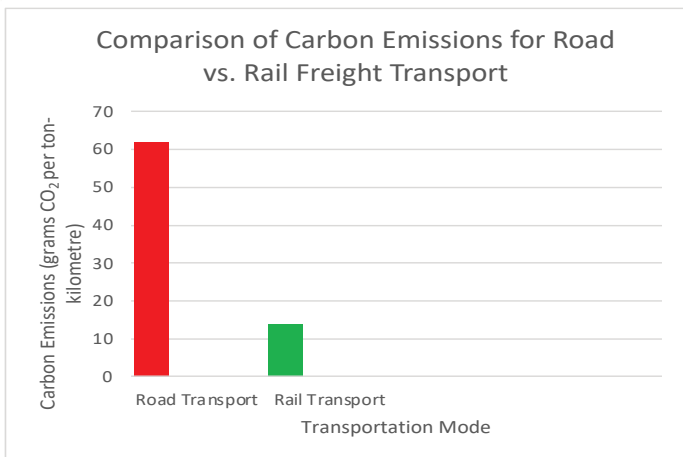


Figure 1. Translated from Railway Transport Association Sectoral Report 2024. <https://dtd.org.tr/wp-content/uploads/2024/12/demiryolu-sektorel-rapor-2024.pdf>

3.2. Impact of Carbon Pricing Mechanisms

The scenario modelling reveals the transformative potential of carbon pricing. Table 1 presents the CEER for each mode under the three defined scenarios.

Table 1: Cost-Emission Efficiency Ratio (CEER) Under Different Carbon Price Scenarios

Transport Mode	Direct Cost (TL/ton-km)	CEER – Base-line (TL/ton-km)	CEER - 50 USD/t CO ₂ -eq. (TL/ton-km)	CEER - 100 USD/t CO ₂ -eq. (TL/ton-km)
Road Freight	0.95	1.12	1.24	1.36
Rail Freight	0.38	0.43	0.46	0.49
Rail Advantage	~60% lower	~62% lower	~63% lower	~64% lower

The analysis shows that as carbon prices rise; the absolute cost advantage of rail expands. In the stringent scenario (100 USD/tonne), the total cost per tonkm for road freight increases by over 21% compared to its direct cost, whereas rail

freight's cost increases by only 13%. This divergence underscores the economic vulnerability of a road-dependent freight system in a carbon-constrained future.

3.3. Sensitivity to Operational Factors

A sensitivity analysis was performed on key parameters. The rail advantage is most pronounced for:

- **Longer Haul Distances (>300 km):** Rail's fixed terminal costs are amortised over greater distances.
- **Higher Load Factors:** Rail unit train operations achieve superior economies of scale.
- **Electrification of Railways:** Using Türkiye's current grid mix, electric rail operations further reduce the carbon footprint by up to 40%, dramatically improving the CEER.

Conversely, road freight shows slightly better CEER only for very short hauls (<100 km) with low load factors, highlighting its niche in last-mile delivery rather than long-haul corridor movement.

4. POLICY IMPLICATIONS FOR TÜRKİYE

The results provide unambiguous evidence supporting a strategic shift towards rail freight. The superior and more resilient carbon-cost efficiency of rail translates into several critical policy implications for Türkiye:

1. **Infrastructure Investment Prioritisation:** Public investment should be strategically directed towards rail corridor upgrades, particularly in completing missing links, electrifying mainlines, and developing high-capacity intermodal terminals. The CEER model provides a robust justification for high-priority projects, such as connecting the economically vital but isolated southwestern coast to the network via Konya or Isparta, a connection identified as critically needed in recent regional studies (Nyamwaro, T. N. M., Türkakın, O. H., & Bezgin, N. Ö. (2025). The cost-benefit analysis of such investments must include avoided carbon costs to reflect their true value.
2. **Green Logistics Incentives:** Fiscal policy can accelerate the modal shift. This could include: (i) differentiated tolling systems for trucks based on emission standards, (ii) subsidies or tax breaks for companies that utilise

rail for a percentage of their logistics, and (iii) the establishment of a national carbon pricing mechanism or alignment with the EU Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) for exported goods.

3. **Integrated Network Planning:** The development of rail should not be viewed in isolation. Policies must promote inter-modality, ensuring seamless transfer between ship, rail, and truck. This includes standardising loading units and digitalising freight documentation across modes. Creating inland “dry ports” or logistic villages in key agricultural regions like Antalya, connected by rail, would directly address the inefficiencies highlighted in regional analyses (Nyamwaro, T. N. M., Türkakın, O. H., & Bezgin, N. Ö. (2025).
4. **Capacity Building and Operational Efficiency:** Investment in TCDD’s operational capacity—including modernised rolling stock, advanced traffic management systems, and workforce training, is essential to realise the theoretical efficiency gains demonstrated in this study.

A limitation of this study is its focus on a per-tonkm operational analysis. A full life-cycle assessment (LCA) encompassing infrastructure construction, vehicle manufacturing, and end-of-life recycling would provide an even more comprehensive picture. Furthermore, the analysis of congestion and accident externalities, while acknowledged, was not fully monetised in this iteration.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study confirms the hypothesis that rail freight offers a substantially superior carbon-cost efficiency compared to road haulage in the Turkish context. The introduced Cost-Emission Efficiency Ratio (CEER) provides a practical tool for policymakers and logistics operators to make informed comparisons that internalise environmental externalities. The scenario modelling conclusively shows that the economic case for rail strengthens as carbon pricing becomes a reality, making road-dependent logistics increasingly financially risky.

The following specific recommendations are made:

- **For the Ministry of Transport and Infrastructure:** Revise national transport master plans (e.g., Ulaştırma Ana Planı) to include carbon cost internalisation as a core evaluation criterion for all major infrastructure projects.
- **For TCDD and Logistics Operators:** Develop and market green

logistics products based on verified carbon savings, targeting export-oriented industries sensitive to mechanisms like the EU CBAM.

- **For Future Research:** Expand the CEER model to include a full LCA, incorporate other externalities (congestion, accidents), and apply the model to specific commodity flows (e.g., containerised goods, bulk minerals, perishable agricultural products) to develop tailored modal shift strategies.

In conclusion, accelerating the modal shift from road to rail is not merely an environmental obligation under the Paris Agreement; it is a strategic economic imperative for enhancing Türkiye's logistics competitiveness, insulating its economy from fuel price volatility, and building a resilient, low-carbon future.

REFERENCES

- European Environment Agency (EEA). (2023). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- International Transport Forum (ITF). (2023). *ITF Transport Outlook 2023*. OECD Publishing. https://www.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2023_b6cc9ad5-en
- Janic, M. (2007). Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(1), 33-44. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2006.10.004>
- Nyamwaro, T. N. M., Türkakın, O. H., & Bezin, N. Ö. (2025). A quantitative evaluation of the need for connecting the southwest coast of Türkiye to the national railway network. In *Proceedings of the 2nd Rail Systems Congress and Exhibition*, Eskişehir, Türkiye. <https://bit.ly/3Mr99CR>
- Rizet, C., & Keita, M. (2005). *Costs of air pollution from the transport sector in Türkiye*. The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2005/01/16622337/costs-air-pollution-transport-sector-turkey>
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü. (2023). *2023 Demiryolu Sektör Raporu*.
- TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü. (2023). *Tarife ve Ücret Cetvelleri*.
- Türkiye Karayolu Taşımacıları Derneği (UND). (2023). *Karayolu Yük Taşımacılığı Piyasa Analizi Raporu*.

NIŞASTA SEKTÖRÜNDE DOĞRUDAN SERA GAZI EMİSYONLARININ BELİRLENMESİ VE AZALTI MAS I İÇİN GELİŞTİRİLEN YÖNTEMLER

Ayşenur FARIMAZ

*Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı,
Umuttepe-Kocaeli, Türkiye
aysenurmesa@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-6061-7025>*

Prof. Dr. Sevil VELİ

*Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Bölümü,
sevilv@kocaeli.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-5191-4350>*

ÖZET

Son yılların en popüler gündem maddelerinden biri olan iklim değişikliği ve küresel ısınma, dünyadaki yaşamı tehdit eden en büyük unsurlardan biridir. Bu sebeple iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya sebep olan sera gazı emisyonlarının belirlenmesi ve azaltılması için önleme çalışmalarının yapılması ihtiyacı doğmuştur. Mısır nişastası ve nişasta bazlı şekerler şu anda Türkiye’de mısırın işlenmesinden elde edilen iki önemli ‘sanayi ara maddesi’ olarak kullanılmaktadır. Mısır nişastası; oluklu mukavva, kağıt, tekstil, gıda (çorba, lokum, unlu mamuller), tutkal ve yapıştırıcı gibi sanayilerde kullanılır. Nişasta bazlı şekerler ise; şekerlemeler ve şekerli maddeler, unlu mamuller, baklava, helva, dondurma, reçel, alkollü ve alkolsüz içecekler ve sakız sanayilerinde kullanılmaktadır. Nişasta üretiminde oluşan yan ürünler gluten, mısır özü ve mısır kepeği

de yem ve yağ sanayiinde kullanılmaktadır. Bu ürünler üretilirken prosesin bazı aşamalarında ısı enerjisi ihtiyacı doğmaktadır. Bu sebeple endüstride doğalgaz ve kömür yakıtlı kazanlar kullanılmaktadır. Dolayısıyla doğrudan sera gazı emisyonlarına sebep olacak birçok faktör bu sektörde yer almaktadır.

Bu çalışma nişasta endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmanın sera gazı emisyonlarının belirlenmesi ve azaltılmasına yönelik önlemlerin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Temel yıl 2024 yılı baz alınarak gerçekleştirilen çalışmada, doğrudan sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Emisyona neden olan kaynaklar yerinde yapılan incelemelerle belirlenmiş, ardından firmadan temin edilen veriler kullanılarak ISO 14064-1 standardı kapsamında hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar sonucunda işletmenin toplam doğrudan sera gazı emisyonu 58.893,18 ton CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda, işletmenin doğrudan sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik çeşitli önlemler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nişasta, sera gazı, emisyon.

ABSTRACT

Climate change and global warming, one of the most popular agenda items of recent years, are one of the biggest threats to life on earth. For this reason, there is a need to carry out prevention studies to identify and reduce greenhouse gas emissions that cause climate change and global warming. Corn starch and starch-based sugars are currently used as two important 'industrial intermediates' obtained from corn processing in Turkey. Corn starch is used in corrugated cardboard, paper, textiles, food (soup, Turkish delight, bakery products), glue and adhesives, and starch-based sugars are used in candies and sugary substances, bakery products, baklava, halva, ice cream, jam, alcoholic and non-alcoholic beverages, and chewing gum industries. Starch-based sugars are preferred because they ensure that the product has a suitable shelf life. Gluten, corn germ and corn bran, by-products of starch production, are also used in the feed and oil industries. While producing all these products, serious heat energy is required at some stages of the process. For this reason, natural gas and coal-fired boilers are used in the industry. Consequently, many factors that directly contribute to greenhouse gas emissions are present in this sector.

This study aims to develop methods for determining and reducing greenhouse gas emissions of a company operating in the Starch Industry. Direct greenhouse gas emissions were calculated in the study, which will be carried out

using 2024 as the base year. Before starting the calculation, a site visit were made to the company to determine the sources that may cause emissions. In order to make the calculation, the necessary information, documents and data will be reviewed and the company's total direct greenhouse gas emission amount will be expressed in units of carbon dioxide equivalent by making calculations within the scope of the ISO 14064-1 standard.

By determining the direct greenhouse gas emissions of the company, the current situation will be determined and examples will be given on what kind of prevention efforts can be made to reduce these greenhouse gas emissions. Because reducing greenhouse gases is not only an environmental responsibility but also an economic and social necessity, and is vital for limiting the effects of climate change and building a sustainable future.

This study demonstrates methods that can be applied to determine and reduce direct greenhouse gas emission amounts in a starch industry.

Keywords: Starch, Greenhouse Gas, Emission.

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler, sanayileşme süreci, hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların kontrolsüz kullanımı, küresel iklim değişikliğinin meydana gelmesine sebep olmuştur. İklim değişikliği; küresel sıcaklık artışına, yağış rejimlerinde düzensizliğe, aşırı hava olayları, sera gazlarının atmosferde birikmesine neden olmaktadır. Uluslararası toplum iklim değişikliği ile mücadele kapsamında sera gazı emisyonlarının azaltılmasını önemli bir hedef olarak belirlemiştir. 1990'lı yıllardan itibaren küresel bir gündem maddesi haline gelen sera gazı emisyonu için uluslararası düzeyde birçok çalışma yürütülmektedir. Bu çalışmalardan biri 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü'dür. Bu protokol iklim değişikliği ile mücadelede bir dönüm noktası olarak kabul edilir ve amacı ülkelerin karbon salınımını azaltması gerektiğidir. Aynı zamanda karbon salımlarını hesaplamak için ülkelere emisyon salım kotaları getirildiği belirtilmiştir (United Nations,1997). 2015 yılında imzalanan Paris iklim anlaşması ile dünyadaki, ülkelerin tamamına yakını, sera gazı emisyonlarının ve küresel ısınmanın azaltılması için birtakım taahhütlerde bulunmuştur. Bu iki anlaşma iklim sorununun çözülmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Yaşayabileceğimiz başka bir gezegenin olmadığı aşikardır ve hiçbir devletin çevre sorunlarına karşı bağışıklığı yoktur. Bu sebeple de Kyoto Protokolü ile başlayan ve günümüzde son halini alan Paris iklim anlaşması ile atılan adımlar neticesinde, ülkeler, sektörlere karbon ayak

izi hesaplamalarına gereken önemin vermesi gerektiğini vurgulamıştır (United Nations,1997; United Nations, 2015).

Karbon ayak izi, bir kişinin, kurumun, hizmetin veya ürünün yaşam döngüsü boyunca doğrudan ve dolaylı olarak atmosfere saldığı toplam sera gazı miktarını birim karbondioksit cinsinden ifade edilmesidir (Wiedmann, 2008).

1. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışmanın oluşmasında makaleler, yurt dışı kaynakları, bilimsel dergiler incelenmiştir. Yapılan alıntılar aşağıdaki bölümlerde anlatılmıştır.

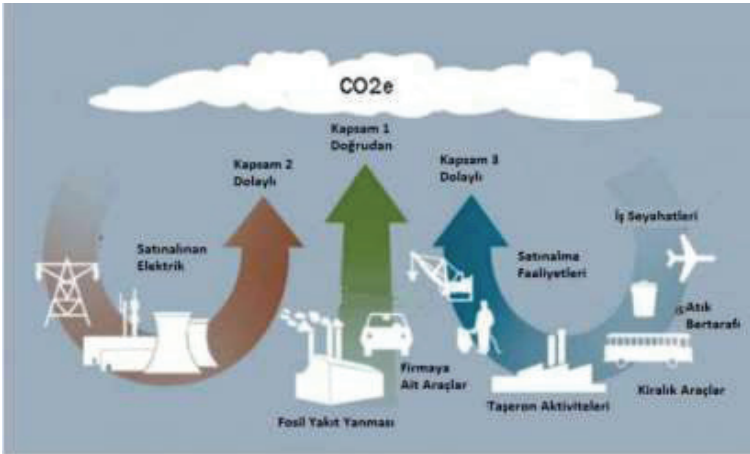
1.1. Sera Gazları:

14064 standardına göre sera gazı, dünya yüzeyindeki atmosferden ve bulutlardan yayılan, kızılötesi radyasyon, spektrum aralığında belirli dalga boylarındaki ışımayı soğuran ve salınmasını sağlayan, atmosferin hem doğal hem de antropojenik (insan kaynaklı) gaz halindeki bileşen ifade etmektedir. Bu gazlar aşağıda sıralanmıştır.

CO₂ : Karbondioksit CH₄ : Metan

N₂O : Diazot Monoksit HFC : Hidroflorakarbonlar PFC : Perflorakarbonlar SF₆ : Kükürt heksaflorür

Su buharı (H₂O) ve ozon (O₃) hem antropojenik hem de doğal sera gazlarıdır. Bununla birlikte çoğu zaman bu iki gazın atmosferdeki varlığında insan etkisinin payını belirlemekle ilişkili zorluklardan dolayı sera gazı olarak tanımlanmamaktadır.



Şekil 1. Sera gazı kaynakları(WRI & WBCSD, 2011)

Kapsam 1 Doğrudan sera gazı emisyonları:

Kapsam 1 emisyonları, sahip olunan veya kontrol edilen varlıklarda (binalar, araçlar, ekipmanlar) yakılan yakıttan kaynaklanan doğrudan emisyonlardır. Başka bir deyişle, şirket düzeyinde bir faaliyet veya faaliyetlerin doğrudan bir sonucu olarak atmosfere salınırlar. Kapsam 1 emisyonlarına genellikle doğrudan emisyonlar denmesinin nedeni budur. Kapsam 1 ayrıca kimyasal ve soğutucu akışkan sızıntıları gibi kaçak emisyonları da içerir (IPCC, 2006).

Kapsam 2 emisyonları, binalarda ve üretim süreçlerinde satın alınan elektrik, buhar, ısı ve soğutmadan kaynaklanan emisyonlardır. Örneğin, elektrikli filo araçları için çalıştırdıkları elektriğin üretiminden kaynaklanan emisyonlar bu kategoriye girer (IPCC,2006).

Kapsam 3 emisyonları ise, bir şirketin operasyonlarıyla ilişkili tüm diğer dolaylı emisyonları; Kapsam 1 ve 2 sınırları içinde olmayan tüm kaynakları içerir ve bir şirketin karbon ayak izine en önemli katkıyı temsil eder. Kapsam 3 emisyonlarına şu örnekleri verebiliriz:

- *İş seyahati (örneğin hava yolculuğu)
- *Evden işe işten eve günlük yapılan yolculuk
- *Operasyonlarda ve atık bertarafında oluşan atıklar
- *Satın alınan mal ve hizmetler
- *Tedarikçilere ve müşterilere bağlı nakliye ve dağıtım
- *Sermaye malları, yatırımlar ve bayilikler
- *Kiralanan varlıklar
- *Satılan bir ürün veya hizmetin kullanımından kaynaklanan emisyonlar

Yukarıda belirtilen kapsam emisyonlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi, sera gazı kaynaklarının daha doğru bir şekilde belirlenmesini ve etkili azaltma stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu yaklaşım, sürdürülebilir çevre yönetimi ve iklim değişikliğiyle mücadelede kurumlara önemli bir yol haritası sunmaktadır (United Nations, 2015).

Sera gazı emisyonlarına sebep olan sektörlerin başında enerji sektörü olduğu bilinmektedir. Ulaştırma ve tarım sektörü de yine sera gazı emisyonlarının önemli bir payını oluşturmaktadır. Aşağıdaki tabloda sektörlere göre sera gazı dağılımları verilmiştir.

Tablo 1. Sektörlere göre emisyon yüzdeleri (Statista,2025)

Sektör	Pay (%)
Enerji	28
Ulaştırma	16
Sanayi	12
Tarım	13
Binalar ve Hizmetler	6
Atık ve Diğer	3
Arazi Kullanımı / Orman	22

1.2. Emisyon Envanteri

Emisyon envanteri oluşturma süreci, sera gazı salımlarının bilimsel temellere dayalı olarak hesaplanmasını, sınıflandırılmasını ve raporlanmasını içeren çok aşamalı bir yöntemsel yaklaşımdır. Bu süreç, atmosferdeki emisyonların hangi kaynaklardan, hangi oranlarda ve hangi zaman aralıklarında ortaya çıktığını sayısal olarak belirlemeye olanak tanır. Doğru bir emisyon envanteri, yalnızca iklim politikalarının değil aynı zamanda enerji planlaması, hava kalitesi yönetimi ve karbon ticareti gibi çok sayıda stratejik alanın temelini oluşturur (Bang ve Khue, 2019).

Emisyon envanterlerinin güvenilirliği büyük ölçüde kullanılan verilerin doğruluğuna ve zamansal tutarlılığına bağlıdır. Veri kaynağının türü, güncelliği, ölçüm sıklığı ve kapsamı envanterin doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Eksik veya düzensiz veri kullanımı, sera gazı raporlamalarında belirsizliklerin artmasına ve sonuçların güvenilirliğinin azalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle günümüzde emisyon envanteri çalışmaları hesaplama süreçlerinin yanı sıra izleme, doğrulama ve kalite kontrol mekanizmalarıyla desteklenmektedir (Li ve ark.,2019)

1.3. IPCC Kılavuzları

İklim değişikliği ile mücadelede sera gazı emisyonlarının doğru biçimde izlenebilmesi ve raporlanabilmesi için ülkelerin ortak metodolojiler çerçevesinde hareket etmesi gerekmektedir (Coşkun ve Doğan, 2021). Bu kapsamda,

hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), tüm dünyada kabul gören sera gazı envanteri hesaplama sistematikliğini sunan temel kurumsal yapı olarak öne çıkmaktadır. IPCC'nin yayımladığı teknik kılavuzlar, ülkelerin ulusal sera gazı envanterlerini oluştururken kullanabilecekleri bilimsel tabanlı metodolojileri standartlaştırmakta ve karşılaştırılabilir hale getirmektedir (Kurnuç Seyhan ve Çerçi, 2022). IPCC Kılavuzları (Guidelines), emisyonların kaynağına göre sınıflandırılması, hesaplanması ve raporlanması için yöntem düzeyleri sunmaktadır (IPCC,2018).

1.4. Nişasta Sektöründe Başlıca Emisyon Kaynakları

Nişasta sektörü, tarımsal üretim ve endüstriyel işleme aşamalarında yoğun enerji girdisi gerektirmesi nedeniyle çevresel etkileri yüksek sektörler arasında yer almaktadır. Sera gazı emisyonlarının önemli bir bölümü, fosil yakıtlara dayalı tarımsal mekanizasyon uygulamaları, azotlu gübre kullanımı ve enerji yoğun üretim süreçlerinden kaynaklanmaktadır. Türkiye’de nişasta ve şeker bitkileri üretimi üzerine yapılan uzun dönemli analizler, bu alanın hem üretim yapısı hem de çevresel performans açısından önemli dönüşümler geçirdiğini göstermektedir. Özellikle nişasta bazlı ürünlerde (patates, mısır vb.) üretim süreçleri yüksek miktarda su, enerji ve kimyasal girdi kullanımı gerektirmektedir. Çalışkan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalar, nişasta bitkilerinde üretim deseni ve uygulanan tekniklerdeki değişimlerin çevresel etkiler üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir. (Çalışkan, Söğüt, Demirel, ve Arıoğlu, 2015; Çalışkan, Demirel, Aksoy, ve Arıoğlu, 2020). Özellikle, verimi artırmak adına artan gübre ve pestisit kullanımı, sadece tarımsal kaynaklı CO₂ değil, aynı zamanda CH₄ ve N₂O gibi sera gazlarının da atmosfere salınmasına neden olmaktadır.

2. ÇALIŞMANIN AMACI VE YÖNTEM

Bu çalışma nişasta endüstrisinde faaliyet gösteren bir firmanın doğrudan sera gazı emisyonlarının belirlenmesini ve emisyonların azaltılmasına yönelik yaklaşımların değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Temel yıl olarak 2024 yılı esas alınmış ve işletmenin doğrudan sera gazı emisyonları hesaplanmıştır. Emisyona neden olan kaynaklar yerinde yapılan incelemelerle belirlenmiş, gerekli bilgi, belge ve veriler işletmeden temin edilmiştir. Bu veriler kullanılarak ISO 14064-1 standardı kapsamında hesaplamalar gerçekleştirilmiş ve işletmenin toplam doğrudan sera gazı emisyonu karbondioksit eşdeğeri (CO₂ e) cinsin-

den ifade edilmiştir. Hesaplama sonuçları doğrultusunda mevcut durum ortaya konulmuş ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik uygulanabilir önleme ve iyileştirme seçenekleri değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

ISO 14064-1 standardı kapsamında sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında ilk adım, kuruluş sınırlarının belirlenmesidir. Seçilen Nişasta Fabrikası, sadece Marmara Bölgesinde yer alan tek bir adet tesisten oluşmakta olup herhangi başka bir şubesi bulunmamaktadır. Bu nedenle tek bir fabrikada doğrudan sera gazı emisyonları çalışma kapsamına alınmıştır.

Kuruluş sınırlarının belirlenmesinin ardından, ISO 14064-1 standardına göre sera gazı emisyonlarının doğrudan ve dolaylı olarak sınıflandırılması gerekmektedir. Bu doğrultuda, çalışmanın hesaplama sınırı kapsam 1 doğrudan sera gazı emisyonları ile sınırlandırılmıştır.

Dolaylı Emisyon Kapsamına dahil olan her türlü iş ve işlemler bu çalışmanın konusu değildir. Ulaşımdan kaynaklanan dolaylı SGE, kuruluş sınırları tarafından kullanılan ürünler ve hizmetlerden kaynaklı SGE, kuruluş tarafından üretilen ürünlerin üretim sonrası, diğer kaynaklardan ortaya çıkan DSGE faaliyetlerini kapsamamaktadır.

Firmanın faaliyet verileri ve emisyon faktörleri belirlenerek yapılan hesaplamalar ile bulunan sonuçlar aşağıdaki tabloda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 2. Faaliyet Verileri

Faaliyet Verisi	Miktar	Faaliyet Birimi
Doğalgaz Tüketimi	3.894.325,05	sm ³
Kömür Tüketimi	42.304.415	kg
Jeneratörler	18,09	ton
LPG Tüpleri	0,273	ton
Kepçe	14,92	litre
Forklift	6515,25	litre
Şirkete Ait Araçlar - Motorin	12.121,32	litre
Şirkete Ait Araçlar - Benzin	16.019,46	litre

Tablo 2’de firmanın yıllık yakıt ve enerji tüketim miktarları birimleriyle birlikte verilmiştir. Şirkete ait benzin ve motorin kullanan araçlar, tesiste kullanılan motorinli iş makineleri, şirket içerisinde tüketilen toplam doğalgaz miktarı, kullanılan kömür miktarları, kullanılan yangın tüplerindeki CO₂ miktarları ve halihazırda bulunan jeneratör kullanımlarına ilişkin veriler Kapsam 1 doğrudan sera gazı emisyonları kapsamında ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiştir. Sera gazı emisyonu hesaplaması yaparken dikkat edilmesi gereken üç önemli gaz CO₂, CH₄ ve N₂O dur.

ISO 14064-1 standardı gereği, sera gazı hesaplamalarında mümkün olan durumlarda kuruluşa özgü, doğrulanabilir ve belgelenmiş verilerin kullanılması tercih edilmiştir. Bu kapsamda, IPCC varsayılan (default) değerleri, yalnızca firma-özel verilerin mevcut olmadığı durumlarda kullanılmak üzere referans kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, elde edilen bulgular Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Doğrudan Sera Gazı Emisyon Değerleri

Sabit Yanma Emisyonları	Doğalgaz Kazanı	Kömür Kazanı	Jeneratörler	LPG Tüpleri	-	Toplam
Sera gazı miktarları (ton CO₂)	7628,02	51.065,85	57,83	0,815		58752,52
Mobil Yanma Emisyonları	Kepçe	Forkliftler	Otomobil Motorin	Otomobil Benzin	-	
Sera gazı miktarları (ton CO₂)	44,48	19,66	32,15	36,25		132,54
Doğrudan						
Sızma/ Kaçaklardan Kaynaklı					Yangın	

Doğrudan Emisyon	Klimalar	Chiller	Buzdolabı	Kompresör	Tüpleri	
Sera gazı						
miktarları (ton CO₂)	1,8	5,86	0,188	0,27	0,0058	8,1238
Toplam Değer (ton CO₂)						58.893,18

SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji, nişasta sektöründe üretim süreçlerinin sürekliliğini sağlayan, ürün kalitesini etkileyen ve üretim maliyetleri üzerinde belirleyici bir role sahip temel girdilerden biridir. Üretimin birçok aşaması yüksek enerji gerektirmektedir. Bu çalışma Türkiye’de bir nişasta firmasının 2024 yılındaki doğrudan sera gazı emisyonunun belirlenmesini ve azaltılmasına yönelik önlemlerin değerlendirilmesini sunmaktadır. İlk olarak sahada bulunan emisyon kaynakları, yerinde yapılan incelemelerle tespit edilmiş ve nişasta sektöründe sera gazı emisyonlarının büyük ölçüde enerji tüketimine bağlı süreçlerden, özellikle buhar üretimi ve yakıt kullanımından kaynaklandığı belirlenmiştir. ISO 14064 standardı yaklaşımı ile hesaplamalar yapılmış toplam doğrudan sera gazı emisyon miktarının 58.893,18 ton CO₂ olduğu hesaplanmıştır. Sabit yanma kaynaklı oluşan emisyonların, 58.752,52 ton CO₂ olduğu, mobil yanma kaynaklı oluşan emisyon miktarının 132,54 olduğu, sızma ve kaçaklardan kaynaklanan emisyon miktarının ise 8,123 ton CO₂ olduğu hesaplanmıştır. Buhar kazanlarında kömür yakıtı kullanımından kaynaklanan CO₂ eşdeğeri emisyonları 51.065,85 olarak hesaplanmıştır. Kömür, toplam doğrudan sera gazı emisyonlarının yaklaşık %87’sini oluşturmaktadır. Diğer ekipmanlardan kaynaklanan emisyonlar görece daha düşük seviyelerde kalmıştır. Doğrudan sera gazı emisyonlarına sebep olan en büyük faktörün sektörel olarak yüksek enerji ihtiyacından doğduğu ve buhar kazanlarında kömür yakıtının kullanılmış olması görülmektedir.

Bu çalışmada, ilgili sera gazı emisyonlarının belirlenmesinin yanı sıra, azaltmak için geliştirilmiş yöntemlerin değerlendirilmesine de yer verilmiştir.

Nişasta sektöründe sera gazı emisyonlarının belirlenmesi, süreçlerin çevresel etkilerinin anlaşılması ve sürdürülebilirlik stratejilerinin belirlenmesi açısından da kritik bir adımdır. Emisyonların belirlenmesi tek başına çevresel iyileştirme gerekletirmez, etkin azaltma yöntemlerinin uygulanması en önemli adımlardan biridir. Enerji verimliliği uygulamaları, yakıt kaynağı dnm, yenilenebilir enerji entegrasyonu ve atık ısı geri kazanım tesisleri gibi yöntemler, sera gazı emisyonlarını azaltmanın yanı sıra enerji maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlamakta dolayısıyla ekonomik sürdürülebilirliği desteklemektedir. Bunların yanında soğutucu gazların ve karbondioksit tüplerinin daha çevreci olan alternatiflerinin kullanılması, araçlarda evre dostu yakıtların kullanılması ve kaçak emisyonların nlenmesine yönelik periyodik bakımların düzenli olarak yapılması sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlayan etkili uygulamalar arasında yer almaktadır. Bu alıma doğrudan sera gazı emisyonuna sebep olan en büyük etkenin kömür kullanımı olduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgudan hareketle sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik önerilebilecek en etkin yöntemlerden birinin yakıt dnm ve temiz enerji kullanımı olarak önerilmektedir. Emisyonların belirlenmesi ve azaltma yöntemlerinin uygulanması, çevresel sürdürülebilirlik yolunda atılan en önemli adımlardan biridir.

KAYNAKÇA ve Atıflar

- Bang, H. Q., ve Khue, V. H. N. (2019). Air emission inventory. In A. Khare (Ed.), *Air Pollution - Monitoring, Quantification and Removal of Gases and Particles* (pp. 1–18). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79928>
- Coşkun, S., ve Doğan, N. A. (2021). Tekstil endüstrisinde karbon ayak izinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 28–35.
- Çalışkan, M. E., Söğüt, T., Demirel, U., ve Arıoğlu, H. H. (2015). Nişasta ve Şeker bitkileri üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi* (ss. 426–449). Ankara.
- Çalışkan, M. E., alıkan, S., Demirel, U., Aksoy, E., ve Arıoğlu, H. H. (2020). Nişasta ve Şeker bitkileri üretiminde mevcut durum ve gelecek. *Türkiye Ziraat Mhendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 439.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2006). *IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* (Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K., Eds.). IGES, Japan. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

- International Organization for Standardization (ISO). (IPCC) (2018). *ISO 14064-1: Greenhouse gases — Part 1 Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. ISO. <https://www.iso.org/standard/66453.html>
- Kurnuç Seyhan, A., ve Çerçi, M. (2022). IPCC Tier 1 ve DEFRA metotları ile karbon ayak izinin belirlenmesi: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi'nin yakıt ve elektrik tüketimi örneği. *Journal of Natural and Applied Sciences / Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 386–397. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1061021>
- Li, Y., Li, M., Cheng, J., Wang, R., Xu, H., ve Zheng, C. (2019). Comparative analysis of inventory compilation methods for ship emissions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 631(3), 032008. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/631/3/032008>
- Statista. (2025). *Global greenhouse gas emissions by sector*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1423179/global-ghg-emissions-by-sector-annual/>
- United Nations. (2015). *Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- United Nations. 1997. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- Erişim: https://unfccc.int/kyoto_protocol
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of carbon footprint. *Ecological Economics Research Trends*, 1, 1–11.
- World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2011). *Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*. Washington, DC.

MICHELIN YEŞİL YILDIZLI RESTORANLARIN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ; TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Görkem TEYİN

Doğuş Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi,

Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü

gteyin@dogus.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-1959-2603>

Arş. Gör. Emir Talha YARDIMCI

Doğuş Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi,

Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü

eyardimci@dogus.edu.tr

<https://orcid.org/0009-0003-9826-7474>

ÖZET

Bu çalışma, sürdürülebilirlik kavramının gastronomi alanındaki yansımalarını inceleyerek restoran değerlendirme sistemlerinde giderek önem kazanan Michelin Yeşil Yıldız uygulamasını kapsamlı biçimde analiz etmektedir. Araştırmada, Yeşil Yıldız ile ödüllendirilen restoranların çevresel duyarlılık, yerel ürün kullanımı, atık yönetimi, enerji verimliliği ve sosyal sorumluluk gibi sürdürülebilirlik kriterlerini hangi yöntemlerle hayata geçirdikleri değerlendirilmektedir. Nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde gerçekleştirilen çalışma, literatür taraması ve örnek olay incelemeleri aracılığıyla Michelin Rehberi'nin sürdürülebilir gastronomiye yönelik standartlarının sektörel dönüşüme olan etkilerini ortaya koymaktadır. Bulgular, Yeşil Yıldız uygulamasının restoranların üretim ve tedarik zinciri politikalarında önemli

değişimler yarattığını, tüketici tercihlerini sürdürülebilirlik ekseninde yeniden şekillendirdiğini ve gastronomi turizmine çevresel duyarlılık temelli yeni bir yönelim kazandırdığını göstermektedir. Bununla birlikte, uygulamanın ölçütlerinin şeffaflığı, küresel ölçekte farklı coğrafyalara uyarlanabilirliği ve işletmeler arasındaki sürdürülebilirlik performansı farklılıkları gibi konuların daha derinlemesine araştırılması gerektiği belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışma, Michelin Yeşil Yıldız uygulamasının sürdürülebilir gastronomi anlayışının yaygınlaşmasına katkı sağladığını ve restoran değerlendirme sistemlerinin çevresel sorumluluk ekseninde yeniden şekillenmesine zemin oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Michelin Rehberi, Yeşil Yıldız, Restoran Derecelendirme, Gastronomi.

ABSTRACT

This study undertakes a comprehensive analysis of the Michelin Green Star initiative, which has emerged as a significant component of contemporary restaurant evaluation systems, by exploring the manifestations of sustainability within the field of gastronomy. The research investigates the mechanisms through which Green Star–designated restaurants operationalize key sustainability criteria—including environmental stewardship, the utilization of locally sourced ingredients, waste reduction practices, energy efficiency measures, and social responsibility initiatives. Employing a qualitative research design, the study draws upon an extensive literature review and selected case studies to elucidate the influence of the Michelin Guide’s sustainability-oriented standards on the transformative dynamics of the gastronomy sector. The findings reveal that the Green Star distinction has catalyzed notable shifts in restaurants’ production processes and supply chain strategies, while simultaneously reshaping consumer preferences around sustainability-focused values and fostering an environmentally conscious trajectory within gastronomy tourism. Nonetheless, the study highlights the need for further scholarly inquiry regarding the transparency of evaluative criteria, the cross-regional applicability of the framework, and the variability of sustainability performance across establishments. Overall, the analysis demonstrates that the Michelin Green Star serves as a driving force in advancing sustainable gastronomy and contributes to the reconfiguration of restaurant evaluation systems around principles of environmental accountability.

Keywords: Sustainability, michelin guide, green star, restaurant ratings, gastronomy.

GİRİŞ

İnsanoğlunun en temel ihtiyacı olan yeme-içme olgusu, günümüzde sürdürülebilirlik başlığı altında sıkça ele alınan ve tartışılan bir konudur. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) hazırladığı 2025 Dünya Gıda Güvenliği ve Beslenme Raporuna göre, 2024 yılında yaklaşık 673 ile 720 milyon insanın (küresel nüfusun yüzde 7,8 ile 8,8'i) açlıkla karşı karşıya kaldığı tahmin edilmektedir. Raporda ayrıca yükselen gıda fiyatlarının özellikle düşük gelirli kesimleri etkileyerek sağlıklı beslenme imkanlarını kısıtladığı, iklim değişikliğinin etkisiyle kuraklık ve su sıkıntılarının tarımsal üretimi olumsuz etkilediği, dünya nüfusunun %10,1'inin (yaklaşık 828 milyon insan) şiddetli düzeyde besin güvensizliği yaşadığı ve en çok Afrika ile Batı Asya'da açlık oranlarının arttığı belirtilmiştir (FAO, 2025). Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun hazırladığı "Sürdürülebilir Kalkınma İçin 2030 Ajandası" kapsamında "açlığın sona erdirilmesi ve sürdürülebilir tarımın desteklenmesi", "temiz suya erişim ve hijyenik koşulların iyileştirilmesi", "sürdürülebilir ekonomik büyüme ve istihdam" gibi önemli hedefler yer almaktadır. Bu hedefler, FAO verileri ile birleştiğinde günümüzde insanların beslenme pratiklerinin küresel ölçekte artık sürdürülebilirliğini yitirdiğini ortaya koymaktadır (Güler ve Benli, 2021).

Sürdürülebilirlik tartışmalarının yoğunlaştığı alanlardan biri de turizm endüstrisi ve onun temel bileşenlerinden olan yiyecek-içecek sektörüdür (Kurnaz, 2016.). Yiyecek-içecek sektörü, emek yoğun bir sektör olmasına rağmen restoranlar ağır sanayi kolları kadar geniş çaplı çevresel kirlilik yaratmasa da değişen yaşam koşullarının etkisiyle hızlı bir büyüme göstermektedir. Bu büyümenin farklı bölgelerde yayılması ise sürdürülebilirlik uygulamalarını gelecek kuşaklar açısından kritik bir konu haline getirmektedir. Sürdürülebilirliğe yönelik geliştirilen stratejiler, işletmeleri pazarda rakiplerinden ayırtmakta ve marka imajlarının güçlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu önemin giderek arttığını fark eden Restoranlar Derneği, 2009 yılında İngiltere'de kurulmuş ve zamanla küresel ölçekte sürdürülebilir restoran ve catering hizmetlerinin yönetimini üstlenen bir yapıya dönüşmüştür. Dernek, gıda sektöründe sürdürülebilirliği "faaliyetlerinin sosyal ve çevresel etkilerini sorumlu bir şekilde yöneten restoranlar" olarak tanımlamaktadır.

Ayrıca dernek; ham madde tedarikinde çevreye duyarlı, ekosistemi önemseyen üreticilerin desteklenmesi, mevsimsel ve yerel ürünlerin tercih edilmesi, sürdürülebilir et, süt ve balık ürünlerinin kullanılması, adil ticaret ilkelerinin benimsenmesi, sağlıklı beslenmenin teşvik edilmesi ve su tasarrufunun etkin biçimde sağlanması gibi pek çok alanda çalışma yürütmektedir (Apak ve Gürbüz, 2022). Mutfakta hazırlanan yiyecekler; hazırlık, pişirme ve servis süreçlerinde farklı türlerde atıkların oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin, hazırlık aşamasında soyma, doğrama ve porsiyonlama işlemleri sonucunda; pişirme aşamasında ise kullanılan tekniklere bağlı olarak çeşitli gıda atıkları ortaya çıkabilmektedir. Servis sürecinde ise ürünün bir kısmının estetik nedenlerle sunuma uygun görülmemesi ya da farklı sebeplerle tüketilemeyecek hâle gelmesi israfa yol açabilmektedir. Bu doğrultuda yiyecek-içecek hizmeti veren işletmelerde, kaynak kullanımına ilişkin alınan önlemler belirli prosedürlerle güçlendirilerek; uygulama aşamasında ise personel ve misafirlerin sürece dâhil edilmesiyle toplumla işletme arasında bir etkileşim köprüsü kurulabilir. Böylece daha etkili sürdürülebilirlik uygulamaları hayata geçirilerek ekosisteme olumlu katkı sağlanabilir (Kaya, 2022). Ekosistemin korunması ve doğal kaynakların sürdürülebilir biçimde yönetilebilmesi amacıyla yiyecek-içecek endüstrisinde çeşitli uygulamalar geliştirilmektedir. Restoran işletmeleri, gıda atıklarını kontrol altına almak ve etkin bir atık yönetim sistemi oluşturmak için “Sıfır Atık Uygulaması” ve “Yeşil Nesil Restoran Hareketi” gibi girişimleri hayata geçirmektedir. Bu uygulamalar, işletmelerin maliyetlerini azaltma, gıda atığını en aza indirme ve çevresel kaynakların daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlama hedefleri doğrultusunda operasyonlarına entegre edilmektedir (Öksüz, 2023). Sürdürülebilirliğe yönelik atılan adımlar, yiyecek-içecek sektöründe de farklı biçimlerde karşılık bulmakta ve bu alanda çeşitli teşvikler uygulanmaktadır. Michelin Yeşil Yıldız’ın temel odağını da gastronomide sürdürülebilirlik ilkelerini benimseyen uygulamalar oluşturmaktadır. Yeşil Yıldız, sürdürülebilirlik konusunda duyarlı, tutarlı ve cesur stratejiler geliştiren; bu yönleriyle rakiplerinden ayrılan restoranları tanımlamak ve öne çıkarmak amacıyla verilmektedir (Akay ve Yılmaz, 2023).

Bu araştırmada, sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında gastronomi alanında uygulanan “Michelin Yeşil Yıldız” derecelendirme sisteminin amacı ve kriterleri ele alınmış; ayrıca Türkiye’de bu yıldız alan restoranlar incelenmiştir. Çalışmanın amacı, sürdürülebilirlik yaklaşımı çerçevesinde gastronomi alanında uygulanan restoran değerlendirme sistemlerini inceleyerek Michelin Yeşil Yıldız uygulamasının kapsamını, ölçütlerini ve sektöre olan etkilerini analiz etmektir. Bu doğrultuda araştırma, Yeşil Yıldız ile

ödüllendirilen restoranların sürdürülebilirlik stratejilerini, çevresel ve sosyo-ekonomik sorumluluk pratiklerini nasıl hayata geçirdiklerini ortaya koymayı; ayrıca söz konusu değerlendirmenin gastronomi sektöründe sürdürülebilir dönüşüme katkı düzeyini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, Michelin Yeşil Yıldız uygulamasının hem restoran işletmeleri hem de tüketici davranışları üzerindeki etkilerini inceleyerek sürdürülebilir gastronomi alanındaki literatüre teorik ve pratik açıdan katkı sunmayı hedeflemektedir.

1. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Michelin Rehberi'nin serüveni, küçük bir el kılavuzu olarak başlamış; zamanla beklenmedik biçimde gastronomi dünyasında şefler ve nitelikli restoranlar için prestij ve kalite göstergesine dönüşmüştür (Bilge vd., 2021). Fransız lastik üreticisi kardeşler André ve Édouard Michelin, Michelin Rehberi'nin ilk baskısını 1900 yılında Fransız sürücüler için yayımlamışlardır (Karpık, 2002). Araç sürücülerinin kullanımına yönelik hazırlanan bu rehberde güzergâh üzerindeki yiyecek ve içecek mekânlarına da yer verilmiştir. Zamanla, kitaptaki restoran ve otel bölümlerine derecelendirme kriterleri eklenmiş; böylece yiyecek, içecek ve konaklama işletmeleri için kalite ve prestij göstergesi olan bir kılavuza dönüşmüştür (Bilir, 2020). Rehberin restoran işletmeleri ile ilgili süreci 1926 yılında başlamıştır. Aynı yıl, rehber yemek işletmelerini yıldızla ödüllendirmeye başlamıştır. Başlangıçta yalnızca tek bir yıldız verilirken, 1931 yılında bir, iki ve üç yıldızlı bir sistem oluşturulmuştur. Ayrıca, o dönemde mavi renkte olan Michelin Rehberi kapağı 1931 yılında kırmızıya çevrilmiş ve sonraki baskılarda da kırmızı olarak kalmıştır. 1934'te Kırmızı Rehber, restoranlar ve kültürel değerler üzerine odaklanarak günümüzdeki gastronomi rehberi biçimini kazanmıştır (Karpık, 2000). Son olarak 1936'da bir restoranın Michelin yıldızı kazanabilmesi için beş kriteri gerçekleştirilmesi uygulaması getirilmiştir. Bu kriterler “yapılan yemeklerde kullanılan ürünlerin kaliteli olması”, “lezzetli yemekler hazırlamak ve pişirme tekniklerini ustalıklı uygulamak”, “mutfak şefinin tabaklarında sergilediği yaratıcılık”, “restoranda sunulan hizmetin ve yemeğin lezzetinin verilen ücreti karşılması” ve “sunulan hizmetin istikrarlı bir şekilde devam etmesi” olarak belirlenmiştir (Balıkçıoğlu, 2020). Bu sayede Michelin rehberi; sadece Fransa içerisinde seyahat edenlerin rehberi olmaktan çıkmış, zamanla diğer ülkelere de yayılmaya başlamıştır (Johnson, 2005). Michelin Yıldızı, restoranların kalite anlayışına göre verilen bir derecelendirme sembolüdür. Yıldız, rehberde restoran adının hemen

yanında gösterilir ve restoranın aldığı yıldız sayısını yansıtır. Yıldız alan işletmelerin listesi açıklandıktan sonra, Michelin firması tarafından ilgili restoranlara semboller gönderilmektedir. Michelin Yıldızı, kırmızı fon üzerine beyaz çiçek desenleriyle çevrelenmiş bir tasarıma sahiptir. Bu tasarımda, yıldızın alındığı yıl çiçek deseninin içinde yer alırken, yılın hemen altında restoranın aldığı yıldız sayısı belirtilir (Bilge vd., 2021). Michelin Rehberi’nde bir yıldız, “Kendi kategorisinde çok iyi bir restoran” anlamına gelirken; iki yıldız, “Rotanızı değiştirmeye kesinlikle degecek bir hizmet veren restoran” ve üç yıldız ise “Tüm seyahati haklı çıkaracak derecede fevkalade bir mutfak, özel bir yolculuğa değer ve olağanüstü kalite” ifadelerini taşımaktadır (Daries vd., 2021). Michelin yıldızı kazanmanın kriterleri arasında, yemeklerde kullanılan malzemelerin doğal ve yüksek kalitede olması, şefin mesleki yetkinliği ve mutfağa hâkimiyeti, sunulan yemeklerin pişirme ve lezzet kalitesinin en üst düzeyde olması, ödenen ücretin karşılığının fazlasıyla alınması ve yıl boyunca sunulan menülerin ve yemeklerin tutarlı şekilde yüksek kaliteye sahip olması yer almaktadır (Bilge vd., 2021).

2020 yılından itibaren rehberde yer edinen Yeşil Yıldız uygulaması, Michelin’in en yeni rütbesidir. Her yıl yenilenen bu ödül, sürdürülebilir gastronomiye yönelik duyarlı, cesur ve kararlı yaklaşımları ile kendilerini rakiplerinden ayıran restoranları ön plana çıkararak okuyucularıyla buluşturmaktadır. Sürdürülebilir gastronomiye dair tüm yeşil uygulamaları destekleyen, ekosisteme ve doğaya karşı bilinçli hareket eden, gözlemler ve toplanan bulgular doğrultusunda uygunluğu tespit edilen restoranlar Michelin Yeşil Yıldız almaya hak kazanmaktadır. Michelin müfettişleri, denetimler sırasında incelenen işletmenin Yeşil Yıldız etiketi almaya uygunluğunu değerlendirmek için; “ürünlerin kalite durumu”, “mevsimsel uygunluğu” ve “besin değerleri” dâhil olmak üzere tüm süreçleri titizlikle incelemektedir. Bu çalışmalar sonucunda müfettişler olumlu bir rapor hazırlarsa, söz konusu yiyecek-içecek işletmesi Michelin Yeşil Yıldız ile ödüllendirilmektedir (Akay vd, 2023, Michelin Guide, 2025). Yeşil Yıldız seçimi, tüketiciler kadar profesyoneller için de bir ilham kaynağıdır. Yeşil Yıldız uygulamasının temel amacı; yiyecek-içecek sektöründe olumlu ve dinamik bir diyalogun kurulmasını desteklemek, sürdürülebilir gelişimin karşılaştığı zorluklar hakkında yiyecek-içecek sektöründe farkındalık yaratmak ve ilgilenen tüm paydaşların harekete geçmesine katkıda bulunmaktır (Akay vd., 2023; Michelin Guide, 2025).











2. YÖNTEM

Bu araştırma, Michelin Yeşil Yıldızı uygulamasının gastronomi alanında sürdürülebilirlik bağlamında nasıl konumlandığını incelemek amacıyla nitel araştırma desenine dayalı derleme (literatür taraması) türünde bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Çalışmada, hem mevcut akademik literatürün sistematik biçimde incelenmesi hem de Yeşil Michelin Yıldızı sahibi restoranların sürdürülebilirlik odaklı uygulamalarının analiz edilmesi hedeflenmiştir. Araştırmanın ilk aşamasında, sürdürülebilirlik, sürdürülebilir gastronomi, Michelin Rehberi, Michelin Yeşil Yıldızı ve restoran değerlendirme sistemleri üzerine ulusal ve uluslararası çalışmalar taranmıştır. Literatür taraması için Google Scholar, Web of Science, Scopus, TR Dizin gibi veri tabanları kullanılmış; ilgili kitap, rapor ve akademik makaleler değerlendirmeye alınmıştır. Anahtar kelimeler olarak “sürdürülebilirlik”, “gastronomide sürdürülebilirlik”, “Michelin Guide”, “Green Star”, “sustainable gastronomy” ve benzeri kavramlar kullanılmıştır. Araştırmanın ikinci aşamasında, Michelin Yeşil Yıldızı’na sahip restoranların sürdürülebilirlik uygulamalarını analiz etmek amacıyla menü incelemesi yapılmıştır. Bu kapsamda Türkiye’de Yeşil Yıldız ile ödüllendirilmiş restoranların resmî web siteleri, menü içerikleri, şef açıklamaları, sürdürülebilirlik beyanları, tedarik zinciri stratejileri ve yerel ürün kullanımı hakkında sundukları bilgiler incelenmiştir. Menü analizi kapsamında; kullanılan ürünlerin yerelliği ve mevsimselliği, sürdürülebilir tarım ve balıkçılık politikalarına uygunluğu, atık azaltma stratejileri, minimal porsiyon israfı hedefleri, bitkisel ürün kullanım oranları ve menüde yer alan yemeklerin sürdürülebilir gastronomi ilkeleri ile ilişkisi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında tüm veriler ikincil kaynaklardan elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler, nitel içerik analizi yöntemi kullanılarak temalar hâlinde sınıflandırılmış ve Michelin Yeşil Yıldızı uygulamasının sürdürülebilirlik boyutunu açıklığa kavuşturmak amacıyla yorumlanmıştır. Bu yaklaşım sayesinde, Michelin Yeşil Yıldızı’nın gastronomide sürdürülebilirlik açısından nasıl bir örnek model oluşturduğu, restoranların hangi uygulamalarla öne çıktığı ve bu uygulamaların literatürdeki sürdürülebilirlik ilkeleriyle nasıl örtüştüğü kapsamlı biçimde ortaya konulmuştur.

3. BULGULAR

Türkiye’de Michelin Yeşil Yıldız sahibi olan restoranlar aşağıda Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye’deki Michelin Yeşil Yıldızlı Restoranlar

Restoran	Michelin Yıldızı Türü	Veriliş Tarihi
The BARN		2025
Telezüz		2025
Agora Pansiyon		2025
Asma Yaprağı		2025
Hiç Lokanta		2025
Casa Lavanda		2025
Mezra Yalıkavak		2025
Vino Locale		2024
OD Urla		2024
Neolokal		2023

Kaynak: (Güler & Şahingök, 2025).

Türkiye’de 2025 yılı itibariyle 10 restoran Michelin Yeşil Yıldızına sahiptir. İlk olarak 2023 yılında Yeşil Yıldız alan restoran Neolokal olmuştur. Ardından 2024 yılında OD Urla ve Vino Locale; 2025 yılında ise Tablo 1.de yer alan diğer restoranlar Yeşil Yıldız almaya hak kazanmıştır.

3.1. The Barn Restoran

2015 Yılında “Grandma’s Wonderland” markası bünyesinde Silivri’de kurulmuş bir restorandır. İşletmenin kuruluş felsefesi, 2023 yılında açıklanan “iş dünyasını şekillendirecek en önemli kültürel değişim” temalarından biri olan ‘toprağa dönüş’ temasına dayanmaktadır. Bu doğrultuda restoranın misyonu, toprağa yönelim ve doğayla yeniden bütünleşme süreci üzerinden bir aidiyet anlatısı oluşturmak şeklinde tanımlanmıştır.

Restoranın ürettiği gastronomik çıktıların sürdürülebilirliği, benimsediği “Sıfır Atık” felsefesi ile örtüşmektedir. Restoran bünyesinde hammadde kullanımında döngüsel ekonomi prensipleri katı bir şekilde uygulanmaktadır. Örneğin restoran, bulunduğu arazide yer alan bağcılık faaliyetlerinden elde ettikleri üzümleri sadece şıra ve şarap üretiminde kullanmamakta; üzüm çekirdeklerinden antioksidan yağ, üzüm posasından vücut kremi, sabun ve sirke elde ederek atık oluşumunu minimize etmektedir. Benzer şekilde arazide yer alan elma ağaçlarının hasadından arta kalan ürünlerin sirk, püre veya hayvan küspesi olarak değerlendirilmesi, budama artıklarının yakacak enerjiye dönüştürülmesi gibi uygulamalar yürütülmektedir. Restoran ayrıca bir yılda elektrik, doğalgaz ve diğer tüketimlerinden dolayı doğaya 299 ton karbon gazı salınımı yaparken; bulunduğu arazide yer alan ağaçlardan tam 11 bin 973 ton sera gazı emisyonu sağladığı tespit edilmiştir. Ağaçlandırma çalışmaları sayesinde atmosferden emilen sera gazı miktarının işletmenin saldırdığı karbon miktarının çok üzerinde olması, işletmenin sürdürülebilirlik kavramını sadece bir pazarlama argümanı olarak görmediğini, ölçülebilir verilerle desteklediği bir gerçeklik olduğunu ortaya koymaktadır (Grandma’s Wonderland, 2025).

Restoran şefinin gastronomi alanında “Sürdürülebilirlik” konusunda yüksek lisans tezi yazması ve restoran bünyesinde sürdürülebilirliğe dikkat çekmesi, mutfak yönetiminde akademik ve pratik yetkinliğin sentezi açısından olumlu bir örnek olarak değerlendirilmektedir. Şef Buğra Özdemir liderliğindeki mutfak ekibi, mevsimselliği temel alarak en az 15 çeşit sebze ve aromatik bitkileri yerinde üretmekte, böylece gıda kilometrelerini (food miles) sıfıra indirmektedir. Şefin Kopenhag’daki sıfır atık mutfak deneyimi, restoranın uygulamalarının arkasındaki teorik zemini oluşturmaktadır (Grandma’s Wonderland, 2025). Resim 1’de The Barn Restorana ilişkin tabak örneklerine yer verilmiştir.



Resim 1. The Barn Restoran Tabak Örnekleri - Soldan sağa doğru:
Salamura Kabak ve Maydanoz, Silivri Yoğurdu ile Panna Cotta, Hardaliye
(Grandma’s Wonderland, 2025).

3.2. Telezzüz

“Türkiye’nin İlk Bitki Temelli Fine Dining” restoranı olan Telezzüz, gastronomik faaliyetlerini salt bir beslenme hizmetinin ötesinde “doğaya duyarlı bir mutfağın mümkün olduğunu gösterme arzusu” olarak tanımlamıştır. İşletme, hayvansal protein kaynaklı karbon emisyonlarını azaltarak iklim kriziyle mücadelede gastronomik bir aktivizm sergilemektedir. Restoranın “sade, doğal, duyarlı” mottosu, klasikleşmiş fine dining restoran anlayışına karşı minimalist ve ekoloji odaklı bir duruş sergilemektedir (Telezzüz, 2025).

İşletmenin menü planlama stratejisi, “bölgesel tedarik ağı” ve “mevsimsel ürün kullanma” ilkesi üzerine temellendirilmiştir. Hammadde tedarikinde yerel üreticilerin tercih edilmesi ve bizzat restoran bünyesinde sebze bahçesinde üretimin yapılması, gıda kilometrelerini minimize etmek adına bir tavır ortaya koymaktadır. Bu tutumla restoran sadece ürün tazeliğini hedeflemekle kalmamakta, lojistik karbon ayak izini düşürmeyi hedeflemekte ve “yerinde üretim, yerinde tüketim” anlayışını uygulamaya çalışmaktadır (Telezzüz, 2025). Resim 2’de The Telezzüz Restorana ilişkin tabak örneklerine yer verilmiştir.



Resim 2. Telezzüz Tabak Örnekleri - Soldan sağa doğru: Nohut Salatası (Fermente Pancar, Havuç ve Turplu Naneli Fındık Yoğurt ile birlikte), Zencefil Kremalı ve Portakal Soslu Armut, Bağı Yanık Pırasa (Telezzüz, 2025).

3.3. Agora Pansiyon

Muğla Milas’ta Bafa Gölüne yakın konumlanan; Kapıkırı bölgesinin tarihsel coğrafyasında, endüstriyel turizmden uzak, kırsal kalkınmayı destekleyen bir “aile işletmeciliği” restoranıdır. Restoran hammadde tedarik ağını “tarladan sofraya” konseptini en yalın haliyle uygulamak üzerine tasarlamıştır. İşletme kendi arazisinde mutfakta kullanılacak olan sebzeleri, ata tohumları kullanarak

yetiştirmektedir. Bu tedarik ağı anlayışı, işletmenin lojistik kaynaklı karbon ayak izini minimize ederken, biyoçeşitliliğin ve ata tohumu kullanarak yerel gen kaynaklarının korunmasını da olumlu etkilemektedir. İşletme; et, balık, kümes hayvanları gibi kendi üretmedikleri ürünleri ise komşu çiftlikler ve yerel balıkçılar üzerinden kurulan tedarik ağı ile temin etmektedir. Bu sayede bölge ekonomisinin kendi içerisinde kazanmasına katkı sağlamaktadır. Restoranın üretim süreci “mevsimsellik” anlayışına dayanmaktadır. Menü standart bir yapı yerine doğanın sunduğu ürünlere göre şekillenen dinamik bir karaktere sahiptir. İşletme sahibinin “sürdürülebilirliği nesillerdir farkında olmadan aktarılan bir öğreti” olarak benimsemesi, işletmede modern teknikler yerine geleneksel pişirme yöntemlerinin ve reçetelerin kullanılmasını ortaya çıkarmıştır. İşletme, çevresel duyarlılık açısından atık yönetimi ve malzeme kullanımında da sıfır atık anlayışını benimsemektedir. Plastik malzeme kullanımının çok az olması ve işletmede çevre dostu mutfak altyapısının oluşturulması, ekolojik ayak izini düşürmek için bilinçli kurgulanan bir strateji olarak gözlemlenmiştir (Agora Pansiyon, 2025).

3.4. Asma Yaprağı

Alaçatı’da faaliyet gösteren işletme, “Tarladan Sofraya” anlayışı üzerine kurulmuştur. İşletmenin sürdürülebilirlik stratejisi sadece hammadde tedariki açısından sınırlı kalmamakta, Ege mutfak kültürünün “somut olmayan kültürel mirasının” korunmasını ve aktarılmasını misyon edinmesini de kapsamaktadır. Aile köklerinden gelen reçetelerin ve pişirme yöntemlerinin modern bir işletme çatısı modeline entegre edildiği hibrit bir yapı görölmektedir. İşletmenin “Asma Yaprağı Tarla” adını verdiği proje ile mutfakta kullanılan sebze, meyve ve otların büyük bir kısmı bizzat işletmenin kendi arazisinde iyi tarım uygulamaları gözetilerek üretilmektedir. Ayrıca “Slow Food” akımı felsefesiyle örtüşen bir yapı işletme bünyesinde mevcuttur. (Asma Yaprağı, 2025).

3.5. Hiç Lokanta

0 Farklı aromatik bitkiye ve 60.000 zeytin ağacına ev sahipliği yapan 2400 dönümlük zeytin ormanı içerisinde bulunan Hiç Urla, sürdürülebilirliği yalnızca çevresel bir duyarlılık olarak değil, “tarladan sofraya” (farm-to-table) akımının ötesine geçen bütüncül bir ekosistem yönetimi olarak ele almaktadır. İşletmenin temelini oluşturan ve Urla’nın özelliklerini yansıtan

“Hiç Zeytin Ormanı”, bu yaklaşımın merkezinde yer almaktadır. Bu orman restoranının hammadde tedarik zincirini kısaltarak karbon ayak izini minimize etmesini sağlamakta; aynı zamanda bölgenin endemik florasının korunmasına ve biyoçeşitliliğin sürdürülmesine aktif katkı sunmaktadır. Ayrıca restoranın benimsediği “atıksız mutfak” ilkesi uyguladığı görülmektedir. Özellikle gıda atıklarının kompostlama işlemiyle tekrardan üretime kazandırılması, arazide bulunan 200 yıllık sarnıçların restore edilerek yağmur sularının kullanılması, restoranın yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi işletmenin çevreyi koruma ve sürdürülebilirlik hedeflerine hizmet etmektedir. Hiç Urla, doğadan toplayıcılık uygulamasını modern gastronomi teknikleriyle harmanlayarak, yerel üreticiyi destekleyen ve ekolojik dengeyi gözeten mikro-ekonomik bir model yaratmayı başarmıştır (Hiç Lokanta, 2025). Resim 3’te Hiç Lokanta ilişkin tabak örneklerine yer verilmiştir.



Resim 3. Hiç Lokanta Tabak Örnekleri - Soldan sağa doğru: Çiriş Otlı Kefal, Baklalı Gambilya Favası, Ekşi Mayalı İslı Ekmek Dolması (Hiç Lokanta, 2025).

3.6. Casa Lavanda

İşletme, 21 dönümlük arazisinde biyodinamik tarım prensiplerini benimseyerek, mutfak ihtiyaçlarının yaklaşık %80’ini, özellikle yeşillik ve yenilebilir çiçeklerin ise %100’ünü kendi bostanlarından karşılamaktadır. Bu «kendi kendine yeterlilik» modeli, lojistikten kaynaklı karbon emisyonlarını minimize ederken, «tarladan sofraya» konseptinin en saf halini misafirlerine sunmaktadır. Restoran’ın Ulupelit ve çevresindeki ormanlardan topladığı yabani mantarlar, Şile Yeryüzü Pazarı’ndan temin ettiği yerel mahsuller ve bölge balıkçı kooperatifleriyle kurduğu doğrudan tedarik ağları, kısa tedarik zinciri modelinin başarılı birer uygulamasıdır. Menü planlaması katı bir

mevsimsellik ilkesine dayanmakta; doğanın o an sunduğu ürünler, rafine pişirme teknikleriyle birleşerek hem lezzet standardizasyonunu sağlamakta hem de endüstriyel tarımın dayattığı çevresel yükü reddetmektedir. Restoran atık yönetimi ve enerji verimliliği konularında da öne çıkmaktadır. Mutfak ve bahçe atıklarının kompostlanarak tekrardan toprağa kazandırılması, yağmur suyu hasadı ile sulama yapılması, restoran atık yağların biyodizel üretilmesi için toplanıp geri dönüştürülmesi ve güneş enerjisi panelleriyle işletmenin enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik planı restoranın karbon ayak izini minimuma indirme konusundaki etkin stratejisinin örnekleridir (Casa Lavanda, 2025). Resim 4’te Casa Lavanda Restorana ilişkin tabak örneklerine yer verilmiştir.



Resim 4. Casa Lavanda Tabak Örnekleri - Soldan sağa doğru: Belçika Hindiba Salatası, Avokado ve Salatalığa Sarılmış İskenderun Kırmızı Karidesi, Siyah Trüf Mantarlı Ravioli (Casa Lavanda, 2025).

3.7. Mezra Yalıkavak

İşletme, ismini aldığı «mezra» (küçük yerleşim yeri) kavramını modernize ederek, kendi kendine yetebilen bir mikro-ekonomik ekosistem yaratmıştır. Arazisinde yer alan organik tarım alanlarında mevsimsel sebze ve otların yetiştirilmesinin yanı sıra, serbest gezen tavuklar ve sütü kullanılan keçiler gibi hayvancılık pratikleri de bu bütüncül yapının bir parçasıdır. Bu «tarladan sofraya» yaklaşımı, hammadde tedarik sürecindeki karbon ayak izini minimize etmekte ve gıda güvenliğini kaynağında sağlamaktadır. Restoranın benimsediği “atıksız mutfak” anlayışı ve döngüsel ekonomi ilkeleri, çevreye karşı duyarlılıklarını somutlaştıran temel öğelerdir. Mutfak atıklarını kompostlama işlemiyle tekrardan toprağa kazandırmaları, yağmur suyu hasadı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin kullanmaları, ata tohumu kullanımı ve yerel üreticilerle kurdukları tedarik ağı; restoranın ekolojik döngüye minimum müdahale ile maksimum verimlilik alması adına önemli örneklerdir.

Restoran şefi ve mutfak ekibinin menüyü doğanın o an sunduğu mahsullere göre şekillendirmesi; endüstriyel tarımın dayattığı standartlaşma yerine, biyoçeşitliliği ve mevsimselliği merkeze alan dinamik bir gastronomi deneyimi sunmaktadır (Mezra Yalıkavak, 2025). Resim 5'te Mezra Yalıkavak'a ilişkin tabak örneklerine yer verilmiştir.



Resim 5. Mezra Yalıkavak Tabak Örnekleri - Soldan sağa doğru: Çiğ Köfte Bela, Kuzu Tandır, Avokadolu İskenderun Karidesi (Mezra Yalıkavak, 2025).

3.8. Vino Locale

İzmir Urla'da yer alan “Vino Locale”; yerellik ilkesine olan bağlılığı, hammadde tedarik zincirini Urla ve çevresindeki yerel üreticilerle sınırlayarak “kısa gıda tedarik zinciri” modelini en etkin şekilde kullanan restoranlar arasında yer almaktadır. Bu stratejisiyle işletme karbon ayak izini minimize ederken, aynı zamanda bölgenin tarımsal güzelliklerini menüye doğrudan yansıtmaktadır. Mutfak ekibinin benimsediği “mevsimsellik” anlayışı, restoranın sürdürülebilirlik stratejisinin temelini oluşturmaktadır. Menü'nün her ay doğanın sunduğu ürünlere göre düzenlenmesi, mutfak atıklarının kompostlanarak toprağa geri döndürülmesi, “burundan kuyruğa” ve “kökten uca” pişirme anlayışı sayesinde atık oluşumunu kaynağında engelleme hedefi, işletmenin sürdürülebilirlik adına gerçekleştirdiği önemli uygulamalardır. Tedarikçileri birer iş ortağı olarak gören bu yönetim anlayışı, yerel tarım ekonomisini desteklemekte ve geleneksel üretim metotlarının devamlılığını teşvik etmektedir. Restoran, gastronomik deneyimi etik tüketim bilinciyle harmanlayarak, misafirlerine sadece lezzet değil, aynı zamanda ekolojik ve kültürel bir farkındalık sunan akademik nitelikte bir sürdürülebilir işletmecilik örneği sergilemektedir (Vino Locale, 2025). Resim 6'da Vino Locale Restorana ilişkin tabak örneklerine yer verilmiştir.



Resim 6. Vino Locale Tabak Örnekleri - Soldan sağa doğru: Mantar-Keçi Peyniri-Nar, Mavi Kuyruk Karides, Mantar Yakitori (Vino Locale, 2025).

3.9. OD Urla

Restoran, zeytin ağaçları ve üzüm bağlarıyla çevrili kendi arazisinde konumlanarak, “tarladan sofraya” akımını en saf haliyle uygulamaktadır. Şef Osman Sezener’in vizyonu ile şekillenen bu yapı, restoranın çevresindeki bostanlardan ve çok yakın mesafedeki yerel üreticilerden sağlanan hammaddelerle “mikro-yerellik” prensibini hayata geçirmekte, böylece tedarik zincirinden kaynaklanan karbon ayak izini minimize etmektedir. Mutfak operasyonlarında benimsenen atıksız mutfak disiplini; organik atıkların kompost yoluyla toprağa geri döndürülmesi, fosil kaynaklar yerine bölgesel budama artıklarının enerjiye dönüştürülmesi ve plastik kullanımının sonlandırılmasıyla somutlaşmaktadır. Doğal hasat takvimine dayalı menü mühendisliği ile desteklenen bu bütüncül yaklaşım, işletmenin ekolojik ayak izini azaltırken kurumsal sürdürülebilirlik değerini maksimize etmektedir. İşletme, sadece kendi arazisindeki üretimi değil, bölgedeki küçük üreticileri ve balıkçıları da ekonomik döngüye dahil ederek yerel kalkınmayı destekleyen bir platform işlevi görmektedir. Geleneksel pişirme tekniklerini modern sunumlarla harmanlayan restoran, yerel gastronomik mirasını koruyarak, bu bilgiyi ve lezzet hafızasını gelecek nesillere aktaran akademik bir vaka niteliği taşımaktadır (OD Urla, 2025). Resim 7’de Od Urla Restorana ilişkin tabak örneklerine yer verilmiştir.



Resim 7. OD Urla Tabak Örnekleri (OD Urla, 2025).

3.10. Neolokal

İstanbul'un tarihi Salt Galata binasında konumlanan Neolokal, Şef Maksut Aşkar liderliğinde sürdürülebilirliği çevresel bir sorumluluktan öte, «kültürel mirasın devamlılığı» ekseninde ele alan bütüncül bir gastronomi projesidir. Restoranın temel felsefesi, Anadolu mutfak geleneğinin kaybolmaya yüz tutmuş hafızasını tazelemek ve bu mirası modern tekniklerle güncelleyerek gelecek nesillere aktarmaktır. İşletme, «geleneğine sahip çıkmayanların geleceği olmaz» mottosuyla hareket ederek, gastronomiyi sadece bir tüketim eylemi değil, aynı zamanda entelektüel bir sorumluluk alanı olarak tanımlamaktadır. Neolokal, Slow Food Hareketinin “Nuh’un Ambarı” projesiyle iş birliği içerisinde. Tarhana, Gambilya Favası, Siyez Bulguru gibi genetik mirasın korunması gereken endemik gıda ürünlerinin kullanımıyla Neolokal, gıda biyoçeşitliliğini destekleme açısından misyon üstlenmektedir. Şef ve ekibinin, etik üretim yapan küçük ölçekli yerel üreticilerle kurduğu doğrudan tedarik ağı ve mevsimsellik ilkesine dayalı menü planlaması; işletmenin karbon ayak izini minimize etmesini sağlamaktadır. Bu sürdürülebilir tedarik yönetimi, çevresel faydanın yanı sıra yerel kırsal ekonominin kalkınmasına da katkı sağlamaktadır. Sıfır atık felsefesi ve kökten uca pişirme teknikleriyle sağlanan hammadde yönetimi, kompost uygulamalarıyla birleşerek bütüncül bir atık yönetimi sunmaktadır. İşletmenin bu çevreci duruşunu, ürünün kökenine dair şeffaf bir anlatıyla misafirlerine aktarması, onu sürdürülebilirlik odaklı restoranlar arasında ayrıcalıklı bir yere konumlandırmaktadır (Neolokal, 2025).



Resim 8. Neolokal Tabak Örnekleri (Neolokal, 2025).

SONUÇ

Bu araştırma, gastronomi alanında sürdürülebilirlik odaklı değerlendirme sistemlerinin giderek artan önemini vurgulayarak Michelin Yeşil Yıldız uygulamasını çok boyutlu bir çerçevede ele almıştır. Bulgular, Yeşil Yıldız'ın yalnızca çevresel duyarlılığı ödüllendiren bir sembol olmanın ötesine geçerek, gastronomik deneyim tasarımı, tedarik zinciri pratiklerini, işletme yönetim modellerini ve tüketici algılarını yeniden şekillendiren bütüncül bir sürdürülebilirlik göstergesi hâline geldiğini ortaya koymaktadır. Restoranların sürdürülebilirlik performansının şeffaf bir biçimde görünür kılınması hem sektör içi rekabet dinamiklerinde hem de tüketici tercihinde önemli bir belirleyici olarak öne çıkmıştır. Araştırma sonucunda, Michelin Yeşil Yıldız standartlarının; yerel ve mevsimsel ürün kullanımı, gıda atığı azaltma stratejileri, enerji ve su verimliliği, çevre dostu tedarik politikaları ve toplumsal sorumluluk uygulamaları gibi alanlarda restoranları dönüşüme yönlendirdiği tespit edilmiştir. Bu dönüşüm yalnızca çevresel etkilerin azaltılmasıyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda işletmelerin maliyet yönetimi, marka imajı ve uzun vadeli rekabet avantajı sağlamaları açısından da stratejik değer taşımaktadır. Çalışma, Yeşil Yıldız'ın gastronomi sektöründe sürdürülebilirlik bilincinin kurumsallaşmasını teşvik eden bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte analizler, Yeşil Yıldız kriterlerinin bazı bölgelerde farklı yorumlanabilmesi, sürdürülebilirlik uygulamalarını belgelendirmenin maliyeti, küçük ölçekli işletmeler için uyum süreçlerinin zorluğu ve tüketicilerin sürdürülebilirlik göstergelerine ilişkin bilgi eksikliği gibi sınırlılıkların sistemin etkinliğini yer yer kısıtladığını göstermektedir. Dolayısıyla uygulamanın daha kapsayıcı hâle gelmesi için değerlendirme

ölçütlerinin şeffaflaştırılması, sektör paydaşları arasında bilgi paylaşımının artırılması ve tüketici farkındalığının güçlendirilmesi gerekmektedir. Genel olarak çalışmanın bulguları, sürdürülebilir gastronomiye yönelik uluslararası standartların oluşumunda Michelin Yeşil Yıldız'ın katalizör bir rol üstlendiğini ve gastronomi alanında çevresel duyarlılığı yüksek bir kalite anlayışının yaygınlaşmasına önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır. Bu çerçevede Yeşil Yıldız uygulaması, geleceğin gastronomi pratiklerinin yalnızca estetik ve lezzet odaklı değil, aynı zamanda ekolojik ve etik sorumluluklara dayalı bir perspektifle şekillenmesinde kritik bir referans noktası olarak değerlendirilebilir. Sonuç olarak, sürdürülebilirlik eksenli restoran değerlendirme sistemlerinin güçlendirilmesi hem küresel gıda ekosisteminin korunması hem de gastronomi sektörünün uzun vadeli sürdürülebilir rekabet gücünün artırılması açısından merkezi bir önem taşımaktadır. Michelin Yeşil Yıldız üzerine gerçekleştirilen bu çalışma, söz konusu uygulamanın mevcut potansiyelini ve geliştirilebilir yönlerini ortaya koyarak gelecekte yapılacak araştırmalara teorik ve pratik açıdan katkı sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akay, E., Yılmaz, İ. and Çiçek, A. (2023). Evaluation of the Applicability of Michelin Green Star Criteria by Chain Businesses: The Case of İstanbul, *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 6 (9): 1182-1197.
- Akay, E., & Yılmaz, İ. (2023). “Zincir Yiyecek İçecek İşletmelerinde Sürdürülebilirlik Uygulamaları.” *Gastroia: Journal of Gastronomy And Travel Research*, 7(1), 211-223. <https://doi.org/10.32958/gastoria.1118672>
- Apak, Ö. C., & Gürbüz, A. (2022). “Sürdürülebilir restoran işletmeciliği uygulamaları üzerine bir içerik analizi.” *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 194-209.
- Balıkçioğlu, A. Michelin Yıldızı Nedir? Nasıl Ortaya Çıktı? <https://iyikigormusum.com/michelin-yildizinedir-nasil-ortaya-cikti> adresinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 13.11.2025).
- Bilir, Z. (2020). İşte dünyanın en itibarlı restoran derecelendirme sistemleri. *Turizm Günlüğü*: <https://www.turizmgunlugu.com/2020/05/04/restoran-derecelendirme-sistemleri> internet sitesinden alınmıştır (Erişim Tarihi: 13.11.2025).
- Daries, N., Moreno-Gené, J., & Cristobal-Fransi, E. (2021). “Michelin stars shine

- brightly, but are they profitable?” *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100352.
- Güler, O. & Şahingök, D. (2025). “Bana Tabagını Göster Sana Sürdürülebilirliğe Ne Kadar Önem Verdiğini Söyleyeyim! Türkiye’deki Yeşil Yıldızlı Michelin Restoranlarının Yemek Paylaşımlarına Semiyotik Bir Bakış” *Journal of New Tourism Trends*, 6(1), 44-64.
- Güler, O. ve Benli, S. (2021). Sürdürülebilir gastronomi ve tüketici davranışları. Özkaya, F., Özkok, F., Sünnetçioglu, A. ve Sünnetçioglu, S. (Ed), *Sürdürülebilir Gastronomi* (s. 211-245) içinde. Detay Yayıncılık.
- Johnson, C., Surlemont, B., Nicod, P., & Revaz, F. (2005). “Behind the stars: A concise typology of Michelin restaurants in Europe.” *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 46(2), 170-187.
- Karpik, L. (2000). “Le guide rouge Michelin.” *Sociologie du travail*, 42(3), 369-389.
- Kaya, E. (2022). “Sürdürülebilir Mutfak Uygulamalarına Bir Örnek: Ankara Fine Dining Restoranlarında Gıda Atıkları.” Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Gastronomi ve Mutfak Sanatları Ana Bilim Dalı Gastronomi ve Mutfak Sanatları Tezli Yüksek Lisans Programı. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Kurnaz, A. (2016). Sürdürülebilir Yeşil Restoranlar. Özdoğan, N. (Ed), *Yiyecek İçecek Endüstrisinde Trendler* (s. 51-81) içinde. Detay Yayıncılık.
- Öksüz, M. (2023). Yeşil Nesil Restoranlar ve Sürdürülebilir Restoranların Türkiye ve Dünya’daki Örneklerinin İncelenmesi. Ekonomi, Sürdürülebilir Kalkınma ve İşletme Alanında Akademik Çalışmalar. Ankara: Gazi Kitabevi. 125-137

İNTERNET KAYNAKLARI

- <https://guide.michelin.com/tr> (Erişim Tarihi: 28.11.2025).
- <https://www.grandmaswonderland.com> (Erişim Tarihi: 02.12.2025)
- https://www.instagram.com/thebarn_in_thefarm/?hl=tr
(Erişim Tarihi: 02.12.2025)
- <https://www.instagram.com/telezzuz.ist/?hl=tr> (Erişim Tarihi: 02.12.2025)
- <https://www.instagram.com/hicurla/?hl=tr> (Erişim Tarihi: 02.12.2025)
- <https://www.instagram.com/casalavanda/?hl=tr> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)
- <https://www.instagram.com/mezra.yalickavak/?hl=tr>
(Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://www.instagram.com/urlavinolocale/?hl=tr> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://www.instagram.com/odurla/?hl=tr> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://www.instagram.com/neolokal/?hl=tr> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://www.instagram.com/asmayapragialacati/?hl=tr>

(Erişim Tarihi: 02.12.2025)

<https://www.instagram.com/agorapansiyon/?hl=tr> (Erişim Tarihi: 02.12.2025)

<https://telezuz.com> (Erişim Tarihi: 02.12.2025)

<https://hicurla.com> (Erişim Tarihi: 02.12.2025)

<https://www.casalavanda.com.tr> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://mezrayalikavak.com> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://www.urlavinolocale.com/anasayfa.html> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://odurla.com/menu> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://www.neolokal.com> (Erişim Tarihi: 03.12.2025)

<https://asmayapragi.com.tr> (Erişim Tarihi: 02.12.2025)

<https://www.agorapansiyon.com> (Erişim Tarihi: 02.12.2025)

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4eed749b-81f8-49c9-ba32-f09c66988d54/content/state-food-security-and-nutrition-2025/ending-hunger-food-security.html#gsc.tab=0> (Erişim Tarihi: 13.11.2025)

TOPLUMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN EROZYONU: ABLUKA FİLMİNDE GÜVENCESİZLİK, DENETİM MEKÂNLARI VE MEKÂNSAL ŞİDDETİN SOSYOLOJİK İNŞASI

Öğr. Gör. Dr. Ülkü Hayriye İNCİ

Karabük Üniversitesi

ulkuinci@karabuk.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0002-2294-5852>

ÖZET

Bu çalışma, Emin Alper'in Abluka (2015) filminde temsil edilen güvenlik odaklı mekânsal düzenlemelerin, yoğunlaştırılmış gözetim pratiklerinin ve kurumsallaşmış güvencesizlik rejimlerinin toplumsal sürdürülebilirliği nasıl aşındırdığını sosyolojik bir perspektiften incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma, geç modern toplumlarda risk ve belirsizlik üretimini merkeze alan Risk Toplumu yaklaşımı çerçevesinde, güvenlik söylemiyle meşrulaştırılan denetim mekanizmalarının kentsel mekânı nasıl yeniden örgütlediği ve bu sürecin güven, dayanışma, kolektif eylem kapasitesi ile sosyal bütünlük üzerindeki etkilerinin ne olduğu sorularına odaklanmaktadır. Çalışmanın kapsamı, filmde temsil edilen mahalle mekânı ve olağanüstü hâl mantığıyla yeniden yapılandırılan denetim rejimi ile sınırlıdır. Araştırma nitel yöntemle yürütülmüş; nitel içerik analizi ve görsel sosyoloji temelli film çözümlemesi bütünlük biçiminde uygulanmıştır. Analiz sürecinde veriler MAXQDA programı kullanılarak kodlanmış ve sürdürülemez kent, mekânsal şiddet, denetim ve gözetim, toplumsal çözülme ve güvencesizlik olmak üzere beş temel tema oluşturulmuştur. Bulgular, mahallenin yoğun gözetim altında yeniden kurgulanan bir kontrol alanına dönüştüğünü ve bu yapısal baskı rejiminin öngörülebilirlik ile kolektif yaşam pratiklerini zayıflattığını göstermektedir. Süreğen belirsizlik atmosferi bireyler arası güven ilişkilerini aşındırmakta ve izolasyonu artırmaktadır. Sonuç olarak film, güvenlik merkezli kentsel politikaların toplumsal sürdürülebilirliğin normatif ve yapısal temellerini zayıflattığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Güvencesizlik, Mekânsal Şiddet, Denetim Mekanları, Toplumsal Sürdürülebilirlik, Film Sosyolojisi.

GİRİŞ

21.yüzyıl kentleri, artan güvenlik söylemleri ve bu söylemler doğrultusunda kurumsallaşan denetim mekanizmaları aracılığıyla yeniden yapılandırılmaktadır. Geç modern toplumlarda güvenlik, kentsel yönetişimin temel belirleyeni hâline gelmiş; bu durum kent mekânının örgütlenişini, kamusal alanın kullanım biçimlerini ve gündelik yaşam pratiklerini dönüştürmüştür. Sürdürülebilir kent tartışmaları ise çoğunlukla çevresel ve ekonomik boyutlara odaklanmakta, toplumsal sürdürülebilirlik boyutu görece ikincil bir konumda kalmaktadır. Oysa sürdürülebilir bir kentsel yaşam, yalnızca fiziksel altyapının ya da ekonomik sistemlerin sürekliliğiyle değil; güven ilişkilerinin, dayanışma ağlarının, öngörülebilirliğin ve kolektif yaşam pratiklerinin devamlılığıyla mümkündür. Güvenlik merkezli kentsel politikaların yaygınlaşması, bu toplumsal zeminin aşınmasına yol açarak sürdürülebilirliğin normatif ve yapısal temellerini kırılğanlaştırmaktadır. Alanyazında risk toplumu, gözetim ve denetim mekanizmaları üzerine kapsamlı kuramsal tartışmalar bulunmakla birlikte, bu süreçlerin sürdürülebilir kent bağlamında ve kültürel temsiller üzerinden nasıl işlediği sınırlı biçimde ele alınmaktadır. Sinema, kentsel mekânda deneyimlenen güvencesizlik, denetim ve mekânsal şiddeti gündelik yaşam düzeyinde görünür kılma potansiyeline sahip önemli bir kültürel anlatı alanıdır. Buna rağmen sinemasal temsillerin toplumsal sürdürülebilirlik tartışmalarıyla sistematik biçimde ilişkilendirilmesi literatürde yeterince geliştirilmemiştir. Bu çalışma, kentsel güvenlik politikaları ile toplumsal sürdürülebilirlik arasındaki gerilimi kültürel bir metin üzerinden analiz ederek söz konusu boşluğa katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Bu bağlamda araştırma, Emin Alper'in *Abluka* (2015) filmi üzerinden güvenlik söylemleriyle meşrulaştırılan mekânsal düzenlemelerin, denetim ve gözetim pratiklerinin ve kurumsallaşmış güvencesizlik rejimlerinin toplumsal sürdürülebilirliği nasıl erozyona uğrattığını incelemektedir. Çalışmanın temel amacı, sürdürülebilir kent anlayışının denetim temelli kentsel politikalar karşısında nasıl aşındığını ortaya koymak ve sinemanın bu süreci çözümlemede eleştirel bir analiz zemini sunduğunu göstermektir. Bu doğrultuda araştırma şu sorulara yanıt aramaktadır: Filmde sürdürülebilir kent anlayışı hangi anlatsal ve görsel stratejiler aracılığıyla problematize edilmektedir? Denetim ve gözetim pratikleri kentsel mekânı nasıl yeniden örgütlemektedir? Mekânsal şiddet hangi sinematografik ve anlatsal göstergeler üzerinden inşa edilmektedir? Güvencesizlik olgusu bireylerin gündelik yaşam pratiklerini ve toplumsal ilişki kurma biçimlerini nasıl dönüştürmektedir? Bu süreçler toplumsal çözülme ve sürdürülebilir kentsel yaşamın erozyonu ile nasıl ilişkilendirilmektedir? Araştırmanın kapsamı, yalnızca *Abluka* (2015) filmi ile sınırlıdır. Çalışma, sürdürülebilir kent, toplumsal çözülme,

mekânsal şiddet, denetim, gözetim ve güvencesizlik temalarının filmdeki temsiline odaklanmaktadır. Araştırma, sinemasal anlatıyı sosyolojik bir veri kaynağı olarak ele almakta; ancak ampirik saha çalışması ya da izleyici araştırması içermemektedir. Bu doğrultuda elde edilen bulgular, filmde temsil edilen toplumsal gerçekliğin kuramsal çerçeve ışığında yapılan eleştirel bir yorumuna dayanmaktadır. Dolayısıyla çalışma, doğrudan genellenabilir sonuçlar üretme iddiası taşımamakta; sürdürülebilirlik, denetim ve mekânsal şiddet ilişkisini kültürel bir metin üzerinden analitik düzlemde tartışmayı amaçlamaktadır.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Toplumsal sürdürülebilirlik, bireyler arası güvenin yeniden üretimi, sosyal bütünleşme, katılım pratikleri ve kolektif yaşam biçimlerinin sürekliliğini kapsayan çok boyutlu bir kavramsal çerçeveye işaret etmektedir. Sürdürülebilirlik tartışmaları uzun süre çevresel ve ekonomik boyutlar etrafında şekillenmiş; toplumsal boyut ise çoğu zaman ikincil bir analiz düzeyi olarak ele alınmıştır. Türkiye’de de sürdürülebilirlik literatürünün ağırlıklı olarak çevresel ve ekonomik temalara odaklandığı, toplumsal sürdürülebilirliğin ise sınırlı biçimde tartışıldığı görülmektedir (Keleş, 2016, s. 245). Oysa sürdürülebilir kent anlayışı yalnızca fiziksel altyapının devamlılığıyla değil; toplumsal ilişkilerin sürekliliği, sosyal uyum, kamusal alanın kapsayıcı niteliği ve katılım olanaklarıyla doğrudan ilişkilidir (Tekeli, 2011, s. 132). Bu bağlamda toplumsal sürdürülebilirlik, kentsel mekânın örgütlenişi ile sosyal ilişkilerin yeniden üretimi arasındaki karşılıklı etkileşimi analiz etmeyi gerektirmektedir.

Geç modern toplumlarda risk ve belirsizlik, gündelik yaşamın yapısal bileşenleri hâline gelmiştir. Ulrich Beck’in risk toplumu kuramı, modernleşme sürecinin ürettiği risklerin toplumsal yaşamın merkezine yerleştiğini ve bu risklerin kurumsal mekanizmalar aracılığıyla yönetildiğini ileri sürmektedir (Beck, 1992, s. 21). Bu çerçevede güvenlik söylemi, riskin yönetimini meşrulaştıran merkezi bir yönetsel ve ideolojik araç olarak ortaya çıkmaktadır. Kentsel bağlamda güvenlik temelli politikalar, kamusal alanları potansiyel risk mekânları olarak yeniden tanımlamakta ve bireylerin hareketlilik ile karşılaşma pratiklerini sınırlandırmaktadır (Şengül, 2015, s. 89). Böylece risk söylemi, mekânsal düzenlemelerin ve denetim pratiklerinin meşrulaştırılmasında belirleyici bir çerçeve işlevi görmektedir.

Neoliberal kent politikaları bağlamında güvenlik, belirsizlik ve güvencesizliğin yönetimini rasyonelleştiren bir yönetim mantığına

dönüşmektedir. Güvencesizlik geçici bir kriz hâli olmaktan çıkarak süregelen bir toplumsal duruma evrilmekte; gözetim ve denetim pratiklerinin yoğunlaşması bireyler arası güven ilişkilerinin aşınmasına ve dayanışma ağlarının zayıflamasına yol açmaktadır (Eraydın, 2013, s. 57). Bu süreç, güvenliğin paradoksal biçimde toplumsal bütünlüğü güçlendiren değil, parçalanmayı derinleştiren bir yönetim tekniğine dönüşmesine işaret etmektedir.

Mekânsal şiddet kavramı, kentsel mekânın fiziksel ve yönetsel düzenlemeleri aracılığıyla toplumsal ilişkilerin sınırlandırılması ve yeniden yapılandırılmasını ifade eden yapısal bir şiddet biçimi olarak değerlendirilmektedir. Mekân, yalnızca fiziksel bir yerleşim alanı değil; iktidar ilişkileri tarafından üretilen ve düzenlenen bir toplumsal kontrol alanıdır. Türkiye kentleşme literatüründe kamusal alanın daraltılmasının ve mekânsal ayrışmanın toplumsal dışlanmayı derinleştirdiği vurgulanmaktadır (Alkan, 2017, s. 211). Denetim noktaları, hareket kısıtlılığı ve sürekli gözetim hissi, bireylerin kamusal alana katılımını sınırlayarak toplumsal etkileşimi parçalamakta ve toplumsal sürdürülebilirliğin temel bileşenlerini zayıflatmaktadır.

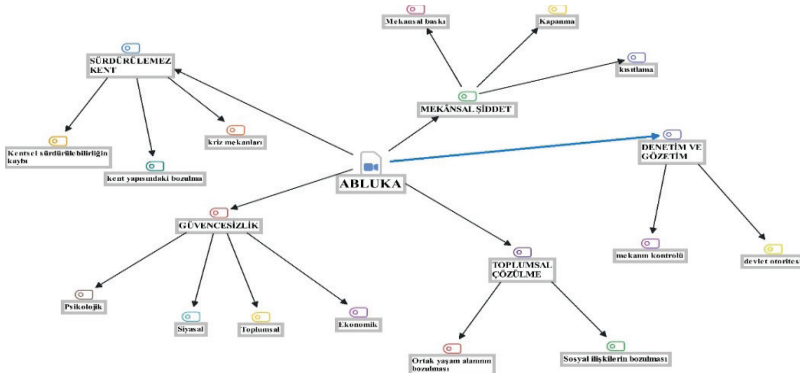
Sinema ise toplumsal süreçlerin kültürel temsiller aracılığıyla çözümlenmesine olanak tanıyan önemli bir sosyolojik veri alanıdır. Görsel anlatılar, kentsel mekânda deneyimlenen denetim, gözetim ve güvencesizlik pratiklerini gündelik yaşam düzeyinde görünür kılmakta ve soyut kuramsal tartışmaları somutlaştırmaktadır (Kara, 2018, s. 76). Bu nedenle sinema metinleri, sürdürülebilir kent ve toplumsal sürdürülebilirlik tartışmalarında eleştirel bir analiz zemini sunmaktadır. Bu çalışma, söz konusu kuramsal çerçeveyi Emin Alper'in *Abluka* (2015) filmi üzerinden somutlaştırarak, güvenlik söylemleriyle meşrulaştırılan mekânsal düzenlemelerin toplumsal sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini kültürel temsil düzeyinde incelemektedir.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde tasarlanmış olup nitel içerik analizi ile görsel sosyoloji temelli film çözümlemesini bütünsel biçimde kullanmaktadır. Nitel araştırma, toplumsal olguların bağlamsal, yorumlayıcı ve derinlemesine analizine olanak tanıyan bir paradigma olarak değerlendirilmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s. 41). Bu doğrultuda sinema metni, toplumsal süreçlerin kültürel temsillerini yansıtan bir sosyolojik veri kaynağı olarak ele alınmış; filmde inşa edilen kentsel güvenlik rejimi, tematik ve görsel göstergeler üzerinden analiz edilmiştir.

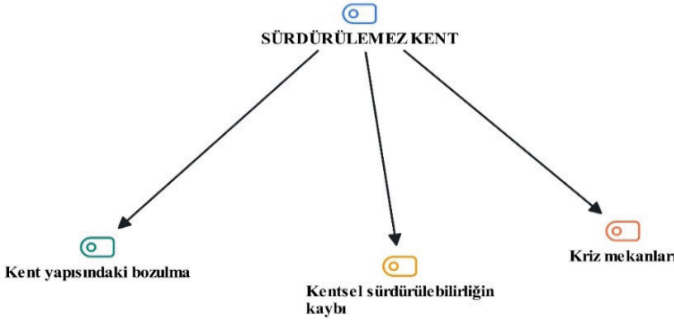
Nitel içerik analizi, filmde güvenlik, tehdit, risk, düzen ve kontrol temalarının nasıl kurulduğunu ve bu temaların toplumsal sürdürülebilirlik bağlamında nasıl anlamlandırıldığını incelemek amacıyla kullanılmıştır. İçerik analizi, metin ve görsel materyallerde tekrar eden örüntülerin sistematik biçimde sınıflandırılmasına ve yorumlanmasına imkân tanıyan bir yöntemdir (Balcı, 2015, s. 240). Bu kapsamda film anlatısı, karakter diyalogları, anlatı yapısı ve tematik tekrarlar kodlanmış; elde edilen veriler kavramsal kategoriler altında sınıflandırılmıştır. Kodlama sürecinde MAXQDA programından yararlanılmış ve veriler dijital ortamda sistematik olarak organize edilmiştir. Görsel sosyoloji yaklaşımı ise kentsel mekânın sinematografik temsillerini toplumsal ilişkiler bağlamında çözümlemeyi hedeflemektedir. Bu çerçevede mekânsal kapanma, kadraj sıkışması, düşük ışık kullanımı, karanlık atmosfer, gözetim bakışının sürekliliği, hareket kısıtlılığı ve mekânsal ayırıştırma pratikleri gibi görsel göstergeler analiz edilmiştir. Görsel verilerin toplumsal gerçekliğin inşasında özgün bir analiz düzlemi sunduğu nitel araştırma literatüründe vurgulanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2018, s. 279). Analiz sürecinde beş ana tema belirlenmiştir: sürdürülemez kent, toplumsal çözülme, mekânsal şiddet, denetim ve gözetim ile güvensizlik. Bu temalar, literatürde toplumsal sürdürülebilirlik, risk toplumu ve kentsel güvenlik rejimleri tartışmalarına dayalı olarak hem tümevarımcı hem de kuramsal olarak yönlendirilmiş bir kodlama stratejisiyle oluşturulmuştur. Kodlama süreci, film anlatısında tekrar eden örüntülerin sistematik biçimde sınıflandırılmasını ve temalar arası ilişkilerin analitik düzlemde tartışılmasını amaçlamaktadır. Bu metodolojik çerçeve, sinemasal temsiller üzerinden kentsel güvenlik politikalarının toplumsal sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini eleştirel bir perspektifle değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır.

3. BULGULAR



Şekil 1. Abluka Filmi Tek Vaka Modeli (Kod Hiyerarşisi)

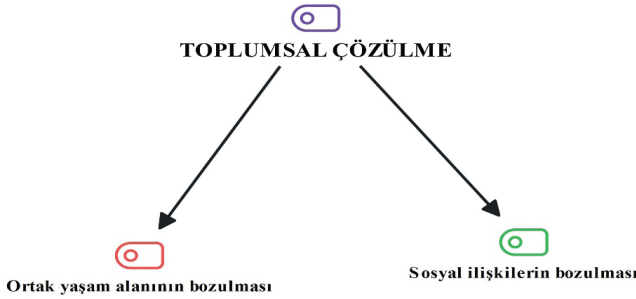
Şekil 1, *Abluka* filminde temsil edilen kentsel güvenlik rejiminin toplumsal sürdürülebilirlik bağlamında nasıl çözümlendiğini gösteren kavramsal kod hiyerarşisini sunmaktadır. Model, nitel içerik analizi ve görsel sosyoloji yaklaşımı çerçevesinde oluşturulan tematik kodların ilişkisel yapı içinde konumlandırılmasına dayanmaktadır. Analitik yapı, merkezde film anlatısı olmak üzere beş ana tematik eksen etrafında kurgulanmıştır: sürdürülemez kent, mekânsal şiddet, denetim ve gözetim, güvencesizlik ve toplumsal çözülme. Bu temalar, toplumsal sürdürülebilirlik, risk toplumu ve mekânsal iktidar literatürü doğrultusunda kuramsal olarak yönlendirilmiş kodlama süreciyle belirlenmiştir. Model, güvenlik söylemiyle meşrulaştırılan mekânsal düzenlemelerin yalnızca fiziksel dönüşümler üretmediğini; aynı zamanda kamusal alanın kapsayıcı niteliğini, sosyal bütünlüğü ve kolektif yaşam pratiklerini aşındıran yapısal bir iktidar teknolojisi olarak işlediğini kavramsal düzeyde ortaya koymaktadır.



Şekil 2. Sürdürülemez Kent Tematik Kod Yapısı

Şekil 2, *Abluka* filminde temsil edilen kentsel düzenin sürdürülebilirlik kapasitesinin nasıl aşındığını gösteren “sürdürülemez kent” tematik eksenini ve bu eksenin oluşturduğu alt kategorileri (kent yapısındaki bozulma, kentsel sürdürülebilirliğin kaybı ve kriz mekânları) sunmaktadır. Model, kentin yalnızca fiziksel bir yerleşim alanı değil, toplumsal ilişkilerin sürekliliğini mümkün kılan bir sosyo-mekânsal sistem olduğu varsayımına dayanmaktadır. Filmde “kent yapısındaki bozulma”, mekânsal düzensizlik ve kamusal alanın parçalanması üzerinden temsil edilmektedir. Kadir’in “memleket bir acayip olmuş... herkes bir deliklere girmiş!” ifadesi, kolektif yaşamın çözülmesini ve bireylerin içe kapanmasını simgesel düzeyde görünür kılmaktadır. Bu anlatı, kamusal alanın kapsayıcı niteliğinin zayıfladığını ve sosyal altyapının çözülmeye başladığını göstermektedir. “Kentsel sürdürülebilirliğin kaybı” alt teması, süreklilik ve öngörülebilirliğin aşınması üzerinden inşa edilmektedir. “20 sene evvel böyle değildi... şimdi millet can derdinde” sözü, güven ve istikrarın yerini hayatta

kalma mantığının aldığı bir kent deneyimine işaret etmektedir. Bu durum, risk ve belirsizliğin gündelik yaşamın yapısal koşulu hâline geldiği bir kent formunu yansıtmaktadır. “Kriz mekânları” ise mahallenin ablukaya alınması ve “Dün gece kuruldu abi! Mahalleden de çıkışı artık yasakladılar!” ifadesinde somutlaşan olağanüstü hâl düzenlemeleri üzerinden temsil edilmektedir. Böylece kent, kamusal karşılaşma alanı olmaktan çıkarak güvenlik temelli bir yönetim sahasına dönüşmektedir. Genel olarak Şekil 2, filmde temsil edilen kentsel yapının fiziksel ve toplumsal sürekliliğini yitirdiğini; güvenlik merkezli yönetim mantığının kenti sürdürülemez bir risk mekânına dönüştürdüğünü kavramsal düzeyde ortaya koymaktadır.

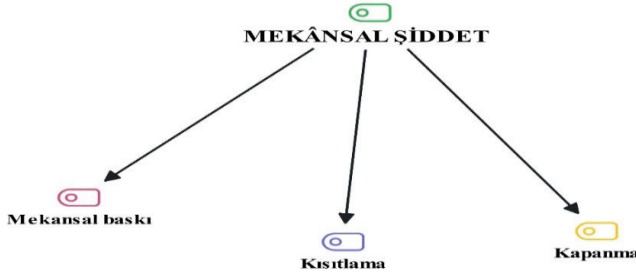


Şekil 3. Toplumsal Çözülme Tematik Kod Yapısı

Şekil 3, *Abluka* filminde temsil edilen kentsel güvenlik rejiminin toplumsal ilişkiler üzerindeki dönüştürücü etkilerini “toplumsal çözülme” tematik ekseninde analitik olarak göstermektedir. Model, iki alt kategori etrafında yapılandırılmıştır: ortak yaşam alanlarının bozulması ve sosyal ilişkilerin çözülmesi. Bu yapı, toplumsal sürdürülebilirliğin temel bileşenleri olan güven, dayanışma ve kolektif yaşam pratiklerinin güvenlik temelli yönetim mantığı altında nasıl aşındığını ortaya koymaktadır.

Ortak yaşam alanlarının bozulması, mahallenin kamusal karşılaşma alanı olmaktan çıkarak gözetim ve kontrol mekânına dönüşmesi üzerinden temsil edilmektedir. “*Burada karakol kuracağız... Mahalleden de çıkışı artık yasakladılar*” ifadesi, kamusal mekânın olağan kullanımının askıya alındığını ve mahalle yaşamının istisna hâli mantığıyla yeniden düzenlendiğini göstermektedir. Böylece mahalle, dayanışma ve etkileşim alanı olmaktan çıkarak disiplinli bir yönetim alanına dönüşmektedir. “Sosyal ilişkilerin çözülmesi” alt boyutu ise bireyler arası güvenin yerini kuşku ve ihbar pratiklerinin alması üzerinden görünür kılınmaktadır. Kadir’in mahalle sakinleri hakkında rapor hazırlaması ve Hamza’nın “*Nasıl burnunun ucundaki*

komşundan şüphelenmedin?” ifadesi, sosyal ilişkilerin gözetim mantığına göre yeniden kurulduğunu göstermektedir. “*Ahmet’i rehin tutuyorlar... hepinizi yakarım!*” söylemi ise belirsizlik ve korku atmosferinin irrasyonel şiddet potansiyelini tetiklediğini ortaya koymaktadır. Bu süreç, riskin sosyal bağları zayıflatan yapısal bir koşula dönüşmesi ve gözetim mekanizmalarının mikro-toplumsal düzeyde içselleştirilmesi bağlamında değerlendirilebilir. Sonuç olarak Şekil 3, filmde güvenlik temelli yönetim rejiminin toplumsal ilişkileri çözerek mahalleyi kuşku ve güvencesizlik temelli bir ilişkisellik alanına dönüştürdüğünü kavramsal düzeyde ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Mekânsal Şiddetin Tematik Kod Yapısı

Şekil 4, *Abluka* filminde güvenlik temelli kentsel düzenlemelerin mekân üzerinden işleyen yapısal bir şiddet biçimi olarak nasıl kurulduğunu “mekânsal şiddet” tematik eksenini altında göstermektedir. Model, üç alt kategori etrafında yapılandırılmıştır: mekânsal baskı, kısıtlama ve kapanma. Bu yapı, mekânın yalnızca fiziksel bir arka plan değil, iktidar ilişkilerinin üretildiği ve yeniden üretildiği bir toplumsal kontrol teknolojisi olarak işlediği varsayımına dayanmaktadır. “Mekânsal baskı”, güvenlik birimlerinin mahalle üzerindeki sürekli varlığı ve tehditkâr söylemleri üzerinden temsil edilmektedir. Vahap Bey’in “*İki haftaya bitireceğiz bu işi... Mıntikanızda bir tane köpek göreyim vay halinize!*” ifadesi, mekânın disiplinler bir denetim alanı olarak yeniden kurulduğunu göstermektedir. Bu söylem, mekânsal düzenlemenin korku ve itaat üretmeye yönelik bir iktidar pratiği olarak işlediğine işaret etmektedir. “Kısıtlama” alt boyutu, hareket özgürlüğünün sınırlandırılması üzerinden görünür kılınmaktadır. “*Mahalleden de çıkışı artık yasakladılar!*” ifadesi, kent mekânının özgür dolaşım alanı olmaktan çıkarak hareketin askıya alındığı bir disiplin mekânına dönüştüğünü göstermektedir. Bu durum, kamusal karşılaşma ve katılım imkânlarını daraltarak toplumsal sürdürülebilirliğin mekânsal zeminini zayıflatmaktadır. “Kapanma” ise mahallenin ablukaya

alınması ve “Burada karakol kuracağız!” söyleminde somutlaşan istisna hâli düzenlemeleri üzerinden temsil edilmektedir. Bu süreç, kamusal alanın askıya alındığı ve mekânın kapatılmış bir güvenlik rejimi alanına dönüştürüldüğü bir yönetim mantığını görünür kılmaktadır.

Genel olarak Şekil 4, filmde mekânsal düzenlemelerin yalnızca fiziksel değil, toplumsal ilişkileri dönüştüren yapısal bir şiddet biçimi olarak temsil edildiğini; güvenlik temelli yönetişimin kamusal alanın kapsayıcı niteliğini ve toplumsal etkileşim pratiklerini daralttığını kavramsal düzeyde ortaya koymaktadır.



Şekil 5. Denetim ve Gözetim Tematik Kod Yapısı

Şekil 5, *Abluka* filminde kentsel mekânın disiplin, kontrol ve düzenleme mekanizmaları aracılığıyla nasıl üretildiğini gösteren “denetim ve gözetim” tematik eksenini sunmaktadır. Bu yapı, mekânsal düzenlemelerin yalnızca fiziksel dönüşümler yaratmadığını; aynı zamanda iktidarın gündelik yaşam pratiklerini yöneten kurumsal ve normatif bir çerçeve oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Model iki alt boyut üzerinden yapılandırılmıştır: devlet otoritesi ve mekânın kontrolü. “Devlet otoritesi”, güvenlik politikaları, polis varlığı ve hukuki düzenlemeler aracılığıyla mekânın kullanımını belirleyen kurumsal güç ilişkilerini ifade etmektedir. Bu bağlamda mekân, yönetsel müdahalenin nesnesi olmanın ötesinde, normatif bir düzenleme alanı olarak yeniden yapılandırılmaktadır. “Mekânın kontrolü” ise yalnızca devlet aktörleriyle sınırlı olmayan, çok katmanlı bir gözetim ve düzenleme ağını kapsamaktadır. Kamusal alanların sınırlandırılması, erişim rejimlerinin belirlenmesi ve davranışsal kodlamalar yoluyla mekân, serbest etkileşim alanı olmaktan çıkarak düzenlenen ve izlenen bir kontrol sahasına dönüşmektedir. Genel olarak Şekil 5, sürdürülemez kent, mekânsal şiddet ve toplumsal çözülme süreçlerinin kurumsal zeminini görünür kılmakta; denetim ve gözetimi mekânsal düzenlemenin yönetsel ve iktidar boyutunu temsil eden üst bir analitik kategori olarak konumlandırmaktadır.



Şekil 6. Güvencesizlik Tematik Kod Yapısı

Şekil 6, *Abluka* filminde güvenlik temelli kentsel yönetim pratiklerinin ürettiği çok katmanlı güvencesizlik rejimini kavramsal olarak ortaya koymaktadır. Güvencesizlik, filmde yalnızca bireysel bir duygu durumu değil; psikolojik, toplumsal, siyasi ve ekonomik boyutları bulunan yapısal bir kentsel düzen olarak temsil edilmektedir.

Psikolojik düzeyde, gündelik yaşam sürekli bir tehdit ve belirsizlik atmosferi içinde kurgulanmaktadır. Kadir'in "şimdi millet can derinde" ifadesi, riskin olağanlaşmasını ve ontolojik güvenliğin aşınmasını görünür kılmaktadır. Sürekli şüphe üretimi ve hayali tehdit senaryoları, güvenlik rejiminin öznel bilinçte paranoyak bir algı biçimi ürettiğini göstermektedir. Toplumsal düzeyde güvencesizlik, güven ve dayanışma ilişkilerinin yerini kuşku ve ihbar pratiklerinin alması üzerinden temsil edilmektedir. Kadir'in mahalle sakinlerini potansiyel tehdit unsurları olarak raporlaması, kamusal güvenin çözülmesini somutlaştırmaktadır. Kent, ortak yaşam alanı olmaktan çıkarak karşılıklı gözetimin hâkim olduğu bir ilişkisellik düzenine dönüşmektedir. Siyasi düzeyde, "Mahalleden de çıkışı artık yasakladılar" ve "Başkanımızın kesin talimatı var" söylemleri, olağanüstü hâl mantığının gündelik yönetim pratiğine dönüştüğünü ve yurttaşlık kapasitesinin askıya alındığını göstermektedir. Bu durum, mekân üzerinden işleyen yönetimsellik biçimlerini görünür kılmaktadır. Ekonomik düzeyde ise "Burada kaçak ya vergi yok, ruhsat yok" ve "üç kuruş için hayvanların leşlerini satıyorsunuz" ifadeleri, kentsel yaşamın enformel ve kırılğan hayatta kalma stratejilerine indirgenmesini temsil etmektedir. Böylece ekonomik güvencesizlik, sürdürülebilir kurumsal yapının çözülmesiyle bağlantılı bir kırılğanlık rejimi olarak ortaya çıkmaktadır. Genel olarak Şekil 6, güvenlik söyleminin paradoksal biçimde daha fazla güvencesizlik ürettiğini; denetim ve mekânsal kapanma pratiklerinin toplumsal sürdürülebilirliğin temel bileşenleri olan güven, öngörülebilirlik ve sosyal bütünlüğü aşındırdığını

kavramsal düzeyde göstermektedir. Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, *Abluka* filminde güvenlik temelli kentsel yönetim rasyonelitesinin mekânsal düzenleme, gözetim ve istisna hâli pratikleri aracılığıyla risk ve belirsizliği ortadan kaldırmak yerine yeniden üreten bir işleyişe sahip olduğu görülmektedir. Sürdürülemez kent, mekânsal şiddet, denetim ve gözetim, toplumsal çözülme ve güvencesizlik temaları birbirini tamamlayan yapısal süreçler olarak kurgulanmakta; mekân, bu süreçlerin hem maddi hem de sembolik düzlemde üretildiği merkezi bir iktidar alanına dönüşmektedir. Kamusal alanın daralması, hareketliliğin sınırlandırılması ve karşılıklı güven ilişkilerinin kuşkuya evrilmesi, toplumsal sürdürülebilirliğin normatif dayanaklarını zayıflatmaktadır. Böylece film, güvenlik söylemi altında kurulan kentsel düzenin, risk yönetimi iddiasına rağmen, belirsizliği kurumsallaştıran ve toplumsal bütünlüğü kırılanlaştıran bir yönetim biçimine işaret ettiğini analitik olarak ortaya koymaktadır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma, *Abluka* filmini geç modern toplumlarda risk, belirsizlik ve güvencesizliğin mekânsal ve toplumsal olarak nasıl üretildiğini görünür kılan eleştirel bir kültürel metin olarak ele almıştır. Bulgular, Risk Toplumu kuramı ile mekânsal şiddet yaklaşımı birlikte değerlendirildiğinde, güvenlik merkezli kentsel yönetim anlayışının sürdürülebilir kent ve toplumsal sürdürülebilirlik ideallerini yapısal biçimde aşındırdığını göstermektedir. Filmde risk, somut ve sınırlandırılabilir bir tehditten ziyade sürekli dolaşıma sokulan muğlak bir olasılık olarak temsil edilmekte; bu durum olağanüstü hâl mantığını süreklileştirerek güvencesizliği kalıcı bir yönetsel düzen özelliğine dönüştürmektedir. Böylece güvenlik söylemi, riskleri azaltan değil, belirsizliği kurumsallaştıran bir iktidar rasyonelitesi olarak işlemektedir. Bu çerçevede film, güvenlik politikalarının paradoksal biçimde daha fazla kırılma ürettiğini gösteren eleştirel bir kent anlatısı sunmaktadır. Mekânsal şiddet perspektifi, kentsel mekânın iktidar ilişkilerinin pasif bir yansıması değil, bizzat üretildiği ve yeniden düzenlendiği bir alan olduğunu ortaya koymaktadır. Denetim, gözetim ve hareket kısıtlamaları, kamusal alanın işlevsizleşmesine ve kolektif yaşam pratiklerinin çözülmesine yol açarak toplumsal sürdürülebilirliğin temel bileşenlerini zayıflatmaktadır. Bu durum, güvenlik ile özgürlük arasındaki dengenin güvenlik lehine yapısal biçimde kaydığını ve sürdürülebilirliğin toplumsal boyutunun ikincilleştirildiğini göstermektedir. Çalışma bu bağlamda üç kuramsal katkı sunmaktadır: Risk Toplumu yaklaşımını kentsel mekân ve

sürdürülebilirlik literatürüyle bütünleştirmesi; güvenlik rejimlerini biyopolitik bir mekânsal düzenleme pratiği olarak kavramsallaştırması ve sinema analizini sosyolojik kuram üretiminin bir aracı olarak konumlandırması. Gelecek araştırmaların farklı bağlamlarda güvenlik temsillerini karşılaştırmalı biçimde incelemesi ve kültürel temsiller ile gündelik deneyim arasındaki ilişkiyi saha çalışmalarıyla derinleştirmesi, sürdürülebilir kent tartışmalarının normatif ve politik boyutlarına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Alkan, A. (2017). *Kent, mekân ve iktidar: Türkiye’de kentsel dönüşüm politikaları*. İletişim Yayınları.
- Balcı, A. (2015). *Sosyal bilimlerde araştırma: Yöntem, teknik ve ilkeler* (11. bs.). Pegem Akademi.
- Bauman, Z. (2000). *Liquid modernity*. Polity Press.
- Beck, U. (1992). *Risk society: Towards a new modernity*. Sage.
- Beck, U. (2011). *Risk toplumu: Başka bir modernliğe doğru* (K. Özdoğan, Çev.). İthaki Yayınları. (Orijinal çalışma 1992’de yayımlanmıştır)
- Eraydın, A. (2013). *Değişen kent ve bölge planlama*. İmge Kitabevi.
- Foucault, M. (1995). *Discipline and punish: The birth of the prison*. Vintage Books. (Orijinal çalışma 1975’te yayımlanmıştır)
- Harvey, D. (2012). *Rebel cities: From the right to the city to the urban revolution*. Verso.
- Kara, H. (2018). *Türkiye sinemasında kent temsilleri*. Metis Yayınları.
- Keleş, R. (2016). *Kentleşme politikası* (14. bs.). İmge Kitabevi.
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Blackwell. (Orijinal çalışma 1974’te yayımlanmıştır)
- Şengül, T. (2015). *Kent politikası: Toplumsal süreçler, mekânsal biçimler*. İmge Kitabevi.
- Tekeli, İ. (2011). *Türkiye’nin kent planlama ve kentleşme deneyimi*. Tarih Vakfı Yurt Yayınları.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2018). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (11. bs.). Seçkin Yayıncılık.