

**Sürdürülebilir Kalkınmada Sanayileşmenin Rolü: SKA 9 Perspektifi**

The Role of Industrialization in Sustainable Development: SDG 9 Perspective

Meltem TARI ÖZGÜR ^{1,*} ¹ Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki Meslek Yüksekokulu, Finans, Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü**MAKALE BİLGİSİ****Araştırma Makalesi**

Geliş Tarihi: 29.09.2025

Kabul Tarihi: 22.10.2025

Anahtar Kelimeler:

Endüstri

İmalat

Sürdürülebilir kalkınma

SKA 9

Karbon yoğunluğu

ÖZ

Bu çalışma, Türkiye'nin imalat sanayindeki dönüşümünü 2005–2022 dönemi için kişi başına imalat katma değeri, teknoloji yoğunluğu, imalat istihdam payı ve karbon yoğunluğu göstergeleri üzerinden kapsamlı biçimde incelemektedir. Analizde, Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (UNIDO) verileri kullanılarak bileşik yıllık büyüme oranları (CAGR) hesaplanmış, Türkiye'nin performansı Avrupa Birliği (AB), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ve dünya ortalamalarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca seviye farkı analizi ile yakınsama ve ıraksama eğilimleri değerlendirilmiş, göstergeler 2015=100 olarak endekslenerek göreceli değişimler görselleştirilmiştir. Bulgular, Türkiye'nin kişi başına imalat katma değeri ve orta–yüksek teknoloji imalat payında referans gruplara göre daha hızlı artış kaydettiğini, buna karşın imalat karbon yoğunluğunda 2015 sonrası dönemde olumsuz bir eğilim izlediğini ortaya koymaktadır. Çalışma, sanayileşmenin sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik boyutuna önemli katkılar sunduğunu, ancak çevresel boyutunun daha fazla politika desteği gerektirdiğini vurgulamaktadır. Sonuçlar, Türkiye'nin sanayi politikasında hem üretkenlik ve teknoloji yoğunluğunu artıracak hem de emisyon yoğunluğunu azaltacak bütüncül bir stratejiye ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

ARTICLE INFO**Research Article**

Recieved 29.09.2025

Accepted: 22.10.2025

Keywords:

Industry

Manufacturing

Sustainable development

SDG 9

Carbon intensity

ABSTRACT

This study examines the transformation of Türkiye's manufacturing industry for the period 2005–2022 through indicators such as manufacturing value added per capita, technology intensity, manufacturing employment share, and carbon intensity. The analysis calculates compound annual growth rates using UNIDO data and compares Türkiye's performance with the EU, the OECD, and global averages. Furthermore, trends were assessed using a level difference analysis, and relative changes were visualized by indexing the indicators to 2015=100. The findings reveal that Türkiye recorded faster growth than the reference groups in terms of manufacturing value added per capita and the share of medium-high technology manufacturing, but showed a negative trend in manufacturing carbon intensity after 2015. The study emphasizes that industrialization makes significant contributions to the economic dimension of sustainable development, but that its environmental dimension requires more policy support. The results show that Türkiye's industrial policy needs a comprehensive strategy that will both increase productivity and technology intensity and reduce emission intensity.

* Sorumlu yazar.

* mtozgur@comu.edu.tr,

GİRİŞ

20. yüzyılın son çeyreğiyle birlikte çevre, kalkınma ve adalet temaları uluslararası örgütlerin gündeminin merkezine yerleşmiştir. Bu temaları birleştiren sürdürülebilir kalkınma kavramı, Birleşmiş Milletler (BM) Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun “Ortak Geleceğimiz” raporunda, “bugünkü ihtiyaçları karşılarken gelecek kuşakların da kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetlerinden ödün verilmemesi” şeklinde tanımlanmıştır (BM, 1987). Sürdürülebilir kalkınmanın çevresel, sosyal ve ekonomik boyutlarının ulusal politika süreçleri ile uyumlandırılması için 1992 Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda “Gündem 21” kabul edilmiştir (BM, 1992). 2000 yılına gelindiğinde BM Kalkınma Programı (BMKP) tarafından Binyıl Kalkınma Hedefleri ilan edilmiş, sürdürülebilir kalkınmanın öncelikleri yoksulluğun azaltılması, eğitim ve sağlıkta ilerleme olarak belirlenmiştir (BMKP, 2000). Fakat Rio+20 Konferansı’nda kabul edilen “İstedığımız Gelecek” deklarasyonunda daha kapsayıcı ve evrensel hedeflere ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (BM, 2012). Son olarak 2015’te kabul edilen “2030 Gündemi”, 17 amaç ve 169 hedef içeren Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları’nı (SKA) resmî olarak yürürlüğe koyarak, tüm ülkeler için evrensel bir sürdürülebilir kalkınma çerçevesi oluşturmuştur. Bu amaçlar arasında yer alan SKA 9, “dayanıklı altyapılar inşa etmek, kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşmeyi teşvik etmek ve inovasyonu desteklemek” hedefiyle sanayi, teknoloji ve altyapının sürdürülebilir kalkınmadaki belirleyici rolünü vurgulamaktadır (BM, 2015).

Sanayileşmenin, ekonomik kalkınmanın tarihsel olarak en önemli itici gücü olduğu ve yüksek gelirli ülkelerin gelişiminde belirleyici rol oynadığı uzun zamandır yaygın kabul gören bir düşüncedir. Kuznets (1949), kalkınma ekonomisi literatürüne yaptığı öncü katkıda, ulusal gelir hesaplamalarının ülkelerin endüstriyel yapılarındaki farklılıkların dikkate alınarak yapılması gerektiğini vurgulamış ve sanayileşmenin yalnızca üretim yapısında değil, ulusal gelir düzeylerinde de karşılaştırmalı bir artış sağlayan temel bir mekanizma olduğunu ileri sürmüştür. UNIDO (United Nations Industrial Development Organization – Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı), özellikle inovasyonla beslenen ve güçlü altyapı tarafından desteklenen canlı bir imalat sektörünün, üretkenliğin artmasını sağladığını ve ülkelerin yoksulluktan refaha geçişinde temel yapı taşı olduğunu ifade etmektedir (UNIDO, 2020). Pek çok ekonomist, kalkınma sürecinin özünü üretim yapısının dönüşümü ve bu dönüşümün gerektirdiği yeteneklerin geliştirilmesi olarak tanımlamaktadır (Chang, 2010). Bu dönüşüm, özellikle emek faktörünün geçimlik tarımdan yüksek verimlilik düzeylerine sahip imalat ve diğer modern sektörler kayması ile karakterize edilir ve literatürde “yapısal dönüşüm kazancı” olarak adlandırılır (Timmer ve Szirmai, 2000). Bu yaklaşım, sanayileşmenin sürdürülebilir kalkınma ve SKA 9 bağlamında kalkınma performansını değerlendirmede neden kritik bir değişken olduğunu teorik olarak desteklemektedir.

Bu çerçevede, Türkiye’nin imalat sanayi performansının ve SKA 9 göstergelerindeki konumunun, dünya ortalaması, Avrupa Birliği (AB) ve Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleriyle karşılaştırmalı olarak incelenmesi stratejik önem taşımaktadır. Türkiye’nin son yıllarda imalat sektörü katma değerinde artış kaydetmesi, ancak orta ve yüksek teknoloji imalatının toplam imalat içindeki payının hâlâ AB ve OECD ortalamalarının gerisinde seyretmesi, ülkenin kalkınma yolculuğunda yapısal dönüşümün derinleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, sanayi üretiminin enerji ve karbon yoğunluğu, Türkiye’nin 2053 net sıfır hedefine ulaşabilmesi açısından kritik bir politika alanıdır. Dolayısıyla bu çalışma, Türkiye’nin sanayileşme sürecindeki güçlü ve zayıf yönlerini küresel bağlamda değerlendirmekte ve SKA’lara olumlu yansıyacak politika önceliklerini belirlemeye katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde yapılandırılmıştır: Girişten sonra birinci bölüm, SKA 9’un yapısal dönüşüm ve diğer sürdürülebilir kalkınma amaçları ile arasındaki ilişkilere dair mevcut literatürü özetlemektedir. İkinci bölüm, çalışmada kullanılan veri setlerini ve yöntemsel yaklaşımı açıklamaktadır. Üçüncü bölüm, Türkiye’nin SKA 9 performansını dünya, AB ve OECD ortalamalarıyla karşılaştırmalı olarak ele almakta ve temel göstergelerdeki eğilimleri raporlamaktadır. Dördüncü bölüm, bulguları literatür ışığında tartışarak Türkiye’nin güçlü ve zayıf yönlerini analiz etmekte, sanayi ve inovasyon politikaları açısından çıkarımlar yapmaktadır. Son bölüm ise çalışmanın temel sonuçlarını özetlemekte, politika yapımcılar için öneriler sunmakta ve gelecekteki araştırmalar için olası yönelimlere işaret etmektedir.

1. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde SKA 9, yapısal dönüşüm ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkiyi ele alan temel teorik ve ampirik çalışmalar özetlenmektedir. İnceleme, önce sanayileşmenin ekonomik büyümedeki tarihsel rolünü, ardından SKA 9'un diğer SKA'larla etkileşimlerini ve imalat sektörünün doğrudan sosyoekonomik katkılarını irdelemekte; son olarak altyapı, eşitsizlik ve ülke/bölge bazlı ampirik bulguları sunmaktadır.

1.1. Sanayileşme ve Ekonomik Büyüme

Kaldor (1966), ekonomik büyümenin temel itici gücünün imalat sanayi olduğunu vurgulamıştır. Artan getiriler ve teknolojik öğrenme süreçleri sayesinde sanayileşme, uzun dönemli büyümenin ve yapısal dönüşümün merkezinde yer alır. Bu yaklaşım, günümüzde dahi geçerliliğini korumakta ve pek çok güncel çalışmaya yön vermektedir. van Neuss (2018), sanayileşme ile ortaya çıkan yapısal dönüşümün ekonomik büyümenin merkezinde yer aldığını ve özellikle imalat sanayinin üretkenlik artışlarının “büyümenin motoru” işlevi gördüğünü vurgulamaktadır. Çalışma, gelir etkileri, göreceli fiyat değişimleri, girdi-çıktı bağlantıları ve küresel ticaretin yapısal dönüşümün temel belirleyicileri olduğunu ortaya koymakta ve sanayileşmenin başarılı kalkınma hikâyelerinin neredeyse tamamında belirleyici rol oynadığını ampirik olarak göstermektedir. Benzer şekilde Anderson ve Ponnusamy (2022), yapısal dönüşümle tarımdan uzaklaşmanın başka bir deyişle sanayileşmenin ekonomik büyümenin doğal bir parçası olduğunu ve bu sürecin yalnızca Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (GSYH) ve istihdam paylarında değil, ihracat yapısında da gözlemlendiğini göstermektedir. Çalışma, 130'dan fazla ülkeye ait panel veri analizleriyle, yapısal dönüşümün temel belirleyicisinin kişi başı gelir artışı ve göreceli faktör donanımı değişimleri olduğunu, imalat sektörünün payının ise büyümenin ileri aşamalarında ters-U biçiminde azaldığını ortaya koymaktadır. Fakat sanayileşmenin bir ülkenin büyüme performansını belirleyen tek unsur olmadığı unutulmamalıdır. Büyüme dinamiklerini şekillendiren ülkeye özel faktörler arasında siyasal istikrar, coğrafi koşullar, kurumsal düzenlemeler (özellikle emek piyasalarının yapısı) ve gelir-servet dağılımındaki eşitsizlikler önemli belirleyiciler olarak öne çıkmaktadır (UNIDO, 2020).

1.2. Sanayileşmenin SKA'larla İlişkisi

SKA 9'un diğer SKA'lar üzerindeki etkisinin esasen ekonomik büyüme aracılığıyla ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Bu etki, büyümenin itici gücü olarak sanayileşmenin oynadığı merkezi rolün bir sonucu olduğundan, literatürde “dolaylı etki” olarak tanımlanmaktadır. Dolaylı etkileri irdeleyen bir çalışmada Mantlana ve Maoela (2019), SKA 9'un sosyal kapsayıcılık, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik kalkınma ile ilgili diğer bazı SKA'larla etkileşimlerinde en baskın unsurun açık ara eş-yarar (co-benefits) ilişkileri olduğunu göstermiştir. SKA 2 (Açlığa Son) ve SKA 11 (Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar) gibi sosyal hedeflerle güçlü pozitif bağlantılar gösterirken, SKA 7 (Erişilebilir ve Temiz Enerji) ile de benzer şekilde eş-yararlı ilişkiler gözlemlenmiştir. SKA 9'un, çevresel amaçlarla (SKA 6 – Temiz Su ve Sanitasyon; SKA 13 – İklim Eylemi; SKA 15 – Karasal Ekosistemler) en geniş etkileşim yelpazesine sahip olduğu ve etkileşimlerin %73'ünün eş-yarar, %12'sinin nötr, %15'inin ise ödünleşme niteliği taşıdığını ifade edilmiştir.

1.3. İmalatın Doğrudan Sosyoekonomik Katkıları

Sanayi içinde imalat sektörünün yapısal özelliklerinden kaynaklanan ve doğrudan SKA'lara katkı sağlayan mekanizmalar da mevcuttur. Bu mekanizmalara örnek olarak, imalat sektöründe kayıtlı istihdam oranlarının yüksekliği, teknoloji ve inovasyonun yayılım hızının daha fazla olması ve iki yönlü bağlantılar yoluyla ekonomik çeşitlenmenin desteklenmesi verilebilir (Szirmai, 2012). Timmer ve de Vries (2009), büyüme ivmelenmeleri ve yavaşlamalarının nedenlerini inceledikleri çalışmalarında, büyüme ivmelenmelerinin başlıca olarak istihdamın sanayi sektörleri arasında yeniden dağılımından ziyade, sanayi sektörlerinde verimlilik artışları tarafından açıklandığını belirlemişlerdir. Teknolojik ilerleme, sanayileşme ile sağlık iyileşmeleri arasında doğrudan güçlü bir bağ kurmaktadır. İlaç, tıbbi cihaz ve cerrahi tekniklerdeki yenilikler büyük ölçüde imalat sektöründe, özellikle de ilaç endüstrisinde gerçekleşmektedir. Bu gelişmeler ve artan hijyen bilinci,

yaşam süresinin uzamasına, bebek ve anne ölümlerinin azalmasına ve bulaşıcı hastalıklardan ölümlerin büyük ölçüde düşmesine katkı sağlamıştır (UNIDO, 2020).

1.4. Altyapı ve Eşitsizlik Dinamikleri

Diğer bir doğrudan etki ise SKA 9'un dayanıklı altyapılar hedefinin sonucudur. Coanen ve ark. (2022), SKA 9'un beşgen şeklinde ortaya çıkan bir SKA alt grubuna (SKA 7, 9, 11, 12, 13 ve 17) dâhil olduğunu ve bu beşgenin merkezinde yer aldığını göstermiştir. Altyapının SKA'ları birbirine daha yakın bağlayan yatay bir tema olduğu ve SKA 9'un, SKA 7 (enerji altyapısı), SKA 11 (kentsel altyapı) ve SKA 12 (atık altyapısı) gibi hedeflerle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu bulgu, altyapının SKA'ların başarılmasında büyük bir potansiyele sahip olduğunu ileri süren önceki araştırmaların (Adshead ve ark., 2019) sonuçlarını desteklemektedir. Katz (1999), sanayinin zayıflaması ve imalat istihdamındaki kaybın, düşük vasıflı işçilerin ücret primlerini azaltarak gelir eşitsizliğini artırdığını göstermektedir. Bu bulgular, SKA 9 ve kapsayıcı büyüme politikalarının gelir eşitsizliğini azaltma açısından önemini vurgulamaktadır.

1.5. Ampirik ve Karşılaştırmalı Bulgular

AB üzerine yapılan güncel bir çalışmada, SKA 9 kapsamındaki sanayi, yenilikçilik ve altyapı yatırımlarının sürdürülebilir kalkınmaya olan etkisi istatistiksel olarak incelenmiş; özellikle Ar-Ge faaliyetleri ile ekonomik büyüme arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğu gösterilmiştir. Patent başvuruları ve çevresel sektörlerde yaratılan katma değer arasında anlamlı bir korelasyon saptanırken, 2000–2022 döneminde SKA 9 endeksinde genel SKA ortalamasının üzerinde bir artış gözlemlenmiştir (Gheorghita ve ark., 2024). Çin'in 30 il düzeyindeki bölgesi üzerine yapılan ampirik bir analizde, ulaştırma ve enerji altyapısına yapılan yatırımların kişi başı GSYH üzerinde anlamlı ve pozitif etkisi olduğu gösterilmiştir (Wang ve ark., 2020). Ayrıca, altyapı kalitesinin sadece ekonomik büyümeyi değil, aynı zamanda bölgesel eşitsizliklerin azaltılmasını da desteklediği vurgulanmıştır.

Kynčlová ve ark. (2020), sanayileşme ile sağlanan ekonomik büyümenin çevresel etkilerini azaltmak amacıyla teknolojik dönüşüm ve doğal kaynaklar ile enerjinin etkin kullanımıyla birlikte yürütülmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Haraguchi ve ark. (2017), gelişmekte olan ülkelerde imalat sanayiinin katma değer ve istihdamdaki payındaki gerilemenin üretimin sınırlı sayıda kalabalık ülkeye kaymasından kaynaklandığını ifade etmiştir. Szirmai ve Verspagen (2015), 1950–2005 döneminde imalat sanayinin büyüme üzerindeki etkisini yeniden ele alarak, sanayinin ekonomik büyümeye ılımlı düzeyde olumlu katkı sağladığını belirtmektedir. Cantore ve ark. (2017) ise sanayileşmenin büyümeyi desteklediğini ancak bu etkinin her ülke için geçerli olmadığını vurgulamış; yapısal dönüşümün özellikle verimlilik ve istihdam payı artışı yoluyla büyümeyi olumlu etkilediğini göstermiştir. Son olarak Su ve Yao (2017), imalat sektörünün diğer tüm sektörleri, özellikle hizmetleri de sürüklediğini, imalatın özel tasarruf oranını artırdığını ve teknolojik birikimi hızlandığını ortaya koymuştur.

2. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu bölüm, çalışmada kullanılan veri setlerini tanıtmakta ve analizde izlenen yöntemsel çerçeveyi açıklamaktadır. Öncelikle, SKA 9 kapsamındaki göstergelerin kaynakları, kapsamı ve özellikleri sunulmakta; ardından Türkiye'nin sanayileşme performansının değerlendirilmesinde kullanılan analitik yaklaşım tanıtılmaktadır.

2.1. Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti, UNIDO İstatistik Platformu (2025) üzerinden derlenmiştir. UNIDO, sanayi ve imalat sektörüne ilişkin uluslararası resmi veri kaynağı olup üye ülkelerden elde edilen verileri metodolojik olarak uyumlaştırarak yayımlar. Platform, imalat katma değeri, teknoloji yoğunluğu, istihdam payları, enerji

ve karbon yoğunluğu gibi göstergeleri uluslararası sınıflandırmalar (ISIC Rev.4) çerçevesinde sunarak ülkeler arası karşılaştırma yapmayı mümkün kılar. Veri seti 2005–2022 dönemini kapsamakta ve Türkiye, AB, OECD ve dünya için karşılaştırmalı yıllık veriler içermektedir. Ancak, bazı göstergeler (özellikle 9.3.1 – Küçük ölçekli sanayinin katma değer payı ve 9.3.2 – Küçük ölçekli sanayinin krediye erişim oranı) için Türkiye, AB veya OECD düzeyinde veri sürekliliği bulunmadığından analize dâhil edilmemiştir. Eksik yıllar veya tekil veri noktaları bu göstergeler için güvenilir bir eğilim analizi yapılmasına olanak vermediğinden, çalışmada yalnızca tam zaman serisi bulunan göstergeler değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan SKA 9 göstergeleri

Gösterge	Gösterge Açıklaması	Birim	Kapsam
9.2.1	İmalat katma değerinin GSYH'ye oranı	%	Türkiye, AB, OECD, Dünya
9.2.1	Kişi başı imalat katma değeri	2015 sabit \$	Türkiye, AB, OECD, Dünya
9.2.2	İmalat istihdamının toplam istihdam içindeki payı	%	Türkiye, AB, OECD, Dünya
9.4.1	Yakıt yakımından kaynaklanan CO ₂ emisyonları	Mt CO ₂	Türkiye, AB, OECD, Dünya
9.4.1	İmalat katma değer birimi başına CO ₂ emisyonu	kgCO ₂ / 2015 sabit \$	Türkiye, AB, OECD, Dünya
9.b.1	Orta ve yüksek teknoloji imalat katma değerinin toplam katma değer içindeki payı	%	Türkiye, AB, OECD, Dünya

2.2. Yöntem

Bu çalışmada Türkiye'nin SKA 9 kapsamındaki sanayileşme performansı, hem zamansal eğilimleri hem de uluslararası karşılaştırmaları dikkate alan bütüncül bir metodolojik çerçeve ile incelenmiştir. Analiz, literatürde yaygın olarak kullanılan karşılaştırmalı kalkınma çalışmaları (UNIDO, 2023; Gheorghita ve ark., 2024) ve endeksleme yaklaşımlarından esinlenerek iki aşamada yürütülmüştür.

2.2.1. Tanımlayıcı İstatistikler ve Eğilim Analizi

İlk aşamada 2005–2022 dönemi için imalat katma değeri, kişi başına imalat katma değeri, teknoloji yoğunluğu, imalat istihdam payı ve imalat karbon yoğunluğu gibi göstergeler zaman serisi halinde incelenmiştir. Eğilimlerin analizi için bileşik yıllık büyüme oranı (Compound Annual Growth Rate, *CAGR*) hesaplanmış, dönemin genel artış veya azalış eğilimi sayısal olarak ortaya konmuştur. *CAGR*, bir göstergenin belirli bir dönem boyunca yıllık ortalama ne kadar büyüdüğünü (veya küçüldüğünü) hesaplamak için kullanılır. Özellikle ekonomik büyüklükler, üretim, enerji tüketimi veya emisyon serileri gibi zaman serilerinde çok tercih edilir, çünkü yıllık dalgalanmaları ortalayarak uzun dönemli trendi tek bir yüzdeyle özetler. *CAGR*, Eşitlik 1 ile hesaplanır.

$$CAGR = \left(\frac{y_f}{y_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (1)$$

Eşitlik 1'de y_f ve y_i göstergenin sırasıyla son ve ilk değerini ifade ederken, n yıl olarak ilk ve son değer arasında geçen zamandır.

2.2.2. Karşılaştırmalı Performans Analizi

İkinci aşamada Türkiye'nin göstergelerdeki performansı AB, OECD ve dünya ortalamaları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma iki teknik üzerinden yapılmıştır. İlk olarak seviye farkı analizi ile Türkiye'nin göstergesinin referans gruplara göre yüzde farkı hesaplanmış ve zaman içindeki yakınsama/ıraksama eğilimleri izlenmiştir. Hesaplama Eşitlik 2'de gösterildiği gibi yapılmıştır:

$$\Delta(\%) = (Y_{Tr} - Y_{ref})/Y_{ref} \times 100 \quad (2)$$

Eşitlik 2'de Δ ele alınan göstergede Türkiye ile referans grubun arasındaki farkı, Y_{Tr} ve Y_{ref} aynı göstergede sırasıyla Türkiye ve referans grubun değerlerini ifade etmektedir. Sonrasında endeks karşılaştırması ile Türkiye, AB, OECD ve dünya için 2015 baz yılı endeks değerleri oluşturulmuş ve eğilimler tek bir grafikte sunularak görece hareketler görselleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde Türkiye'nin 2005–2022 dönemine ait imalat sektörü göstergelerinin eğilimleri sunulmakta ve AB, OECD ile dünya ortalamalarıyla karşılaştırılmaktadır. Katma değer, kişi başına katma değer, istihdam payı, teknoloji yoğunluğu ve karbon yoğunluğu göstergelerindeki değişimler incelenmiş; sonuçlar Türkiye'nin sürdürülebilir sanayileşme, enerji verimliliği ve emisyon azaltım hedefleriyle ilişkilendirilerek tartışılmıştır.

3.1. İmalat Sektörü Eğilimleri

2005–2015 ve 2015–2022 dönemleri için imalat sektörüne ilişkin temel göstergelerin yıllık bileşik büyüme oranları (*CAGR*) Tablo 2'de sunulmaktadır. 2015 yılının ara yıl olarak seçilmesinin iki temel nedeni vardır: (i) 2015 yılı, BM tarafından SKA'ların ilan edildiği ve izleme–raporlama süreçlerinin başladığı yıldır; (ii) bu çalışmada değerlendirilen dönemin ortasında yer alarak, 2005 sonrasında ortaya çıkan eğilimlerin daha dengeli bir şekilde yorumlanmasına imkân verir. Tablo 2, imalat katma değeri, kişi başına imalat katma değeri, istihdam payı, teknoloji yoğunluğu ve karbon yoğunluğu gibi göstergelerin uzun dönemli eğilimlerini ortaya koymaktadır. Tablo 2'de sunulan sonuçlar, Türkiye'nin imalat sektörü göstergelerinde genel olarak pozitif bir gelişim sergilediğini ve birçok alanda dünya ortalamasının üzerinde bir performans ortaya koyduğunu göstermektedir. İmalat katma değeri Türkiye'de her iki dönemde de artış eğilimindedir; 2005–2015 döneminde yıllık ortalama %0,68, 2015–2022 döneminde ise %0,59 artış kaydedilmiştir. Bu oranlar hem AB hem de OECD'nin düşük pozitif veya negatif eğilimlerinin üzerinde olup, dünya ortalamasının da bir miktar üzerindedir. Kişi başına imalat katma değeri açısından Türkiye'nin performansı belirgin şekilde öne çıkmaktadır. 2005–2015 döneminde %4,33 ve 2015–2022 döneminde %4,04 yıllık artış ile hem AB hem de OECD ortalamalarını katlamış, dünya ortalamasını da açık ara geride bırakmıştır. Bu sonuç, Türkiye'nin kişi başına üretkenlik artışında küresel yakınsamadan daha hızlı bir sanayileşme süreci yaşadığını göstermektedir.

İmalat istihdam payı göstergesi, Türkiye'de iki dönem arasında yön değiştirmiştir: 2005–2015'te yıllık %0,62 azalış gözlenirken, 2015–2022 döneminde %1,04'lük artış kaydedilmiştir. Bu durum, Türkiye'nin imalat sektöründe istihdamı yeniden canlandırdığına işaret etmektedir. AB ve OECD'de istihdam payı her iki dönemde de gerilerken, dünya ortalaması 2005–2015'te hafif pozitif seyretmiş, 2015 sonrası ise düşüşe geçmiştir. Bu karşılaştırma, Türkiye'nin 2015 sonrası dönemde küresel eğilimin tersine istihdamı artırabildiğini göstermektedir.

Tablo 2. 2005–2015 ve 2015–2022 dönemlerinde SKA 9 göstergelerinin yıllık bileşik büyüme oranları

Gösterge	Gösterge Açıklaması	Dönem	Türkiye	AB	OECD	Dünya
9.2.1	İmalat katma değerinin GSYH'ye oranı	2005-2015	0,68%	0,07%	-0,35%	0,57%
		2015-2022	0,59%	0,46%	-0,21%	0,35%
	Kişi başı imalat katma değeri	2005-2015	4,33%	0,87%	0,44%	2,19%
		2015-2022	4,04%	2,09%	1,18%	1,94%
9.2.2	İmalat istihdamının toplam istihdam içindeki payı	2005-2015	-0,62%	-1,56%	-1,39%	0,07%
		2015-2022	1,04%	-0,44%	-0,52%	-0,20%
9.4.1	Yakıt yakımından kaynaklanan CO ₂ emisyonu	2005-2015	-1,34%	-2,92%	-1,63%	2,47%
		2015-2022	6,13%	-0,80%	-0,85%	-0,09%
	İmalat katma değeri birimi başına CO ₂ emisyonu	2005-2015	-6,78%	-3,95%	-2,75%	-0,99%
		2015-2022	0,80%	-3,03%	-2,60%	-3,00%
9.b.1	Orta ve yüksek teknoloji imalat katma değerinin toplam katma değeri içindeki payı	2005-2015	0,14%	1,34%	0,58%	0,09%
		2015-2022	1,25%	-0,87%	0,06%	-0,16%

Teknoloji yoğunluğu Türkiye’de 2005–2015 döneminde sınırlı bir ortalama yıllık artış (%0,14) göstermişken, 2015 sonrası dönemde bu değer %1,25’e yükselmiştir. Böylece Türkiye, teknoloji yoğunluğunda hem dünya ortalamasının (%–0,16) hem de OECD’nin (%+0,06) üzerinde bir performans sergilemiştir. AB’nin aynı dönemde teknoloji yoğunluğundaki düşüşü (–%0,87) dikkate alındığında, Türkiye’nin bu göstergede olumlu bir yapısal dönüşüm sürecine girdiği söylenebilir.

Çevresel göstergelerde ise daha dikkat çekici bir durum ortaya çıkmaktadır. İmalat karbon yoğunluğu Türkiye’de 2005–2015 döneminde %6,78 gibi çok hızlı bir yıllık azalma kaydederken, 2015 sonrası dönemde %0,80 artış göstermiştir. Buna karşın AB, OECD ve dünya ortalamaları aynı dönemde karbon yoğunluğunu azaltmaya devam etmiştir (sırasıyla –%3,03, –%2,60 ve –%3,00). Bu eğilim değişimi, Türkiye’nin karbon yoğunluğunu düşürme sürecinde küresel eğilimden ayrıştığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, toplam imalat CO₂ emisyonu Türkiye’de 2005–2015 döneminde düşüş gösterirken (–%1,34), 2015 sonrası dönemde %6,13 artmış; oysa dünya genelinde bu artış eğilimi neredeyse durma noktasına gelmiştir (–%0,09).

Genel olarak Tablo 2’den, Türkiye’nin imalat sektöründe üretim, verimlilik ve istihdam göstergelerinde AB, OECD ve dünya ortalamalarından daha iyi bir performans sergilediği; buna karşılık karbon yoğunluğu ve emisyon göstergelerinde küresel eğilimin tersine olumsuz bir yöne evrildiği görülmektedir.

3.2. Karşılaştırmalı Performanslar

Karşılaştırmalı performansları belirlemek için ilk olarak seviye farkı analizi yapılmıştır. Bu analiz ile Türkiye’nin imalat sektörü göstergelerindeki konumunu AB, OECD ve dünya ortalamalarına göre karşılaştırmalı olarak değerlendirme imkânı doğmuştur. Analizde, Türkiye’nin göstergedeki seviyesinin referans grup seviyesine göre yüzdesel farkı hesaplanarak yalnızca büyüme hızları değil, Türkiye’nin göreceli

olarak “nerede durduğu” da ortaya konulmuştur. Örneğin pozitif farklar Türkiye’nin ilgili göstergede referansın üzerinde olduğunu, negatif farklar ise altında olduğunu göstermektedir.

Bu yaklaşım, zaman içinde farkın daralıp daralmadığını da (yakınsama) ya da açılıp açılmadığını (ıraksama) izlemeye imkân verir. 2005, 2015 ve 2022 yıllarındaki seviye farklarının birlikte değerlendirilmesi, Türkiye’nin uzun vadede referans gruplara ne ölçüde yaklaştığını ya da uzaklaştığını ortaya koyar. Ekonomik göstergelerde (imalat katma değeri, kişi başına imalat katma değeri, istihdam payı ve teknoloji yoğunluğu) farkın büyümesi genellikle olumlu bir ıraksamaya, yani Türkiye’nin referansların üzerinde performans gösterdiğine işaret eder. Buna karşılık çevresel göstergelerde (karbon yoğunluğu) farkın büyümesi olumsuz ıraksamayı, yani Türkiye’nin karbon verimliliği açısından geride kaldığını ifade eder. Analizin sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur. Türkiye’nin GSYH içindeki imalat payı 2005’te AB’nin yalnızca %3,3 üzerinde iken 2015’te bu fark %9,9’a, 2022’de ise %10,8’e çıkmıştır. Bu durum Türkiye’nin sanayi sektörünün görece önemini artırdığını ve AB ile OECD’ye göre daha yüksek sanayi payına sahip olduğunu göstermektedir. Bu ıraksama ekonomik açıdan olumludur ve Türkiye’nin sanayileşme hedefleriyle uyumludur.

Kişi başına imalat katma değeri açısından Türkiye, 2005’te AB ortalamasının %72 altında iken bu fark 2015’te %61’e, 2022’de ise %56’ya daralmıştır. Bu yakınsama, Türkiye’nin kişi başına üretkenlik artışında referans gruplara hızla yaklaştığını göstermektedir. Dünya ortalaması ise 2015 itibarıyla aşılmış ve 2022’de Türkiye’nin lehine fark %26’ya çıkmıştır. İmalat istihdam payında Türkiye, 2005’te AB’nin yalnızca %3,6 üzerinde iken 2022’ye gelindiğinde fark %26’ya yükselmiştir. OECD ve dünya ortalamalarıyla fark da belirgin biçimde açılmıştır. Bu, Türkiye’nin imalat istihdamında güçlü bir ıraksama yaşadığını ancak bunun “olumlu” nitelikte olduğunu, yani sanayisizleşme eğiliminden ayrıştığını göstermektedir.

Teknoloji yoğunluğunda Türkiye, 2005’te AB’nin %34 altında iken 2015’te fark %41’e çıkmış (ıraksama), fakat 2022’de %32’ye gerileyerek yeniden yakınsamaya başlamıştır. OECD ve dünya ortalamalarına göre de fark azalmıştır. Bu gelişme, Türkiye’nin orta–yüksek teknoloji üretiminde yapısal dönüşüm sürecine girdiğini göstermektedir.

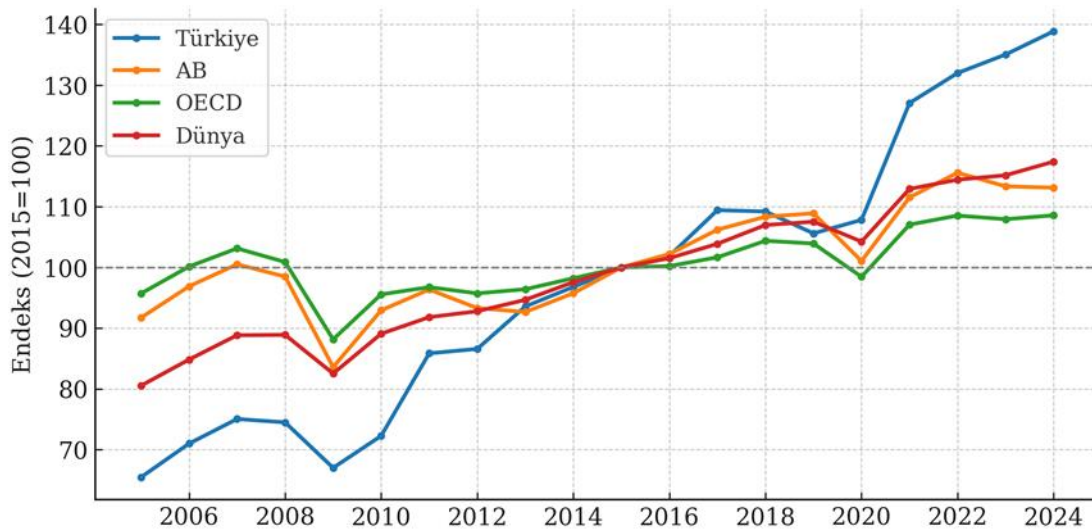
İmalat karbon yoğunluğu açısından Türkiye, 2005’te AB’nin yaklaşık %170 üzerinde karbon yoğunluğuna sahipken, 2015’te bu fark %100’e düşerek hızlı bir yakınsama göstermiştir. Ancak 2015 sonrası dönemde fark yeniden %163’e çıkmış ve olumsuz bir ıraksama başlamıştır. OECD ile fark da benzer şekilde artmıştır. Dünya ortalamasına göre fark azalmış olsa da Türkiye’nin karbon yoğunluğu hâlâ yüksek seviyededir. Bu durum, enerji verimliliği ve düşük karbon teknolojilerine geçişin hızlandırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak Tablo 3, Türkiye’nin sanayileşme sürecinde ekonomik göstergelerde (katma değer, kişi başına üretim, istihdam ve teknoloji yoğunluğu) AB, OECD ve dünya ortalamalarına göre yakınsama ve pozitif ıraksama eğilimi sergilediğini göstermektedir. Buna karşılık karbon yoğunluğunda 2015 sonrası dönemde olumsuz bir kırılma yaşanmış ve Türkiye’nin referans gruplardan uzaklaşmasına yol açmıştır.

Karşılaştırmalı performans analizinin ikinci bölümünde endeksleme yöntemi kullanılmıştır. Her bir göstergenin 2015 yılındaki değeri 100 kabul edilmiş, diğer yıllar oransal olarak yeniden ölçeklendirilmiştir. Böylece artışlar 100’ün üzerinde, azalışlar ise 100’ün altında görselleştirilmiş ve farklı göstergeler arasında kıyaslama kolaylaştırılmıştır. Bu yöntem, kısa dönem dalgalanmalar yerine uzun dönem eğilimleri öne çıkararak Türkiye’nin AB, OECD ve dünya ortalamalarına göre yakınsama veya ıraksama dinamiklerinin net biçimde gözlemlenmesine olanak tanımaktadır. Şekil 1, Türkiye’nin kişi başına imalat katma değerinin 2005–2024 dönemi boyunca AB, OECD ve dünya ortalamalarına göre izlediği göreceli artış hızını göstermektedir. 2005 yılında düşük bir başlangıç seviyesine sahip olan Türkiye, 2008–2009 küresel krizinde daha derin bir düşüş yaşasa da 2010 sonrası dönemde güçlü bir toparlanma kaydetmiş ve 2015’e gelindiğinde referans gruplarla farkını önemli ölçüde azaltmıştır.

Tablo 3. Türkiye'nin SKA 9 göstergelerinin karşılaştırmalı seviye analizi

Gösterge	Gösterge Açıklaması	Referans	2005 Δ	2015 Δ	2022 Δ	Değişim 2005→2015	Değişim 2015→2022
9.2.1	İmalat Katma Değeri / GSYH (%)	AB	3,3%	9,9%	10,8%	6,6%	1,0%
		OECD	7,6%	19,3%	26,1%	11,7%	6,8%
		Dünya	1,3%	2,5%	4,2%	1,2%	1,7%
9.2.1	Kişi Başına İmalat Katma Değeri	AB	-72,5%	-61,4%	-55,9%	11,0%	5,5%
		OECD	-75,2%	-63,8%	-56,0%	11,4%	7,8%
		Dünya	-11,1%	9,4%	26,2%	20,5%	16,8%
9.2.2	İmalat İstihdam Payı (%)	AB	3,6%	14,0%	26,4%	10,4%	12,4%
		OECD	23,6%	33,6%	48,9%	10,0%	15,3%
		Dünya	40,1%	30,8%	42,6%	-9,4%	11,8%
9.b.1	Orta-Yüksek Teknoloji Üretim Payı (%)	AB	-34,0%	-41,4%	-32,1%	-7,4%	9,3%
		OECD	-37,3%	-40,0%	-34,8%	-2,7%	5,2%
		Dünya	-34,3%	-34,0%	-27,2%	0,3%	6,8%
9.4.1	İmalat Karbon Yoğunluğu (kgCO ₂ /US\$)	AB	170,4%	100,6%	163,2%	-69,8%	62,6%
		OECD	166,1%	74,2%	121,5%	-91,9%	47,3%
		Dünya	23,7%	-32,3%	-11,4%	-56,0%	20,9%

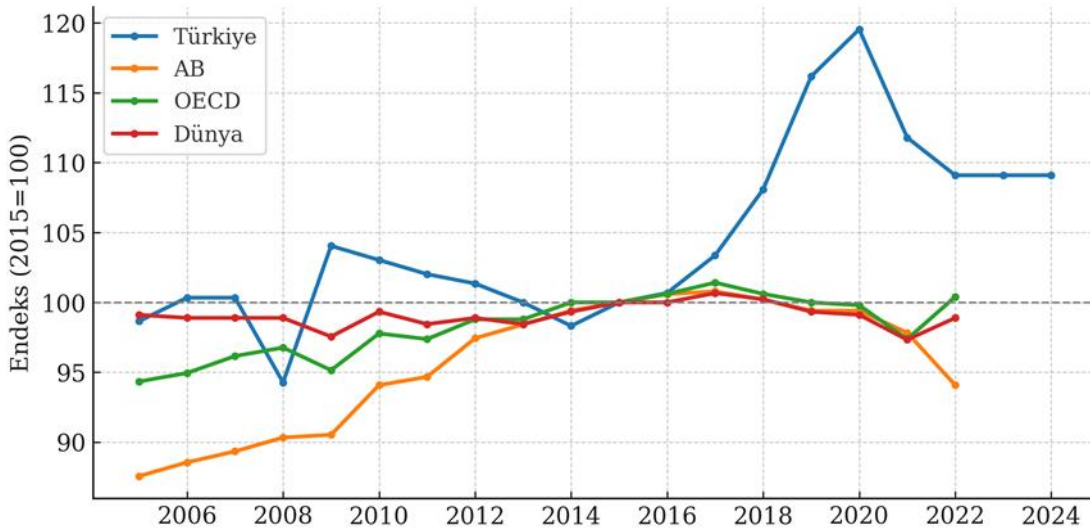


Şekil 1. Kişi başına imalat katma değeri göreceli değişimi (2015=100), 2005–2024

2016–2019 döneminde Türkiye'nin artış hızı AB ve OECD ile paralel seyretmiş, pandemi yılında tüm gruplarda keskin bir gerileme görülmüştür. Ancak 2021 sonrası Türkiye'nin kişi başına imalat katma değerindeki toparlanma çok daha hızlı gerçekleşmiş, 2015 baz yılına göre kümülatif artış AB ve OECD'yi

aşmıştır. Bu durum, Türkiye'nin kişi başına üretkenliğini 2015 sonrasında referans gruplara kıyasla daha hızlı artırdığını ve sanayide pozitif iraksama sürecine girdiğini göstermektedir. Burada vurgulanan fark, mutlak düzey farkı değil, 2015 sonrasındaki göreceli iyileşme hızıdır; dolayısıyla Türkiye hâlen AB ve OECD'nin mutlak kişi başına imalat katma değeri seviyesinin gerisindedir, ancak aradaki farkı kapatma yönünde önemli mesafe kat etmiştir.

Şekil 2, 2005–2024 döneminde Türkiye'nin imalat sanayinde orta ve yüksek teknoloji üretim payındaki göreceli değişimi AB, OECD ve dünya ortalamalarıyla karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. 2005–2008 döneminde Türkiye'nin endeksi 100'ün altında seyretmiş, 2008 küresel kriziyle birlikte belirgin bir düşüş yaşamıştır. 2009 sonrası hızlı bir toparlanma gözlenmiş, 2015'e gelindiğinde endeks 100 seviyesine yaklaşarak baz yıl düzeyine ulaşmıştır. 2016 sonrasında Türkiye'nin artış hızı belirgin biçimde yükselmiş ve 2020 yılında endeks yaklaşık 120 seviyesine çıkarak 2015'e göre %20'lik bir iyileşmeyi işaret etmiştir. 2021–2022 döneminde endekste gerileme olsa da 2022 itibarıyla kazanımların önemli bir bölümü korunmuş ve endeks hâlâ 2015 düzeyinin yaklaşık %10 üzerinde kalmıştır. Karşılaştırmalı olarak, AB'nin endeksi 2017 sonrasında hafif bir düşüşle 100'ün altına gerilemiş, OECD ise dönem boyunca 100 etrafında yatay seyretmiştir. Dünya ortalaması ise neredeyse sabit kalarak anlamlı bir artış göstermemiştir. Bu bulgular, Türkiye'nin 2015 sonrası dönemde orta ve yüksek teknoloji üretim payında referans gruplara kıyasla daha hızlı bir iyileşme kaydettiğini ve bu alanda pozitif bir iraksama sergilediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, grafikteki değerlerin 2015'e göre göreceli değişimi yansıttığı ve mutlak pay düzeylerinin AB ve OECD'ye göre hâlâ farklılık gösterebileceği unutulmamalıdır.



Şekil 2. Orta ve yüksek teknoloji üretim payındaki göreceli değişim (2015=100), 2005–2024

Şekil 3, 2005–2022 döneminde Türkiye'nin imalat karbon yoğunluğunda 2015'e göre göreceli değişimi ve bu değişimin AB, OECD ve dünya ortalamalarıyla karşılaştırmasını sunmaktadır. Türkiye'nin endeksi 2005'te 100'ün üzerinde başlayarak 2015 düzeyinden daha yüksek bir karbon yoğunluğuna işaret etmektedir. 2005–2012 döneminde endeksin kademeli olarak düşmesi, karbon yoğunluğunda 2005'e göre sürekli bir iyileşme olduğunu göstermektedir. 2017 sonrasında ise endeks yeniden 100'ün üzerine çıkarak 2015'e kıyasla kötüleşmeye işaret etmekte ve 2021–2022'de bu artış belirginleşmektedir. Bu eğilim, Türkiye'nin 2015 sonrası dönemde karbon yoğunluğunda sağladığı kazanımların bir kısmını kaybettiğini göstermektedir. Karşılaştırmalı olarak, AB ve OECD endeksleri aynı dönemde 100'ün altına gerileyerek karbon yoğunluğundaki göreceli iyileşmeyi sürdürmüştür. Dünya ortalaması da 2015 sonrası benzer bir düşüş eğilimi göstermiştir. Bu durum, Türkiye'nin 2015 sonrasında karbon yoğunluğu performansında referans gruplara kıyasla negatif bir iraksama yaşadığını ve emisyon verimliliğinde geride kaldığını ortaya koymaktadır.



Şekil 3. İmalat karbon yoğunluğundaki göreceli değişim (2015=100), 2005–2022

3.3. Tartışma Ve Politika Önerileri

Bu çalışmada elde edilen bulgular, Türkiye'nin imalat sanayinde üretkenlik ve teknoloji yoğunluğu açısından kayda değer bir ilerleme sağladığını, ancak karbon yoğunluğu bakımından sürdürülebilirlik riskleri taşıdığını göstermektedir. Türkiye'nin güçlü yönü, kişi başına imalat katma değerinde ve orta ve yüksek teknoloji üretim payında AB ve OECD'ye kıyasla daha hızlı bir artış kaydederek sanayi üretkenliğinde pozitif bir iraksama sergilemesidir. Bu durum, sanayi sektörünün ekonomik büyümeye katkısının güçlü olduğunu ve yapısal dönüşüm sürecinin başladığını ortaya koymaktadır.

Buna karşın, imalat karbon yoğunluğunda gözlenen artış Türkiye'nin zayıf yönünü oluşturmaktadır. AB ve OECD'nin aynı dönemde karbon yoğunluğunu sürekli azaltması, Türkiye'nin düşük karbonlu sanayi dönüşümünde geride kaldığını işaret etmektedir. Bu eğilim, enerji verimliliği kazanımlarının sınırlı kaldığını ve sanayi politikalarının iklim hedefleriyle tam uyumlu olmadığını göstermektedir.

Politika açısından, bir yandan üretkenlik ve teknoloji yoğunluğunu artıracak inovasyon, Ar-Ge ve dijitalleşme desteklerinin sürdürülmesi, diğer yandan sanayi üretiminde enerji verimliliği ve temiz teknoloji yatırımlarının hızlandırılması gerekmektedir. Bu ikili yaklaşım, hem SKA 9 kapsamında "kapsayıcı ve sürdürülebilir sanayileşme" hedefine hem de Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefine uyumlu bir sanayi politikası tasarlanmasına katkı sağlayacaktır.

4. SONUÇ

Bu çalışma, Türkiye'nin imalat sanayindeki dönüşümünü 2005–2022 dönemi için kişi başına imalat katma değeri, teknoloji yoğunluğu ve karbon yoğunluğu göstergeleri üzerinden kapsamlı biçimde analiz etmiştir. Çalışmada uygulanan CAGR hesaplamaları, seviye farkı ve endeks karşılaştırmaları, Türkiye'nin üretkenlik ve teknoloji yoğunluğunda referans gruplara göre görece hızlı bir artış kaydettiğini, buna karşın karbon yoğunluğu performansının 2015 sonrası dönemde kötüleştiğini ortaya koymuştur.

Çalışmanın temel katkısı, Türkiye'nin sanayileşme sürecini yalnızca ekonomik büyüme açısından değil, teknolojik nitelik ve çevresel sürdürülebilirlik boyutlarıyla birlikte değerlendirmesidir. Bu yönüyle çalışma, sanayi politikalarının sadece üretim hacmini değil, aynı zamanda üretimin niteliğini ve emisyon etkilerini gözetmesi gerektiğini göstermektedir.

Gelecekte yapılacak araştırmalar, bu çalışmada kullanılan yaklaşımı sektörel veya bölgesel ayrıntılarla derinleştirerek farklı imalat kollarının dönüşüm hızlarını karşılaştırabilir. Ayrıca karbon fiyatlandırması, yeşil

inovasyon ve enerji geçişi gibi politika araçlarının sanayi üretkenliği ve karbon yoğunluğu üzerindeki olası etkileri senaryo temelli analizlerle incelenebilir. Böylece, Türkiye'nin 2053 net sıfır hedefi ile uyumlu, teknoloji yoğun ve sürdürülebilir bir sanayi yapısına geçiş sürecine yönelik daha somut yol haritaları geliştirilebilir.

EXTENDED SUMMARY

Introduction

Sustainable Development Goal (SDG) 9 plays a critical role in economic growth, job creation, and environmental sustainability by aiming to develop resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization, and support innovation. Türkiye's manufacturing industry performance has undergone a significant transformation process in recent years in terms of both productivity increases and energy and emission dynamics. This study analyzes Türkiye's position in SDG 9 indicators in comparison with global, EU, and OECD averages, quantitatively revealing the progress and turning points recorded between 2005 and 2022. The main objective of the study is to identify Türkiye's strengths and weaknesses in its industrialization process and to assess priorities in terms of industrial and innovation policies.

Method

The analysis was conducted using UNIDO's (United Nations Industrial Development Organization) internationally harmonized industrial database. Indicators such as manufacturing value added, manufacturing value added per capita, manufacturing employment share, medium and high technology manufacturing share, and manufacturing carbon intensity were selected. In the first stage, compound annual growth rates (CAGR) were calculated to capture time series trends, and the sub-periods 2005–2015 and 2015–2022 were evaluated separately. In the second stage, Türkiye's performance in the indicators was compared with the EU, OECD, and world averages; convergence/divergence trends were determined using level difference analysis, and relative movements were visualized using the 2015=100 indexing method. Thus, both absolute level and relative change dynamics were revealed.

Findings and Results

CAGR results show that Türkiye's manufacturing value added per capita has increased at approximately twice the rate of the EU and OECD, and that it has experienced significant convergence in productivity. The share of manufacturing employment has increased since 2015, maintaining its capacity to create jobs contrary to the global trend. The share of medium and high technology manufacturing accelerated after 2015 and peaked in 2020. In contrast, while manufacturing carbon intensity declined rapidly between 2005 and 2015, it began to increase again after 2015, causing a negative break in Türkiye's emissions efficiency. Level difference analyses reveal that Türkiye's industry has shown positive divergence in its share of GDP and employment indicators, but negative divergence in carbon intensity.

Discussion and Conclusions

The findings indicate that Türkiye has made significant progress in productivity and technology intensity, but that its industry carries risks in terms of environmental sustainability. This situation indicates that industrial policy must follow a dual-pronged strategy: (i) supporting innovation, research and development investments that will increase productivity and technology intensity, and (ii) reducing carbon intensity through energy efficiency and clean production technologies. The contribution of this study is that it evaluates Türkiye's progress on SDG 9 indicators not only in terms of economic magnitude but also in terms of technological and environmental dimensions. Future studies could examine the spatial variations of structural transformation using microdata at the sectoral and regional levels and model the effects of carbon reduction policies on industrial productivity through scenario analyses.

KAYNAKÇA

- Adshead, D., Thacker, S., Fuldauer, L. I. ve Hall, J. W. (2019). Delivering on the sustainable development goals through long-term infrastructure planning. *Global Environmental Change*, 59, 101975.
- Anderson, K. ve Ponnusamy, S. (2023). Structural transformation away from agriculture in growing open economies. *Agricultural Economics*, 54(1), 62-76.
- BM. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press.
- BM. (1992). *Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development*. United Nations.
- BM. (2012). *The Future We Want: Outcome Document of the United Nations Conference on Sustainable Development (Rio+20)*. United Nations.
- BM. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development (Resolution A/RES/70/1)*. United Nations General Assembly.
- BMKP. (2000). *Millennium Development Goals: A Compact Among Nations to End Human Poverty*. United Nations Development Programme.
- Cantore, N., Clara, M., Lavopa, A. ve Soare, C. (2017). Manufacturing as an engine of growth: Which is the best fuel? *Structural Change and Economic Dynamics*, 42, 56-66.
- Chang, H. J. (2010). Hamlet without the Prince of Denmark: How development has disappeared from today's "development" discourse', in: Khan, S. Christiansen, J. (eds.), *Towards New Developmentalism: Market as Means rather than Master*. Abingdon, Routledge.
- Coenen, J., Glass, L. M. ve Sanderink, L. (2022). Two degrees and the SDGs: a network analysis of the interlinkages between transnational climate actions and the sustainable development goals. *Sustainability Science*, 17(4), 1489-1510.
- Gheorghită, M., Turcan, R. ve Stratila, A. (2024). Evaluating the role of SDG 9 in economic growth and environmental sustainability: a quantitative analysis across the European Union. *USV Annals of Economics and Public Administration*, 39(1), 163-173.
- Haraguchi, N., Cheng, C. F. C. ve Smeets, E. (2017). The importance of manufacturing in economic development: has this changed? *World Development*, 93, 293-315.
- Kaldor, N. (1966). *Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom: An Inaugural Lecture*. Cambridge University Press.
- Katz, L. F. (1999). Changes in the wage structure and earnings inequality. In *Handbook of Labor Economics*. Elsevier.
- Kuznets, S. (1949). National income and industrial structure. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 17, 205-241.
- Kynčlová, P., Upadhyaya, S. ve Nice, T. (2020). Composite index as a measure on achieving Sustainable Development Goal 9 (SDG-9) industry-related targets: The SDG-9 index. *Applied Energy*, 265, 114755.
- Mantlana, K. B. ve Maoela, M. A. (2020). Mapping the interlinkages between Sustainable Development Goal 9 and other sustainable development goals: A preliminary exploration. *Business Strategy and Development*, 3(3), 344-355.
- Su, D. ve Yao, Y. (2017). Manufacturing as the key engine of economic growth for middle-income economies. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 22(1), 47-70.
- Szirmai, A. (2012). Industrialisation as an engine of growth in developing countries, 1950–2005. *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(4), 406-420.
- Szirmai, A. ve Verspagen, B. (2015). Manufacturing and economic growth in developing countries, 1950–2005. *Structural Change and Economic Dynamics*, 34, 46-59.
- Timmer, M. P. ve de Vries, G. J. (2009). Structural change and growth accelerations in Asia and Latin America: a new sectoral data set. *Cliometrica*, 3(2), 165-190.

- Timmer, M. P. ve Szirmai, A. (2000). Productivity growth in Asian manufacturing: the structural bonus hypothesis examined. *Structural Change and Economic Dynamics*, 11(4), 371-392.
- UNIDO. (2020). *Industrialization as the Driver of Sustained Prosperity*. United Nations Industrial Development Organization.
- UNIDO. (2023). *The Industrial Development Report 2024, "Turning Challenges into Sustainable Solutions: The New Era of Industrial Policy"*. United Nations Industrial Development Organization.
- UNIDO. (2025). Data Browser. United Nations Industrial Development Organization. <https://stat.unido.org/data/download?dataset=sdg>
- van Neuss, L. (2019). The drivers of structural change. *Journal of economic surveys*, 33(1), 309-349.