POLİTİKA NOTU

ELEKTRİFİKASYON:
GEREKLİ AMA TEK BAŞINA YETERLİ DEĞİL

Türkiye'nin Üretim, Tüketim ve Ticaret Yapısı COP31 Elektrifikasyon Gündemi İçin Ne Söylüyor?

Kasım 2026 • sefia.org

Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği

SEFiA, Türkiye'nin düşük karbonlu ekonomiye geçişi ve iklim değişikliği ile mücadelesi başta olmak üzere, sürdürülebilir ekonomi ve sürdürülebilirliğin finansmanı alanlarında bağımsız çalışmalar yapmak üzere kurulmuş, araştırma odaklı bir sivil toplum kuruluşudur. Ulusal ve uluslararası işbirlikleri yoluyla veri, bilgi ve araştırmacı kapasitesini geliştirmeyi hedefleyen SEFiA, düşük karbonlu ekonomi politikalarına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

YAZAR

Ayşe Ceren Sarı, Araştırma Direktörü
m: ayse@sefia.org

Yayımlanma Tarihi: Kasım 2026
Tasarım: T. Algüz Duransoy & Civic Space Media

/sefiaorg

İçindekiler

YÖNETİCİ ÖZETİ 04

1. ELEKTRİFİKASYON FOSİL YAKIT BAĞIMLILIĞINI AZALTABİLİR, ANCAK ELEKTRİK ÜRETİMİNİN KARBONSUZLAŞTIRILMASI GEREKMEKTEDİR 06

2. ELEKTRİK TÜKETİMİNİN KARBON AYAK İZİ EKONOMİNİN GENELİNE YAYILMAKTADIR 08

3. SANAYİDE ELEKTRİK KULLANIMI: ELEKTRİK ÜRETİMİNİN KARBONSUZLAŞTIRILMASI VE SEKTÖRLERE ÖZGÜ DÖNÜŞÜM YOLLARI 09

4. ELEKTRİK KAYNAKLI EMİSYONLAR YURT İÇİ ÜRETİM ZİNCİRLERİNE YAYILIYOR 12

5. TÜRKİYE'NİN İHRACATINI KARBONSUZLAŞTIRMAK İÇİN ELEKTRİFİKASYON TEK BAŞINA YETERLİ DEĞİL 14

6. TÜRKİYE'NİN İTHALATINA DİĞER ÜLKELERDEKİ ELEKTRİK ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR DA GÖMÜLÜDÜR 15

7. KARBON FİYATLAMASI VE TİCARET POLİTİKALARI ELEKTRİK SEKTÖRÜNÜN DÖNÜŞÜMÜNÜ DESTEKLEMELİDİR 16

8. COP31: ELEKTRİFİKASYON TAAHHÜTLERİ SOMUT EMİSYON AZALTIMI SAĞLAMALIDIR 17

9. GÜVENİLİR BİR COP31 ELEKTRİFİKASYON GÜNDEMİ İÇİN SEKİZ ÖNCELİK 18

VERİ KAYNAKLARI VE YÖNTEM 21

KAYNAKÇA 23

YÖNETİCİ ÖZETİ

Elektrifikasyon, küresel iklim politikasının temel önceliklerinden biri haline gelmiştir. COP31'e ev sahipliği yapmaya hazırlanan Türkiye'nin önerdiği 35-by-35 Küresel Elektrifikasyon Taahhüdü, elektriğin küresel nihai enerji tüketimindeki payının 2035 yılına kadar %35'e çıkarılmasını hedeflemektedir (COP31 Presidency, 2026). Fosil yakıta dayalı teknolojilerin verimli elektrikli alternatiflerle değiştirilmesi, ulaşımda, binalarda ve sanayide enerji ihtiyacını, doğrudan emisyonları ve fosil yakıt bağımlılığını azaltma potansiyeline sahiptir (IEA, 2026).

Elektrifikasyon, doğrudan fosil yakıt kullanımını azaltarak ve enerji hizmetlerinin daha verimli sunulmasını sağlayarak enerji dönüşümüne katkıda bulunabilmektedir. Ancak elektrikli teknolojilere geçişle sağlanacak emisyon azaltımının düzeyi bu teknolojilerin verimliliğine, ikame edilen fosil yakıtlara ve kullanılan elektriğin nasıl üretildiğine bağlıdır. Bu nedenle elektrifikasyonun yaygınlaşması, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasıyla birlikte ele alınmalıdır. Elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması, hem mevcut elektrik tüketiminin karbon ayak izini düşürmekte hem de elektrifikasyonun yaygınlaşmasıyla elde edilecek emisyon azaltımını güçlendirmektedir.

Bu politika notu, Türkiye'nin mevcut üretim ve emisyon yapısının COP31 elektrifikasyon gündemi açısından ne anlama geldiğini incelemektedir. Çalışmada elektrik üretiminin üretim bazlı karbondioksit (CO_2) emisyonlarındaki payı, imalat sanayi ve diğer kullanıcıların elektrik tüketimiyle ilişkili karbon ayak izi ve elektrik üretimi kaynaklı emisyonların uluslararası ticaretle bağlantıları ele alınmaktadır. Bulgular, elektrifikasyon taahhütlerinin elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması, sanayinin dönüşümü, ticarette rekabet gücü ve iklim hedefleriyle nasıl ilişkilendirilmesi gerektiğini değerlendirmek için bir temel sunmaktadır. Analiz, elektrifikasyonun gelecekteki emisyon azaltım potansiyelini hesaplamak yerine mevcut emisyon bağlantılarını ortaya koyarak politika önceliklerinin belirlenmesine katkı sağlamaktadır.

Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği'nin (SEFiA) analizi dört temel bulgu ortaya koymaktadır:

01 **Elektrik üretimi, Türkiye'nin CO_2 emisyonlarının başlıca kaynaklarından biridir.** Hesaplamalara göre 2022 yılında elektrik üretiminden yaklaşık **144 milyon ton CO_2 (Mt CO_2)** kaynaklanmıştır. Bu miktar, ekonomik faaliyetlerin üretim bazlı CO_2 emisyonlarının **%35'ini** oluşturmaktadır. Kömürden elektrik üretimi ise tek başına yaklaşık **114 Mt CO_2** emisyona yol açmıştır. Bu miktar, elektrik üretiminden kaynaklanan CO_2 emisyonlarının yaklaşık **%79'una** ve ekonomik faaliyetlerin üretim bazlı CO_2 emisyonlarının yaklaşık **%28'ine** karşılık gelmektedir.

02 **Elektrik kaynaklı emisyonlar ekonominin geneline yayılmaktadır.** İmalat sanayinin 2022 yılındaki elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonları yaklaşık **54 Mt CO_2** olarak hesaplanmıştır. Bu miktar, ekonomik faaliyetlerin elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonlarının **%46'sına** karşılık gelmektedir. Demir-çelik, imalat sanayinin elektrik kaynaklı emisyonlarının yaklaşık **%20'sini (11 Mt CO_2)** oluşturmaktadır. Bunun yaklaşık **9 Mt CO_2'si** ikincil çelik (hurdadan çelik) üretimiyle ilişkilidir. Tekstil, gıda ve çimento da elektrik kaynaklı emisyonların yüksek olduğu sanayi kolları arasında yer almaktadır. Elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması mevcut üretimin karbon ayak izini azaltırken elektrifikasyonun yaygınlaşması, teknik olarak uygun süreçlerde fosil yakıt kullanan teknolojilerin elektrikli alternatiflerle değiştirilmesine olanak sağlamaktadır.

03 **Elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar Türkiye'nin ihracatına da gömülüdür.** Kömür ve doğal gazdan elektrik üretimi, 2022 yılında Türkiye'nin brüt ihracatına gömülü yurt içi kaynaklı CO_2 emisyonlarının yaklaşık **beşte birini** oluşturmuştur. Bu pay yaklaşık **25 Mt CO_2'ye** karşılık gelmektedir. Elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması hem ihracatçıların kendi tükettiği elektriğin hem de satın aldıkları yerli girdilerin üretiminde kullanılan elektriğin emisyonlarını azaltarak ihracatın karbon ayak izinin düşürülmesine katkı sağlayabilmektedir.

04 **Türkiye'nin nihai talebi, diğer ülkelerdeki elektrik üretimiyle de bağlantılıdır.** Türkiye'nin nihai talebini karşılayan mal ve hizmetlerin üretimi için diğer ülkelerde kömürden elektrik üretilmesi, 2022 yılında yaklaşık **31 Mt CO_2** emisyona yol açmıştır. İthal ürünlere ve bunların tedarik zincirlerine gömülü bu emisyonlar, Türkiye'nin nihai talebiyle ilişkili yabancı kaynaklı CO_2 emisyonlarının yaklaşık **%20'sini** oluşturmaktadır.

113,5 Mt CO_2

2022 yılında Türkiye'de kömürden elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar. Ekonomik faaliyetlerin üretim bazlı CO_2 emisyonları içindeki payı **%27,6**'dır.

54,3 Mt CO_2

2022 yılında imalat sanayisinin elektrik tüketimiyle ilişkili tahmini emisyonlar.

17,8 Mt CO_2

2022 yılında Türkiye'nin brüt ihracatına gömülü yurtiçi kömür elektriği emisyonları. İhracata gömülü yurtiçi kaynaklı CO_2 emisyonları içindeki payı **%13,3'**tür.

31,3 Mt CO_2

2022 yılında Türkiye'nin nihai talebini karşılayan ithal ürünlerin üretiminde diğer ülkelerde kullanılan kömür elektriğinden kaynaklanan emisyonlar. Bu talebe bağlı ithal kaynaklı CO_2 emisyonları içindeki payı **%20,2'**dir.

Bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının Türkiye'de mevcut üretim ve tüketimin karbon ayak izini azaltabileceği görülmektedir. Bu kazanımlar, yurt içi tedarik zincirleri üzerinden ihracata da yansımaktadır. Elektrifikasyonun yaygınlaşması, teknik olarak uygun süreçlerde fosil yakıt kullanan teknolojilerin elektrikli alternatiflerle değiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak elde edilecek emisyon azaltımının düzeyi, teknolojilerin verimliliğine ve kullanılan elektriğin karbon yoğunluğuna bağlıdır. İthalata gömülü emisyonlar ise elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının uluslararası üretim ağları boyunca da ilerlemesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kömürden elektrik üretiminin ekonomik faaliyetlerin üretim bazlı CO_2 emisyonlarının yaklaşık %28'ini oluşturması, planlı bir kömürden çıkışı Türkiye'nin elektrifikasyon gündeminin merkezine yerleştirmektedir. Bu doğrultuda kömürden elektrik üretiminin sona erdirilmesi için açık bir takvim belirlenmesi, bu sürecin yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması ve enerji verimliliğinin geliştirilmesiyle desteklenmesi gerekmektedir.

COP31 kapsamında elektrifikasyon taahhütleri, iklim hedefleriyle uyumlu biçimde fosil yakıt kullanımında ve emisyonlarda ölçülebilir azalmalar sağlayan uygulama programlarına dönüştürülmelidir. Türkiye'de yenilenebilir elektrik üretimine, şebekelere, depolamaya, verimli elektrikli teknolojilere ve sanayinin karbonsuzlaştırılmasına yönelik yatırımlar, oluşturulacak kömürden çıkış yol haritasını desteklemelidir. Uygulamada düşük karbonlu elektriğe uygun maliyetlerle erişim sağlanması ve dönüşümden etkilenen çalışanlar ile topluluklar için adil geçişin güvence altına alınması esas olmalıdır.

1. ELEKTRİFİKASYON FOSİL YAKIT BAĞIMLILIĞINI AZALTABİLİR, ANCAK ELEKTRİK ÜRETİMİNİN KARBONSUZLAŞTIRILMASI GEREKMEKTEDİR

Elektrifikasyon, yakıtların yakılmasına dayalı teknolojilerin daha verimli elektrikli alternatiflerle değiştirilmesi yoluyla fosil yakıt tüketimini azaltabilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'na (IEA) göre elektrikli araçlar, kullandıkları enerjinin yaklaşık **%85–90'ını** harekete dönüştürürken içten yanmalı motorlu araçlarda bu oran **%25–35** düzeyinde kalmaktadır. Isı pompaları ise genellikle tüketilen her bir birim elektrik karşılığında üç ila beş birim ısı sağlamaktadır. Sanayide de teknik olarak uygun üretim süreçlerinde fosil yakıtların yakılmasıyla sağlanan enerji, elektrikli teknolojilerle karşılanabilmektedir. Ancak bu olanaklar sektörlere göre farklılaşmaktadır (IEA, 2026).

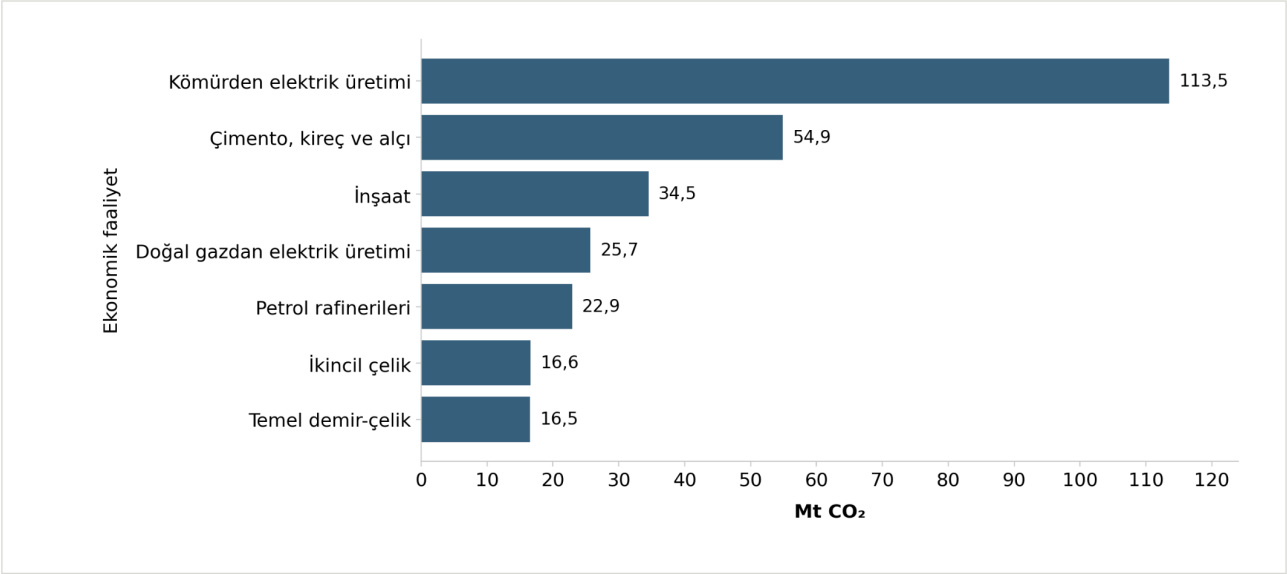
Bu verimlilik kazanımları, elektriğin bir bölümünün fosil yakıtlardan üretildiği koşullarda dahi emisyon azaltımı sağlayabilmektedir. Bununla birlikte azaltımın düzeyi ikame edilen teknolojilere ve kullanılan elektriğin karbon yoğunluğuna bağlıdır. Elektrik üretiminin karbon yoğunluğu düştükçe aynı elektrikli teknolojilerle daha fazla emisyon azaltımı sağlanabilmektedir.

Türkiye'de elektrikli otomobillerin yaygınlaşması, ulaşımda elektrifikasyonun hız kazandığını göstermektedir. **2025 yılında yaklaşık 240 bin elektrikli otomobil satılmış ve yeni binek otomobil satışlarının %20'sinden fazlasını elektrikli otomobiller oluşturmuştur.** Türkiye'nin 2030 hedefleri ise trafikteki elektrikli araç sayısının **2,5 milyona**, elektrikli otomobillerin yeni otomobil satışlarındaki payının **%35'e** çıkarılmasını öngörmektedir. Elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla sağlanacak emisyon azaltımını güçlendirmek için elektrik üretiminin de karbonsuzlaştırılması gerekmektedir (IEA, 2026).

Fosil yakıtlardan elektrik üretiminin önemli bir CO_2 emisyon kaynağı olmaya devam ettiği Türkiye'de kullanılan elektriğin karbon yoğunluğu özellikle önem taşımaktadır.

SEFiA'nın hesaplamalarına göre elektrik üretimi, **2022 yılında 143,8 $MtCO_2$** ile ekonomik faaliyetlerin üretim bazlı CO_2 emisyonlarının **%34,9'unu** oluşturmuştur. Bu emisyonların büyük bölümü kömürden elektrik üretiminden kaynaklanmaktadır. Kömür santrallerinin yol açtığı yaklaşık **114 $MtCO_2$**, elektrik üretimi kaynaklı CO_2 emisyonlarının yaklaşık **%79'una**, ekonomik faaliyetlerin üretim bazlı CO_2 emisyonlarının ise **%27,6'sına** karşılık gelmektedir. Doğal gazdan elektrik üretimi de **25,7 $MtCO_2$** emisyona yol açmıştır.

Şekil 1. Türkiye'de üretim bazlı CO_2 emisyonlarının başlıca kaynakları, 2022 ($MtCO_2$)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2 (2022) verileri ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) 2022 yılı elektrik üretimi emisyon faktörü kullanılarak yapılan SEFiA hesaplamaları (ETKB, 2024). Güncellenen toplam elektrik üretimi emisyonları, kaynakların EXIOBASE'teki başlangıç emisyon payları korunarak üretim kaynaklarına dağıtılmıştır. Emisyonlar, ortaya çıktıkları ekonomik faaliyetlere atfedilmektedir.

Emisyonların büyük bölümünün kömürden elektrik üretiminde ortaya çıkması, Türkiye'nin enerji dönüşümünde planlı bir kömürden çıkışa öncelik verilmesi gerektiğini göstermektedir. Elektrifikasyon taahhütlerinin yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması ve kömürden üretimin azaltılmasıyla birlikte ele alınması mevcut emisyonların önemli bir kaynağını azaltırken elektrikli teknolojilerin iklim hedeflerine katkısını da güçlendirecektir.

Elektrik imalat sanayinden ulaşıma, ticari faaliyetlerden kamu hizmetlerine ve hanelere kadar ekonominin genelinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla fosil yakıtlı santrallerde ortaya çıkan emisyonlar, bu elektriğin kullanıldığı üretim ve tüketim faaliyetleriyle bağlantılıdır.

Fosil yakıtlardan çıkış için bir yol haritası oluşturmadan elektrik kullanımını artırmaya odaklanan bir strateji elektrifikasyonun iklim açısından sağlayabileceği kazanımları sınırlama riski taşımaktadır. Buna karşılık kömürden elektrik üretiminin sona erdirilmesi ve yenilenebilir üretimin artırılması, hem mevcut elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonları azaltabilecek hem de elektrifikasyonun yaygınlaşmasıyla sağlanacak kazanımları güçlendirebilecektir.

Bu bulgular, elektrik üretiminin Türkiye'de emisyon azaltımı açısından neden önemli bir alan olduğunu göstermektedir. Elektrifikasyon gündemi açısından taşıdığı önemi daha iyi anlamak için elektriğin nerelerde kullanıldığını da incelemek gerekmektedir. Mevcut elektrik tüketiminin dağılımı, elektrik üretiminin karbon yoğunluğunun hangi ekonomik faaliyetleri etkilediğini göstermektedir. Bu dağılım, yeni süreçler elektriklendirilmeden önce de elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasıyla hangi faaliyetlerin karbon ayak izinin azaltılabileceğini ortaya koymaktadır.

2. ELEKTRİK TÜKETİMİNİN KARBON AYAK İZİ EKONOMİNİN GENELİNE YAYILMAKTADIR

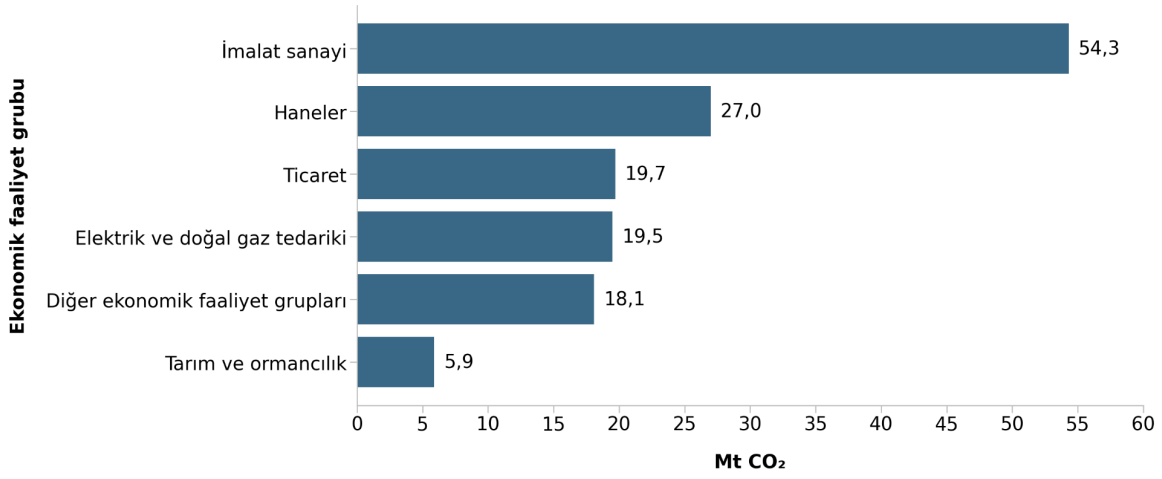
Üretim bazlı emisyon muhasebesi, emisyonların nerede ortaya çıktığını göstermektedir. Elektrik sektöründe emisyonlar, fosil yakıtların yakıldığı santrallere kaydedilmektedir. Ancak bu yaklaşım tek başına, söz konusu emisyonların elektrik tüketen faaliyetlerle bağlantısını göstermemektedir.

SEFiA, bu bağlantıyı incelemek için TÜİK'in fiziksel elektrik tüketim istatistiklerini, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2022 yılı için yayımladığı **438 g CO_2/kWh** düzeyindeki ortalama elektrik üretimi emisyon faktörüyle birleştirmektedir (ETKB, 2024).

Bu hesaplamaya göre elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonlar **144,5 milyon ton CO_2** düzeyindedir. Bunun **%81,3'ü,** yani **117,5 Mt CO_2** ekonomik faaliyetlerle, **%18,7'si,** yani **27,0 Mt CO_2** hanelerin elektrik tüketimiyle ilişkilidir.

Ekonomik faaliyetler arasında elektrik tüketiminden kaynaklanan en büyük karbon ayak izi, 2022 yılında yaklaşık **54,3 Mt CO_2** ile imalat sanayisine aittir.

Şekil 2. Elektrik tüketimiyle ilişkili tahmini CO_2 emisyonlarının ekonomik faaliyet gruplarına göre dağılımı, 2022 (Mt CO_2)



Kaynak: TÜİK'in 2022 ve 2023 yıllarına ait fiziksel elektrik tüketim istatistikleri ile ETKB'nin 2022 yılı ortalama elektrik üretimi emisyon faktörü kullanılarak yapılan SEFiA hesaplamaları (ETKB, 2024).

Not: Bu tahminler, emisyonları elektrik kullanıcıları açısından göstermektedir ve elektrik üretimine atfedilen emisyonlara eklenmemelidir. İstatistiklerin kapsamı ve hesaplama sınırları arasındaki farklılıklara rağmen tüketim üzerinden hesaplanan emisyonlar, üretim kaynaklı toplam emisyonlara yakın sonuç vermektedir.

Bu bulgular, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının ekonominin bütünü açısından önemini göstermektedir. Tüketilen elektrik miktarı ve kullanılan ekipman aynı kalsa bile elektriğin daha düşük emisyonla üretilmesi, imalat süreçlerinin, ticari faaliyetlerin, kamu hizmetlerinin ve hanelerin elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonlarını azaltmaktadır.

Mevcut tüketim, elektrik üretiminin karbon yoğunluğunun sektörün emisyonları üzerindeki etkisini ortaya koyarken bir sektörün mevcut elektrik tüketiminden kaynaklanan karbon ayak izi, o sektörde fosil yakıtların ne ölçüde elektrikle ikame edilebileceğini göstermemektedir. Daha fazla sürecin elektriklendirilmesi ise fosil yakıtların hangi kullanım alanlarında ikame edilebileceğine, uygun elektrikli teknolojilerin bulunmasına ve bu teknolojilerin mevcut sistemlere kıyasla verimliliğine bağlıdır.

Enerji verimliliği, üretim ve tüketim için gereken elektrik ve yakıt miktarını azaltarak emisyonların düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Elektrifikasyon yaygınlaşırken karşılanması gereken ilave elektrik talebini de sınırlandırabilmektedir.

Türkiye'nin elektrifikasyon gündeminde bu nedenle iki alanın birlikte ele alınması gerekmektedir: halihazırda tüketilen elektriğin üretiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması ve uygun süreçlerde fosil yakıt kullanan teknolojilerin verimli elektrikli alternatiflerle değiştirilmesi. İmalat sanayinin elektrik kaynaklı karbon ayak izinin büyüklüğü, mevcut elektrik kullanımının karbonsuzlaştırılmasını sanayi politikasının önemli bir unsuru hâline getirmektedir. Bunun yanında yeni süreçlerin elektrifikasyonu için atılacak adımlar, her sanayi kolunun üretim yapısına, enerji ihtiyacına ve emisyon kaynaklarına göre belirlenmelidir.

3. SANAYİDE ELEKTRİK KULLANIMI: ELEKTRİK ÜRETİMİNİN KARBONSUZLAŞTIRILMASI VE SEKTÖRLERE ÖZGÜ DÖNÜŞÜM YOLLARI

İmalat sanayi, Türkiye'deki ekonomik faaliyetler arasında elektrik tüketimiyle ilişkili karbon ayak izinin en yüksek olduğu faaliyet grubudur. Elektrik, sanayide elektrikli ark ocaklarından üretim makinelerine, soğutmadan pompalama ve sıkıştırmaya kadar çok çeşitli süreçlerde kullanılmaktadır. Bu nedenle elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması, mevcut üretim teknolojileri değiştirilmeden de imalat sanayi genelinde emisyonların azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir.

TÜİK verisi ile yapılan hesaplamalar, imalat sanayi kollarının elektrik tüketimleri arasında önemli farklılıklar bulunduğunu göstermektedir (TÜİK, 2022, 2023). İncelenen sanayi kolları arasında en yüksek elektrik tüketimine sahip olan demir-çeliği sırasıyla tekstil, gıda, çimento, kauçuk ve plastik ile kimya izlemektedir.

Tablo 1. Seçili imalat sanayi kollarında elektrik tüketimi ve bu tüketimle ilişkili tahmini CO_2 emisyonları, 2022

İmalat sanayi kolu	Tahmini elektrik tüketimi (TWh)	Tahmini elektrik kaynaklı emisyonlar (Mt CO_2)
Demir-çelik	24,40	10,69
Tekstil	15,38	6,74
Gıda ürünleri	11,81	5,17
Çimento, kireç ve alçı	9,22	4,04
Kauçuk ve plastik	8,53	3,74
Kimya	8,10	3,55

Kaynak: TÜİK'in 2023 yılı sektörel elektrik tüketim dağılımı, ilgili ekonomik faaliyetlerin 2022 yılı toplam elektrik tüketimleri esas alınarak ölçeklendirilmiştir. Emisyonlar, ETKB'nin 2022 yılı için hesapladığı 0,438 t CO_2/MWh düzeyindeki ortalama elektrik üretimi emisyon faktörü kullanılarak SEFiA tarafından hesaplanmıştır (TÜİK, 2022, 2023; ETKB, 2024).

Bu sonuçlar elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının farklı üretim teknolojileri kullanan sanayi kollarında emisyonları azaltabileceğini göstermektedir. Ancak fosil yakıt kullanan süreçlerin elektriklendirilmesine yönelik olanaklar, sanayi kolları arasında önemli ölçüde farklılaşmaktadır.

Demir-çelik

Türkiye'de çelik üretimi ağırlıklı olarak ikincil çelik üretimi sektöründe hurdanın elektrik ark ocaklarında (EAF) eritilmesine dayanmaktadır (MoIT, t.y.; IEA, 2020). Demir-çelik, Türkiye'de elektrik tüketimi en yüksek seviyede olan imalat sanayi koludur. Sektörün 2022 yılı elektrik tüketimi **24,4 TWh**, bu tüketimle ilişkili emisyonları ise yaklaşık **10,7 Mt CO_2** olarak hesaplanmıştır. Bu emisyonların **%82,7'si (8,84 Mt CO_2)** ikincil çelik üretimine, **%17,3'ü (1,85 Mt CO_2)** ise temel demir-çelik üretimine atfedilmektedir. Bu dağılım, Türkiye'nin mevcut çelik üretim yapısında elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Sektörün karbonsuzlaşması için elektrik üretimindeki dönüşümün ötesinde adımlar da gerekmektedir. Türkiye'nin çelik sanayi, hurda ve diğer ara girdilerde büyük ölçüde ithalata dayanmaktadır. Birincil çelik üretimi ve fosil yakıt kullanımı da sektörün karbon ayak izine katkıda bulunmaktadır. Emisyonların daha fazla azaltılması, malzeme verimliliğinin artırılmasını, daha düşük karbonlu girdilerin kullanılmasını ve üretim teknolojilerinin dönüştürülmesini gerektirmektedir. Yeşil hidrojenle doğrudan indirgenmiş demirin (DRI) elektrik ark ocaklarında kullanılması da bu seçenekler arasındadır. Bu üretim yöntemi, kömüre dayalı birincil çelik üretimine bağımlılığı azaltabilirken düşük karbonlu elektrik ve yeşil hidrojen talebini artırabilmektedir (IEA, 2020).

Dolayısıyla Türkiye'de çelik sanayinin dönüşümü hem mevcut üretimde kullanılan elektriğin karbon yoğunluğunun azaltılmasını hem de kalan doğrudan emisyonlar ile tedarik zinciri emisyonlarını azaltacak üretim yöntemlerinin geliştirilmesini gerektirmektedir.

Çimento ve kimya

Türkiye'de çimento sanayi hem önemli bir elektrik tüketicisi hem de sanayideki doğrudan CO_2 emisyonlarının başlıca kaynaklarından biridir. Çimento, kireç ve alçı imalatının 2022 yılı elektrik tüketimi **9,22 TWh**, bu tüketimle ilişkili emisyonları ise **4,04 Mt CO_2** olarak hesaplanmıştır. Elektrik, öğütme ve kırma işlemleri başta olmak üzere

çeşitli üretim ekipmanlarında kullanılmaktadır. Ancak çimentonun karbon ayak izinin büyük bölümü klinker üretiminden kaynaklanmaktadır. Bu aşamada yüksek sıcaklık ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtlar kullanılmakta, kireç taşının kalsinasyonu sırasında da CO_2 açığa çıkmaktadır (IPCC, 2022).

Bu emisyonların tamamının yalnızca elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasıyla giderilmesi mümkün değildir. Daha fazla emisyon azaltımı için enerji verimliliğinin artırılması, daha düşük karbonlu yakıtlara geçilmesi, çimentodaki klinker oranının düşürülmesi ve kalan proses emisyonlarını azaltacak teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Teknolojilerin gelişimine ve düşük karbonlu elektriğe uygun maliyetlerle erişilmesine bağlı olarak teknik açıdan uygun ısıl süreçlerin elektrifikasyonu da emisyon azaltımına katkı sağlayabilmektedir (IPCC, 2022).

Kimya sanayinde ise üretim süreçlerinin çeşitliliği nedeniyle farklı dönüşüm ihtiyaçları bulunmaktadır. Sektörün 2022 yılı elektrik tüketimi **8,10 TWh**, bu tüketimle ilişkili emisyonları ise **3,55 Mt CO_2** olarak hesaplanmıştır. Kimya sanayi, yoğun elektrik kullanan süreçlerin yanı sıra ısı ve hammadde ihtiyacını büyük ölçüde fosil kaynaklardan karşılayan faaliyetleri de kapsamaktadır. Elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması ve uygun süreçlerin elektriklendirilmesi emisyonları azaltabilmektedir. Ancak daha kapsamlı azaltımlar için kullanılan hammaddelerin, üretim teknolojilerinin ve proses ısısını sağlama yöntemlerinin de dönüştürülmesi gerekmektedir (IPCC, 2022).

Tekstil ve gıda

Tekstil ve gıda, Türkiye'de sanayinin en fazla elektrik tüketen kolları arasında yer almaktadır. Bu durum, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının ağır sanayi dışındaki üretim faaliyetleri açısından da önemini ortaya koymaktadır.

Türkiye'de tekstil sanayinin **2022 yılı elektrik tüketimi 15,38 TWh**, bu tüketimle ilişkili emisyonları ise yaklaşık **6,74 Mt CO_2** olarak hesaplanmıştır. İplik üretimi, dokuma ve diğer imalat süreçlerinde yoğun elektrik kullanılırken özellikle boyama, yıkama ve terbiye işlemlerinde önemli miktarda ısıya ihtiyaç duyulmaktadır. Elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması mevcut makinelerin elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonları azaltırken elektrikli kazanlar, ısı pompaları ve diğer elektrikli ısıtma teknolojileri uygun süreçlerde fosil yakıtların yerini alabilmektedir (IEA, 2026). Türkiye'nin uluslararası tekstil ve hazır giyim tedarik zincirlerindeki yeri dikkate alındığında bu iyileştirmeler, ihracata gömülü emisyonların azaltılmasına da katkı sağlayabilmektedir.

Gıda sanayinin **2022 yılı elektrik tüketimi 11,81 TWh**, bu tüketimle ilişkili emisyonları ise yaklaşık **5,17 Mt CO_2** olarak hesaplanmıştır. Elektrik, soğutma sistemlerinde, motorlarda, pompalarda ve işleme ekipmanlarında kullanılmaktadır. Kurutma, pişirme ve pastörizasyon gibi süreçlerin ısı ihtiyacı ise fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Enerji verimliliğinin artırılması ve elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması mevcut faaliyetlerin emisyonlarını azaltırken uygun ısıtma süreçlerinin elektriklendirilmesi fosil yakıt tüketimini daha da düşürebilmektedir (IEA, 2026).

Her iki sanayi kolunda da elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması mevcut elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonları azaltmaktadır. Buna ek olarak uygun üretim süreçlerinin elektriklendirilmesi, fosil yakıt kullanımının azaltılması için yeni olanaklar sunmaktadır.

Sanayide karbonsuzlaşma açısından sonuçlar

Sanayide elektrifikasyon için tüm sektörlere uygulanabilecek tek bir teknolojik yol bulunmamaktadır. Elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması, imalat sanayi genelinde mevcut elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonları azaltabilmektedir. Ancak daha fazla sürecin elektriklendirilmesine yönelik olanaklar, her sanayi kolunun üretim süreçlerine ve enerji ihtiyacına göre farklılaşmaktadır.

Türkiye'de demir-çelik üretiminin ağırlıklı olarak elektrik ark ocaklarına (EAF) dayanması, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasını mevcut üretimin emisyonlarını azaltmak açısından önemli kılmaktadır. Yeni üretim yöntemleri ise düşük karbonlu enerji ihtiyacını artırabilmektedir. Tekstil ve gıdada uygun ısıtma süreçlerinde fosil

yakıtların elektrikli teknolojilerle ikame edilmesi için olanaklar bulunmaktadır. Çimento ve kimyada daha kapsamlı emisyon azaltımı, yüksek sıcaklık ihtiyacının karşılanmasına, proses emisyonlarına ve kullanılan hammaddelere yönelik tamamlayıcı önlemler de gerektirmektedir.

Sektörel yol haritaları bu farklı ihtiyaçları belirlemeli ve dönüşüm adımlarını enerji verimliliği, yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması ve planlı bir kömürden çıkışla birlikte ele almalıdır. Elektrik, ekonomi genelinde kullanılan girdilerin üretiminde de tüketildiğinden bu dönüşümün etkileri tek tek sanayi kollarının ötesine uzanmaktadır.

4. ELEKTRİK KAYNAKLI EMİSYONLAR YURT İÇİ ÜRETİM ZİNCİRLERİNE YAYILIYOR

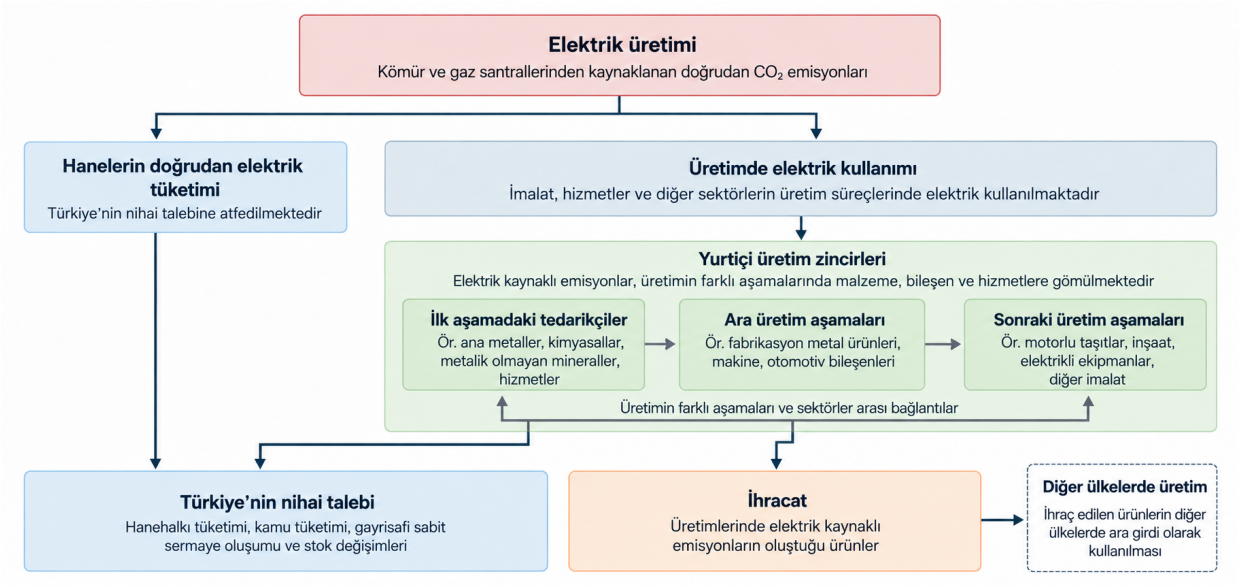
Bir işletmenin karbon ayak izine hem kendi tükettiği elektriğin hem de satın aldığı mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan elektriğin emisyonları katkıda bulunmaktadır. Malzemeler, bileşenler ve hizmetler tedarik zincirleri boyunca farklı üretim süreçlerinde kullanıldıkça elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar, sonraki aşamalarda üretilen ürünlerin karbon ayak izine de yansımaktadır.

Bu bağlantı, Türkiye'de sanayi emisyonlarının değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bir üreticinin doğrudan emisyonları ve elektrik tüketimi düşük olsa bile kullandığı malzeme ve ara girdilerin üretimi yoğun elektrik gerektirebilmektedir. Türkiye'nin çelik sanayi bu duruma örnek oluşturmaktadır. İthal girdilerin üretimi için diğer ülkelerde gerçekleştirilen elektrik üretimi, Türkiye'deki çelik üretiminin karbon ayak izine **8 Mt CO_2'nin üzerinde** katkıda bulunmaktadır. Dolayısıyla elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar, yurt içi ve uluslararası üretimin farklı aşamaları üzerinden nihai ürünlerin karbon ayak izine yansıyabilmektedir.

Elektrik kaynaklı emisyonlar, ekonominin farklı kesimleriyle çeşitli kanallardan bağlantılıdır. Hanelerin doğrudan elektrik tüketimi Türkiye'nin nihai talebinin bir parçasını oluştururken imalat sanayi, hizmetler ve diğer ekonomik faaliyet gruplarında kullanılan elektrik üretim faaliyetlerini desteklemektedir. Bu faaliyetler, hammadde ve diğer girdileri sağlayan tedarikçilerden ara üreticilere ve nihai ürünleri üreten sanayi kollarına uzanan zincirler içinde birbirine bağlanmaktadır. Üretilen mal ve hizmetler yurt içi nihai talebi karşılayabilmekte veya ihraç edilebilmektedir. İhracat, başka ülkelerde üretimin devamında kullanılacak ara girdileri de kapsamaktadır.

SEFiA'nın çok bölgeli girdi-çıktı (MRIO) analizi, emisyonların ortaya çıktığı faaliyetlerden başlayarak bu bağlantıları üretim ve ticaretin birbirini izleyen aşamaları boyunca takip etmektedir. Böylece emisyonların hangi sektörlerde oluştuğunun yanı sıra hangi üretim zincirleriyle ve nihai taleple ilişkili olduğu da belirlenebilmektedir.

Şekil 3. Elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonların üretim ve ticaret zincirleriyle bağlantısı



Not: Şema, elektrik kaynaklı emisyonların üretim zincirleriyle bağlantısını kavramsal olarak göstermektedir. MRIO analizi, elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonları üretimin farklı aşamaları boyunca izleyerek yurt içi nihai taleple ve ihracatla ilişkilendirmektedir. İhracat, diğer ülkelerdeki üretimde girdi olarak kullanılan ürünleri de kapsamaktadır.

Bu bağlantılar sanayide karbonsuzlaşma açısından iki önemli sonuca işaret etmektedir.

- İlk olarak elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması birden fazla sanayi kolunun karbon ayak izini aynı anda düşürebilmektedir. Bu azalma hem işletmelerin doğrudan elektrik tüketimine hem de diğer sektörlere sağlanan malzeme, bileşen ve hizmetlerin üretiminde kullanılan elektriğe yansımaktadır. Böylece elektrik üretimindeki dönüşümün etkisi, üretimin birbirini izleyen aşamaları üzerinden yurt içinde tüketilen veya ihraç edilen nihai ürünlere kadar uzanabilmektedir.
- İkinci olarak sanayide karbonsuzlaşma yalnızca tesislerde ortaya çıkan emisyonlar üzerinden değerlendirilememektedir. Üretimin karbon ayak izi tedarik edilen elektriğin, malzemelerin ve hizmetlerin üretiminde oluşan emisyonlara da bağlıdır. Doğrudan emisyonlar ile tedarik zinciri emisyonları farklı muhasebe bakış açılarını yansıtmaktadır. Aynı emisyonların birden fazla kez sayılmasını önlemek için bu ayrımın korunması gerekmektedir.

Bu üretim zinciri bağlantıları, kendi elektrik tüketimi görece düşük olan nihai üreticilerin ürünlerinde de elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması yoluyla emisyon azaltımı sağlanabileceğini göstermektedir. Aynı bağlantılar, yurt içi elektrik politikalarını uluslararası ticaretle de ilişkilendirmektedir. Üretimin farklı aşamalarında kullanılan elektriğin emisyonları ihraç edilen mal ve hizmetlerin karbon ayak izine de yansımaktadır. Dolayısıyla ihracatın incelenmesi, elektrik üretiminin Türkiye'nin sanayi dönüşümündeki önemini dış ticaret boyutuyla da ortaya koymaktadır.

5. TÜRKİYE'NİN İHRACATINI KARBONSUZLAŞTIRMAK İÇİN ELEKTRİFİKASYON TEK BAŞINA YETERLİ DEĞİL

Elektrifikasyon Türkiye'nin ihracata yönelik üretim yapan sanayi kollarında fosil yakıt kullanımını azaltabilmekte ve enerji verimliliğini artırabilmektedir. Ancak ihraç edilen ürünlerin karbon ayak izi, kullanılan elektriğin nasıl üretildiğine ve malzeme ile ara girdilere gömülü emisyonlara da bağlıdır. Bu nedenle sanayide elektrifikasyonun sağlayacağı kazanımları artırmak için elektrik üretiminin de karbonsuzlaştırılması gerekmektedir.

SEFiA'nın analizine göre Türkiye'nin 2022 yılı brüt ihracatına gömülü CO_2 emisyonları yaklaşık **191,4 Mt CO_2** olup bunun **%70'i (133,8 Mt CO_2) yurt içinde** ortaya çıkmıştır. **Kömür ve doğal gazdan elektrik üretimi, yurt içi kaynaklı bu emisyonların toplam %18,4'ünü (24,6 Mt CO_2) oluşturmuştur.** Kömürden elektrik üretiminin payı **%13,3 (17,8 Mt CO_2)**, doğal gazdan elektrik üretiminin payı ise **%5,1 (6,9 Mt CO_2)** düzeyindedir. Bu bulgu, yeni sanayi süreçleri elektriklendirilmeden önce de elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması yoluyla ihracata gömülü emisyonların azaltılabileceğini göstermektedir.

Şekil 4. İhracata gömülü Türkiye kaynaklı CO_2 emisyonlarında kömür ve doğal gazdan elektrik üretiminin payı, 2022 (Mt CO_2)



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2'nin 2022 yılı verileri kullanılarak yapılan SEFiA hesaplamaları. Ticaret hesaplarında orijinal MRIO emisyon verileri korunmuştur. Payların hesaplanmasında Türkiye'nin brüt ihracatına gömülü yurt içi kaynaklı toplam CO_2 emisyonları esas alınmıştır.

Emisyonlar üretim zincirleri boyunca izlendiğinde elektrik üretiminin ihracatın karbon ayak izindeki rolü daha açık görülmektedir. Emisyonlar ihracatçı sektörlere göre değerlendirildiğinde çimento, ikincil çelik, tekstil ve motorlu taşıtlar, Türkiye'nin ihracatının karbon ayak izine en fazla katkıda bulunan sektörler arasında yer almaktadır. Ancak bu ayak izinin bir bölümü, elektrik üretimi ve ara girdilerin imalatı gibi üretimin önceki aşamalarında ortaya çıkmaktadır.

İhracatçılar ve tedarikçileri, teknik olarak uygun süreçlerde fosil yakıt kullanan teknolojileri elektrikli alternatiflerle değiştirerek doğrudan emisyonlarını azaltabilmektedir. Bu dönüşümün sağlayacağı toplam emisyon azaltımı ise elektrikli teknolojilerin verimliliğine ve kullanılan elektriğin karbon yoğunluğuna bağlıdır. Elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması hem mevcut elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonları azaltmakta hem de yeni süreçlerin elektrifikasyonuyla elde edilecek kazanımları artırmaktadır. Enerji verimliliğine yönelik diğer iyileştirmeler de aynı miktarda üretim için gereken enerjiyi azaltarak ilave elektrik ihtiyacını sınırlandırabilmektedir.

Türkiye'nin ihracatının karbon ayak izini azaltmak için enerji verimliliği, sanayide elektrifikasyon ve elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması birlikte ilerlemelidir. Elektrifikasyonla giderilemeyen emisyonlar için bu adımlar daha düşük karbonlu malzemeler ve üretim süreçleriyle tamamlanmalıdır. Bu politikaların birlikte uygulanması sanayide karbonsuzlaşmayı ve uluslararası pazarlarda rekabet gücünü destekleyecektir.

Kömür ve doğal gazdan elektrik üretiminin ihracata gömülü yurt içi kaynaklı emisyonlardaki payı elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının ihracatçı sektörler ve tedarikçileri için ortak bir öncelik olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması ve planlı bir kömürden çıkış, ihracatın mevcut karbon ayak izini azaltabilmektedir. Yeni süreçlerin elektrifikasyonu da doğrudan fosil yakıt kullanımının azaltılmasına katkı sağlayabilmektedir. Diğer emisyon kaynaklarının azaltılması için enerji verimliliğinin yanı sıra daha düşük karbonlu malzemelere ve üretim süreçlerine de ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu önlemler, Türkiye'nin daha düşük karbonlu ihracata geçişini destekleyebilecektir. Rekabet gücü üzerindeki etkileri ise enerji fiyatlarına, yatırım maliyetlerine, piyasa koşullarına ve geçerli ticaret kurallarına da bağlıdır. Bu analiz, rekabet gücü üzerindeki etkileri sayısal olarak hesaplamamakta, elektrik üretimindeki dönüşümün ihracatın karbonsuzlaşmasına hangi emisyon bağlantıları üzerinden katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

6. TÜRKİYE'NİN İTHALATINA DİĞER ÜLKELERDEKİ ELEKTRİK ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR DA GÖMÜLÜDÜR

Elektrifikasyon, Türkiye'de fosil yakıt kullanımını azaltabilmekte ve enerji verimliliğini artırabilmektedir. Ancak emisyonlar üzerindeki daha geniş etkilerini değerlendirmek için uluslararası üretim zincirlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Yurt içi üretim ve tüketimde kullanılan malzeme, bileşen ve ekipmanların bir bölümü, elektrik üretiminin karbon yoğunluğunun yüksek olabildiği diğer ülkelerden temin edilmektedir.

SEFiA'nın analizine göre Türkiye'nin nihai talebini karşılayan mal ve hizmetlerin üretiminde diğer ülkelerde kullanılan kömür elektriğinden **2022 yılında yaklaşık 31,3 Mt CO_2** kaynaklanmıştır. İthal ürünlere ve bunların tedarik zincirlerine gömülü bu emisyonlar, Türkiye'nin nihai talebiyle ilişkili yabancı kaynaklı toplam CO_2 emisyonlarının **%20,2'sini** oluşturmaktadır.

Şekil 5. Türkiye'nin nihai talebiyle ilişkili, diğer ülkelerde kömürden elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar, 2022



Kaynak: EXIOBASE 3.10.2'nin 2022 yılı verileri kullanılarak yapılan SEFiA hesaplamaları. İthal kaynaklı emisyonların payı Türkiye'nin nihai talebiyle ilişkili yabancı kaynaklı toplam CO_2 emisyonları esas alınarak hesaplanmıştır.

Bu emisyonlar, uluslararası üretim ağları üzerinden Türkiye'nin nihai talebiyle bağlantılı hale gelmektedir. Bir bölümü doğrudan nihai kullanıma sunulan ithal ürünlere gömülüyken bir bölümü ithal malzemeler, bileşenler ve ara girdiler yoluyla yurt içi üretime dahil olmaktadır. Dolayısıyla elektrik kaynaklı emisyonlar başka ülkelerde ortaya çıksa da Türkiye'de üretilen ve yurt içi nihai talebi karşılayan ürünlerin karbon ayak izinin bir parçasını oluşturabilmektedir.

Bu bulgu Türkiye'nin üretim, tüketim ve emisyon yapısının değerlendirilmesine uluslararası bir boyut kazandırmaktadır. Türkiye'de elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması, ihracata gömülü olanlar da dahil olmak üzere yurt içinde ortaya çıkan emisyonları azaltabilmektedir. İthalata gömülü emisyonlar ise ticaret ortaklarının elektrik sistemlerine ve üretim süreçlerine de bağlıdır.

Bu nedenle ithalatın karbon ayak izi, elektrik sistemlerinin dönüşümünün uluslararası üretim ağları boyunca küresel ölçekte ilerlemesi gerektiğini göstermektedir. Türkiye'de planlı bir kömürden çıkış ve yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması, yurt içinde oluşan emisyonları azaltabilecektir. İthalata gömülü emisyonların düşürülmesi için ise bu ürünlerin ve girdilerin üretildiği ülkelerde de elektrik üretiminin ve sanayinin karbonsuzlaştırılması gerekmektedir.

İthal ürünlerin karbon yoğunluğuna ilişkin daha nitelikli bilgi sağlanması, düşük karbonlu ürünlerin tedariki ve uluslararası işbirliklerinin geliştirilmesi bu azaltımı destekleyebilir. Çalışmanın sonuçları, belirli elektrikli teknolojilerin yaşam döngüsü emisyonlarını veya elektrifikasyonun gelecekteki etkilerini sayısal olarak ortaya koymamaktadır.

COP31 gündemi açısından bu bulgular, ulusal politikalar ile uluslararası işbirliğinin birbirini tamamlayabilecek rollerini ortaya koymaktadır. Türkiye'nin elektrifikasyon stratejisi kendi enerji sisteminin dönüşümünü esas alırken tüketiminin karbon ayak izine katkıda bulunan uluslararası üretim bağlantılarını da dikkate almalıdır.

7. KARBON FİYATLAMASI VE TİCARET POLİTİKALARI ELEKTRİK SEKTÖRÜNÜN DÖNÜŞÜMÜNÜ DESTEKLEMELİDİR

Türkiye'de gelişmekte olan karbon fiyatlama çerçevesi ve Avrupa Birliği'nin Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM), elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması ile sanayinin dönüşümünün birlikte ele alınmasını daha da önemli kılmaktadır (Resmi Gazete, 2025; EU, 2023).

Türkiye'nin ulusal Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), tasarımına ve emisyon azaltım hedeflerinin gücüne bağlı olarak elektrik üretimi ve sanayi üretimi dahil kapsadığı faaliyetlerde emisyonların azaltılmasını teşvik edebilmektedir. Ancak karbon fiyatlaması tek başına sanayinin verimli elektrikli teknolojilere geçmesini veya düşük karbonlu elektriğe uygun maliyetlerle erişmesini sağlamamaktadır. Yatırım koşulları, gerekli altyapının varlığı ve her sektöre özgü teknolojik ihtiyaçlar da belirleyici olmaktadır.

Karbon fiyatlaması ile elektrifikasyon arasındaki ilişki bu noktada önem kazanmaktadır. Sanayide fosil yakıta dayalı süreçlerin elektrikli alternatiflerle değiştirilmesi, doğrudan emisyonları azaltırken elektrik tüketimini artırabilmektedir. Toplam emisyonlar üzerindeki etki ise kullanılan teknolojilerin verimliliğine ve elektrik üretiminin karbon yoğunluğuna bağlıdır. Etkili bir karbon fiyatlaması, hem sanayide hem de elektrik üretiminde emisyon azaltımını teşvik ederek bu dönüşümü destekleyebilecektir. Dolayısıyla elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması ile iyi tasarlanmış bir karbon fiyatlama sistemi, sanayide elektrifikasyonun sağlayacağı emisyon azaltımını güçlendirebilecektir.

AB'nin SKDM'si, kapsama giren ürünler açısından bu dönüşüme dış ticaret boyutu eklemektedir. Ancak mekanizmanın mevcut hesaplama sınırları, bu politika notunda kullanılan ekonomi genelindeki karbon ayak izi yaklaşımından farklıdır. Elektrik kaynaklı dolaylı emisyonların daha fazla üründe kapsama alınması, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının ihracatçılar açısından önemini artıracaktır. Bununla birlikte MRIO analiziyle hesaplanan ihracata gömülü emisyonlar, SKDM kapsamındaki yükümlülükler veya ürün düzeyindeki mevzuata uyum hesapları olarak yorumlanmamalıdır (EU, 2023).

Bu politikalar Türkiye'de enerji verimliliği, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması, sanayide elektrifikasyon ve diğer düşük karbonlu üretim teknolojilerine yönelik yatırımların eşgüdüm içinde yürütülmesi gerektiğini göstermektedir. Karbon fiyatlaması ve ticaret önlemleri, yatırımları düşük karbonlu üretime yönlendirebilmektedir. Ancak sanayinin bu dönüşümü gerçekleştirebilmesi için düşük karbonlu enerjiye ve uygun teknolojilere karşılanabilir maliyetlerle erişebilmesi de gerekmektedir.

8. COP31: ELEKTRİFİKASYON TAAHHÜTLERİ SOMUT EMİSYON AZALTIMI SAĞLAMALIDIR

COP31 fosil yakıtlardan küresel ölçekte uzaklaşmanın bir parçası olarak elektrifikasyonu hızlandırmak için bir fırsat sunmaktadır. Türkiye'nin önerdiği 35-by-35 Küresel Elektrifikasyon Taahhüdü, elektriğin küresel nihai enerji tüketimindeki payını 2035 yılına kadar %35'e çıkarmayı hedeflemekte ve elektrikli teknolojilerin sanayi, ulaşım, binalar ve diğer sektörlerde yaygınlaştırılması için bir çerçeve oluşturmaktadır (COP31 Presidency, 2026).

Ancak elektriğin nihai enerji tüketimindeki payının artması, iklim hedefleriyle uyumlu emisyon azaltımını kendiliğinden sağlamamaktadır. Elektrifikasyon, fosil yakıt kullanımını ikame edebilmekte ve önemli enerji verimliliği kazanımları sağlayabilmektedir. İklim üzerindeki etkisi ise kullanılan teknolojilere, ikame edilen fosil yakıtlara ve elektrik üretiminin karbon yoğunluğuna bağlıdır. İklim hedeflerine ulaşılması, yalnızca yenilenebilir elektriğe dayalı elektrifikasyonla sağlanabilecek olandan daha kapsamlı ve hızlı bir emisyon azaltımı gerektirmektedir. Bu nedenle elektrifikasyonun enerji verimliliği ve yeterlilik politikalarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Yeterlilik politikaları, temel hizmetlere erişimi güvence altına alırken önlenebilir enerji ve malzeme talebini azaltmayı amaçlamaktadır. Fosil yakıtlardan çıkışın hızlandırılması ve elektrifikasyonla giderilemeyen emisyonlar için sanayi süreçleri ile malzeme kullanımının dönüştürülmesi de bu yaklaşımın tamamlayıcı unsurlarıdır.

Bu yaklaşım, Eylül 2026'da COP31 başkanlıklarına yönelik yayımlanan *Doğru Bir Elektrifikasyon İçin: "35'e 35" Hedefine İlişkin Sivil Toplumun Koşulları* (*Electrification done right: civil society conditions for the "35 by 35" target)* başlıklı sivil toplum açık mektubunda da yer almaktadır. İmzacılar elektrifikasyona desteklerini dönüşümün yenilenebilir enerjiye dayanması, fosil yakıt bağımlılığını azaltması, enerji verimliliği ve yeterliliğine öncelik vermesi, enerjiye erişimdeki eşitsizlikleri gidermesi ve ulusal hedefler ile politikalar yoluyla uygulanması koşullarına bağlamaktadır. Mektupta ayrıca şebeke ve depolama yatırımlarında yerel toplulukların haklarının gözetilmesi, kamu finansmanı ve uygulama desteği sağlanması ve enerji dönüşümünde kullanılan minerallerin tedarik zincirlerinde sosyal ve çevresel güvencelerin oluşturulması talep edilmektedir (CSOs, 2026).

SEFiA'nın analizi, Türkiye'nin mevcut üretim ve emisyon yapısının bu gündemin uygulanması açısından ne anlama geldiğini ortaya koymaktadır. Elektrik üretimi hem yurt içi CO_2 emisyonlarının başlıca kaynaklarından biridir hem de sağladığı elektriğin üretimde kullanılması nedeniyle karbon ayak izi imalat sanayine, tüketime ve ihracata uzanmaktadır. Dolayısıyla elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması, elektrifikasyonun yaygınlaşmasının sağlayacağı kazanımların yanı sıra mevcut ekonomik faaliyetlerde de emisyon azaltımını destekleyebilecektir.

Kömürden elektrik üretiminin emisyonlardaki yüksek payı, planlı bir kömürden çıkışı bu dönüşümün merkezine yerleştirmektedir. İmalat sanayi kollarının elektrik tüketimiyle ilişkili karbon ayak izi, mevcut üretimde kullanılan elektriğin karbonsuzlaştırılmasının önemini göstermektedir. İhracata ilişkin bulgular, bu kazanımların yurt içi tedarikçiler üzerinden ihraç edilen ürünlere de yansıyabileceğini ortaya koymaktadır. İthalatın karbon ayak izi ise diğer ülkelerdeki elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasının tamamlayıcı rolüne işaret etmektedir.

Bu bulgular, elektrifikasyon taahhütlerinin eşgüdümlü enerji ve sanayi politikalarıyla uygulamaya geçirilmesi gerektiğini göstermektedir. Yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması, planlı bir kömürden çıkış, enerji verimliliği ve sektörlere özgü teknolojik dönüşüm adımları, iklim hedefleriyle uyumlu biçimde fosil yakıt kullanımını ve emisyonları azaltma ortak amacına hizmet etmelidir.

9. GÜVENİLİR BİR COP31 ELEKTRİFİKASYON GÜNDEMİ İÇİN SEKİZ ÖNCELİK

Aşağıdaki sekiz öncelik, SEFiA'nın bulgularını ve sivil toplum açık mektubunda belirtilen koşulları Türkiye'nin enerji, sanayi ve ticaret politikalarıyla ilişkilendirmektedir.

Türkiye açısından bu öncelikler birbiriyle bağlantılı üç eylem alanında toplanmaktadır: planlı bir kömürden çıkış ve yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması, enerji verimliliği ve sektörlere özgü sanayi dönüşümü, bu adımların uygulanmasını sağlayacak altyapı, finansman, politika eşgüdümü ve adil geçiş önlemleri. İlerleme, enerji verimliliğinde sağlanan iyileşmeler ile fosil yakıt kullanımında ve emisyonlarda gerçekleşen ölçülebilir azalmalar üzerinden değerlendirilmelidir.

1. Elektrifikasyon hedefleri, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasıyla birlikte belirlenmelidir

Elektrifikasyon taahhütlerinin, elektrik üretiminin hem karbon yoğunluğunu hem de toplam emisyonlarını azaltacak güvenilir yol haritalarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Artan elektrik talebinin karşılanması, yenilenebilir elektrik üretiminin artırılması ve fosil yakıtlara dayalı üretimin kademeli olarak azaltılmasıyla birlikte planlanmalıdır. Bu dönüşümün şebeke yatırımları, depolama ve talep tarafı yönetimi gibi sistem esnekliğini artıran çözümlerle desteklenmesi önem taşımaktadır. Türkiye açısından kömürden elektrik üretiminin sona erdirilmesi için açık bir takvim belirlenmesi ve bu takvimin yenilenebilir üretim ile elektrik sistemi yatırımlarıyla uyumlu olması gerekmektedir.

Ulusal stratejilerde, ilave elektrik talebinin ne ölçüde düşük karbonlu üretimle karşılandığı değerlendirilmelidir. Elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması, yeni süreçlerin elektrifikasyonundan bağımsız olarak mevcut elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonların azaltılması açısından da önem taşımaktadır.

2. Enerji verimliliği ve fosil yakıt kullanımının azaltılması temel hedefler olmalıdır

Elektrifikasyon politikaları, fosil yakıt tüketimini azaltmaya ve enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlamaya odaklanmalıdır. Elektrikli araçlar, ısı pompaları ve uygun sanayi süreçlerinde kullanılan elektrikli teknolojiler, fosil yakıtlı alternatiflere kıyasla aynı hizmetin daha az enerjiyle sağlanmasına olanak tanımaktadır. Binalarda, ekipmanlarda ve sanayi süreçlerinde yapılacak iyileştirmeler bu verimlilik kazanımlarını artırabilmektedir. Bu nedenle ulusal hedefler doğrultusundaki ilerleme, elektrikli teknolojilerin yaygınlaşmasının yanı sıra ikame edilen fosil yakıt miktarı ve sağlanan enerji tasarrufu üzerinden de değerlendirilmelidir. Verimlilik politikaları, temel hizmetlere erişimi güvence altına alırken gereksiz enerji ve malzeme talebini azaltan önlemlerle tamamlanmalıdır.

3. Sanayide elektrifikasyon için sektörlere özgü yol haritaları hazırlanmalıdır

Sanayide elektrifikasyon stratejileri üretim teknolojileri, enerji ihtiyaçları ve emisyon kaynakları bakımından sektörler arasındaki farklılıkları dikkate almalıdır. Türkiye'de ağırlıklı olarak EAF'lerde üretim yapan ikincil çelik sanayi gibi yoğun elektrik tüketen sanayi kollarında, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması mevcut emisyonların azaltılmasına katkı sağlayabilecektir. Tekstil, gıda ve diğer sanayi kollarında ise teknik olarak uygun ısıtma süreçlerinde elektrikli teknolojilere geçiş olanakları bulunmaktadır.

Çimento ve kimya gibi sanayi kollarında yüksek sıcaklık ihtiyacının karşılanması, proses emisyonlarının azaltılması ve fosil kaynaklı hammaddelerin ikamesi için tamamlayıcı önlemler gerekmektedir. Sektörel yol haritaları enerji verimliliğini, elektrifikasyonu, elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılmasını ve diğer teknolojik dönüşüm adımlarını birlikte ele almalıdır.

4. Elektrifikasyon, karbon fiyatlaması, ticaret ve sanayi politikalarıyla eşgüdüm içinde yürütülmelidir

Elektrifikasyon stratejileri karbon fiyatlaması, sanayi yatırımları ve karbonsuzlaşma politikalarıyla birlikte ele alınmalıdır. Türkiye açısından bu yaklaşım ulusal ETS'nin, elektrik sektörünün dönüşümünün ve sektörel sanayi yol haritalarının birbiriyle uyumlu biçimde geliştirilmesini gerektirmektedir.

AB'nin SKDM'si kapsama giren ihraç ürünlerinin emisyon yoğunluğunu AB pazarında karşılaşılan karbon maliyetleriyle ilişkilendirmektedir. Türkiye'nin İklim Kanunu da ulusal bir sınırda karbon düzenleme mekanizmasının kurulmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle ithalata yönelik karbon politikaları, ulusal ETS ve sanayinin karbonsuzlaşması arasında eşgüdüm sağlanması önem taşımaktadır (Resmi Gazete, 2025). Bu politikalar birlikte yurt içi üretimin karbonsuzlaştırılmasını ve daha düşük karbonlu girdilerin tedarikini desteklemelidir. Bununla birlikte söz konusu düzenlemelerin kapsadığı emisyonlar, bu politika notunda kullanılan ekonomi genelindeki karbon ayak izi hesabından farklıdır.

5. Yurt içi ve uluslararası üretim zincirlerindeki emisyonlar birlikte ele alınmalıdır

Elektrifikasyon stratejileri, elektrikli teknolojilere geçen tesislerin kendi emisyonlarının ötesini de dikkate almalıdır. Yurt içi ve uluslararası üretim ağları üzerinden tedarik edilen malzemelere, bileşenlere ve hizmetlere elektrik kaynaklı emisyonlar da gömülüdür.

Türkiye'de elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonların azaltılması, mevcut sanayi üretiminin ve ihracatın karbon ayak izini düşürebilmektedir. Yeni süreçlerin elektriklendirilmesi ise tedarik zincirlerinin farklı aşamalarındaki emisyonları değiştirebilmektedir. Bu nedenle stratejiler, tedarikçiler arasında enerji verimliliğinin artırılmasını, kullanılan elektriğin üretiminden kaynaklanan emisyonların azaltılmasını ve daha düşük karbonlu girdilerin kullanımını teşvik etmelidir. Bu adımlar, emisyonlara ilişkin daha nitelikli bilgi ve uluslararası işbirliği ile desteklenmelidir.

6. Düşük karbonlu elektriğe adil erişim ve adil geçiş güvence altına alınmalıdır

Elektrifikasyonun sağlayacağı kazanımlar, güvenilir elektriğe ve verimli elektrikli teknolojilere uygun maliyetlerle erişilebilmesine bağlıdır. Yüksek ilk yatırım maliyetleri, elektrik fiyatları ve altyapı kısıtları, özellikle düşük gelirli hanelerin ve küçük işletmelerin bu teknolojilere geçişini zorlaştırabilmektedir. Kamu politikaları, uygun finansman olanakları, hedefli destekler ve maliyetlerin adil paylaşımını sağlayan düzenlemelerle bu engelleri gidermelidir. Böylece elektrik üretiminin karbonsuzlaştırılması ve verimlilik artışından elde edilen kazanımların toplumun geneline yayılması sağlanmalıdır.

Planlı bir kömürden çıkış etkilenen bölgelerde istihdamı, sosyal korumayı ve ekonomik çeşitlenmeyi destekleyen önlemlerle birlikte yürütülmelidir. Çalışanların ve yerel toplulukların geçiş planlarının hazırlanmasına ve uygulanmasına etkin katılımı sağlanmalıdır.

7. Elektrik altyapısı ve finansman, gelecekteki talebe göre planlanmalıdır

Elektrifikasyon yenilenebilir elektrik üretimi, iletim ve dağıtım şebekeleri, depolama, sistem esnekliği ve talep tarafı yönetimine yönelik yatırımların eşgüdüm içinde yürütülmesini gerektirmektedir.

Elektrik sistemi planlanırken sanayi, ulaşım ve binalardan kaynaklanacak ilave talebin nerede, ne zaman ve hangi büyüklükte ortaya çıkacağı dikkate alınmalıdır. Gereksiz altyapı yatırımlarını önlemek için enerji verimliliği ve talep yönetimi de planlamaya dahil edilmelidir. Kamu finansmanı ve uluslararası işbirliği, yüksek ilk yatırım maliyetlerinin karşılanmasını kolaylaştırabilmektedir.

8. Elektrifikasyondaki ilerlemenin yanı sıra emisyon azaltımı da ölçülmelidir

Elektrifikasyonun başarısı enerji verimliliğine, fosil yakıt bağımlılığının azaltılmasına ve sera gazı emisyonlarının düşürülmesine sağladığı katkı üzerinden ölçülmelidir. İzleme çerçeveleri enerji verimliliğindeki iyileşmeleri, elektrikli teknolojilerin ikame ettiği fosil yakıt tüketimini, elektriğin nihai enerji kullanımındaki payını ve elektrik üretiminin hem karbon yoğunluğunu hem de toplam emisyonlarını takip etmelidir.

Sektörel izleme kapsamında doğrudan fosil yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonlar ile elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonlar ayrı değerlendirilmelidir. Üretim zincirlerine ilişkin göstergeler de yurt içi üretime, ihracata ve uluslararası tedarik zincirlerine gömülü emisyonlar hakkında tamamlayıcı bilgi sağlayabilmektedir.

Bu göstergeler birlikte değerlendirildiğinde elektrifikasyonun ekonomi genelinde emisyonları azaltıp azaltmadığı veya yalnızca enerji tüketiminin ve emisyonların ortaya çıktığı faaliyetleri değiştirip değiştirmediği izlenebilecektir.

VERİ KAYNAKLARI VE YÖNTEM

Bu politika notu, SEFiA'nın EXIOBASE 3.10.2'nin 2022 yılı çok bölgeli girdi-çıktı (MRIO) tablolarına dayanan analizinden, TÜİK'in 2022 ve 2023 yılları için yayımladığı fiziksel elektrik istatistiklerinden ve ETKB'nin 2022 yılı ortalama elektrik üretimi emisyon faktöründen yararlanmaktadır. Çalışmada ulusal üretim bazlı emisyon tahminleri, fiziksel elektrik tüketimine dayalı hesaplamalar ve MRIO yöntemiyle üretim zincirleri boyunca izlenen emisyon bağlantıları birlikte ele alınmaktadır. Tüm emisyon tahminleri CO_2 cinsinden ifade edilmektedir.

Üretim bazlı emisyonlar: Üretim bazlı muhasebede emisyonlar, ortaya çıktıkları ekonomik faaliyetlere atfedilmektedir. Türkiye'de elektrik üretimi, imalat sanayi ve diğer ekonomik faaliyetlerin doğrudan emisyonları için EXIOBASE verileri başlangıç alınmıştır.

Elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar, fiziksel üretim verileri ve ETKB'nin 2022 yılı için hesapladığı **0,438 t CO_2/MWh** düzeyindeki ortalama üretim emisyon faktörü kullanılarak güncellenmiştir. Bu işlem sonucunda başlangıç verilerinde **128,70 Mt CO_2** olan elektrik üretimi emisyonları **143,83 Mt CO_2'ye** yükselmiştir. Güncellenen toplam, üretim kaynaklarının orijinal EXIOBASE verilerindeki emisyon payları korunarak kaynaklara dağıtılmıştır. Dolayısıyla kömür ve doğal gazdan elektrik üretimine ilişkin tahminler, yakıt bazında bağımsız olarak hesaplanmış emisyon envanterlerini değil, güncellenmiş değerleri yansıtmaktadır.

Diğer ekonomik faaliyetlerin doğrudan emisyonları sabit tutulduğunda bu güncelleme, ekonomik faaliyetlerin üretim bazlı emisyonlarını **396,56 Mt CO_2'den 411,69 Mt CO_2'ye** çıkarmaktadır. Hanelerin **67,42 Mt CO_2** düzeyindeki doğrudan emisyonları da eklendiğinde güncellenmiş toplam **479,11 Mt CO_2'ye** ulaşmaktadır.

Elektrik tüketimi ve sanayi emisyonları:Ekonomik faaliyetlerin ve hanelerin elektrik tüketimiyle ilişkili emisyonlarını hesaplamak için TÜİK'in 2022 ve 2023 yılları için olan fiziksel elektrik tüketim istatistikleri ve ETKB'nin 2022 yılı için yayımladığı **438 g CO_2/kWh** düzeyindeki ortalama elektrik üretimi emisyon faktörü kullanılmıştır.

İmalat sanayinin ayrıntılı alt kollarına ilişkin tahminlerde, TÜİK'in 2023 yılı sektörel elektrik tüketim dağılımı ilgili 2022 faaliyet toplamlarına ölçeklenmiştir. Bu değerler, her alt sektör için doğrudan gözlenmiş 2022 tüketimini veya gerçekleşmiş 2023 emisyonlarını değil 2022 yılı için tahmin edilen elektrik tüketimini ve buna bağlı emisyonları göstermektedir. Hesaplamalar, ortak bir üretim emisyon faktörüne dayalı gösterge niteliğinde tahminlerdir.

Demir-çeliğin elektrik kaynaklı karbon ayak izi, temel demir-çelik ve ikincil çelik üretimi arasında, başlangıç EXIOBASE Kapsam 2 tahminlerindeki payları esas alınarak dağıtılmıştır. Bu paylar sırasıyla **%17,31** ve **%82,69** düzeyindedir.

Elektrik tüketimine dayalı hesaplar, emisyonları kullanıcı açısından göstermektedir. Bu nedenle elektrik üretimine zaten atfedilmiş emisyonlara eklenmemelidir. İstatistiksel kapsam ve muhasebe sınırlarındaki farklılıklar nedeniyle tüketim tahminleri ile güncellenmiş üretim toplamı tam olarak uzlaştırılmış bir elektrik dengesi oluşturmamaktadır.

Üretim zincirleri ve ticarete gömülü emisyonlar: EXIOBASE MRIO çerçevesi, emisyonları ortaya çıktıkları faaliyetlerden başlayarak ara üretim, uluslararası ticaret ve nihai talep boyunca izlemektedir. Böylece Türkiye'nin ihracatına ve nihai talebine gömülü emisyonlar yurt içi ve ithalat kaynaklı olarak ayrıştırılabilmektedir. Üretim zincirlerinde kullanılan kömür elektriğinden kaynaklanan emisyonlar da bu kapsamda izlenmektedir.

Üretim zinciri ve ticaret hesaplarında başlangıç EXIOBASE emisyon verileri korunmuştur. Türkiye'nin elektrik üretimi emisyonlarına yapılan güncelleme bu hesaplara uygulanmamıştır. Bu nedenle güncellenmiş üretim bazlı toplamlar ile ticaret hesapları birleştirilerek tek bir üretim-tüketim emisyon dengesi kurulmamalıdır. Türkiye'nin nihai talebiyle ilişkili, diğer ülkelerdeki elektrik üretiminden kaynaklanan emisyonlar hem ithal nihai ürünlere hem de bu talebi karşılayan yurt içi üretimde kullanılan ithal girdilere gömülü emisyonları kapsamaktadır.

Yorumlama ve sınırlılıklar: Bulgular gelecekteki elektrifikasyonun emisyon azaltım potansiyelini değil ekonomideki mevcut üretim ve tüketim ilişkilerini göstermektedir. Gelecekteki etkilerin değerlendirilmesi için ikame edilen fosil yakıtlı teknolojiler, verimlilik kazanımları, ilave elektrik talebi ve elektrik arzındaki değişimler hakkında bilgi gerekmektedir. Çalışmadaki tahminlerde Türkiye'nin ETS'si kapsamında raporlanacak doğrulanmış emisyonlar ve AB'nin SKDM'si kapsamında hesaplanan ürün bazlı gömülü emisyonlardan farklı muhasebe sınırları ve hesaplama kuralları uygulamaktadır.

KAYNAKÇA

- **Sivil toplum kuruluşları, ağları ve hareketleri (CSOs) (2026).** Electrification done right: civil society conditions for the "35 by 35" target (Doğru Bir Elektrifikasyon İçin: "35'e 35" Hedefine İlişkin Sivil Toplumun Koşulları). COP31 başkanlıklarına açık mektup. Eylül 2026. https://oilchange.org/wp-content/uploads/2026/09/Electrification-done-right_-civil-society-conditions-for-the-35-by-35-target-1.pdf
- **COP31 Başkanlığı (2026).** 35-by-35 Küresel Elektrifikasyon Taahhüdü. https://cop31.tr/news-detail/cop31-35-by-35-global-electrification-pledge
- **Avrupa Birliği (EU) (2023).** Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması'nı oluşturan 10 Mayıs 2023 tarihli ve (AB) 2023/956 sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Tüzüğü, değişiklikleriyle birlikte. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/956/oj
- **EXIOBASE.** EXIOBASE 3.10.2 çok bölgeli girdi-çıktı tabloları, 2022 yılı veri seti.
- **Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) (2020).** Iron and Steel Technology Roadmap: Towards more sustainable steelmaking (Demir-Çelik Teknoloji Yol Haritası: Daha Sürdürülebilir Çelik Üretimine Doğru). Paris: IEA. https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap
- **Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) (2026).** Electrification (Elektrifikasyon). Paris: IEA. https://www.iea.org/reports/electrification
- **Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) (2022).** Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change (İklim Değişikliği 2022: İklim Değişikliğinin Azaltılması). Altıncı Değerlendirme Raporu'na III. Çalışma Grubu'nun katkısı. Bölüm 11: Sanayi. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-11/
- **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2024).** Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri Bilgi Formu. Hesaplama dönemi: 2022. Yayımlanma tarihi: 6 Aralık 2024. https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/%C3%87evreVe%C4%B0klim/%C4%B0klimDe%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi/EmisyonFaktorleri/2022_Uretim_Tuketim_EF.pdf
- **Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (MoIT) (t.y.).** Steel Sector (Çelik Sektörü). Türkiye Sanayi Karbonsuzlaşma Yatırım Platformu (TIDIP). Erişim tarihi: 25 Ekim 2026. https://tidip.sanayi.gov.tr/en/sectors/steel
- **Resmî Gazete (2025).** 7552 sayılı İklim Kanunu.
- **Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).** 2022 ve 2023 yılları fiziksel elektrik tüketim istatistikleri.



SÜRDÜRÜLEBİLİR EKONOMİ VE FİNANS ARAŞTIRMALARI DERNEĞİ (SEFiA)

KASIM 2026