



## Ekonomik Büyümenin Çevresel Maliyeti: Türkiye ve İran Ölçeğinde CO<sub>2</sub> Emisyonlarının Belirleyicileri

Hasan RÜSTEMOĞLU  
Dr., Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi  
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi/KKTC  
hrustemoglu@ciu.edu.tr

### Öz

Bu çalışmada amaçlanan küresel ısınma probleminin baş faktörü karbondioksit emisyonlarını (CO<sub>2</sub>) artıran ve azaltan faktörleri, 1990 – 2011 yılları arasında, Türkiye ve İran için analiz etmektir. Çalışmanın ilk kısmında Zhang (2000) tarafından geliştirilen ve OECD tarafından 2002 yılında kabul edilen ayrışma faktörü kullanılarak Reel GSYİH ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki ilişki araştırılmıştır. İkinci kısımda ise Logaritmik Ortalı Divisia Endeks (LMDI) ayrıştırma yöntemi kullanılarak her iki ülke için CO<sub>2</sub> emisyonlarının belirleyicileri ortaya çıkarılmıştır. Çalışma bulguları her iki ülkede ekonomik aktivite etkisinin ve nüfus yoğunluğu etkisinin CO<sub>2</sub> emisyonlarını en fazla artıran iki faktör olduğuna işaret etmektedir. İran’da enerji yoğunluğu etkisi CO<sub>2</sub> emisyonlarını kayda değer ölçüde artırırken Türkiye’de bu faktör minimal ölçüde azaltıcı bir etki izlemiştir. İran’da karbon yoğunluğu etkisi emisyonları küçük oranda azaltırken, Türkiye’de bu faktör karbon emisyonlarını küçük oranda artırmaktadır. Sonuç olarak, çalışma bulguları her iki ülkenin de ciddi anlamda enerji tasarrufuna gitmesi gerektiğini ve her iki ülkenin enerji kaynaklarında ciddi bir çeşitlendirmeye ihtiyaç duyduklarını vurgulamaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Karbon dioksit emisyonları, Sürdürülebilir kalkınma, İklim değişikliği, Küresel ısınma, LMDI metodu, Ayrıştırma analizi.

## Environmental Costs Of Economic Growth: Determinants of CO<sub>2</sub> Emissions in Turkey and Iran

### Abstract

In this study our aim is to identify and analyze the factors that are increasing or decreasing the CO<sub>2</sub> emissions – the widely accepted reason of climate change and global warming – for the two superpowers of Middle East, Turkey and Iran over the period 1990-2011. In the first part of study, the decoupling factor (developed by Zhang (in 2000) and accepted as an indicator by OECD (in 2002)) have been used to examine the relationship between real GDP and CO<sub>2</sub> emissions. After that, using the logarithmic mean Divisia index (LMDI) method the major determining factors of CO<sub>2</sub> emissions have been identified and analyzed. Empirical findings revealed that the economic activity and population are the major influencing factors of carbon emissions for both countries. For Iran, the energy intensity was the third major determining factor in carbon emissions, whereas it was the carbon intensity for Turkey. As a result, the empirical findings clarified that both countries should follow energy saving policies and diversify their energy matrices with renewable sources.

**Keywords:** Carbon dioxide emissions, Sustainable development, Climate change, Global warming, LMDI method, Decomposition analysis

## 1. Giriş

İnsan kaynaklı çevresel etkiler günümüzden yaklaşık on bin yıl kadar önce tarım devrimi ile başlamıştır. Bu etkiler 18. Yüzyıl sonundaki sanayi inkılabı ile birlikte daha belirgin hale gelmeye başlamıştır. Hızlı nüfus artışı, sanayileşme, teknolojik ilerlemeler ve bireylerin refah düzeyinde gözlemlenen artış enerjiye olan talebi artırmış yüksek enerji talebi büyük çoğunlukla kirletici fosil yakıtlardan karşılandığı için birtakım telafisi güç çevresel maliyetler ortaya çıkmıştır. 20. Yüzyılın son çeyreğinden itibaren, yüksek enerji talebi gelişmekte olan ülkelerde de gözlemlenmeye başlanmış, Çin, Hindistan, Brezilya gibi hızla gelişen pazar ekonomilerinde birtakım çevre sorunları ciddi anlamda kendini göstermiştir. İlerleyen yıllarda bu enerji talebinin daha da artması beklenmektedir (Yılmaz, 2012).

Gelişmekte olan ülkelere Türkiye ve İran'da da enerji tüketimi ciddi oranda artış göstermiştir. Gerek nüfus artışı ve şehirleşme, gerekse ekonomik büyüme ve bireylerin refah düzeyinin geçmişe kıyasla artış göstermesi her iki ülkenin de enerji talebini ciddi düzeyde artırırken her iki ülkede de enerjinin çoğunlukla fosil yakıtlardan temin edilmesi karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarını artırmış ve beraberinde hava kirliliği ile çevre kirlenmesini getirmiştir. Karbon emisyonları pek çok biliminsanı tarafından küresel ısınmanın en güçlü sebebi olarak kabul edilmektedir. Emisyonlardaki hızlı artış neticesinde bu artış hızını kontrol altına almak için son 25 yılda dünyada ciddi bir farkındalık oluşturma çabası içine girilmiştir. 2000'li yıllarda pek çok ülke Kyoto Protokolü'nü imzalamış ve karbon emisyonlarının artış hızını kontrol altına almak için birtakım projeler ve politika önerileri geliştirilmiştir. 1997'de Japonya'da imzaya açılan Kyoto Protokolü, üç temel esneklik mekanizması (temiz kalkınma mekanizması, ortak yürütme mekanizması, ve emisyon ticareti mekanizması) içermektedir. Protokolün ilk temel hedefi de karbon emisyonu salınımlarını 2008 – 2012 yılları arasındaki dönemde 1990 yılı seviyesinin yaklaşık % 5 altına düşürmektir. 2012 yılından itibaren de ikinci yükümlülük dönemi için müzakereler başlamıştır.

Dünya Bankası (World Bank) verilerine göre İran 2011 yılı itibarıyla dünyada en çok CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleştiren 8. ülke konumundadır. Yaklaşık olarak aynı nüfusa ve daha büyük bir ekonomiye sahip Türkiye ise karbon emisyonu salınımı sıralamasında 19. sırada yer almaktadır (Dünya Bankası, 2016). Karbon emisyonlarını azaltmak için sürdürülebilir çevresel politikalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu politikaların geliştirilebilmesi içinse karbon emisyon salınımının belirleyici faktörlerini ön plana çıkarıp analiz edebilmek önem kazanmaktadır. Karbon emisyon salınımını belirleyen faktörleri ortaya çıkarmak için de ayrıştırma analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Faktörler belirlendiği zaman araştırmaya konu olan ülkelerin ekonomik büyüme



sırasında çevresel olarak hangi faktörleri görmezden geldiği daha net olarak anlaşılacak böylece uygun politika önerileri için gerekli ipuçları toparlanabilecektir. Çalışma, teorik açıdan bakıldığı zaman da iki boyutlu olarak kabul edilebilir. İlk olarak ayrıştırma analizi ile emisyon belirleyici faktörler analiz edilmiş, böylece çevresel sürdürülebilir politikaların geliştirilmesi için bir zemin, bir taslak analiz elde edilmesi hedeflenmiştir. İkincil olarak da yaklaşık aynı nüfusa sahip, üst orta gelir düzeyindeki iki ülke karşılaştırmalı olarak analiz edilecektir. Konvansiyonel enerji kaynakları bakımından zengin bir ülke ile bu enerji kaynakları bakımından zengin olmayan hatta enerji bağımlılığı giderek artan ancak konvansiyonel enerjinin aktarım yolunda önemli bir konuma sahip olan bir diğer ülke karbon salınımı konusunda karşılaştırılmış olacaktır.

Bu çalışmada Türkiye ve İran'da 1990 – 2011 dönemi için ekonomik büyümenin çevresel maliyetinin hesaplanması amaçlanmaktadır. Bunun için de ilk olarak Zhang tarafından 2000 yılında geliştirilen ve OECD tarafından bir gösterge olarak 2002 yılında kabul edilen ayrıştırma faktörü (Ekonomik büyüme ve çevresel kirlenme arasındaki ilişkiyi analiz eden bir faktör) kullanılarak reel GSYİH ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında bir ayrışma olup olmadığı analiz edilmiş, çalışmanın ikinci safhasında da logaritmik ortalı Divisia endeks (LMDI) metodu kullanılarak İran ve Türkiye için CO<sub>2</sub> emisyonlarının belirleyicileri analiz edilmiştir. Analiz sonucunda emisyon belirleyici faktörler, gelir etkisi, nüfus yoğunluğu etkisi, enerji yoğunluğu etkisi ve karbon yoğunluğu etkisidir. Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankası (World Bank – WB) ve Amerikan Enerji Bilgi Yönetimi (US Energy Information Administration – EIA) aracılığı ile elde edilmiştir. Çalışmanın geriye kalanı sırasıyla literatür taraması, metodoloji, verilerin değerlendirilmesini içeren veri analizi, ampirik bulgular, ve sonuç bölümlerinden oluşmaktadır.

## 2. Literatür Taraması

Bu bölümde literatürde yakın zamanda yapılan CO<sub>2</sub> emisyonları ayrıştırma analizleri ile ilgili çalışmalardan bazıları yer almaktadır.

Paul ve Bhattacharya 2004 yılında yaptıkları çalışmada Hindistan için 1980 – 1996 arasındaki karbon emisyonlarını ayırtmışlardır. Rafine Laspeyres Endeks (RLI) ayrıştırma metodunu kullanan yazarlar kirlilik etkisi, enerji yoğunluğu etkisi, ekonomik aktivite etkisi ve yapısal değişiklik etkisini hesaba katmışlardır. Ampirik bulgular Hindistan'da tüm sektörlerde ekonomik aktivite etkisinin emisyonları artırıcı bir etki yarattığına, ulaşım ve sanayi sektörlerinde ise teknolojik ilerlemelerin bir sonucu olarak enerji yoğunluğu faktörünün emisyonların artış hızını yavaşlattığına işaret etmektedir.



Wang vd. 2005 yılında gerçekleştirdikleri analizde 1957'den 2000'e kadar olan süreçte Çin'in karbon emisyonlarını LMDI metodunu kullanarak ayırtmışlardır. Yazarlar analiz neticesinde Çin'in emisyonları yavaşlatmada azalan enerji yoğunluğu ve artan yenilenebilir enerji kullanımını sayesinde ciddi bir başarı elde ettiğini vurgulamışlardır.

Ma ve Stern 2008 yılında yaptıkları çalışmada Çin'in CO<sub>2</sub> emisyonlarını LMDI yöntemini kullanarak 1980 – 2003 dönemi için ayırtmışlardır. Ampirik bulgular Çin'de gözlemlenen yapısal değişikliklerin enerji yoğunluğunu düşürdüğünü ve emisyonların artış hızını yavaşlattığını işaret etmiştir. 2000 yılı ve sonrasında ülkede gözlemlenen negatif teknolojik süreç (enerji sarfiyatının önceki yıllara göre bir anda yükselmesi ve dolayısıyla o tarihe kadar Çin'de gözlemlenen enerji tasarrufunun ciddi anlamda gerilemesi) neticesinde enerji yoğunluğunda bir artış gözlemlenmiştir. Yazarlar ayrıca teknolojik gelişmelerin Çin'deki enerji yoğunluğunu düşürdüğünü vurgulamışlardır.

Hatzigeorgiou vd. 2008 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada aritmetik ortalı Divisia endex (AMDI) metodu ile LMDI metodunu karşılaştırmışlardır. Yunanistan'ın karbon emisyonlarını 1990'dan 2002'ye kadar olan süreçte ayırtıran yazarlar gelir etkisi, enerji yoğunluğu etkisi, yakıt payı etkisi ve nüfus etkisini hesaba katmışlardır. Yazarlar ayrıca çalışmalarında LMDI metodunun AMDI metoduna kıyasla daha başarılı ayırtırma sonuçları verdiğini vurgulamışlardır. Yine yazarlara göre Yunanistan'da karbon emisyonlarını gelir etkisi artırırken enerji yoğunluğu etkisi ise tam ters yönde emisyonlara etki etmiştir.

Akbostancı vd. (2009) çalışmalarında Türkiye ekonomisi için CO<sub>2</sub> emisyonlarını 1970 – 2006 dönemi için LMDI yöntemini kullanarak ayırtmışlardır. Türkiye ekonomisini 3 temel sektörde (tarım, sanayi ve hizmetler) yakıt türlerini de katı yakıtlar, doğal gaz, petrol ve elektrik olmak üzere 4 temel kategoride inceleyen yazarlar analiz sonucunda ekonomik aktivite ve enerji yoğunluğu faktörlerinin CO<sub>2</sub> emisyonları değişiminde önemli bir rol oynadığını, yapısal değişiklik etkisinin ise küçük bir etki yaptığını belirtmişlerdir.

İlaveten Akbostancı vd. 2011 yılında yaptıkları analizde Türkiye ekonomisinin imalat sektörünün karbon emisyonlarını 1995 ile 2001 arası dönem için ayırtmışlardır. Yazarlar yine LMDI metodunu kullanırken ekonomik aktivite etkisi, aktivite yapısı etkisi, enerji yoğunluğu etkisi ve yakıt türü etkisini hesaba katmışlardır. Ampirik bulgular ekonomik aktivite etkisinin ve enerji yoğunluğu etkisinin en belirleyici faktörler olduğunu ortaya koymuştur. Yazarlar ayrıca sektördeki yoğun kömür kullanımının emisyonları artırdığını vurgulamışlardır. Son olarak demir



çelik sektörünün de hava kirlenmesini en çok tetikleyen alt sektör olduğunun altını çizmişlerdir.

Kumbaroğlu (2011) çalışmasında 1990 – 2007 dönemi için Türkiye’deki CO<sub>2</sub> emisyonları değişimini rafine Laspeyres indeks (RLI) yöntemini kullanarak analiz etmiştir. Yazar ülke ekonomisini 5 farklı sektöre (tarım, imalat, ulaşım, elektrik ve konut olmak üzere) ayırıp 4 önemli faktörün (ölçek etkisi, kompozisyon etkisi, enerji yoğunluğu etkisi, ve karbon yoğunluğu etkisi) emisyonlar üzerindeki etkisini tartışmıştır. Kumbaroğlu ayrıca bulgular üzerinden olası çevresel politikalarla ilgili ipuçlarını değerlendirmiştir.

Luukkanen vd. (2015) çalışmalarında Küba enerji sistemindeki değişimleri analiz etmişlerdir. Ayırıştırma analizinden yola çıkan bilim insanları enerji tüketimi ve karbon emisyonlarında öne çıkan faktörleri incelemişlerdir. 2006 yılında başlayan Küba enerji devrimini ithal petrolün yarattığı ödemeler dengesi problemlerine, eski teknoloji ve verimsiz merkezi elektrik üretiminin sebep olduğu kesintilere, ve kasırgaların neden olduğu aktarım ve dağıtım sorularına verilmiş bir cevap olarak niteleyen yazarlar özellikle bu enerji devrimi ile Küba halkının enerji kullanım deseninin olumlu yönde değiştiğini vurgulamışlardır. Hanehalklarının pişirme işlemlerinde gazyağı yerine elektrik kullanmaya başlamaları ve de enerji tasarrufu potansiyeline sahip fırınların evlerde kullanılması enerji verimini artırmıştır. Buna ek olarak yazarlar merkeziyetsizleştirme çabalarının elektrik arz güvenliğini artırdığını ve küçük ölçekli yeni elektrik santrallerinin eski teknoloji santrallerin yerini alarak verimliliği artırdığını vurgulamışlardır. Son olarak bilim insanları, enerji devriminin Küba’da endüstri, ulaşım ve tarım gibi sektörlerde yeteri kadar etkiyi henüz gösteremediğini vurgulamışlardır.

Rüstemoğlu ve Rodriguez (2016) çalışmalarında birbiriyle oldukça farklı iki ülkenin, Brezilya ve Rusya’nın 1992 – 2011 dönemi için CO<sub>2</sub> emisyonlarını toplulaştırılmış ve sektörlere ayrılmış (tarım, sanayi ve hizmetler) şekilde ayırıştırarak analiz etmişlerdir. Dört önemli faktörün (ekonomik aktivite, nüfus, enerji yoğunluğu ve karbon yoğunluğu) etkisini dikkate alan yazarlar 2000 yılına kadar ekonomik krizler nedeniyle Rusya’da CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaldığını, bu tarihten sonra ise enerji yoğunluğu faktörü başta olmak üzere karbon yoğunluğu ve nüfus yoğunluğu gibi faktörlerin katkısı ile Rusya’daki emisyonların azaldığını vurgulamışlardır. Brezilya’da ise ekonomik aktivite etkisi CO<sub>2</sub> emisyonlarını tüm sektörlerde artırırken, her iki ülkenin de çevresel sürdürülebilirlik adına kaydedilmesi gereken daha çok aşama olduğundan bahsetmişlerdir. Yazarlar enerji ve karbon yoğunluğunu azaltacak temel çözüm önerilerini de sunmuşlardır.



### 3. Metodoloji

Bu çalışmada Türkiye ve İran için CO<sub>2</sub> emisyonları analiz edilirken iki farklı yöntem takip edilmiştir. İlk olarak Zhang tarafından 2000 yılında geliştirilen ve OECD tarafından da 2002 yılında gösterge olarak kabul edilen ayrıştırma faktörü kullanılmıştır. Ayrıştırma faktörünün hesaplanmasındaki amaç reel GSYİH ile CO<sub>2</sub> emisyonları arasında bir ayrışma olup olmadığını tespit etmektir.

$$\text{Ayrıştırma Faktörü} = 1 - \frac{\frac{CO_{2t}}{GSYİH_t}}{\frac{CO_{2t-1}}{GSYİH_{t-1}}}$$

Ayrıştırma faktörü pozitif çıktığında CO<sub>2</sub> emisyonları ile reel GSYİH arasında bir ayrışma söz konusu demektir. Eğer ayrıştırma faktörü negatif olarak hesaplanırsa da CO<sub>2</sub> emisyonları ve reel GSYİH birlikte artış gösteriyor demektir.

Çalışmada ikinci etapta ise Türkiye ve İran için 1990 – 2011 periyodunda CO<sub>2</sub> emisyonlarını belirleyen faktörler ve bu faktörlerin emisyonlar içerisindeki katkıları logaritmik ortalı Divisia endeks (logarithmic mean Divisia index – LMDI) metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Kaya denkleminden (Kaya identity) ve aritmetik ortalı Divisia endeks (arithmetic mean Divisia index) metodundan geliştirilen LMDI metodu, CO<sub>2</sub> emisyonlarını ayrıştırırken geride herhangi bir kalıntı (residual) bırakmaması ve ayrıştırmayı tam olarak gerçekleştirmesi nedeniyle güncel ve güçlü bir method olarak literatürde kabul edilmektedir. Tam ayrıştırma analizi yöntemi kategorisine dahil edilen iki yöntemden biri olan LMDI metodu, diğer tam ayrıştırma analizi yöntemi olan RLI yöntemine göre hesaplama kolaylığı üstünlüğüne sahiptir.

**Ekonomik aktivite etkisi:** Fert başına düşen GSYİH'nın karbon emisyonları üzerindeki etkisini analiz eden faktördür. Ekonominin büyüdüğü süreçte emisyonları yükseltici, daraldığı resesyon sürecinde ise emisyonları düşürücü bir etki takip etmektedir. Ekonomik aktivite etkisi

$$\Delta C_{ea} = \sum_{i=1}^n \frac{CO_{2i,T} - CO_{2i,0}}{LN\left(\frac{CO_{2i,T}}{CO_{2i,0}}\right)} * LN\left(\frac{EA_T}{EA_0}\right) \text{ formülü ile hesaplanmaktadır}$$

(Akbostanci vd., 2009)

**Nüfus yoğunluğu etkisi:** Nüfus artışı ile emisyon artışı arasında doğru orantı söz konusudur. Dünya nüfusu arttıkça karbon emisyonları yükselir. Nüfus yoğunluğu etkisi



$$\Delta C_{pop} = \sum_{i=1}^n \frac{CO_{2i,T} - CO_{2i,0}}{LN\left(\frac{CO_{2i,T}}{CO_{2i,0}}\right)} * LN\left(\frac{POP_T}{POP_0}\right)$$
 formülü ile hesaplanmaktadır.

**Enerji yoğunluğu etkisi:** Enerji yoğunluğu GSYİH başına düşen birincil enerji miktarını temsil eden ve tüm dünyada kabul edilen bir göstergedir (Aydın, 2010). Enerji yoğunluğu ekonomik büyümenin erken safhalarında artar, ilerleyen safhalarında ise azalma gösterir. Teknolojik gelişmeler enerji yoğunluğunu azaltır ve üretimi daha verimli hale getirirler (Kumbaroğlu, 2011). Enerji yoğunluğu etkisi

$$\Delta C_{eng} = \sum_{i=1}^n \frac{CO_{2i,T} - CO_{2i,0}}{LN\left(\frac{CO_{2i,T}}{CO_{2i,0}}\right)} * LN\left(\frac{EN_T}{EN_0}\right)$$
 formülü ile hesaplanmaktadır.

**Karbon yoğunluğu etkisi:** Karbon yoğunluğu enerji tüketimi başına ortaya çıkan karbon emisyonlarını temsil eder. Karbon yoğunluğu yakıtların çevresel etkisi ile alakalıdır. Kömür kullanımı yerine doğal gaz kullanımı, veya petrol yerine güneş enerjisinin kullanımı karbon yoğunluğunu düşürür ve emisyonlarda azalma gözlemlenir (Kumbaroğlu, 2011). Karbon yoğunluğu etkisi

$$\Delta C_{car} = \sum_{i=1}^n \frac{CO_{2i,T} - CO_{2i,0}}{LN\left(\frac{CO_{2i,T}}{CO_{2i,0}}\right)} * LN\left(\frac{CN_T}{CN_0}\right)$$
 formülü ile hesaplanır. LMDI

yöntemi ile ilgili daha detaylı bir analiz için Akbostancı vd. 2009 tarihli çalışmaları takip edilebilir.

#### 4. Veri Analizi

Ekonomik büyüme, nüfus artışı, enerji talebindeki yükselme ve bu enerji talebindeki yükselmenin çoğunlukla fosil yakıtlardan karşılanması neticesinde dünyada CO<sub>2</sub> emisyonları yükselmiştir. CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki değişimleri daha iyi analiz edebilmek adına etki eden tüm faktörleri etraflıca incelemek yerinde olacaktır.

##### 4.1. Ekonomik ve demografik değişimler

Dünya Bankası verilerine göre Türkiye 2011 yılı itibarıyla dünyanın en büyük 17. ekonomisine sahiptir. İran ise aynı sıralamada 28. sırada yer almaktadır. Her iki ülke de üst orta gelir düzeyinde yer almakla birlikte araştırma periyodu boyunca Türkiye ekonomisi yıllık ortalama % 4.1 İran ekonomisi ise yıllık ortalama % 4.2 oranında büyümüşlerdir (WB, 2016). Türkiye ekonomisi 1994, 1999, 2001 ve 2009 yıllarında resesyona girmiş ve bu yıllarda reel GSYİH sırasıyla % 4.7, % 3.4, % 5.7 ve % 4.8 oranlarında küçülmüştür. Petrol ve doğal gaz gelirlerinin son derece önem arz ettiği İran ekonomisi ise 1993 ve 1994 yıllarında resesyona girmiş ve sırasıyla % 1.5 ve % 1.7 oranında küçülmüştür (WB, 2016). İran ekonomisi araştırma periyodunun hemen ardından 2012 itibarıyla batı



**Ekonomik Büyümenin Çevresel Maliyeti: Türkiye ve İran Ölçeğinde Co<sub>2</sub> Emisyonlarının Belirleyicileri**

ülkeleri tarafından ciddi ambargolara tartışmalı nükleer programı nedeniyle maruz kalmış, 2015 yılı başlarına kadar krizlerle mücadele etmek zorunda kalmıştır. Ülkelerin araştırma periyodu boyunca GSYİH ve fert başına düşen GSYİH değişimleri tablo 1’de gösterilmiştir.

Türkiye araştırma periyodu başında % 60.3 civarında seyreden enflasyonu 2011 itibarıyla % 6.5 düzeyine indirmeyi başarmıştır. İran’da ise tam tersi enflasyon 1990 yılındaki % 7.6’lık değerinden 2011 yılında % 20.6 düzeyine kadar yükselmiştir (WB, 2016). Türkiye’de araştırma periyodu boyunca işsizlik ortalaması % 8.8 olarak gerçekleşirken bu rakam İran’da aynı dönemde ortalama % 12 olarak gerçekleşmiştir (World Bank, 2016). Türkiye’nin ve de özellikle İran’ın enflasyon ve işsizlik gibi çözümlenmeyi bekleyen iki önemli makroekonomik problemi hala devam etmektedir. İki ülke arasında bir karşılaştırmaya gidilirse de Türkiye’nin 2011 itibarıyla enflasyon ve işsizlik gibi iki önemli makro iktisadi problemde İran’dan daha başarılı olduğunu söylemek mümkündür.

**Tablo 1: GSYİH ve fert başına GSYİH’deki değişimler**

	GSYİH (2005 fiyatlarıyla a) (1990)	GSYİH (2005 fiyatlarıyla a) (2011)	Fert başına düşen GSYİH (2005 fiyatlarıyla a) (1990)	Fert başına düşen GSYİH (2005 fiyatlarıyla a) (2011)
Türkiye	270.7 milyar \$	614.7 milyar \$	5012.9 \$	8397.1 \$
İran	122.6 milyar \$	289.5 milyar \$	2182.7 \$	3850.8 \$
Değişim (%)	127.1 % (TR)	136.2 % (İran)	67.5 % (TR)	76.4 % (İran)

Kaynak: Dünya Bankası. Değişimler yazar tarafından hesaplanmıştır.

Dünya Bankası verilerine göre İran dünyanın en kalabalık 17., Türkiye ise 18. ülkeleridir. 1990 – 2011 periyodu boyunca yıllık ortalama nüfus artış hızı Türkiye’de % 1.45, İran’da ise % 1.39 oranında gerçekleşmiştir. Her iki ülkenin de 2011 itibarıyla nüfusunun yaklaşık % 71’i şehirlerde yaşamaktadır (WB, 2016). Tablo 2’de her iki ülke için temel demografik değişimler gösterilmektedir.

**Tablo 2: Nüfus ve şehirleşme oranındaki değişimler**

	Nüfus	Nüfus	Şehirde	Şehirde
--	-------	-------	---------	---------





	(1990)	(2011)	yaşayan nüfus (1990)	yaşayan nüfus (2011)
Türkiye	54 milyon	73.2 milyon	59.2 %	71.3 %
İran	56.2 milyon	75.2 milyon	% 56.3	% 71.2
Değişim (%)	% 35.6 (TR)	% 33.9 (İran)	% 12.1 (TR)	% 14.9 (İran)

Kaynak: Dünya Bankası. Değişimler yazar tarafından hesaplanmıştır.

#### 4.2. Enerji Piyasaları

2011 yılı itibariyle İran dünyanın en çok enerji tüketen 11., Türkiye ise 23. ülkeleridir (WB, 2016). Türkiye’de enerji üretimi oldukça kısıtlıdır ve Türkiye pek çok komşu ülkeden konvansiyonel enerji ithal etmektedir. Türkiye önemli bir enerji aktarım yolunun üzerinde yer alsa da kısıtlı kaynaklar neticesinde dış ülkelere bağımlılığı giderek artış gösteren bir ülke halini almıştır (EIA, 2016). İran ise yine EIA verilerine göre petrol rezervleri bakımından dünyanın en zengin 4., doğal gaz rezervleri bakımından ise en zengin 2. ülkesidir. İran çeşitli ambargolar neticesinde son birkaç yıl içerisinde petrol ve doğal gaz çıkarıp ihraç etmede pek çok problemle karşılaşmış, ülkenin birçok yakıt arama projesi de iptal edilmiş veya ertelenmiştir. İran’da enerji kaynaklarının bolluğu müsrif ülke içi kullanımı da beraberinde getirmiştir.

İran’da araştırma periyodunun sonunda doğal gaz, birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 60’ına petrol ise yaklaşık % 38’ine tekabül etmektedir. Hidrolik ve diğer yenilenebilir kaynaklar ise toplam enerji tüketiminin ancak % 1’i kadardır (EIA, 2016). Türkiye’de ise aynı yılda birincil enerji tüketiminde en büyük pay % 32.2 ile doğal gaza aittir. Konvansiyonel enerji kaynaklarında doğal gazı % 31.3 ile kömür ve % 26.6 ile petrol takip etmektedir (Yılmaz, 2012). Yenilenebilir kaynaklardan hidrolik birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 4’ünü oluştururken, onu biokütle % 3, diğer yenilenebilir kaynaklar % 1.5, ve jeotermal % 1.3 ile takip etmektedir (Yılmaz, 2012). Türkiye’de konvansiyonel enerji kaynaklarından en fazla kömür üretilmekte olup bu üretimin çok büyük kısmını linyit kömürü oluşturmaktadır. Tablo 3’te her iki ülke için toplam ve fert başına düşen birincil enerji tüketimindeki değişimler gösterilmektedir.

**Tablo 3: Toplam ve fert başına düşen enerji tüketimi**

	Enerji Tüketimi	Enerji Tüketimi	Fert Başına	Fert Başına



**Ekonomik Büyümenin Çevresel Maliyeti: Türkiye ve İran Ölçeğinde Co<sub>2</sub> Emisyonlarının Belirleyicileri**

	(1990)	(2011)	Düşen Enerji Tüketimi (1990)	Düşen Enerji Tüketimi (2011)
Türkiye	52.7 milyar kg petrol eşdeğeri	112.2 milyar kg petrol eşdeğeri	976.3 kg petrol eşdeğeri	1532.9 kg petrol eşdeğeri
İran	69.3 milyar kg petrol eşdeğeri	212.4 milyar kg petrol eşdeğeri	1234.4 kg petrol eşdeğeri	2825.1 kg petrol eşdeğeri
Değişim (%)	% 112.9 (TR)	% 206.5 (İran)	% 57 (TR)	% 128.9 (İran)

Kaynak: Dünya Bankası. Değişimler yazar tarafından hesaplanmıştır.

Elektrik enerjisi ikincil enerji türlerindedir. Her iki ülke için de araştırma periyodunda elektrik tüketimi ve üretimi kayda değer düzeyde artış göstermiştir. 2011 yılı itibarıyla elektrik enerjisi üretiminde Türkiye’de doğal gaz % 45.4 ile ilk sırayı almaktadır. Doğal gazı sırasıyla kömür (% 28.4), hidrolik (% 22.8), diğer yenilenebilir enerji kaynakları (% 2.5) ve petrol (% 0.4) takip etmektedir (WB, 2016). İran’da da doğal gaz elektrik üretiminde en önemli kaynaktır. % 66.8 ile ilk sırada yer alan doğal gazı, sırasıyla petrol (% 27.8), hidrolik (% 5), kömür (% 0.18), nükleer (% 0.13) ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları (% 0.1) takip etmektedir (WB, 2016). Türkiye ve İran’ın elektrik üretimi ve tüketimindeki değişimlerle fert başına düşen elektrik tüketimindeki değişimler tablo 4’te gösterilmektedir.

**Tablo 4: Toplam ve fert başına elektrik tüketimi ile toplam elektrik üretimindeki değişimler**

	Elekt rik Üreti mi (1990)	Elekt rik Üreti mi (2011)	Elektr ik Tüket imi (1990)	Elektr ik Tüket imi (2011)	Fert başın a düşe n elekt rik tüket imi (1990)	Fert başın a düşe n elekt rik tüket imi (2011)
--	---------------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	--	--



					)	)
Türkiye	56.7 milyar KWH	230.5 milyar KWH	50.1 milyar KWH	197.9 milyar KWH	928.4 KWH	2704.1 KWH
İran	57.5 milyar KWH	229.4 milyar KWH	53 milyar KWH	200.1 milyar KWH	944.2 KWH	2661.9 KWH
Değişim (%)	% 306.3 (TR)	% 298.6 (İran)	% 294.8 (TR)	% 277.4 (İran)	% 191.2 (TR)	% 181.9 (İran)

Kaynak: Dünya Bankası. Değişimler yazar tarafından hesaplanmıştır.

Her iki ülkede de Dünya Bankası verilerine göre 2011 yılında yaklaşık % 14 civarında elektrik enerjisi dağıtım ve aktarım kaybı meydana gelmiştir.

#### 4.3. CO<sub>2</sub> emisyonları

1990'dan 2011 yılına kadar olan süreçte İran'da karbon emisyonları % 177.8 Türkiye'de ise % 120 artış göstermiştir (WB, 2016). Her iki ülkenin de emisyon artış hızı dünya genelinin aynı dönemdeki artış hızından (% 56.1) daha yüksek olarak gerçekleşmiştir. Fert başına düşen karbon emisyonları da sırasıyla İran ve Türkiye için % 107.6 ve % 62.2 oranlarında artış göstermiştir (WB, 2016). İran'da karbon emisyonları içerisindeki en büyük pay elektrik ve ısı üretimine aittir. 2011 yılında karbon emisyonlarının yaklaşık % 32.3'lük kısmı elektrik ve ısı üretimi tarafından gerçekleştirilmiştir (WB, 2016). Yine Dünya Bankasının verilerine göre Türkiye'de elektrik ve ısı üretiminin emisyonlar içerisindeki payı 2011 yılı için % 42.4 olarak gerçekleşmiştir. İran'da elektrik ve ısı üretimini sırasıyla konut sektörü & ticari hizmetler, ulaşım, imalat & inşaat sektörleri, ve diğer sektörler takip ederken, Türkiye'de



**Ekonomik Büyümenin Çevresel Maliyeti: Türkiye ve İran Ölçeğinde Co<sub>2</sub> Emisyonlarının Belirleyicileri**

sıralama imalat & inşaat sektörleri, konut sektörü & ticari hizmetler, ulaşım, ve diğer sektörler şeklinde gerçekleşmiştir. Her iki ülke için 1990'dan 2011'e kadar toplam ve fert başına CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki değişim tablo 5'te gösterilmektedir.

**Tablo 5: Toplam ve fert başına karbon emisyonlarındaki değişimler**

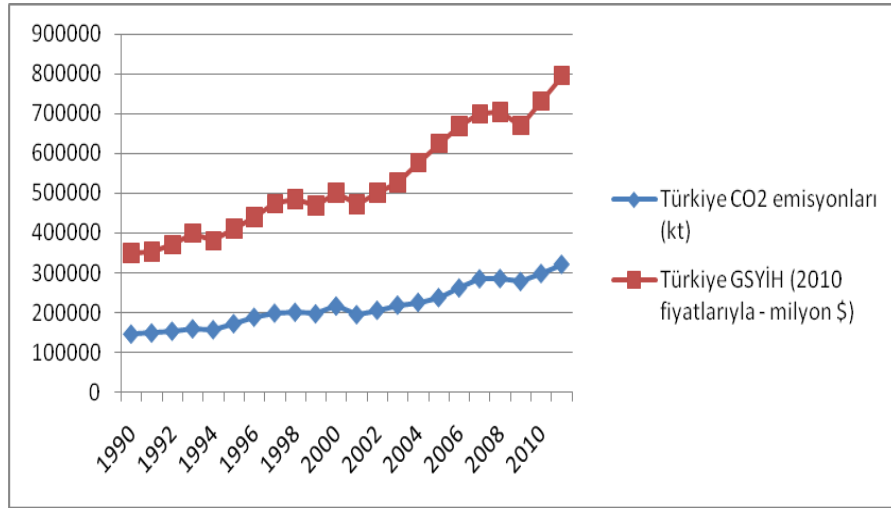
	CO <sub>2</sub> emisyonları (1990)	CO <sub>2</sub> emisyonları (2011)	Fert başına düşen CO <sub>2</sub> emisyonları (1990)	Fert başına düşen CO <sub>2</sub> emisyonları (2011)
Türkiye	145858.592 KT	320840.5 KT	2.7 tons	4.4 tons
İran	211134.859 KT	586599 KT	3.8 tons	7.8 tons
Değişim (%)	% 120 (TR)	% 177.8 (İran)	% 63 (TR)	% 105.3 (İran)

Kaynak: Dünya Bankası. Değişimler yazar tarafından hesaplanmıştır.

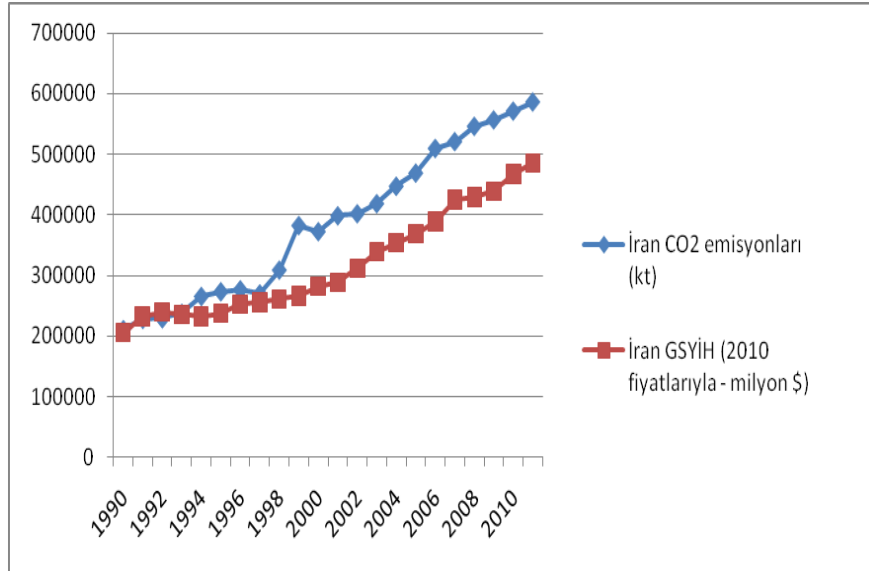
## 5. Ampirik Bulgular

Çalışmanın ilk etabında ayrıştırma faktörü kullanılarak CO<sub>2</sub> emisyonları ile reel GSYİH arasında bir ayrılma olup olmadığı araştırılmıştır. 1990'dan 2011'e kadar olan süreçte 21 periyottan 10'unda hem Türkiye'de hem de İran'da reel GSYİH ile CO<sub>2</sub> emisyonlarının ayrıştığı gözlemlenmiştir. Türkiye'de ayrışma gözükten periyotlar 90-91, 93-94, 94-95, 95-96, 98-99, 99-2000, 2002-2003, 2005-2006, 2006-2007, 2008-2009 olarak sıralanmıştır. İran'da ise ayrışmanın gerçekleştiği periyotlar sırasıyla 90-91, 91-92, 95-96, 96-97, 99-2000, 2001-2002, 2002-2003, 2006-2007, 2009-2010, 2010-2011 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıştırma faktörü hesaplamaları İran ve Türkiye'de GSYİH ile CO<sub>2</sub> salınımı arasında net bir ayrışmanın henüz ortaya çıkmadığını göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde ve gelişmekte olan ülkelere örnek Çin'de bu ayrışma çok daha net bir biçimde karşımıza çıkmaktadır.



Grafik1. Türkiye’de 1990 – 2011 dönemi için RGSYİH ve CO<sub>2</sub> emisyonları.

Kaynak: Dünya Bankası. Dünya Kalkınma Göstergeleri

Grafik2. İran’da 1990 – 2011 dönemi için RGSYİH ve CO<sub>2</sub> emisyonları

Kaynak: Dünya Bankası. Dünya Kalkınma Göstergeleri

Grafik 1 ve grafik 2’den de takip edileceği gibi Reel GSYİH ile karbon salınımı arasında bir ayrışmadan söz etmek her iki ülke için de mümkün gözükmemektedir. Bilakis, özellikle İran’da karbon salınımı ile reel GSYİH’nın birlikte hareketi oldukça belirgindir.

### 5.1. Ayrıştıma Analizi Sonuçları

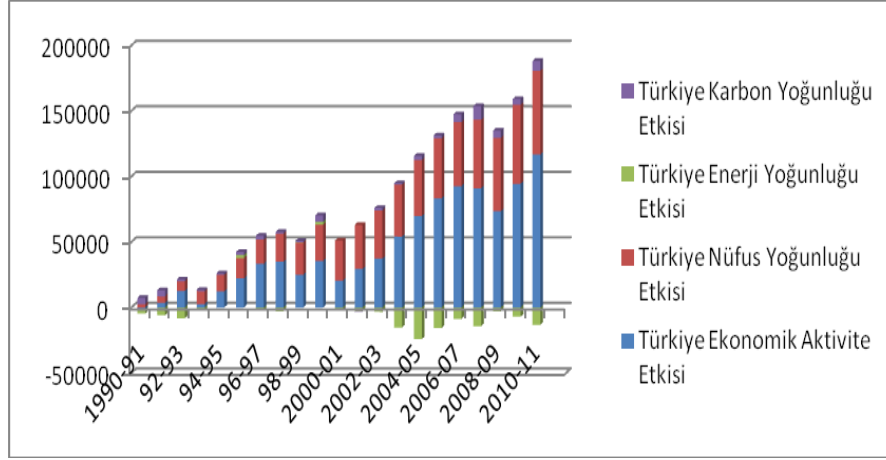
Türkiye ve İran için CO<sub>2</sub> emisyonları ayrıştırılırken LMDI metodu kullanılmış, çalışma dönemi de 1990-2000 ve 2000-2011 olmak üzere iki



alt döneme ayrılmıştır. Türkiye’de ilk alt dönemde tüm faktörler karbon emisyonlarına artırıcı yönde etki etmişlerdir. Ayrıştırma analizi (LMDI hesaplamaları) sonuçlarına göre ilk alt dönemin sonunda en baskın faktör ekonomik aktivite etkisi olup bu faktörün emisyonlar içerisindeki payı yaklaşık % 50.4 olarak gerçekleşmiştir. İkinci en baskın faktör nüfus yoğunluğu (% 39.3) olup onu sırasıyla karbon yoğunluğu etkisi (% 7), ve enerji yoğunluğu etkisi (% 3.3) takip etmiştir. İkinci alt dönemde de Türkiye için çok fazla değişen bir şey olmamıştır. Ekonomik aktivite etkisi LMDI sonuçlarına göre bu dönemde daha da belirgin hale gelmiştir ve emisyonlar içerisindeki payı % 66.7’ye yükselmiştir. Nüfus yoğunluğu etkisi (% 36.6) ikinci sıradaki yerini korurken üçüncü sıradaki karbon yoğunluğu etkisi ilk döneme göre bir miktar azalmış (% 4.3) ve bu dönemde dördüncü sıraya düşmüş, enerji yoğunluğu ise daha da azalarak (- % 7.5) emisyon azaltıcı bir etki göstermiştir. Dünya Bankası verilerine göre Türkiye ekonomisi araştırma yılları boyunca (1990’dan 2011’e kadar) toplam % 127.1 oranında büyüdüğünden ekonomik aktivite etkisinin emisyon artırıcı yönde bir etki oluşturması olağandır. Kriz yılları olan 1994, 1999, 2001 ve 2009’da ise bu faktör CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltıcı bir eğilim takip etmiştir. Dünya Bankası verilerine göre tarım sektörünün Türkiye GSYİH’sı içerisindeki payı 1990 yılında % 18.1 iken, 2011 yılında bu oran % 9’a kadar düşmüştür. Sanayi sektörünün ekonomi içerisindeki payı % 32.2’den % 27.5’e aynı dönemde gerilerken, hizmet sektörünün payı % 32.4’ten % 50.1’e yükselmiştir (WB, 2016). Her ne kadar sanayi sektörünün payı bir miktar küçülse de geçen süreçte Türkiye ekonomisi sanayi ve hizmet sektörü ağırlıklı bir yapıya bürünüp tarım sektörünün katkısı iyice azaldığından ekonomideki bu yapısal dönüşüm emisyon artışı olarak geri dönmüştür. Ülke nüfusu artış gösterdiğinden sabit olarak emisyon artıran bir nüfus yoğunluğu etkisi de olağandır. Türkiye’de enerji tüketimi araştırma periyodu boyunca % 112.9 oranında artmıştır. Her ne kadar ikinci alt dönemde teknolojik gelişmelerin de etkisi ile Türkiye’de enerji yoğunluğu etkisi negatif (azaltıcı) bir eğilim izlemeye başlamış olsa da arzu edilen emisyon düşürücü etkiden oldukça uzaktır. Karbon yoğunluğu etkisi de konvansiyonel yakıt tüketiminin yoğun bir şekilde devam etmesi ve azalan hidrolik potansiyelin diğer yenilenebilir kaynaklarla ikame edilememesi nedeniyle Türkiye’de hala artırıcı yönde etki etmektedir. Türkiye’nin 1990 – 2011 dönemi için ayrıştırma analizi sonuçları grafik 3’te gösterilmektedir.



**Grafik 3: Türkiye’de CO<sub>2</sub> emisyonlarının 1990 – 2011 dönemi için ayrıştırılması**

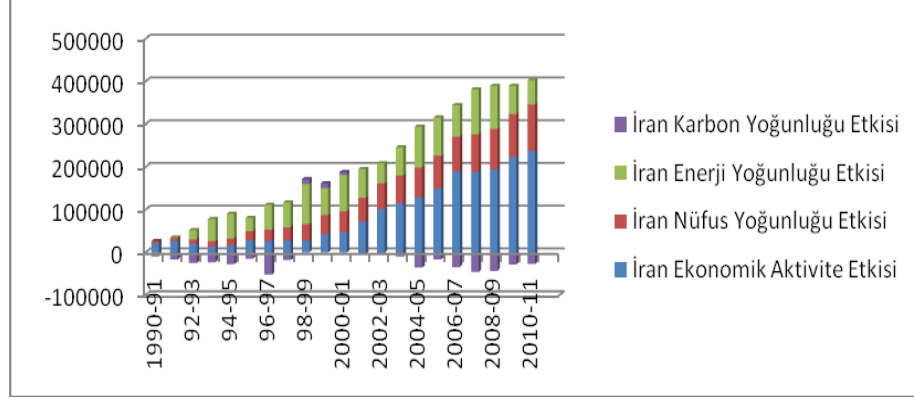


Kaynak: Yazar tarafından LMDI methodu kullanılarak hesaplanmıştır.

Enerji tüketiminde oldukça hızlı bir artış gözlemlenen İran’da enerji yoğunluğu etkisi ilk alt dönemde en çok karbon emisyonlarını artıran faktör olarak hesaplanmıştır. Birinci alt dönem sonunda LMDI ayrıştırma analizi sonucunda emisyonlarının % 38.9’u enerji yoğunluğu etkisi tarafından artırılmıştır. Enerji yoğunluğu etkisini nüfus yoğunluğu etkisi (% 27.4), ekonomik aktivite etkisi (% 26.5) ve son olarak da karbon yoğunluğu etkisi (% 7.1) takip etmektedir. İkinci alt dönemde ise ekonomik aktivite etkisi emisyonlar üzerindeki etkisini artırarak payını % 63.3’e çıkarmıştır. Nüfus yoğunluğu etkisi % 28.8 ile ikinci sıradaki yerini korurken, enerji yoğunluğunun emisyonlar içerisindeki payı % 15.2’ye gerilemiştir. Her ne kadar enerji yoğunluğunun emisyonlar üzerindeki etkisi hissedilir düzeyde azalma gösterse de pozitif enerji yoğunluğu etkisi halen İran’ın çevresel sürdürülebilirlik için önünde oldukça uzun bir yol olduğunu göstermektedir. İkinci dönem sonunda emisyonlar üzerindeki etkisi azalan karbon yoğunluğu faktörünün payı % -7.2 olarak gerçekleşmiştir. Negatif karbon yoğunluğu İran’ın enerji tüketiminde petrolü giderek doğal gazla (nispeten daha çevreci bir yakıtla) ikame etmesinin sonucudur. İran’ın ayrıştırma analizi sonuçları grafik 4’te gösterilmektedir.



**Grafik 4: İran'da CO<sub>2</sub> emisyonlarının 1990 – 2011 dönemi için ayrıştırılması**



Kaynak: Yazar tarafından LMDI metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

## 6. Sonuç

Ayrıştırma analizi sonuçları her iki ülke için de ilginç veriler ortaya koymaktadır. Ülke ekonomilerinin büyümesi, fert başına düşen gelirin artması ve bireylerin refah düzeylerinin yükselmesi istenen bir durumdur. İlimli bir nüfus artışı da yine istenen bir durum olarak görülmektedir. Bu yüzdendir ki ekonomik aktivite etkisinin ve nüfus yoğunluğu etkisinin karbon emisyonlarını yükseltmesi olağan bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik adına beklenen ise enerji yoğunluğu etkisinin ve karbon yoğunluğu etkisinin emisyonların artış hızını azaltıcı yönde yani negatif olarak gerçekleşmesidir. Bir önceki bölümde de belirtildiği gibi Türkiye ve İran henüz bu düzeydeki bir süreçten oldukça uzakta yer almaktadırlar. Çevresel sürdürülebilir bir kalkınma için her iki ülkenin de ciddi anlamda efor sarf etmesi gerekmektedir.

İran'da özellikle enerji yoğunluğu azaltılmalıdır. Bu bağlamda eski binaların tamir ve yalıtımla ısı kayıplarının en aza indirgenmesi yoğun enerji talebini düşürecektir. Evler ve iş yerleri için eski teknoloji klima ve soğutucuların, çevre dostu yeni teknoloji klima ve soğutucularla değiştirilmesi, çok fazla elektrik tüketen ev aletlerinin yeni ve az enerji tüketen ev aletleriyle değiştirilmesi için çeşitli teşviklerin sağlanması, eski ev araç gereçlerinin uygun fiyatla tüketiciden alınması, ev ve iş yerlerine az enerji tüketen led teknolojili ampüllerin dağıtılması ve kullanımının teşvik edilmesi yerinde adımlar olacaktır. Aynı şekilde hem Türkiye'de hem İran'da az enerji tüketen yeni teknoloji ulaşım araçlarının kullanılmasının teşvik edilmesi, toplu taşıma ağlarının geliştirilmesi yine enerji tasarrufuna ve dolayısıyla emisyon hızının düşürülmesine katkı yapacaktır. Yine hem İran'da hem Türkiye'de imalat sektöründe



gerçekleştirilecek yenileme çabaları ile enerji tasarrufu mümkün olacaktır.

Türkiye’de Makine Mühendisleri Odası’nın 2008 tarihli enerji verimliliği raporu da Türkiye’nin enerji yoğunluğunun azaltılması için daha güçlü bir efora ihtiyaç duyduğunu destekler niteliktedir. Raporu göre, dağıtımda verimlilik artırılıp kayıp ve kaçaklar önlenmelidir. Teknik olmayan ticari kayıplar (kaçak elektrik kullanımı gibi) tespit edilip gerekli yaptırımlar gerçekleştirilmeli, kayıplar giderilmelidir. Yine rapora göre bulvar, cadde, yol, park ve bahçe aydınlatmalarında verimlilik ilkesi esas alınmalıdır. Sanayi sektörü Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Bu yüzden sektörün daha verimli hale getirilmesi ile tasarruflar artırılmış karbon salınımları azaltılmış olacaktır. Bina sektöründe de yalıtımla ilgili sıkı denetim kurallarının uygulanması binalardaki ısı ve yazın da soğuk hava kayıplarını aza indireyecektir. Türkiye Makine Mühendisleri Odası ayrıca raporunda ulaşım sorununa da değinmiş bilim insanları, demiryolu ve denizyolu taşımacılığının geliştirilmesinin yüksek enerji tasarrufunu ve düşük emisyon salınımı gibi iki olumlu sonucu beraberinde getireceğini vurgulamışlardır.

Hem Türkiye, hem de İran’da hidrolik kaynakların elektrik üretimindeki payı gerilemiştir. Bu gerileme yaşanırken her iki ülke de hidrolik kaynakları diğer yenilenebilir kaynaklarla ikame edemediğinden karbon yoğunluğu etkisi hala emisyonları azaltıcı etkiden uzaktır. Halbuki coğrafi konum gereği hem Türkiye hem İran ciddi anlamda güneş, rüzgar, jeotermal ve biokütle enerjisi potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları kurulum açısından maliyetli olduklarından her iki ülke de konvansiyonel enerjiye ağırlık vermişlerdir. Oysa yenilenebilir enerji kaynakları hem Kyoto Protokolü hedeflerine yardımcı olacak ve emisyonları azaltacak hem de yeni istihdam yaratacak potansiyele sahiplerdir. Verimli enerji kullanımı, temiz kaynaklardan enerji üretimi (enerji matrisinin çeşitlendirilmesi) gibi temel iki adımla hem Türkiye hem de İran’da çevresel sürdürülebilir bir kalkınmayı yakalamak mümkün gözükmektedir.

## Kaynakça

Yılmaz, M. (2012). Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4(2), 33-54.

Paul, S., & Bhattacharya, R. N. (2004). CO2 emissions from energy use in India: a decomposition analysis. *Energy Policy*, 585-593.

Wang, C., Chen, J., & Zou, J. (2005). Decomposition of energy related CO2 emission in China: 1957-2000. *Energy*, 73-83.



**Ekonomik Büyümenin Çevresel Maliyeti: Türkiye ve İran Ölçeğinde Co2 Emisyonlarının Belirleyicileri**

Ma, C., & Stern, D. I. (2008). China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis. *Energy Economics*, 1037-1053.

Hatzigeorou, E., Polatidis, H., & Haralambopoulos, D. (2008). CO2 emissions in Greece for 1990-2002: A decomposition analysis and comparison of the results using the Arithmetic Mean Divisia Index and Logarithmic Mean Divisia Index techniques. *Energy*, 492-499.

Akbostanci, E., Asik, S. T., & Tunc, G. I. (2009). A decomposition analysis of CO2 emissions from energy use: Turkish case. *Energy Policy*, 4689-4699.

Akbostanci, E., Tunc, G. I., & Asik, S. T. (2011). CO2 emissions of Turkish Manufacturing industry: A decomposition analysis. *Applied Energy*, 2273-2278.

Kumbaroglu, G. (2011). A sectoral decomposition analysis of Turkish CO2 emissions over 1990-2007. *Energy*, 2419-2433.

Luukkanen, J., Vasquez, L., Kaisti, H., Kakönen M., Majanne, Y. (2015). Decomposition analysis of

Cuban energy production and use: Analysis of energy transformation for sustainability. *Renewable and Sustainable energy reviews*, 638-645.

Rüstemoğlu, R. & Rogriguez A. (2016). Determinants of CO2 emissions in Brazil and Russia between 1992 and 2011: A decomposition analysis. *Environmental Science & Policy*, 58 (2016) 95-106.

Aydın, F. F. (2010). Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 35, 317 – 340.

World Bank (2015). World Development Indicators.

<http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>

EIA - US Energy Information Administration <http://www.eia.gov/>

TMMOB. Makina Mühendisleri Odası. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Raporu (2008).

