

## ÖZET

### *Türkiye’de 1981-2000 Döneminde Sanayi Kesiminde Enerji Tüketiminin Ayrıştırılması*

Ayrıştırma analizi, enerji tüketimindeki değişimin nedenlerini ortaya koymak açısından enerji ile ilgili çalışmalar arasında önemli bir yer işgal etmektedir. Enerji tüketimindeki toplam değişimin ayrıştırılması, dünya genelinde, ulusal düzeyde ya da verilerin elde edilebilirliği oranında sektörel düzeyde yapılmaktadır. Ayrıştırma modelleri temel olarak indeks sayılara dayanır. Enerji tüketimindeki değişim genel olarak, ekonomik faaliyetlerin büyüklüğünden (üretim etkisi), sektörel teknoloji seviyesinden (yoğunluk etkisi) ve ekonomik yapıdan (yapısal etki) etkilenmektedir. Bu çalışma, 1981–2000 arasında Türkiye’de sanayi sektöründe tüketilen enerjideki değişimin nedenlerini tanımlamak için ayrıştırma analizini kullanmıştır. Değişimin kaynaklarını ayrıştırma, üretim etkisi, yapısal etki ve yoğunluk etkisi biçiminde yapılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular, Türkiye’de yapısal değişimin bir dereceye kadar avantajlara sahip olduğunu fakat yoğunluk etkisi yoluyla enerji tasarrufunun sağlanabildiğini göstermektedir. Böylece, enerji politikası sadece enerji arzının artırılmasına odaklanmama- lı ve fakat enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması konusunda da yol gösterici olmalıdır.

*JEL Sınıflaması: Q40, Q49*

*Anahtar Kelimeler: Enerji, Ayrıştırma, Enerji Yoğunluğundaki Değişim, Türkiye*

## ABSTRACT

### *Decomposition of Industrial Energy Consumption in Turkey, 1981-2000*

Decomposition analysis has been popular in explaining the change in energy consumption in energy literature. Decomposition is carried out at international, national and sectoral levels depending on the availability of data. The decomposition models are essentially the application of index numbers. It is generally regarded that the change in energy consumption are mainly influenced by the scale of economic activities (the activity effect), sectoral technological level (the intensity effect), and the economic structure (the structure effect). This study applies decomposition analysis to identify the sources of changes in energy consumption in industrial sector in Turkey between 1981 and 2000. We decompose the sources of change into output effect, structure effect and intensity effect. Our findings imply that Turkey took advantage of structural change to some certain extent, but there is still room for energy saving through intensity effect. Therefore, energy policy should not only focus on increasing the supply of energy, but also reducing energy intensity through more energy saving technologies.

*JEL Classification: Q40, Q49*

*Keywords: Turkey, Energy, Decomposition, Structural Change, Energy Intensity Change*

# *Türkiye’de 1981-2000 Döneminde Sanayi Kesiminde Enerji Tüketiminin Ayrıştırılması*



Doç. Dr. A. Hakan ÇERMİKLİ\*

Yrd. Doç. Dr. Harun ÖZTÜRKLER\*\*



## İRİŞ

Bu çalışma, 1981–2000 döneminde Türkiye’de sanayi kesiminde tüketilen enerji miktarındaki değişimin kaynaklarını ortaya koymaya yöneliktir. Kuşkusuz böyle bir analizin temel amaçlarından biri, incelenen dönemde tüketimdeki değişimin kaynaklarından hareketle enerji kullanımında gelecek dönemlerde ortaya çıkacak değişmelere nelerin kaynaklık edebileceğini araştırmaktır. Elde edilen sonuçlar birkaç açıdan değerlendirilebilir. Bunların başında nihai enerji tüketiminin yaklaşık üçte birini kullanan sanayi kesiminde meydana gelen enerji tüketimin-

deki değişimin ülke ekonomisi üzerine olan olası etkisidir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın enerji dengesi verilerinden hareketle 2004 yılı itibariyle sanayi kesiminin tüketmiş olduğu nihai enerji miktarı 26.990 (bin ton petrol eşdeğeri-Ttoe) ile ilk sırayı aldığı söylenebilir. Ülkede kullanılan enerjinin %80’lik kısmını ithal etmek durumunda olan Türkiye için bunun önemi daha farklıdır. Diğer bir nokta ise, uluslararası gelişmelerle beraber karbondioksit-CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltma gereğidir. Günümüz gelişmekte olan ülkelerinin bu alandaki temel problemlerinden biri, bir taraftan iktisadi gelişimin sürdürülmesi ve diğer taraftan CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılmasıdır. Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) 2005 yılı raporuna göre, CO<sub>2</sub> emisyonunun yaklaşık üçte ikisi kömür ve karbon yoğun yakıtları daha fazla kullanan gelişmekte olan ülke-

\* Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü

cermikli@gazi.edu.tr

\*\* Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü

ozturkler@aku.edu.tr

lerden kaynaklandığı kabul edildiğinde durumun önemi daha da artmaktadır.

Genel kabul gören bir gerçek, enerji tüketiminin temel belirleyicilerinin gelir seviyesi ile enerji fiyatları olduğudur. Bununla beraber gelir seviyesinin enerji tüketimini açıklama gücü, ülkelerin gelişmişlik seviyesi ile değişebilmektedir. Bir başka ifade ile yüksek gelir düzeyinde gelir seviyesindeki değişmelerin enerji tüketimini açıklama gücü azalır. Bir dolarlık GSYİH yaratmak için kullanılan enerji miktarını ifade eden enerji yoğunluğunun azaldığını gösteren bu durum, düşük gelirli ve orta gelir grubu ülkelerde daha güçlü olmaktadır. Williams (1987), hizmetler sektörüne artan talep ve yüksek katma değerli ve düşük madde yoğunluğuna sahip ürünlerin üretimine geçilmesi ile petrol şoku sonrası dönemde birçok gelişmiş ülkede enerji yoğun endüstrilerden uzaklaşılmasına neden olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan Sun (2003), gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketiminin, iktisadi faaliyetlerdeki dalgalanmalardan ayrı olarak, sanayileşme talebindeki artıştan dolayı arttığını ifade eder. Ülkelerin enerji tüketimine bir başka açıdan bakıldığında bir anlamda ülkelerin enerji yoğunlukları arasındaki farklılaşmanın nedeni de ortaya koyulmaktadır. Sun (2002) çalışmasında, OECD ülkelerinde enerji yoğunluğundaki farklılığın 1971–1998 döneminde azaldığını bulmuştur. Bunu yeni teknoloji ve ileri sosyo-ekonomik yapı ile açıklayan Sun, enerji etkinliğini iyileştir-

mek ve verimliliği artırmak için bu grup ülkeler arasında transferlerin olduğunu kabul etmektedir. Alcántara ve Duro (2004), 1971–1999 OECD ülkeleri arasında toplam enerji yoğunluğundaki farklılaşmayı nihai talebin yapısı ile açıklamaktadır. Çalışmada OECD ülkeleri içinde enerji yoğunluğundaki farklılaşmaları açıklayan en önemli faktör, grup ülkeleri arasındaki eşitsizlik olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla teknolojik gelişmeler, bu grup ülkeler içinde enerji yoğunluğunun azalmasını ifade eder.

Diğer taraftan gelir seviyesi ve enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisi açısından literatürde tartışma devam etmektedir. Lee (2006) çalışmasında, literatürdeki gelir seviyesi ile enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisini inceleyen çalışmalara yer vermiştir. Çalışmalar, elde ettikleri sonuçlar açısından birbirinden farklılık taşımaktadır. Zaman dönemi ve kullanılan seriler, çalışmalarda elde edilen sonuçların farklı olmasını sağlayan temel nedenlerin başında gelir. Türkiye’deki nedensellik ilişkisini inceleyen Altınay ve Karagöl’ün (2004) çalışması, 1950–2000 döneminde trendden arındırılmış verileri kullanarak Türkiye’de enerji tüketimi ve GSYİH arasında nedensellik ilişkisi bulamamıştır. Diğer taraftan Soytaş ve Sarı (2003), eş bütünlük ve vektör hata düzeltme modeli yöntemlerini kullanarak enerji tüketiminden GSYİH’ya doğru bir nedensellik ilişkisini Türkiye, Fransa, Almanya ve Japonya için 1950–1992 dönemi için bulmuşlardır. Bu-

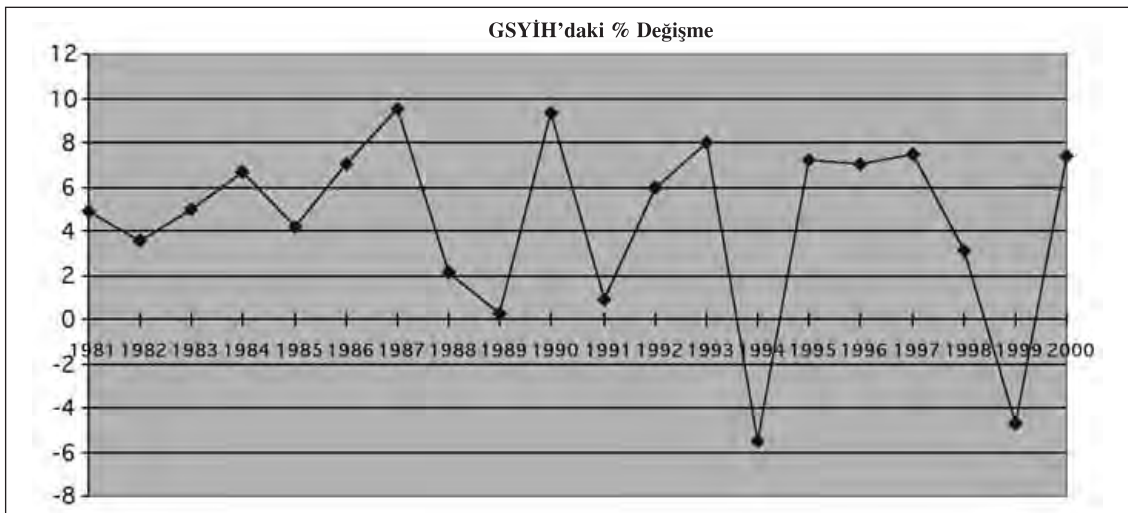
radan hareketle Soytaş ve Sarı, enerji kaynaklarının kullanılmasında kısıtlamaya gidilmesinin bu grupta yer alan ülkelerde iktisadi büyüme yi bozabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Türkiye’nin ele alınan dönem itibariyle öncelikli hedefi iktisadi büyüme olmuştur. Bununla beraber bunun istikrarlı bir şekilde gerçekleştirilebildiği söylenemez (özellikle 1990 sonrası yıllarda). Ekonomideki istikrarsızlık, GSYİH’deki yüzde değişimi ifade eden aşağıdaki Şekil 1 yardımı ile gösterilebilir. İktisadi büyümede meydana gelen söz konusu gelişmeler enerji tüketiminin seyrinin de (uluslararası petrol fiyatlarındaki gelişmelerle beraber) belirleyicisi olarak kabul edilebilir. Dönem içinde artan enerji tüketimi ve enerji tüketimindeki dalgalan-

malar, bir enerji planlamasının zorunluluğunu ortaya koymaktadır<sup>1</sup>. Ayrıca, enerji tüketiminin nasıl şekillendiği ve enerji tüketimini belirleyen faktörlerin zaman içinde nasıl değiştiği, etkin bir enerji planlaması için esas teşkil etmektedir. Bu çerçevede çalışma, 2. Bölüm’de Türkiye’de enerji tüketimini incelemektedir. 3. Bölüm, çalışmada uygulanan yöntemi tartışırken veriler, 4. Bölüm’de ele alınmaktadır. 5. Bölüm, 1981–2000 döneminde Türkiye’nin sanayi sektöründe enerji tüketimindeki değişimi analiz etmektedir. 6. Bölüm, özet sonuçtan oluşmaktadır.

*1 Dasgupta ve Heal (1979), ekonomideki belli parametreler hakkında belirsizliğin olmasının, enerji kaynakları kullanımının planlanmasında önemli bir problem olduğunu ortaya koymaktadır.*

**Şekil 1 :** Türkiye’de GSYİH’deki % Değişme: 1981–2000



**Kaynak :** DPT 1950–2006 Ekonomik ve Sosyal Göstergeler’ den hazırlanmıştır. [www.dpt.gov.tr](http://www.dpt.gov.tr)

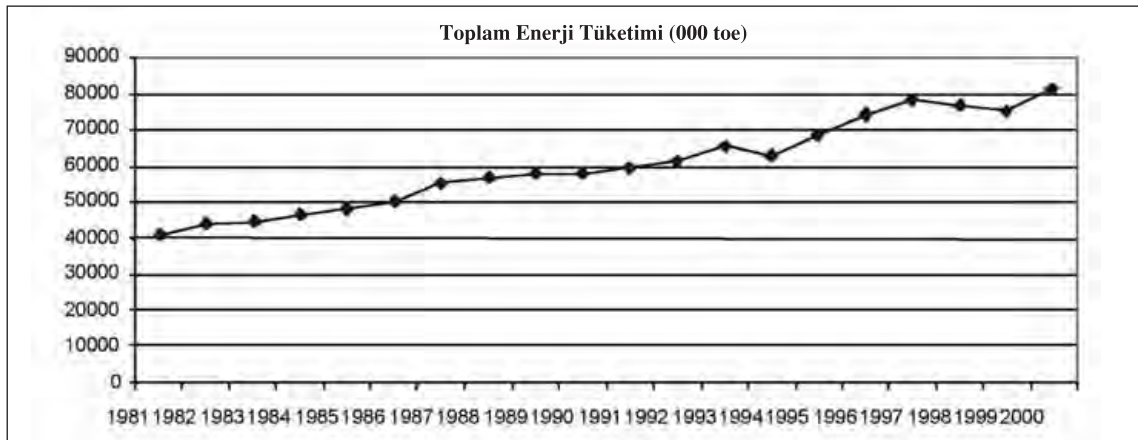
### 1. Türkiye’de Enerji Tüketimi:

Kavak (2005)’in belirttiği gibi Türkiye’nin enerji politikası, arz güvenliği ve etkin enerji kullanımıyla enerji tüketimini azaltmaktan ziyade artan enerji talebini karşılama yollarına dayanmaktadır. Şekil 2, 1981–2000 dönemi için Türkiye’de toplam enerji tüketimini göstermektedir. Buna göre toplam enerji tüketimi, 1981 yılında 40,757 Mtoe’den (milyon ton petrol eşdeğeri) 2000 yılında 81,508 Mtoe’ye yükselmiştir. Bu rakamlar enerji tüketiminin uzun dönem büyüme oranının yaklaşık %3,5 olduğunu göstermektedir. Buna karşın kişi başına enerji tüketimi 1981 yılında 894 kep (kilo petrol eşdeğeri) seviyesinden 2000 yılında 1208 kep seviyesine yükselmiştir<sup>2</sup>. Bu değerler, kişi başına enerji tüketiminin büyüme oranının %1,5 seviyesinde gerçekleştiğini ifade etmektedir.

Aynı dönem itibariyle ortalama GSYİH büyüme oranı %4,5 olarak gerçekleşmiştir. Buna göre, enerji tüketiminin GSYİH’den daha yavaş büyüdüğü yani enerji yoğunluğunun azaldığını bir başka ifade ile dönem içinde GSYİH’nın reel enerji maliyetinin azaldığı söylenebilir. Şekil 3, enerji yoğunluğunun 1981–2000 dönemindeki seyrini göstermektedir. Dönem süresince Türkiye gelişmiş ülkelere benzeyen bir seyir izlemiştir. Enerji yoğunluğu ile ilgili olarak ilginç bir nokta, Türkiye’de enerji yoğunluğundaki azalmaların temel politika değişimlerinin hemen sonrasına rastlaması ve daha sonra durağan bir seyir izlemesidir. 1980 ekonomi politikası değişiminin etkisinin ortaya çıkmaya başladığı 1982 yılında

<sup>2</sup> Bu değerler, ortalaması yaklaşık 5000 kep olan tüm IEA ülkelerinin oldukça altında bir rakamdır.

**Şekil 2 :** Türkiye’de Toplam Enerji Tüketimi: 1981–2000 Dönemi (000 Toe)

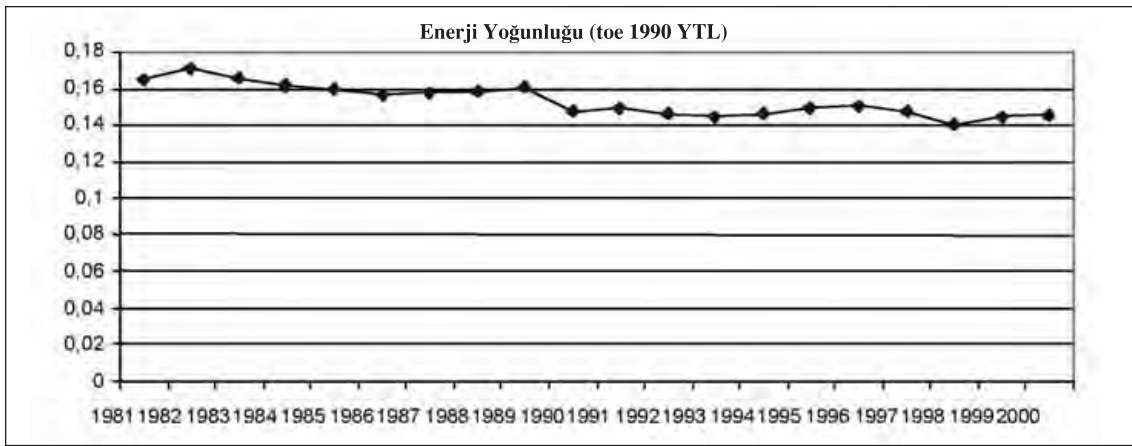


**Kaynak :** T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dengesi 2005 verilerinden hareketle hazırlanmıştır.

enerji yoğunluğu 0,170 toe olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 1983 yılında 0,165 toe ve 1984’de 0,161 toe’ye gerilemiştir. Daha sonra durağan bir seyir izleyerek 1989’da

0,160 toe olarak gerçekleşmiştir. 1989’daki politika değişimi ile 0,147 toe’ye düşmüş ve dönemin sonuna kadar durağan olarak kalmıştır.

**Şekil 3 :** Türkiye’de Enerji Yoğunluğu: 1981–2000 Dönemi (toe 1990 YTL)



**Kaynak :** T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dengesi 2005 verilerinden hareketle hazırlanmıştır.

Türkiye’deki enerji tüketiminin bir diğer özelliği, dönem içinde tüketilen enerji kaynaklarının kompozisyonundaki değişmedir. Katı yakıt, petrol ve elektriğin enerji tüketimindeki payı 1981 yılında, %47, %47 ve %6 olarak gerçekleşmiştir. 2000 yılında bu paylar sırasıyla %32, %44 ve %14 olmuştur. 2000 yılında enerji tüketiminin geri kalan %10’luk kısmı, doğalgaz kullanımından gelmektedir. Bu değerler dönem içinde payı biraz düşmekle beraber petrolün Türkiye için hala önemli bir enerji kaynağı olduğunu ifade etmektedir.

Enerji tüketimi açısından bir diğer nokta, ekonomideki alt sektörlerin enerji tüketim artışlarındaki farklılıklardır. Tablo 1, alt sektörlerde ortalama enerji tüketiminin büyüme oranını göstermektedir. Sektörler itibariyle enerji tüketiminin büyüme oranı 1981–2000 dönemi için sanayi sektöründe %5,6, taşımacılıkta %4,2, konut ve hizmetler sektöründe %2,2 ve tarımda %5,8 olarak gerçekleşmiştir. Aynı döneme iki alt 10 yıllık dönem şeklinde bakıldığında enerji tüketiminin büyüme oranı sektörler itibariyle önemli şekilde farklılaşmaktadır. 1981–1990 döneminde sa-

nayide %6,2, taşımacılıkta %5,1, konut ve hizmetler sektöründe %1,2, tarımda %7'lik bir büyüme oranı söz konusudur. Aynı oranlar 1991–2000 döneminde sırasıyla %4,5, %3,7, %2,2 ve %4,5 olarak gerçekleşmiştir. İkinci on yılda enerji tüketimi büyüme oranı önemli şekilde artan sektör, konut ve hizmetler sektörüdür. Sanayi, taşımacılık ve tarım sektörlerinde ikinci on yıl için enerji tüketim büyüme oranı azalmıştır. İki alt dönemde enerji tüketim büyüme oranı farklılıkları, GSYİH büyüme oranındaki ve alt sektörlerin büyüme oranlarındaki farklılıklar ile açıklanabilir. Buna göre GSYİH büyüme oranı, 1981–1990 döneminde %4,7 ve 1991–2000 döneminde %3,5 olmuştur. Dolayısıyla ikinci on yıldaki büyüme oranının düşük olması, aynı dönemdeki enerji tüketimi büyüme oranının da düşük olmasını beraberinde getirmiştir.

Diğer taraftan sektörlerin enerji tüketim paylarındaki değişmeye baktığımızda, top-

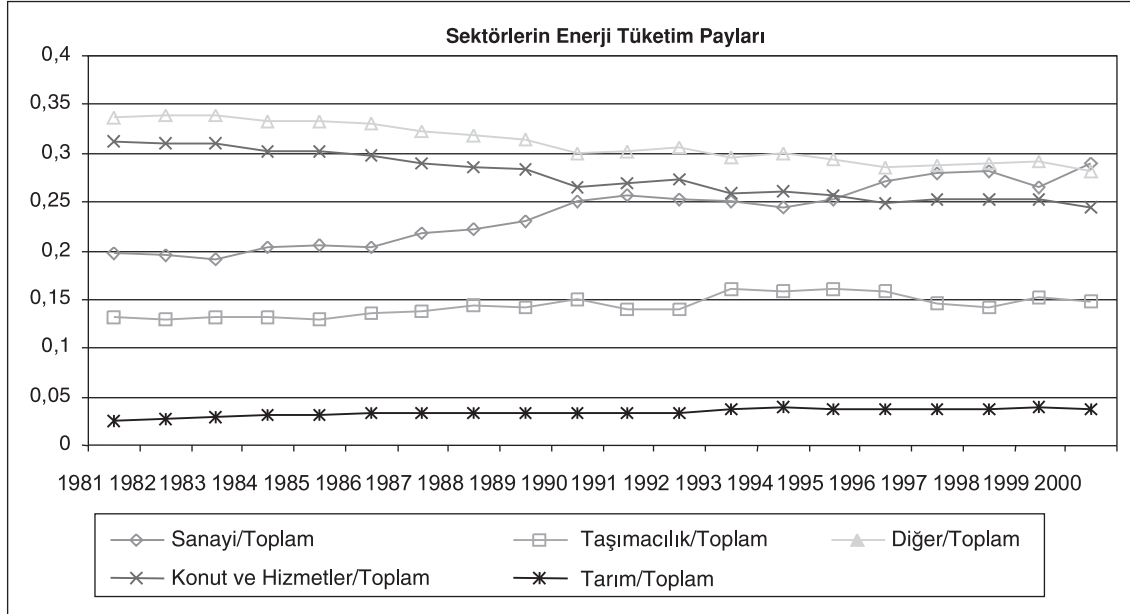
**Tablo 1 : Alt Sektörlerin Enerji Tüketiminin Büyüme Oranı (%)**

	1981-2000	1981-1990	1991-2000
<b>Sanayi</b>	5,6	6,2	4,5
<b>Taşımacılık</b>	4,2	5,1	3,7
<b>Konut ve Hizmetler</b>	2,2	1,2	2,2
<b>Tarım</b>	5,8	7,0	4,5
<b>Diğer</b>	2,6	2,3	2,8

**Kaynak :** T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dengesi 2005

lam enerji tüketimindeki payı önemli şekilde artan tek sektör sanayidir. Bunu nispeten daha az bir artış oranı ile taşımacılık sektörü ve tarım sektörü izlemektedir. Şekil 4'te görüldüğü gibi sanayi kesiminin toplam enerji tüketimindeki payı 1981 yılında %19'dan 2000 yılında %29'a yükselmiştir. Konut ve hizmetler ile diğer sektörünün enerji tüketim payları ise dönem içinde azalma göstermiştir. Konut ve hizmetler sektörünün enerji tüketim payı dönem içinde sürekli azalarak %25'in altına inmiştir.

Sanayinin alt sektörlerinde meydana gelen gelişmeleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın sektörel ayrımı ile değerlendirebiliriz. Bakanlık, enerji dengesi tablosunda sanayi sektörünü yedi alt bölüme ayırmıştır. i) demir-çelik ii) kimya, iii) gübre, iv) çimento, v) şeker, vi) demir dışı metaller, vii) diğer sanayi. Bu alt sektörlerin toplam enerji tüketiminde ve katma değer içindeki payları birbirinden farklılık taşımaktadır. 2000 yılında toplam katma değer %31'i kimya sektörü tarafından yaratılmıştır. Buna karşın kimya sektörünün toplam sanayi içinde tüketilen enerjiden almış olduğu pay ise, %13,3'dür. Demir-çelik ve çimento sektörünün katma değer içindeki payları sırasıyla %4,6 ve %2,8 olarak gerçekleşmiştir. Bu iki sektörün sanayide tüketilen enerjiden almış oldukları pay ise, %14,3 ile %11 olarak gerçekleşmiştir. Alt sektörlerin enerji tüketimi ile katma değerleri arasındaki farklılığı büyüme oranları aracılığıyla da gözleyebilmemiz mümkün-

**Şekil 4 :** Ekonomide Alt Sektörlerin Enerji Tüketim Payları: 1981–2000 Dönemi

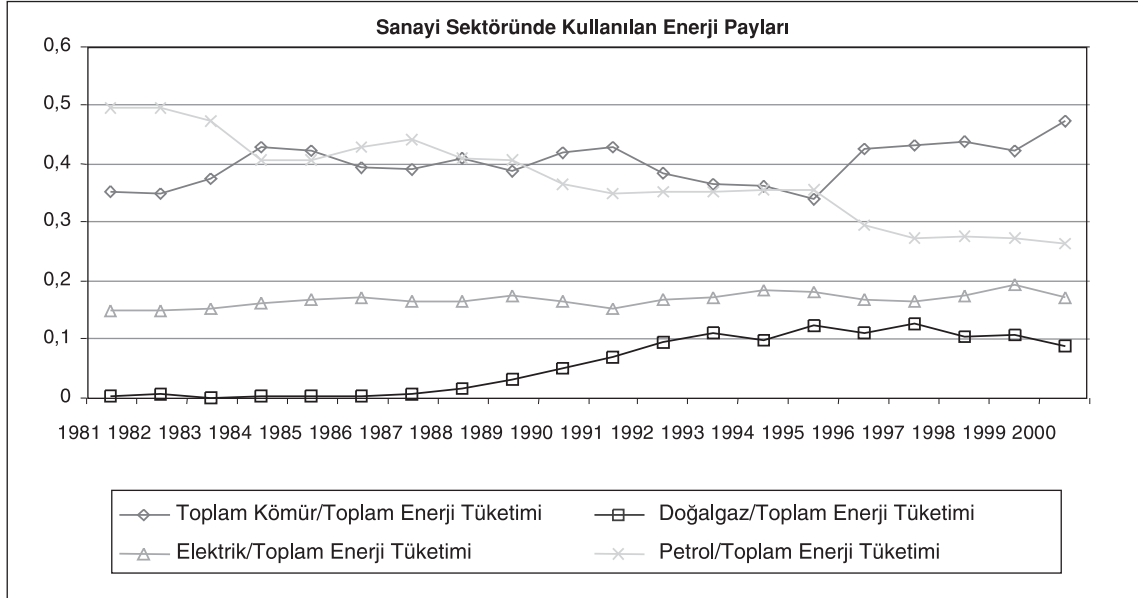
**Kaynak :** T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dengesi 2005 verilerinden hareketle hazırlanmıştır.

dür. Yaratmış oldukları katma değerlerin dönem içinde ortalama yıllık büyüme oranı, kimya sektöründe %7,6, demir-çelik sektöründe %5,7, gübre sektöründe %2,4, çimento sektöründe %3,8, şeker sanayinde %1,08, demir dışı metallerde %5,9 ve diğer sanayide %8 olmuştur. Buna karşın alt sektörlerin enerji yoğunluklarının yıllık büyüme oranına bakıldığında, şeker alt sanayi hariç (%1,2) diğer alt sektörlerde enerji yoğunluğunun azaldığını söyleyebiliriz. Enerji yoğunluğunun 20 yıllık dönemde büyüme oranı kimya sektöründe %1,5, demir-çelik sektöründe %1,6, gübre sanayinde %4,9, çimento sektöründe %2, demir dışı metallerde %2,6 olmuştur.

Sanayi sektörü ile ilgili bir diğer nokta, sektörde kullanılan enerji kaynaklarındaki gelişmedir. Dönem içinde sanayi sektöründe kullanılan enerji kaynaklarının payları Şekil 5’te verilmiştir. Dönem sürecinde elektrik tüketiminin payı, 1981 yılında %15 ve 2000 yılında %16 olarak gerçekleşmiştir. Diğer taraftan petrol ile doğalgazın kullanım paylarında önemli değişme meydana gelmiştir. Doğalgazın payındaki değişme, ithalatının başladığı 1987 yılına rastlamaktadır. Söz konusu enerji kaynağının payındaki artış 1994 yılına kadar devam etmiş, dönemin geri kalan kısmında durağan bir seyir izlemiştir. Petrolün payı ise dönem içinde sürekli azalarak 1981 yılında



**Şekil 5 : Sanayi Sektöründe Kullanılan Enerji Kaynaklarının Payı: 1981–2000 Dönemi**



**Kaynak :** T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dengesi 2005 verilerinden hareketle hazırlanmıştır.

%50'den 2000 yılında %26'ya gerilemiştir. Petrolün payındaki bu azalma doğalgaz ve kömür kullanımının artışı ile karşılanmıştır. Kömürün payı dönem içinde %35'ten %47'ye yükselmiştir. Kömür kullanımındaki artışı taş kömürü ithalatına izin veren ithalat rejimindeki değişme ile açıklamak mümkündür (DPT, 2001).

Sanayi kesiminde enerji tüketimi ile ilgili bir başka nokta ise, enerji yoğunluğunun dönem içindeki değişimidir. Şekil 6, 1981–2000 döneminde sanayi sektöründeki enerji yoğunluğunu göstermektedir<sup>3</sup>. Buna göre enerji yoğunluğunun dönem içinde azaldığı söylenebilir. Bu azalma özellikle demir-çelik, gübre, kimya, çimento ve de-

mir dışı metaller sektörlerinin enerji yoğunluklarında meydana gelen azalmadan kaynaklanmıştır. Demir-çelik, kimya, gübre, çimento ve demir dışı metaller sektöründe 1981 yılındaki enerji yoğunluğu değerleri sırasıyla, 0,00899 koe (kilo petrol eşdeğeri), 0,00119 koe, 0,0066 koe, 0,0124 koe ve 0,00775 koe'dir. 2000 yılında bu değerler sırasıyla 0,00655 koe, 0,00088 koe, 0,00242 koe, 0,0082 koe ve 0,00457 koe olmuştur. Buna karşın şeker alt sektöründe enerji yoğunluğu aynı dönem itibariyle 0,00216 koe'den 0,00274 koe'ye yükselir-

<sup>3</sup> "Enerji girdisi/sanayi üretimi" biçiminde ifade edilen enerji yoğunluğunun ölçümündeki problemler için bkz: Freeman, Niefer and Roop (1991), Bernard, Cote (2005)

ken diğer sanayi sektöründe 0,00167 ke’den 0,00202 ke’ye yükselmiştir.

## 2. Yöntem:

Enerji tüketiminin ayrıştırılmasıyla ilgili çalışmaların çoğunluğu, enerji tüketimindeki değişimin çeşitli kaynaklarını ayrıştırmak için farklı ekonomik endeksler kullanır<sup>4</sup>. Yapılacak olan analizin seçimi, ayrıştırma amacıyla kullanılan verilerin toplulaştırma derecesine bağlıdır. Bu çalışma, Türkiye’de sanayi sektörünün enerji tüketiminde 1981–2000 döneminde ortaya çıkan değişimin kaynaklarını ortaya koymak için ayrıştırma analizini kullanmaktadır. Analiz döneminin başlangıcı olarak 1981 yılının alınmasının iki nedeni vardır: Bunlardan ilki 1980’li yılların başlarının 1970’li yıllardaki petrol şokları sonrası dönemi tanımlaması, ikinci ise Türkiye’nin 1980 yılında ekonomik kalkınma stratejisi-

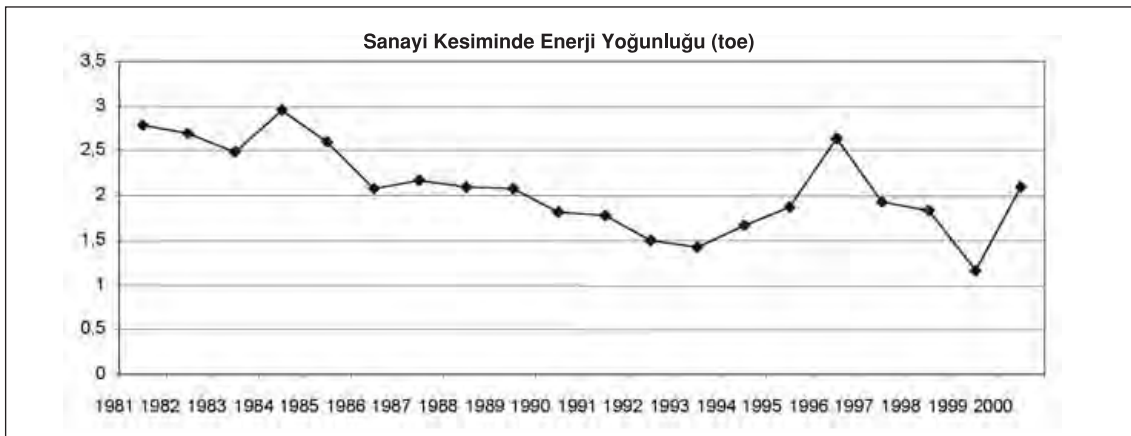
ni ve buna bağlı olarak da ekonomik yapısını değiştirmeye başladığı yıl olmasıdır. Dönem sonu, verinin bulunabilirliğince belirlenmiştir. Analizde yer alan alt sektörler itibariyle katma değer verisinin mevcut olduğu son yıl 2000 yılıdır.

Ayrıştırma yöntemlerinin<sup>5</sup> ortak bir problemi, artık terimdir. Artık terim, enerji tüketiminde gözlemlenen değişimin açıklanmayan bir kısmının var olduğunu ifade etmektedir. Literatürde artık terimin varlığına karşı farklı ampirik yaklaşımlar geliştirilmiştir. Ayrıştırma analizi bağlamında yapılan ampirik çalışmaların bir kısmı artık terimini ihmal etmiştir [Hankinson & Rlays (1983), Reitler,

<sup>4</sup> Endeks ayrıştırma analizleri için bkz. Ang & Zhang (2000)

<sup>5</sup> Ayrıştırma yöntemlerinin karşılaştırılmasıyla ilgili olarak bkz: L.A. Greening, W.B.Davis, L.Shipper and M.Khrusch (1997).

**Şekil 6 :** Türkiye’de Sanayi Kesiminde Enerji Yoğunluğu: 1981–2000 Dönemi (Toe)



**Kaynak :** T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Dengesi 2005 verilerinden hareketle hazırlanmıştır.

Rudolf ve Schaefer (1987), Boyd, Hanson ve Sterner (1988), Doblin & Claire (1988), Howarth (1991), Howarth & Schipper (1992)]. Bazı çalışmalarda ise, artık terim karşılıklı tesir etmeni olarak adlandırılmıştır. Sun (1996), alternatif olarak, artık değerın ayrıştırılmasında “birlikte yaratılmış eşit dağıtılmış” prensibinden yola çıkmaktadır. Bizim çalışmamızda, Zhang (2003)’deki artık vermeyen ayrıştırma yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan ayrıştırma yönteminde  $E_0$  ve  $E_t$ , sanayi sektöründe 0 ve t yıllarında toplam enerji tüketimini göstermektedir. Buna göre sanayide enerji tüketimindeki değişme ( $\Delta E_{tot} = E_t - E_0$ ), aşağıdaki gibi ayrıştırılabilir:

$$\Delta E_{tot} = \Delta E_{out} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} \quad (2.1)$$

Eşitliğin sağ tarafındaki üç ifade sırasıyla enerji tüketimindeki değişmenin, toplam üretimdeki, toplam üretimin kompozisyonundaki ve alt sektördeki enerji yoğunluklarında meydana gelen değişmelerden kaynaklandığını göstermektedir. Dolayısıyla ilk terim ( $\Delta E_{out}$ ) **üretim etkisi**, ikincisi ( $\Delta E_{str}$ ) **yapısal etki** ve üçüncüsü **yoğunluk etkisi** ( $\Delta E_{int}$ ) olarak adlandırılmaktadır. Önerilen yöntem aracılığıyla bu üç etki aşağıdaki hesaplanmaktadır:

$$\Delta E_{out} = (Q_t - Q_0) \sum_i I_{i,0} \quad (2.2)$$

$$\Delta E_{str} = Q_t \sum_i (I_{i,t} - I_{i,0}) \quad (2.3)$$

$$\Delta E_{int} = Q_t \sum_i (I_{i,t} - I_{i,0}) \quad (2.4)$$

Burada  $Q_t$  ve  $Q_0$ , 0 ve t yıllarında sanayi sektöründeki toplam üretimi,  $i_{i,0}$  ve  $i_{i,t}$ , j. sanayi alt sektörünün 0 ve t yıllarında toplam üretim içindeki payını ve  $I_{i,t}$  ve  $I_{i,0}$  sanayideki her alt sektörün 0 ve t yıllarındaki enerji yoğunluğunu ifade eder.

Önerilen yöntemin artık değer üretmediği 3.2, 3.3 ve 3.4 numaralı 3.1’de yerine konularak gösterilebilir:

$$\begin{aligned} & \Delta E_{out} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int} \\ &= (Q_t - Q_0) \sum_i I_{i,0} + Q_t \sum_i (I_{i,t} - I_{i,0}) + Q_t \sum_i (I_{i,t} - I_{i,0}) \\ &= Q_t \sum_i I_{i,0} - Q_0 \sum_i I_{i,0} + Q_t \sum_i I_{i,t} - Q_t \sum_i I_{i,0} \\ &= Q_t \sum_i I_{i,t} - Q_0 \sum_i I_{i,0} = -E_0 + E_t \Delta E_{tot} \end{aligned} \quad (2.5)$$

3.5 numaralı denklem, önerilen yöntemin artık değer üretmediğini, enerji tüketiminde incelenen dönemde ortaya çıkan değişimin kaynaklarını üretimdeki, sektörel yapıdaki ve sektörün enerji yoğunluğundaki değişme olarak ayrıştırdığını ortaya koymaktadır.

### 3. Veriler:

Çalışmanın ampirik kısmında zaman dönemi, 1981–2000 yıllarını kapsamaktadır. Sanayi sektörü 7 alt bölüme ayrılmıştır: a) sanayi, b) kimya, c) gübre, d) çimento, e) şeker, f) demir dışı metaller ve g) diğer. Çıktı her bir sektöre ait 1994 bazlı reel katma değerler olarak alınmıştır. Alt sektörlerin katma değer verileri TURKSTAT

(2005)’dan elde edilmiştir. Enerji tüketim değerleri olarak her alt sektörde kullanılan petrol eşdeğeri enerji kullanılmıştır. Enerji tüketim verileri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2005) enerji dengesinden alınmıştır.

#### 4. Enerji Tüketiminin Ayrıştırılması:

Ayrıştırma analizi öncelikle tüm dönemi (1981–2000) ve daha sonra dört ayrı alt dönem (1981–1985, 1986–1990, 1991–1995, 1996–2000) için yapılmıştır. Böyle bir alt dönem ayırımına gitmenin nedeni, Türkiye’deki politika değişikliklerinin ve uluslararası piyasalardaki dönüşümün etkisini yakalayabilmektir.

Aşağıdaki Tablo 2’de ayrıştırma sonuçları hem mutlak değerler hem de oran olarak verilmiştir. 1980 yılında uygulamaya konan yapısal uyum programının ilk etkilerinden biri, üretimdeki artışa paralel olarak enerji tüketimindeki artıştır. 1981–1985 döneminde çıktı artışından kaynaklanan enerji tüketimindeki artış, 2603 Ttoe olarak ger-

çekleşmiştir. Bu değer, 1981 yılına göre enerji tüketiminin üretim artışından dolayı %32,5’lik bir artışına işaret etmektedir. Yine aynı alt dönemde sanayi yapısındaki değişim, 643 Ttoe kadar enerji tüketiminde bir tasarruf sağlamıştır. Yoğunluk etkisinden dolayı ortaya çıkan tasarruf ise, %2,1’lik oran ile 168 Ttoe’dir. Nihai olarak söz konusu dönemde toplam enerji tüketimindeki artış, %22,4 oranında gerçekleşerek enerji tüketim miktarını sanayi kesiminde 1792 Ttoe kadar artırarak 9779 Ttoe seviyesine ulaştırmıştır. Yapısal ve yoğunluk etkisinin yaratmış olduğu tasarruf büyüklüğü, 1980 ihracata yönelik istikrar programı sonucu ortaya çıkan üretim artışının yaratmış olduğu enerji tüketim artışından daha az olmuştur. Sonuç olarak, etkin üretim teknolojilerinin 1981–1985 döneminde ihmal edildiği söylenebilir.

1986–1990 döneminde toplam enerji tüketimi, 4396 Ttoe yükselmiştir. Sanayi sektöründe üretim artış sonucu enerji tüketiminde meydana gelen artış, 6369 Ttoe ka-

**Tablo 2 :** Sanayi Kesiminde Enerji Tüketiminin Ayrıştırılması

	Çıktı Etkisi	Yapısal Etki	Yoğunluk etkisi	Enerji tüketiminde toplam gerçek değişim
<b>1981-1985</b>	+2603 (%32,5)	-643 (%8)	-168 (%2,1)	+1792 (%22,4)
<b>1986-1990</b>	+6369 (%62,7)	-640 (%6,3)	-1333 (%13,1)	+4396 (%43,3)
<b>1991-1995</b>	-717 (%4,7)	+239 (%1,5)	+2669 (%17,5)	+2191 (%14,4)
<b>1996-2000</b>	+9625 (%48)	-373 (%1,8)	-5667 (%28,3)	+3585 (%17,9)
<b>1981-2000</b>	+23539 (%294)	-5607 (%70)	-2233 (%28)	+15649 (%196)

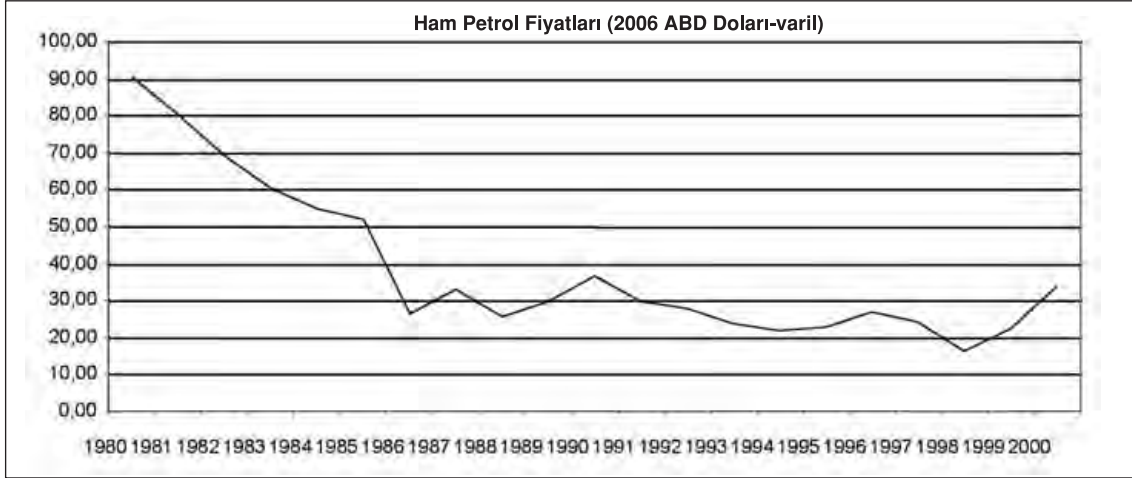
**Kaynak :** Yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

dar olmuştur. Bu 1986 yılına göre %62,7'lik bir tüketim artışını göstermektedir. Yapısal değişim ve yoğunluk etkileri sonucu enerji tüketiminde sırasıyla 640 Ttoe (ya da %6,3) ve 1333 Ttoe (ya da %13,1) kadar bir enerji tasarrufu sağlanmıştır. İlk iki dönemi karşılaştırdığımızda, yapısal değişimin etkilerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bununla beraber yoğunluk etkisinin büyüklüğü, hem mutlak hem de oransal olarak ikinci dönemde daha büyük olmuştur. Bu gelişmenin arkasındaki neden, ikinci alt dönemde sanayi sektöründe kapasite kullanımındaki artıştır. Gardner & Elkhafif (1998)'e göre, enerji fiyatlarındaki şok gelişmeler sanayi sektöründe toplam enerji tüketiminin değişimini etkileyen faktörleri değiştirmektedir. Buna ilave olarak iktisadi büyüme, kapasite kullanımını ve teknoloji gelişimi için AR-GE yatırımlarını artırmasıyla enerji yoğunluğunun azalmasına yardımcı olmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, kapasite kullanımındaki artış, yoğunluk etkisini artıran bir faktör olarak karşımıza çıkar.

1991–1995 dönemi diğer alt dönemlerden farklı sonuçlar vermektedir. Bu dönemde enerji tüketimindeki artış, yapısal etki ile yoğunluk etkisinden kaynaklanmaktadır. 1994 krizini içinde bulunduran bu dönemde çıktı etkisinden dolayı enerji tüketimi 717 Ttoe (1991 yılına göre %4,7'lik bir azalma) kadar azalmıştır. Diğer taraftan, yapısal değişim ve yoğunluk etkileri enerji tüketimini, 239 Ttoe (%1,5'lik bir artış) ve 2669

Ttoe (%17,5'lik bir artış) kadar artırmıştır. 1991–1995 döneminde nihai olarak sanayi kesiminde toplam enerji tüketimi %14,4'lük bir artış ile 17372 Ttoe değerine ulaşmıştır. Bu alt dönemdeki gelişmeleri iki açıdan değerlendirmemiz mümkündür. İlki, bu dönemde enerji fiyatlarının düşük ve istikrarlı bir seyir izlemesi, her iki etkiyi de pozitif hale getirmiştir. Şekil 7'de 2006 ABD Doları cinsinden varil petrol fiyatları verilmektedir. 1991 yılında varil petrol fiyatı \$ 29,71 iken 1995'de \$ 26,77 olmuştur. Bu alt dönem sonuçları, negatif eğilimli petrol fiyat hareketlerinin pozitif yoğunluk etkisine yol açtığını desteklemektedir. İlave olarak, düşük ve istikrarlı petrol fiyatları, enerji yoğunluğu yüksek olan sektörlerde üretim artışını, enerji yoğunluğu düşük olan alt sektörlerle göre daha fazla uyarmıştır. Bu alt sektörle ilgili olarak diğer bir önemli nokta, 1994 yılında yaşanan iktisadi krizdir. Kriz, negatif çıktı etkisinin nedeni olarak görülebilir.

Son alt dönem 1996–2000 yıllarını kapsar. Bu dönemde yaşanan, bir önceki dönemin tersi bir gelişmedir. Bu dönemde petrol fiyatları yukarı doğru dalgalanma göstermeye başlamıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak, enerji tüketimi içinde petrolün payının azalması ve kömürün payındaki artıştır. Sonuç olarak, yoğunluk etkisi negatif hale gelmekte ve 5667 Ttoe kadar bir enerji tasarrufunun sağlanmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan çıktı etkisi pozitif olup enerji tüketimini 1996 yılına göre %48'lik bir

**Şekil 7 :** Varil Başına Dünya Ham Petrol Fiyatları: 1981–2000 (2006 ABD Doları-Varil)

Kaynak : BP Statistical Review of World Energy, June 2007

artış ile 9625 Ttoe kadar artırmıştır. Söz konusu dönemde meydana gelen net enerji tüketim artışı %17,9 oranında ve 3585 Ttoe olarak gerçekleşmiştir.

20 yıllık dönem ele alındığında (1981–2000) sanayi sektörünün üretim yapısı ve enerji yoğunluğu değişmemiş olsaydı, kümülatif enerji tüketimi 23539 Ttoe kadar artacaktı. Bu rakam, dönemin bütünü itibariyle %294 oranında bir enerji tüketim artışını ifade etmektedir. Bu dönem içinde gerek üretim yapısının değişimi gerekse yoğunluk etkisi sonucu enerji tüketiminde yaklaşık %98 seviyesinde (7840 Ttoe) bir tasarruf elde edilmiştir. Yapılan bu tasarrufun ana kaynağının yapısal etkinin sonucu şekillendiği söylenebilir. Bir başka ifade ile sanayi sektöründe söz konusu 20 yıllık dönem içinde meydana gelen yapısal değişim

sonucu, 5607 Ttoe kadar bir enerji tasarrufu sağlanmıştır. Diğer taraftan, yine dönemin bütünü itibariyle yoğunluk etkisinin %28 oranında bir enerji tasarrufu sağladığı söylenebilir. Dönemin tümü itibariyle baktığında sanayi kesiminde enerji tüketimi %196’lık bir artış ile 2000 yılında 23636 Ttoe rakamına ulaşmıştır.

### 5. Sonuç:


Ekonomi politikasındaki değişim ve ekonominin yapısal değişiminin sonuçları, 1981–2000 döneminde makro ekonomik faaliyetlerde önemli istikrarsızlıklara öncülük etmiştir. Bu gelişmeler doğal olarak enerji tüketiminde de önemli gelişmelere yol açmıştır. Ayrıştırma analizi kullanılarak enerji tüketimindeki değişimin kaynakları, 1981 ile 2000 arasındaki dönemde, çıktı etkisi, yapısal etki ve yoğunluk etkisi biçimi

minde ayrıştırılmıştır.

Dönemin bütünü incelendiğinde ele alınan veriler itibariyle enerji yoğunluğunun azaldığı gözlenebilir. 1981 yılında sanayi kesiminde 7987 bin Toe kadar nihai enerji kullanılarak 2.857.329 milyon TL reel katma değer yaratılmıştır. 2000 yılında ise, 23636 bin Toe nihai enerji ile 11.278.415,91 milyon TL'lik reel katma değer yaratılmıştır. Buna göre 1981 yılında sanayi kesiminde 1 TL'lik reel katma değer yaratmak için Türkiye, 0,00279 koe enerji tüketirken 2000 yılında 0,00209 koe enerji tüketmiştir.

Enerji yoğunluğunun azalma eğiliminde 1989 yılında önemli bir kırılma meydana gelmiştir. 1990 öncesi ve sonrası on yıl farklı fakat tutarlı bir özelliğe sahiptir. Fakat dönemin bütünü incelendiğinde sanayi sektöründe enerji yoğunluğu dalgalanan fakat azalan bir eğilim izlemiştir. Bu gelişmenin altındaki temel neden, sanayi sektöründeki yapısal değişimdir. Bir başka ifade ile dönem içinde sanayi sektörünün alt sektörleri itibariyle enerji kullanımı düşük olan sektörlerin, enerji kullanımı yoğun olan sektörlerle göre daha hızlı bir büyüme gös-

termesi sonucu enerji tüketiminde daha düşük bir büyüme oranı gerçekleşmiştir. Sanayi kesiminde enerji tasarrufunun %71,5'lik kısmı, sanayi çıktısının bileşiminin değişimi ile sağlanırken geri kalan %28,5'lik kısmı, yoğunluk etkisinden kaynaklanmıştır. Tersine bir sonuç Zhang'ın 2003 yılında Çin için yapmış olduğu çalışmada elde edilmiştir. 1990–1997 yılları arasında sanayi kesiminde toplam üretimdeki değişmeden dolayı 2143,03 Mtce (milyon ton kömür eşdeğeri) kadar enerji tüketimi artmıştır. Çin'in sanayi sektöründe elde edilen enerji tasarrufunun %87,8 kısmı (948,29 Mtce) enerji yoğunluğundaki değişmeden geri kalan 132,16 Mtce kısmı ise, üretim yapısının değişiminden kaynaklanmıştır.

Türkiye'de elde edilen bu sonuç önemli bir politikayı içermektedir. Buna göre Türkiye'de sanayi kesimindeki yapısal değişim bir dereceye kadar enerji tasarrufu sağlamaktadır. Buna ilave olarak yoğunluk etkisi ile enerji tasarrufu mümkün olabilmektedir. Dolayısıyla, sanayi sektöründeki politikalar enerji tasarrufu sağlayan teknolojileri teşvik etmeye odaklanmalıdır. 

## KAYNAKÇA

- Altınay, G. ve E. Karagöl (2004), “Structural Break, Unit Root, and The Causality Between Energy Consumption and GDP in Turkey”, *Energy Economics*, (26): 985–994.
- Alcantara, V. ve J. A. Duro (2004), “Inequality of Energy Intensities across OECD Countries: A Note”, *Energy Policy* (32): 1257-1260.
- Ang, B. W. ve F. Q. Zhang (2000), “A Survey of Index Decomposition Analysis in Energy and Environmental Studies”, *Energy* (25): 1149-1176.
- Bernard, Jean-Thomas ve B.Cote (2005), “The Measurement of the Energy Intensity of Manufacturing Industries: a principal components analysis”, *Energy Policy* (33):221–233.
- Boyd, G. A., D. A. Hanson ve T. Sterner (1988), “Decomposition of Changes in Energy Intensity: A Comparison of the Divisia Index and Other Methods”, *Energy Economics* (10): 309-312.
- British Petroleum (2005), *Statistical Review of World Energy*, June.
- C.C. Lee (2006), “The Causality Relationship Between Energy Consumption and GDP in G–11 Countries Revisited”, *Energy Policy* (34), Issue:9: 1086–1093.
- Dasgupta, P. S. ve G. M. Heal (1979), *Economic Theory and Exhaustible Resources*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Doblin, C. P. ve P. Claire (1988), “Declining Energy Intensity in U.S. Manufacturing Sector”, *Energy Journal* (9):109-135.
- DPT (2001), *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu*, DPT: 2605-ÖİK: 616, Ankara.
- Freeman, S.L. ve M.J. Niefer ve J.M. Roop (1997), “Measuring Industrial Energy Intensity: Practical Issues and Problems”, *Energy Policy* (25): 703-714.
- Gardner, D.T. ve M.A.T. Elkhafif (1998), “Understanding Industrial Energy Use: Structural and Energy Intensity Changes in Ontario Industry”, *Energy Economics* (20): 29-41.
- Greening, L. A.; W. B. Davis; L. Schipper ve M. Khrusch (1997), “Comparison of Six Decomposition Methods: Application to Aggregate Energy Intensity for Manufacturing in 10 OECD Countries”, *Energy Economics* (19): 375-390.
- Hankinson, G. A. ve J. M. N. Rhys



(1983), “Electricity Consumption, Electricity and Industrial Structure”, *Energy Economics* (5): 146-152.

Hannesson, R (2002), “Energy Use and GDP Growth, 1950-1997”, *OPEC Review*, Sept., 215-233.

Howarth, R. B (1991), “Energy Use in U.S. Manufacturing: The Impacts of the Energy Shock on Sectoral Output, Industry Structure, and Energy Intensity”, *The Journal of Energy Development* (14): 175-191.

Howarth, R. B. ve L. Schipper (1992), “Manufacturing Energy Use in Eight OECD Countries: Trends through 1988”, *Energy Journal* (12): 15-40.

International Energy Agency (2001), *Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2001 Review*, OECD/IEA.

Kavak, K. (2005), *Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, DPT, Yayın No: 2689, Ankara.

Lee, C.C. (2006), “The Causality Relationship Between Energy Consumption and GDP in G-11 Countries Revisited”, *Energy Policy* (34): 1086-1093.

Miketa, A. (2001), “Analysis of Energy Intensity Developments in Manufacturing Sectors in Industrialized and Developing Countries”, *Energy Policy* (29): 769-775.

Reitler, W.; M. Rudolph ve M. Schaefer

(1987), “Analysis of Factors Influencing Energy Consumption in Industry: A Revised Method”, *Energy Economics* (9): 145-148.

Rodrik, D. (1990), *Premature Liberalization, Incomplete Stabilization: The Ozal Decade in Turkey*, Center for Economic Policy Research Working Paper, 402.

Soytaş, U. ve R. Sarı (2003), “Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets”, *Energy Economics* (25): 33-37.

Sun, J. W. (1996), “Quantitative Analysis of Energy Consumption, Efficiency and Savings in the World, 1973-1990”, *Turku School of Economics Press Series A-4:1996*.

Sun, J. W. (1998), “Changes in Energy Consumption and Energy Intensity: A Complete Decomposition Model”, *Energy Economics* (20): 85-100.

Sun, J. W. (2002), “The Decrease in the Difference of Energy Intensities between OECD Countries from 1971 to 1998”, *Energy Policy* (30): 631-635.

Sun, J. W. (2003), “Dematerialization in Finnish Energy Use: 1972-1996”, *Energy Economics* (25) 23-32.

TÜİK (1999), *İmalat Sanayinde Enerji Tüketimi*, Enerji İstatistik Departmanı, Ankara.

TÜİK (1996), (2002), (2004), (2005), İstatistik Yıllığı, SIS, Ankara.

Williams, R. H.; E. D. Larson ve M. H. Ross (1987), “Materials, Affluence, and Industrial Energy Use”, *Annual Review of Energy and the Environment* (12): 99-144.

World Bank (2004), *World Development*

*Indicators*, W.B, Washington, D.C.

Zhang, Z. X. (2003), “Why Did the Energy Intensity Fall in China’s Industrial Sector in 1990s? The Relative Importance of Structural Change and Intensity Change”, *East-West Center Working Papers, Environmental Change, Vulnerability, and Governance Series*, 55.