

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSAT BİLİM DALI

**ENERJİ ETKİNLİĞİ VE TÜRKİYE'DE KONUT
ELEKTRİĞİ TÜKETİMİNİN GERİ TEPME (REBOUND
EFFECT) ETKİSİ**

Nurgün TOPALLI

DOKTORA TEZİ

Danışman

Prof. Dr. Abdülkadir BULUŞ

KONYA- 2012



**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü**



BİLİMSEL ETİK SAYFASI

	Adı Soyadı	Nurgün TOPALLI	
Öğrencinin	Numarası	064126001004	
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İktisat/ İktisat	
	Programı	Tezli Yüksek Lisans <input type="checkbox"/>	Doktora <input checked="" type="checkbox"/>
	Tezin Adı	Enerji Etkinliği ve Türkiye’de Konut Elektrik Tüketiminin Geri Tepme (Rebound Effect) Etkisi	

Bu tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm.

Öğrencinin imzası
(İmza)



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



DOKTORA TEZİ KABUL FORMU

Nurgün TOPALLI... tarafından hazırlanan Enerji Etkililiği ve Türkiye'de Kavut başlıklı Enerji Etkililiğinin Geri Tepme (Rebound) Etkisi ile başarılı bulunarak, jürimiz tarafından doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Başkan
Prof. Dr. Abdülkadir BİLİCİ	
Ünvanı, Adı Soyadı	Üye
Yrd. Doç. Dr. Mustafa KURBAN	
Ünvanı, Adı Soyadı	Üye
Doç. Dr. Zeynep KARALIOĞLU	
Ünvanı, Adı Soyadı	Üye
Yrd. Doç. Dr. Zekiye MIZIRAK	
Ünvanı, Adı Soyadı	Üye
Yrd. Doç. Dr. Savaş ERDOĞAN	

İmza

İmza

İmza

İmza

İmza



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Müdürlüğü



Öğrencinin	Adı Soyadı	Nurgün TOPALLI	Numarası 064126001004
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İktisat/İktisat	
	Danışmanı	Prof. Dr. Abdülkadir BULUŞ	
Tezin Adı		Enerji Etkinliği ve Türkiye’de Konut Elektrik Tüketiminin Geri Tepme (Rebound Effect) Etkisi	

ÖZET

Enerji ekonominin ve sosyal yaşamın en önemli girdilerinden biridir. Dünyada, nüfusun, ekonomik büyümenin, kentleşmenin ve teknolojik gelişmelerin artması ülkelerin enerji ihtiyacını yükseltmektedir. Petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların sınırlı olması ve yükselen enerji fiyatları ülkeleri alternatif enerji kaynakları bulmaya yöneltmiştir. Son dönemlerde ülkelerin enerji tüketimi konusunda uyguladığı alternatif yöntemlerden biri de enerji verimliliğidir. Ülkeler enerji verimliliği uygulamaları ile enerji tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır. Bununla birlikte enerji etkinliği gelişmelerinin enerji tüketiminde beklenildiği kadar azalmaya neden olup olmayacağı tartışılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi) ile ilgili teorik ve ampirik literatürü sistemli olarak incelemek ve Türkiye’de enerji verimliliği gelişmelerinin enerji tüketimi üzerindeki etkisini ampirik olarak test etmektir. Çalışmada Türkiye’nin 1964-2009 dönemi yıllık zaman serisi verileri ARDL (otoregresif dağıtılmış gecikme) modeli kullanılarak test edilmiştir. Ayrıca tahmin edilen modelin katsayılarının istikrarlılığı CUSUM ve CUSUMQ istikrarlılık testleri ile incelenmiştir.

Ampirik analiz sonucu, literatüre uygun olarak elektrik fiyatlarının elektrik tüketimini azalttığı, gelir ve kentleşmenin elektrik tüketimini artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca elektrik fiyat esnekliğinin inelastik, gelir esnekliğinin elastik olduğu bulunmuştur. Konu ile ilgili yapılan birçok çalışmada geri tepme etkisinin miktarı hakkında farklı ülkelerden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Türkiye’de ise, enerji etkinliği gelişmelerinin sonucu olan enerji tasarruflarının fiyat esnekliği kaynaklı tüketici davranışlarından çok fazla etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Verimliliği, Enerji Verimliliği Politikaları, Tüketici Davranışı, Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi), Elektrik Talebi, Zaman Serisi Analizi, ARDL.



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



Öğrencinin	Adı Soyadı	Nurgün TOPALLI	Numarası 064126001004
	Ana Bilim / Bilim Dalı	İktisat/İktisat	
	Danışmanı	Prof. Dr. Abdülkadir BULUŞ	
Tezin İngilizce Adı		Energy Efficiency and Rebound Effect Of Residential Electricity Consumption in Turkey	

SUMMARY

Energy is one of the most important fundamental inputs of the economy and social life. Globally; increasing population, economic growth, urbanization, and technological developments have been increasing energy needs of countries. However, the fact that the fossil fuels such as oil, coal and natural gas is limited and rising energy prices led countries to find alternative sources of energy. Recently, one of the alternative methods developed by countries is energy efficiency. Countries aim to reduce energy consumption by developing energy efficiency applications. However, the energy efficiency applications cause decrease in energy consumption as expected is still being discussed.

The aim of this study is examine the theoretical and empirical literature of rebound effect systematically and to test empirically the impact of energy efficiency developments in Turkey on energy consumption. In this study, Turkey's 1964-2009 annual time series data has been tested using ARDL (autoregressive distributed lag) model. In addition, the stability of coefficients of the estimated model has been examined by using CUSUM and CUSUMQ stability tests.

As a result of empirical analysis, it is found that rises in electricity prices, consistent with the literature, causes decline in electricity consumption while income and urbanization increases it . In addition, while the price of electricity is found to be inelastic, the income elasticity is elastic. Different results from different countries have been obtained from numerous studies on the subject about the amount of rebound effects. In Turkey, it is concluded energy savings which are result of energy efficiency is not too much influenced by consumer behaviors resulted from price elasticity.

Key Words: Energy, Energy Efficiency, Energy Efficiency Policy, Consumer Behaviour, Rebound Effect, Electricity Demand, Time Series Analysis, ARDL.

ÖNSÖZ

Bu tezin başlangıcından bitimine kadar her aşamada bilgisiyle, sabrıyla ve içtenliğiyle bana destek olan değerli hocam Prof. Dr. Abdülkadir BULUŞ'a, bu günlere gelmemde eğitim ve öğretim hayatım süresince bana katkısı olan bütün hocalarıma ve her zaman yanımda olan sevgilerini ve ilgilerini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme çok teşekkür ederim.

KONYA 2012

NURGÜN TOPALLI

İÇİNDEKİLER

Özet	iii
Abstract	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
GRAFİKLER LİSTESİ	xvi
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

ENERJİ VE ENERJİYE GENEL BAKIŞ

1.1. Enerji Kavramı.....	5
1.1.1. Enerji Ekonomi İlişkisi.....	7
1.1.2. Enerji- Sosyal Gelişme İlişkisi	9
1.1.3. Enerji ve Çevre İlişkisi.....	11
1.1.4. Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınma	14
1.2. Dünyadaki Enerji Kaynakları	15
1.2.1. Dünyada Enerji Arzı ve Tüketimi	17
1.2.2. Dünya’da Enerji Üretimi	17
1.2.2.1. Dünya’da Birincil Enerji Arzı	20
1.2.2.2. Dünya’da Enerji Üretimi ve Arzında Kaynakların Payı	24
1.2.3. Dünya’da Enerji Tüketimi.....	26
1.2.3.1. Dünya’da Birincil Enerji Tüketimi	27
1.2.3.2. Dünya’da Enerji Tüketimi ve Bölgelerin Payları	29
1.2.3.3. Dünya’da Enerji Tüketiminde Kaynakların Payı.....	30

2.BÖLÜM

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ POLİTİKALARI

2.1.	Enerji Verimliliği.....	34
2.1.1.	Enerji Verimliliği Tanımları.....	35
2.1.2.	Enerji Verimliliği Göstergeleri.....	38
2.1.2.1.	Kişi Başına Birincil Enerji Arzı.....	39
2.1.2.2.	Kişi Başına Enerji Tüketimi	42
2.1.2.3.	Enerji Yoğunluğu Kavramı.....	43
2.1.2.3.1	Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Yoğunluğu Gelişimi.....	44
2.1.3.	Enerji Tasarrufu Kavramı.....	48
2.2.	Enerji Verimliliği Politikaları	50
2.2.1.	Enerji Verimliliğinde Arz Yönlü Politikalar	52
2.2.2.	Nihai-Enerji Kullanıma Yönelik Enerji Verimliliği Politikaları	54
2.2.2.1.	Talep-Yanlı Yönetim (DSM).....	55
2.2.2.2.	Enerji Koruma Merkezleri (Energy Conservation Centers) ve ESCO’lar	56
2.2.2.3.	Regülasyonlar, Standartlar, Etiketlendirmeler ve Ticari Bina Kodları....	58
2.2.2.4.	Müzakere Anlaşmaları ya da Gönüllü Anlaşmalar.....	59
2.2.2.5.	Bilgilendirme Programları	60
2.2.2.6.	Piyasa Dönüşümü	61
2.2.3.	Enerji Etkinliğine Yönelik Engeller	62
2.3.	Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufuna Yönelik Uygulamalar	67
2.3.1.	Binalarda Enerji Verimliliği ve Tasarrufu.....	68
2.3.1.1.	Binalarda Enerji Etiketlendirmeleri.....	70
2.3.1.2.	Binalarda Elektrikli Ev Aletlerinin Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu.....	71
2.3.1.3.	Binalarda Aydınlatmada Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu Önlemleri.....	73
2.3.2.	Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu.....	74
2.3.3.	Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu	78
2.4.	Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Tasarrufu ile İlgili Genel Durum	80
2.4.1.	Türkiye’de Bina Sektöründe Genel Durum.....	81
2.4.2.	Türkiye’de Ulaştırma Sektöründe Genel Durum	83

2.4.3.	Türkiye’de Sanayi Sektöründe Genel Durum	84
2.5.	Türkiye’de Enerji Verimliliği Politikaları	85
2.5.1.	Türkiye’de Enerji Verimliliği ile İlgili Mevzuat	87
2.5.1.1.	Türkiye’de Enerji Verimliliği Kanunu	87
2.5.1.2.	Türkiye’de Enerji Verimliliği ile İlgili Yönetmelik	89
2.5.1.3.	Türkiye’de Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Çalışmalar	91
2.5.1.3.1.	Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Artırmaya Yönelik Etüt ve Eğitim Hizmetleri	91
2.5.1.3.2.	Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Etüt ve Eğitim Hizmetleri	92
2.5.1.3.3.	Enerji Verimliliği Portalı, Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu (EVKK) ve Ulusal Enerji Bilgi Yönetim Merkezi (UEBYM)	94
2.5.1.3.4.	Türkiye’de Binalarda Enerji Verimliliği Uygulamaları.....	95
2.5.1.3.5.	Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Gönüllü Anlaşmalar	96
2.5.1.3.6.	Enerji Verimliliği İlgili Tanıtım ve Bilinçlendirme Çalışmaları	98
2.5.1.4.	Türkiye’de Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Uluslararası Projeler	100
2.6.	Türkiye’de Enerji Verimliliği Uygulama Sonuçları	103
2.7.	Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi	106

3. BÖLÜM

GERİ TEPME ETKİSİ (REBOUND EFFECT)

3.1.	Geri Tepme Etkisi (Rebound Effect)	109
3.1.1.	Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi) Boyutuna Genel Bir Bakış.....	110
3.1.2.	Geri Tepme Etkisi Tanımlaması.....	113
3.2.	Mikro Seviyede Geri Tepme Etkisi	115
3.2.1.	Neoklasik Görüş Çerçevesinde Tekil Hizmetler İçin Rebound Etkisi	117
3.2.2.	Khazzoom’un Rebound Etkisi Yaklaşımı	120
3.2.3.	Neoklasik Görüş Çerçevesinde Çoklu Hizmetler Modeli İçin Rebound Etkisi	125
3.3.	Makro Seviyede Geri Tepme Etkisi.....	128
3.3.1.	Brookes’un Rebound Etkisi Yaklaşımı	131
3.3.2.	Saunders’ın Rebound Etkisi Yaklaşımı.....	132
3.3.2.1.	Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu.....	133

3.3.2.2.	Bütünleştirilmiş CES Üretim Fonksiyonu	134
3.3.2.3.	Saunders'ın Rebound Etkisi Yaklaşımı Değerlendirmeleri.....	137
3.4.	Geri Tepme Etkisi Sınıflandırılması	140
3.4.1.	Doğrudan Rebound Etkisi	145
3.4.1.1.	Tüketiciler Açısından Doğrudan Rebound Etkisi	146
3.4.1.1.1.	Tüketiciler Açısından Doğrudan Rebound Etkisinin Ayrıştırılması	151
3.4.1.2.	Üreticiler Açısından Doğrudan Rebound Etkisi	156
3.4.1.2.1.	Üreticiler Açısından Doğrudan Rebound Etkisinin Ayrıştırılması ..	160
3.4.1.2.2.	Üreticiler Açısından Doğrudan Rebound Etkisinin Ayrıştırılmasına Alternatif Yaklaşım.....	163
3.4.2.	Dolaylı Rebound Etkisi	165
3.4.2.1.	Tüketiciler Açısından Dolaylı Rebound Etkisi	168
3.4.3.	Ekonomi Genelinde Rebound Etkisi	171
3.4.4.	Dönüşümsel Etki	172
3.5.	Khazzoom-Brookes Önermesi	175
3.5.1.	Temel Khazzoom Eşitliği	176
3.6.	Lovins'in Khazzoom'a Yönelik Eleştirisi	181

4. BÖLÜM

REBOUND ETKİSİNİN EKONOMETRİK İNCELEMESİ:

TÜRKİYE ÖRNEĞİ

4.1.	Rebound Etkisinin Tahmin Yöntemi	185
4.1.1.	Doğrudan Rebound Etkisinin Tahmini.....	186
4.1.2.	Makroekonomik Rebound Etkisi Tahmini	188
4.2.	Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür	189
4.2.1.	Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür	191
4.2.1.1.	Mesken Sektörüne Yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür.....	194
4.2.1.2.	Alan Isıtması- Soğutması ve Aydınlatmaya Yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür	196
4.2.1.3.	Ulaşım Sektörüne Yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür.....	203
4.2.1.4.	Sanayi Sektörüne Yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür.....	205

4.2.2.	Backfire Etkisi ile İlgili Ampirik Çalışmalar	209
4.3.	Uygulamada Kullanılan Ekonometrik Yönteme İlişkin Teorik Açıklamalar	213
4.3.1.	Uygulamada Kullanılan Verilerin Tanımlanması	213
4.3.2.	Durağanlık Kavramı	214
4.3.3.	Birim Kök Testleri	215
4.3.3.1.	KPSS Birim Kök Testi	215
4.3.4.	ARDL Modeli	217
4.4.	Ekonometrik Modelin Sonuçları	219
4.4.1.	KPSS Birim Kök Test Sonucu	219
4.4.2.	ARDL Modeli Tahmin Sonuçları	219
4.4.2.1.	ARDL Modeli Sonuçları	220
4.4.2.2.	ARDL Modelinde Uzun Dönemli İlişki	221
4.4.2.3.	ARDL Modelinde Kısa Dönemli İlişki	222
4.4.2.4.	CUSUM ve CUSUMQ İstikrarlılık Testleri	223
4.4.2.5.	Ampirik Çalışmanın Bulguları	224
	SONUÇ	225
	KAYNAKÇA	233
	EKLER	248

KISALTMALAR

ARDL: Otoresif Dağıtılmış Gecikme Modeli

BP: İngiliz Petrolleri

CUSUM: Hata Terimleri Kümülatif Toplamı

CUSUMQ: Hata Terimleri Kareleri Kümülatif Toplamı

DEK-TMK :Dünya Enerji konseyi Türk Milli Komitesi

DPT: Devlet Planlama Teşkilatı

EIA: Enerji Bilgi Ajansı

EİE: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü

ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

IEA: Uluslararası Enerji Ajansı

İBB: İstanbul Büyük Şehir Belediyesi.

İTÜ: İstanbul Teknik Üniversitesi

MTOE: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri

MÜSİAD: Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği

OECD: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü

PEE: Petrol Eşdeğeri Enerji

TEVEM: Türkiye Enerji Verimliliği Meclisi

TEP: Ton Eşdeğeri Petrol

TMMOB: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu

UKERCH: İngiltere Krallığı Enerji Araştırma Merkezi

VECM: Vektör Hata Düzeltme Modeli

WDI: Dünya Bankası Göstergeleri

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1-1: Enerji Hizmetleri Hiyerarşisi	6
Tablo 1-2: 2007-2008 Yılları Bazı Bölgelerin Seçilmiş Ekonomik Değerleri	8
Tablo 1-3: 2007-2008 Yılı Bölgelerin Bazı Enerji ve Ekonomi Göstergeleri	10
Tablo 1-4: Dünya Genelinde CO2 Emisyonunda Fosil Yakıtların Payı (%).....	12
Tablo 1-5: 1973, 2007, 2008 yılları CO2 Emisyonunda Bölgelerin Payı (%)	12
Tablo 1-6: 1971-2001 Dönemi Ülkelerin Toplam Enerji Üretimleri (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri -Mtoe)	19
Tablo 1-7: 2002-2008 Dönemi Ülkelerin Toplam Enerji Üretimleri (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri -Mtoe)	20
Tablo 1-8: 1973-2007-2008 Yılları Dünya Toplam Birincil Enerji Arzında Bölgelerin Payı (%).....	21
Tablo 1-9: 1971-2000 Dönemi Ülkelerin Birincil Enerji Arz Değerleri (Mtoe)	22
Tablo 1-10: 2001-2008 Dönemi Ülkelerin Birincil Enerji Arz Değerleri (Mtoe)	23
Tablo 1-11: 2000 Yılı Dünya Birincil Enerji Arzı Kaynaklarına Göre Dağılımı (%)	24
Tablo 1-12: 1971, 2007 ve Yıllarına Ait Kaynaklara Göre Toplam Enerji Üretimi Değerleri (%)	25
Tablo 1-13: 1973, 2007 ve 2008 Yıllarına Ait Kaynaklara Göre Toplam Birincil Enerji Arzı (%).....	25
Tablo 1-14: Referans ve 450 Politika Senaryosuna Göre 2030 Yılı Toplam Birincil Enerji Arzında Yakıt Payları Tahmini (%)	26
Tablo 1-15: 1998-2008 Dünya Birincil Enerji Tüketim Değerleri (Milyon tep).....	28
Tablo 1-16: 1973-2007-2008 Yılları Nihai Enerji Tüketiminde Bölgelerin Payı (%).....	29
Tablo 1-17: Toplam Nihai Tüketimde Yakıt Payları (%).....	31
Tablo 2-1: Enerji Sistemi ve Enerji Etkinliği İlişkisi	36
Tablo 2-2: 1971-2001 Dünya Genelinde Kişi Başına Toplam Birincil Enerji Arzı (Kişi başına ton petrol eşdeğeri)	40
Tablo 2-3: 2002-2008 Dünya Genelinde Kişi Başına Toplam Birincil Enerji Arzı (Kişi başına ton petrol eşdeğeri)	41

Tablo 2-4: Dünya Genelinde Kişi Başına Enerji Tüketimi (Kilo Petrol Eşdeğeri/Kişi)	42
Tablo 2-5: Türkiye’de ve Bazı Gelişmiş Ülkelerle Kişi Başına Enerji Tüketimi ve Yoğunluğu.....	46
Tablo 2-6: Bazı Ülkelerin Enerji Yoğunluklarındaki Gelişmeler (TEP/Milyon \$, 1995 fiyatlarıyla).....	47
Tablo 2-7: Enerji Etkinlik Yatırımlarına Yönelik Engeller	67
Tablo 2-8: Çeşitli Işık Kaynaklarının Verimlilikleri (lümen/watt).....	74
Tablo 2-9: Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliğinde Alınacak Önlemler.....	85
Tablo 2-10: Türkiye’de Enerji Verimliliği Konusunu Destekleyici ve Engelleyici Koşullar.....	86
Tablo 2-11: Enerji Verimliliği Yasasının Kapsamı ve Faaliyet Alanları	88
Tablo 2-12: Türkiye’de Düzenlenen Enerji Verimliliği İle İlgili Kurs ve Kursa Katılan Yönetici Sayıları.....	91
Tablo 2-13: Ülkemizde Gerçekleştirilen Etüt ve Eğitim Hizmetleri ve Sonuçları	92
Tablo 2-14: Türkiye’nin Enerji Bilinci Araştırması, 2009	105
Tablo 3-1: Sorrell Tarafından Rebound Etkisinin Sınıflandırılması	142
Tablo 3-2: Herring Tarafından Rebound Etkisi Sınıflaması.....	143
Tablo 3-3: Berkhout vd. Tarafından Rebound Etkisi Sınıflaması	143
Tablo 3-4: Dolaylı Rebound Etkisi	167
Tablo 3-5: Rebound Etkisi Mekanizmasının Geçiş Yolları	174
Tablo 3-6: Rebound Etkisinin Tahmini ile İlgili Fiyat Esneklikleri Ölçümü	178
Tablo 4-1: Çeşitli Donanımlar Üzerine Rebound Etkisi Ölçümleri	191
Tablo 4-2: OECD Ülkeleri Tüketici Enerji Hizmetleri Uzun Dönemli Doğrudan Rebound Etkisi Ekonometrik Tahminleri	192
Tablo 4-3: 1980-1990 Dönemi Tekil-hizmet Modeline Dayalı Rebound Etkisi Ampirik Çalışmalar.....	195
Tablo 4-4: Yurtiçi ısıtma-evsel (domestic) Isıtma Rebound Etkisi Tahminleri	196
Tablo 4-5: Elektrik Marjinal Fiyatları ile İlgili Aygıt Doygunluk Esnekliği	198
Tablo 4-6: Hollanda’da Kısa ve Uzun Dönem Fiyat Esneklikleri.....	199
Tablo 4-7: Taşımacılık Yakıtlarında Fiyat ve Gelir Esneklik Tahminleri.....	205

Tablo 4-8: Elektrik Etkinlik Gelişmeleri (%)	206
Tablo 4-9: Sanayi Sektörü Enerji Fiyat Elastikiyetleri	207
Tablo 4-10: Sanayi Sektörü Enerji-Tüketim Faaliyetleri ve Rebound Etkisi	208
Tablo 4-11: KPSS Birim Kök Test Sonuçları	219
Tablo 4-12: Breush-Godfrey Otokorelasyon LM Test İstatistiği	220
Tablo 4-13: Sınır Testi Sonuçları	220
Tablo 4-14: ARDL Modelinin Tahmin Sonuçları	221
Tablo 4-15: ARDL modelinden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları	222
Tablo 4-16: ARDL Modeline Dayalı Hata Düzeltme Modeli Sonuçları	222

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1: Enerji Çevre ve Sosyal Faktörler	13
Şekil 1-2: Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınma	15
Şekil 1-3: Enerji Üretim Sektörü Değer Zinciri.....	18
Şekil 2-1: Verimlilik Haritası	37
Şekil 2-2: Enerji Yoğunluğu	44
Şekil 3-1: Enerji Etkinliği ve Araba Yakıt Talebi Kullanım Oranı Arasındaki İlişki.....	122
Şekil 3-2: Yakın İkame İki Mal Durumunda Enerji Etkinliği Gelişimi	126
Şekil 3-3: Düşük İkame İki Mal Durumunda Enerji Etkinliği Gelişimi.....	128
Şekil 3-4: Enerji Etkinliği ve Ekonomik Büyüme	130
Şekil 3-5: Tüketiciler ve Üreticiler Açısından Rebound Etkisi	144
Şekil 3-6: Faydalı İş ve Diğer Hizmet Tüketimi Arasındaki Değiş-Tokuş	148
Şekil 3-7: Enerji Etkinliğinden Sonra Tüketimdeki Değişme	150
Şekil 3-8: Faydalı İşin Enerji Maliyetin Bir Düşme Sonrası İkame Etkisi.....	153
Şekil 3-9: Faydalı İşin Enerji Maliyetinde Bir Düşme Sonrası Gelir Etkisi.....	154
Şekil 3-10: Faydalı İşin Düşük Mal Olması Durumunda Gelir Etkisi.....	155
Şekil 3-11: Bir Malın Üretiminde Faydalı İş (S) ve Sermaye (K) Arasındaki Değişim	157
Şekil 3-12: Enerji Etkinliği Gelişiminden Sonra Girdi Bileşimi ve Çıktıdaki İlk Değişim.....	159
Şekil 3-13: Enerji Etkinliği Gelişmelerinden Sonra Toplam Arzın Yükselmesi.....	159
Şekil 3-14: Enerji Etkinliği Gelişiminden Sonra Kar Maksimizasyonu.....	160
Şekil 3-15: Üreticiler Açısından İkame Etkisi	161
Şekil 3-16: Üreticiler Açısından Çıktı Etkisi.....	162
Şekil 3-17: Üretici Kar Maksimizasyonu Etkisi	162
Şekil 3-18: Üreticiler Açısından Doğrudan Rebound Etkisinin Ayrıştırılması	164
Şekil 4-1: CUSUM ve CUSUMQ Test Sonuçları	223

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 2-1: 2000-2008 Dönemi Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi (kg eşdeğeri petrol/1000\$)	47
Grafik 2-2: Enerji Verimliliği Yatırım ve Kazanç Senaryosu – IEA 2010	50
Grafik 2-3: Ulaşım Araçlarına Yönelim ve CO2 Emisyonu.....	78
Grafik 2-4: Araç Türüne ve Yaşlarına Göre Motorlu Taşıtlar	84
Grafik 2-5: IEA'ya Üye Ülkelerde Enerji Verimliliği Uygulama Oranları	106

GİRİŞ

“Bir kentte on katlı bir binanın sekizinci katında oturuyorsunuz. Planladığınız gibi işinize gitmek üzere sabah kalktınız. Lavaboya gittiniz, lambaya bastınız, her zaman yanan lambalar ışık vermiyor. Musluğu açtınız su akıyor. Hiç olmazsa kahvaltı yapıp evden çıkayım diyorsunuz, mutfığa yöneliyorsunuz, ocak çalışmıyor, gaz yok. Bir şeyler yemek istiyorsunuz, buzdolabını açtınız, bomboş yiyecek yok, olanlar da bozulmuş. Kahvaltıdan vazgeçtiniz, giyindiniz kapıdan çıktınız, asansöre yöneldiniz, asansör çalışmıyor. İşe geç kalacaksınız, 8 katı hızla indiniz. İşiniz 15 km ötede, arabanıza bindiniz, kontağı çevirdiniz, motor çalışmıyor. Toplu taşıma araçlarına yöneldiniz gelmiyorlar, yakıtları yok. İşe yetişmek için koşmaya başlıyorsunuz, 5 km sonra ayaklarınızın bağının çözüldüğünü hissediyorsunuz. Su arıyorsunuz su yok, yiyecek yok. Bu senaryoda ihtiyacınız olan şey ne? Cevap elbetteki “Enerji”. Enerji olmadan insan varlığını sürdürebilir mi?” (Yalçın, 2006: 41).

Yukarıdaki senaryoyu devam ettirmemiz mümkündür. Enerji insanoğlu için vazgeçilmez bir hayat biçimidir. Bu nedenle enerji kavramı hem geçmiş hem günümüz hem de gelecekte ülke ekonomileri için önemini koruyan bir konudur. Petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil enerji kaynakları ve yenilenebilir kabul edilen rüzgar, güneş, hidro gibi enerji kaynakları ülkeler açısından birer zenginlik kaynağıdır. Enerji, ülke ekonomilerinin üretimlerinde, büyümelerinde ve kalkınmalarında temel bir girdi olarak kullanılmaktadır. Enerji ekonomik anlamda temel bir girdi olmasının yanısıra insan yaşamının devam edebilmesi için en gerekli koşullardan biridir. Bu nedenle enerji tüketimi ekonomik ve sosyal alanda toplumsal gelişmişliğin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Ülkelerin üretim-yatırım- ihracat döngüsüne dayalı ekonomik kalkınmalarını gerçekleştirebilmek için önemli bir girdi olan enerjiyi zamanında ve yeterli miktarda temin etmeleri gerekmektedir. Enerjinin yeterli, zamanında, ekonomik, güvenilir ve temiz bir şekilde elde edilmesi ülkelerin gelişmişlik düzeylerini gösteren önemli göstergelerden biridir. Ancak günümüzde bir çok az gelişmiş ülke insanının ve gelişmekte olan ülke insanının, ısınma yemek

pişirme gibi temel ihtiyaçları karşılamak için dahi gerekli enerjiye ulaşamadığı bilinmektedir.

Ülkelerin ekonomik büyümelerinin artması, dünya genelinde nüfusun yükselmesi, kentleşme oranlarının artması, teknolojik gelişmelerin hız kazanması ile enerji talebi enerji arzına göre daha fazla yükselmektedir. Enerji talebindeki bu hızlı yükselişe karşın enerji arzı sınırlı miktarda kalmaktadır. Dünya geneline bakıldığında ülkelerin enerji kaynakları bakımından sınırlı miktarda bulunan ve gelecekte tükenme ihtimali bulunan fosil kaynaklara bağımlı olduğu, enerji tüketen ve üreten ülkelerin birbirinden farklı ülkeler olduğu görülmektedir.

1974 Petrol Krizi ile birlikte tüm ülkeler petrol gibi birincil enerji kaynaklarının sınırlı olduğu gerçeğiyle yüzleşmiş ve sanayinin temel girdisi olan enerji maliyetlerini azaltmaya yönelik önlemler uygulamaya başlamışlardır. Gelişmiş ülkeler enerji politikalarını oluştururken enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamışlar, AR-GE faaliyetlerini hızlandırmışlar, kaynak çeşitliliği ve enerji verimliliği gibi konulara ağırlık vererek enerji planlamasının önemi üzerinde durmaya başlamışlardır. Ayrıca bu kaynakların çevreye vermiş oldukları küresel ısınma gibi olumsuzluklar, sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde ele alınmaya başlanmıştır. Petrol fiyatları başta olmak üzere enerji fiyatlarındaki değişimler, alternatif enerji kaynaklarının gerekliliği, nükleer enerji, enerji güvenliği, enerji ve çevre ilişkisi, enerji verimliliği gibi konular sıklıkla tartışılan konular haline gelmiştir. Enerji verimliliği uygulamaları ile insanların yaşam standardını düşürmeden çevre dostu bir yaklaşımla enerjiden tasarruf edilmek amaçlanmaktadır. Bu amaçla uygulanan politikaların büyük bir kısmı, üretici ve tüketicide enerjiyi daha verimli kullanma bilincini oluşturmak ve tüketicilerin günlük tüketim alışkanlıklarını değiştirmek yönündedir.

1980'li yıllardan günümüze enerji verimliliği gelişmelerinin enerji tüketimini azaltmada beklenildiği kadar etkili olmayacağı yönünde tartışmalar mevcuttur. Bazı enerji iktisatçılarına göre enerji etkinliğindeki gelişmeler rebound etkisi olarak adlandırılan çeşitli mekanizmalar nedeniyle beklenen düzeyde gerçekleşmeyecektir.

Bu mekanizmalar; tüketicinin enerji etkinliği nedeniyle ucuz hale gelen hizmeti daha çok ve daha sık kullanma talebine ya da enerji etkinliğinden elde etmiş olduğu parasal tasarrufu daha fazla enerji gereksinimi olan mal ve hizmetlere harcayabilmesine dayanmaktadır. Hatta bazı iktisatçılar enerji etkinliği gelişmelerinin enerji talebini yükselteceğini ileri sürmektedir. Buna karşın bazı iktisatçılar ise bu görüşe katılmamakta, enerji etkinliği gelişmeleri sonucu enerji tüketiminde meydana gelecek bu kayıpların küçük boyutlarda olacağını belirtmektedir.

Bu çalışmada Türkiye’de enerji etkinliği gelişmelerinin tüketim üzerindeki etkisi incelenecektir. Bu etkinin enerji tüketimini azaltıcı mı yoksa artırıcı mı yönde etkili olduğu ortaya konulmaya çalışılacaktır. Çalışmanın iki amacı bulunmaktadır. Çalışmanın ilk amacı enerji etkinliği gelişmelerinin tüketim üzerindeki etkisini incelemek ve Geri Tepme (Rebound) Etkisi ile ilgili teorik ve ampirik literatürü sistematik bir şekilde gözlemleyerek açıklamaktır. Çalışmamızın ikinci amacı Türkiye’de Geri Tepme Etkisi’nin boyutunu ampirik olarak test etmektir.

Enerji verimliliği ve uygulamaları ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur. Ancak Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi) kavramı yabancı literatürde yer almakla birlikte ülkemizde herhangi bir teorik ve/veya ampirik çalışmada yer almamaktadır. Ayrıca Geri Tepme Etkisi ile ilgili çalışmaların büyük bir kısmı gelişmiş ülkelerle ilgili yapılmıştır. Gelişmekte olan ülkelerle ilgili yapılan çalışma sınırlı sayıdadır. Bu kavramı Türkiye’de ilk kez olarak teorik ve ampirik boyutta dikkate alarak enerji etkinliği ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi test eden çalışma olması çalışmanın önemli bir özelliğini oluşturmaktadır.

Çalışmamızda enerji verimliliği kavramı yerine enerji etkinliği kavramı kullanmak tercih edilmiştir. Bunda en önemli neden yabancı literatürde geri tepme etkisi konusunda verimlilik yerine etkinlik kavramının daha yoğunlukla kullanılmasıdır. Çalışmanın teorik kısmında herhangi bir zaman ve mekan kısıtlamasına gidilmeyecektir. Ancak konu bakımından dünya genelinde genel enerji üretim ve tüketim değerlerine yer verilecektir. Ayrıca enerji ile ilgili politikalar

enerji verimliliği politikaları dahilinde incelenecektir. Çalışmanın uygulama kısmında ise zaman ve mekan kısıtlamasına gidilmiştir. Uygulamada dönem olarak 1964-2010 dönemi Türkiye’de konut sektörü elektrik talep verileri dikkate alınmıştır.

Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde enerji kavramı ele alınmış, enerjinin ekonomi, sosyal gelişme, çevre ve sürdürülebilir kalkınma ile olan ilişkisi özetlenmiştir. Bu bölümde ayrıca dünya genelinde enerji üretim ve tüketim değerleri tablolar ile açıklanmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde enerji verimliliği kavramı, enerji verimliliği ile ilgili enerji yoğunluğu, enerji tasarrufu gibi kavramlar tanımlanmıştır. Dünya genelinde ve Türkiye’de uygulanan enerji verimliliği politikalarına yer verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi) kavramı ve türleri açıklanmıştır. Geri tepme etkisinin teorik alt yapısı ele alınmıştır. Çalışmanın son bölümünde Türkiye için enerji etkinliği gelişmelerinin enerji tüketimi üzerine etkisi zaman serisi verileri kullanılarak ARDL modeli ile tahmin edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen bulgular ortaya konulmuş ve yorumlanmıştır. Sonuç kısmında ise, çalışma ile ilgili tüm bulgu ve yorumlara yer verilmiş ve politika önerisinde bulunulmuştur.

1. BÖLÜM

ENERJİ VE ENERJİYE GENEL BAKIŞ

Enerji yaşamımızın temel girdilerinden biri olarak ülkelerin ekonomik büyüme ve kalkınmalarını gerçekleştirebilmeleri, sosyal yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gereklidir. Bu nedenle enerji, enerji kaynakları ve enerji politikaları hem geçmişte hem günümüzde hem de gelecekte önemini koruyan bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak dünya geneline baktığımızda ülkelerin enerji kaynakları bakımından yenilenemeyen fosil yakıtlara bağımlı olduğu görülmektedir. Petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların bir gün tükenme ihtimalinin olması ve çevreye vermiş oldukları olumsuz etkiler ülkeleri başka kaynakları kullanmaya ve bulmaya yöneltmiştir. Özellikle ekonomik gelişmenin hız kazanması, nüfus artışı gibi faktörler dünya genelinde enerji talebini hızlı bir şekilde yükseltmektedir. Enerji arzı ile karşılaştırıldığında enerji talebi daha hızlı bir artış göstermektedir. Günümüzde artık enerjinin temin edilmesi yeterli olmamaktadır. Enerjinin temin edilmesi ile birlikte sürekli, güvenli, temiz ve düşük maliyetli elde edilmesi de önem göstermektedir. Bu nedenle ülkeler enerji konusunu değerlendirirken enerjinin ekonomi- sosyal- çevresel ve jeopolitik boyutunu birlikte ele almak durumundadır.

Bu bölümde ilk olarak enerji kavramı tanımlanacaktır. Enerjinin ekonomik- sosyal ve çevresel konularla ilişkisi özet bir şekilde açıklanacaktır. En son olarak dünya genelindeki enerjinin durumuna, dünya ve ülkeler bazında enerji arz ve tüketim verileri kullanılarak yer verilecektir.

1.1. Enerji Kavramı

Enerji sözcüğü Eski Yunan dilindeki $\epsilon\nu$ =aktif ve $\epsilon\rho\gamma\upsilon\nu$ =iş kelimelerinden türetilmiştir. Bu bağlamda enerjiiyi “işe dönüştürülen” bir şey olarak tanımlamamız mümkündür. Ayrıca enerjiiyi, fiziksel sistemin ne kadar iş yapabileceğini ya da ne kadar ısı değiş tokuşu yapabileceğini belirleyen bir durum fonksiyonu olarak

tanımlamak da mümkündür. Birimi ise iş birimi (N.m=J) ile aynı olup Joule'dur ("Sanal(a)", t.y.). Daha genel bir ifadeyle enerji "iş yapma kapasitesi veya kabiliyeti" olarak tanımlanmaktadır (Satman, 2006: 47; Güner ve Albostan, t.y.: 47)

Enerji sistemi ise "belirli bir toplum ya da ekonomide enerjinin elde edilmesi ve kullanılmasını birleştiren süreç"tir. Enerji sistemi genel olarak, birincil enerji kaynaklarını, birincil enerji kaynaklarının dönüşümü ile oluşan ikincil enerji formlarını ve aydınlatma, hareketlilik, alan ısıtma ve soğutma gibi nihai enerji kullanım hizmetlerini içermektedir (Jaccard, 2006: 6-7). Enerji sisteminin arzını ve kullanım faaliyetlerini; aydınlatma, iç ısı konforu, dondurucu depolar, ulaşım, uygun sıcaklık gibi enerji hizmetlerini sağlamak oluşturmaktadır. Bu hizmetleri sağlayan enerji zinciri, birincil enerjinin toplanması ya da çıkarılmasından başlayarak enerjinin nihai kullanımı için uygun enerji taşıyıcılarına dönüşümüne kadar ki aşamaları içermektedir (Goldemberg vd., 1994: 29). Aydınlatma, taşıt, ocak ve fırın gibi nihai enerji kullanım araçları ikincil enerjiyi kullanmaktadır (Jaccard, 2006: 6-7).

Örneğin alan ısıtması bir sigorta şirketi için temel bir amaç değildir. Ancak alan ısıtması, sigorta hizmetlerinin insanlara sağlanması için yüksek düzeyde temin edilmesi gereken bir ihtiyaçtır. Bu ilişkiyi aşağıdaki tabloda görebiliriz (Blok, 2007: 45).

Tablo 1-1: Enerji Hizmetleri Hiyerarşisi

1) Ofise ısının iletilmesi	2) Konforlu bir çalışma ortamının sağlanması	3) Sigortaların satılması	4) Kâr ve katma değer yaratımı
----------------------------	--	---------------------------	--------------------------------

Kaynak: Blok, 2007: 46.

Petrol , doğal gaz, kömür, nükleer enerji ve alternatif enerji kaynakları dikkate alındığında dünyada her gün yaklaşık 205 milyon varil petrol eşdeğeri (28 milyon ton) enerji tüketilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı 2015 yılında dünya enerji talebinin 1/3 oranında artacağını öngörmektedir. Enerji genel olarak konut sektöründe, endüstride, ulaşımda kullanılmaktadır (Satman, 2006: 49).

Enerji talebi ile ilgili faktörleri: dünya ekonomisinin büyümesi, dünya enerji tüketiminin enerji üretiminin üzerinde gerçekleşmesi, sanayileşmenin hız kazanması, fosil yakıtlara bağımlılığın devam edecek olması, henüz enerji kaynaklarına yönelik etkin teknolojilerin gerçekleştirilememesi, küreselleşmeye dayalı ticaretin artması, kentleşme olgusunun artması, sosyal gelişme ve nüfus artışı şeklinde özetlememiz mümkündür (Hekimler, 2007: 2; Karadaş, 2008: 54). Dünya enerji arzını etkileyen faktörleri ise; enerji kaynağının fiyatı, üretici ülkelerin ellerindeki stok durumu, mevsimsel koşullar, üretim ve taşıma maliyetleri, uluslararası ilişkiler, enerji şirketlerinin yatırım projeleri, uluslararası kuruluşların enerji konusunda yapmış oldukları projeksiyonlar şeklinde özetlememiz mümkündür (Karadaş, 2008: 55).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından yapılan projeksiyonlar, mevcut enerji politikaları ve enerji arzı tercihlerinin devam etmesi durumunda dünya toplam enerji talebinin 2005–2030 yılları arasında %55 artarak 11,4 milyar ton petrol eşdeğerinden (TEP), 17,7 milyar TEP düzeyine ulaşacağını öngörmektedir (Aktaran: ETBK, 2009).

Aşağıdaki alt bölümde enerji konusu; enerji-ekonomi, enerji-sosyal gelişim, enerji-çevre ve enerji-sürdürülebilir kalkınma olmak üzere dört başlık altında incelenmiştir.

1.1.1. Enerji Ekonomi İlişkisi

Enerji fiyatlarındaki artış üretim maliyetini ve üretilen malların fiyatlarını yükselterek enflasyona neden olmaktadır. Düşük enerji fiyatları ise ekonomik gelişmeyi tetiklemektedir. Özellikle 1970’li yıllarda başlayan enerji darboğazı ülkelerin enerjiye ne kadar bağımlı olduklarını göstermiştir (TMMOB, 2005: 25). Ülkelerin kalkınmaları ve rekabet edebilmeleri açısından enerji arzının sürekliliği, güvenliği ve ucuz şekilde temin edilmesi önemli bir yer teşkil etmektedir (Şahin, 2006: 94).

Tablo1-2’de 2007 ve 2008 yıllarına ait seçilmiş bazı ekonomik göstergelere yer verilmiştir. 2008 yılı dünya nüfusu 6,6 milyar olarak gerçekleşmiş, dünya genelinde

12,3 milyar ton petrol eşdeğeri enerji üretilmiştir. 2008 yılı itibariyle dünya geneli Gsyih 40,4 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. 2007 yılı ile karşılaştırıldığında 2008 yılında dünya nüfusunun, enerji üretiminin ve Gsyih'nin yükseldiği görülmektedir (IEA, 2009: 46; IEA, 2010: 46).

Tablo 1-2: 2007-2008 Yılları Bazı Bölgelerin Seçilmiş Ekonomik Değerleri

2007 Yılı Bölgelerin Nüfus, GSYİH, Enerji Üretim, Net İthalat, Toplam Birincil Enerji Arzı, Elektrik Tüketim, CO ₂ Emisyon Değerleri								
	Nüfus (Milyon)	GSYİH (Milyar Dolar)(2000 yılı Dolar Fiyatları)	GSYİH (Satın almagücü paritesine göre)(Milyar Dolar) (2000 yılı Dolar Fiyatları)	Enerji Üretimi (Milyon ton petrol eşdeğeri)	Net İthalat (Milyon ton petrol eşdeğeri)	Toplam Birincil Enerji Arzı (Milyon ton petrol eşdeğeri)	Elektrik Tüketimi* (Twh)	CO ₂ emisyonu** (Milyon ton CO ₂)
OECD	185	30110	32361	3833	1821	5497	10048	13001
Orta Doğu	193	891	1552	1527	-945	552	628	1389
Sovyetler Birliği	284	620	2472	1645	-608	1019	1308	2412
OECD Olmayan Avrupa	53	174	509	61	48	106	176	272
Çin	1327	2623	10156	1814	194	1970	3114	6071
Asya	2148	2308	8292	1224	197	1377	1514	2898
Latin Amerika	461	1938	3714	705	-136	550	847	1016
Afrika	958	830	2372	1129	-488	629	554	882
Türkiye	73.90	371.84	821.01	27.27	75.79	100.01	163.35	265.00
Dünya	6609	39493	61428	11940	-	12029***	18187	28962****
2008 Yılı Bölgelerin Nüfus, GSYİH, Enerji Üretim, Net İthalat, Toplam Birincil Enerji Arzı, Elektrik Tüketim, CO ₂ Emisyon Değerleri								
OECD	1190	30504	32868	3864	1765	5422	10097	12630
Orta Doğu	199	945	1630	1605	-975	594	672	1492
Sovyetler Birliği	285	653	2564	1691	-616	1038	1326	2426
OECD Olmayan Avrupa	53	189	555	64	48	107	180	269
Çin	1333	2844	11054	1993	210	2131	3293	6550
Asya	2183	2417	8760	1263	205	1410	1570	3023
Latin Amerika	462	2053	3937	728	-133	575	904	1068
Afrika	984	876	2499	1161	-487	655	562	890
Türkiye	71.08	375.96	831.16	28.98	72.52	98.50	170.60	263.53
Dünya	6688	40482	63866	12369	-	12267	18603	29381

*Brüt üretim+ithalat-ihracat- aktarım/dağıtım kayıpları, ** Sadece yakıt yanmasından ortaya çıkan CO₂ miktarı, ***Toplam birincil enerji arzı uluslararası ve ulusal denizcilik depoları (bunker), elektrik ve ısı ticaretini içermektedir, ****Dünya CO₂ emisyonu uluslararası havacılık ve denizcilik depolarını (bunker) içermektedir.

Kaynak: IEA , 2009: 48; IEA, 2010: 48.

1.1.2. Enerji- Sosyal Gelişme İlişkisi

1950 yılından beri dünya nüfusu 2 kat artarken enerji talebi yaklaşık 6 kat artış göstermiştir. Günümüzde 6,5 milyar olan dünya nüfusunun 4,5 milyarının dünya ortalamasından daha düşük enerji tükettiği, 2,4 milyar nüfusun hala odun, bitki-hayvan artıkları gibi ticari olmayan enerji kaynaklarını kullandığı, 1,6 milyar nüfusa henüz elektriğin ulaşmadığı bilinmektedir. Ayrıca gelişmiş ülkelerdeki kişi başına enerji tüketimi gelişmekte olan ülkelere göre yaklaşık 7 kat daha fazladır. Birleşmiş Milletler'in tahminine göre nüfusun 2015 yılında 7,2 milyar ve 2050 yılında 8,9 milyar olacağı öngörülmektedir (İTÜ, 2007: 3-5).

Dünya genelinde enerji tüketimi farklılık göstermektedir. 20. yy'nin sonunda dünya genelinde ortalama kişi başına enerji kullanımı yaklaşık 65 Gj olarak hesaplanmıştır. Sanayileşmiş ülkelerde kişi başına enerji tüketim seviyesi yaklaşık 150 Gj iken, ABD ve Kanada gibi bazı ülkelerde kişi başına enerji tüketimi 300Gj olarak gerçekleşmiştir. Birçok gelişmekte olan ülkede ise kişi başına enerji tüketimi dünya ortalamasının altındadır. Örneğin Çin ve Brezilya'da kişi başına enerji tüketimi yaklaşık 30-40 Gj iken, Hindistan ve birçok Afrika ülkesinde kişi başına enerji tüketimi 10 Gj civarındadır (Blok, 2007: 103).

Aşağıdaki tablo 1-3'de 2007-2008 yılları bölgelerin kişi başına birincil enerji arzı, Gsyih başına birincil enerji arzı, kişi başına elektrik tüketimleri, birincil enerji arzı başına CO₂ miktarı, kişi başına CO₂ miktarı ve Gsyih başına CO₂ miktarları verilmiştir (IEA, 2009: 49; IEA, 2010:49):

Tablo 1-3: 2007-2008 Yılı Bölgelerin Bazı Enerji ve Ekonomi Göstergeleri

2007	Top.Birincil Enerji Arzı/ Nüfus (tep/sermaye)	Top.Birincil Enerji Arzı/Gsyih (tep/000 2000 yılı \$)	Top.Birincil Enerji Arzı/Gsyih Satın alma gücü paritesine göre (tep/000 2000 yılı \$)	Elektrik tüketimi/nüf. (Kwh/kişi)	CO ₂ /Top . Birincil Enerji Arzı (tCO ₂ /tep)	CO ₂ /nüf. (tCO ₂ /kişi)	CO ₂ /gsyih KgCO ₂ /\$ 2000yılı \$)	CO ₂ /gsyih (KgCO ₂ /\$ 2000 yılı \$)
OECD	4.64	0.18	0.17	8477	2.37	10.97	0.43	0.40
Orta Doğu	2.86	0.62	0.36	3252	2.52	7.19	1.56	0.89
Sov. Birliği	3.59	1.64	0.41	4608	2.37	8.50	3.89	0.98
OECD olmayan Avrupa	1.99	0.61	0.21	3302	2.52	5.10	1.56	0.53
Çin	1.48	0.75	0.19	2346	3.08	4.58	2.31	0.60
Asya	0.64	0.60	0.17	705	2.11	1.35	1.26	0.35
Latin Amerika	1.19	0.28	0.15	1838	1.85	2.21	0.52	0.27
Afrika	0.66	0.76	0.27	578	1.40	0.92	1.06	0.37
Türkiye	1.35	0.27	0.12	2210	2.65	3.59	0.71	0.32
Dünya	1.82	0.30	0.20	2752	2.41	4.38	0.73	0.47
2008	Top.Birincil Enerji Arzı/ Nüfus (tep/sermaye)	Top.Birincil Enerji Arzı/Gsyih (tep/000-2000 yılı \$)	Top.Birincil Enerji Arzı/Gsyih Satın alma gücü paritesine göre (tep/000 2000 yılı \$)	Elektrik tüketimi/nüf. (Kwh/kişi)	CO ₂ /Top Birincil Enerji Arzı (tCO ₂ /tep)	CO ₂ /nüf. (tCO ₂ /kişi)	CO ₂ /Gsyih KgCO ₂ /\$ 2000yılı \$)	CO ₂ /gsyih (KgCO ₂ /\$ 2000 yılı \$)
OECD	4.56	0.18	0.16	8486	2.33	10.61	0.41	0.38
Orta Doğu	2.99	0.63	0.36	3384	2.51	7.52	1.58	0.92
Sov. Birliği	3.65	1.59	0.40	4660	2.34	8.53	3.71	0.95
Oecd Olmayan Avrupa	2.01	0.57	0.19	3378	2.52	5.05	1.42	0.48
Çin	1.60	0.75	0.19	2471	3.07	4.92	2.30	0.59
Asya	0.65	0.58	0.16	719	2.14	1.38	1.25	0.35
Latin Amerika	1.24	0.28	0.15	1956	1.86	2.31	0.52	0.27
Afrika	0.67	0.75	0.26	571	1.36	0.90	1.02	0.36
Türkiye	1.39	0.26	0.12	2400	2.68	3.71	0.70	0.32
Dünya	1.83	0.30	0.19	2782	2.40	4.39	0.73	0.46

Kaynak: IEA, 2009: 48; IEA, 2010: 48.

2007 yılında kişi başına düşen enerji arzı 1.82 ton petrol eşdeğerdir. 2008 yılında ise kişi başına düşen enerji arzı 1.83 ton petrol eşdeğere yükselmiştir. Kişi başına düşen elektrik tüketimi ise 2752 kwh/kişi'den 2782 kwh/kişi'ye yükselmiştir. Bölgelere baktığımızda kişi başına enerji arzı ve kişi başına elektrik tüketiminde OECD üyesi ülkelerin değerleri dünya ortalamasının üzerindeyken; Çin, Asya, Latin Amerika ve Afrika ülkelerinin değerlerinin dünya ortalamasının altında olduğu dikkatleri çekmektedir. Benzer şekilde ülkemizde kişi başına toplam birincil enerji arzı ve kişi başına tüketilen elektrik tüketimi dünya ortalamasının altındadır. Bu duruma neden olan faktörler arasında nüfusun fazla olması, enerji kaynaklarının yetersizliği, alt yapı ve enerji sistemleri için gerekli yatırımların yapılamaması ve finansman yetersizlikleri, enerji verimliliğinin sağlanamaması yer almaktadır.

Ülkeler karşılaştırıldığında, kişi başına enerji kullanımı ile çocuk ölüm oranı, hayat beklentisi ve okur-yazarlık gibi önemli gelişme göstergeleri arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir. Enerji kullanımı 39 GJ'nin altında olan ülkelerde, çocuk ölüm oranlarının yüksek, yaşam süresi beklentilerinin düşük, okumamışlık oranlarının yüksek olduğu bulgusu elde edilmiştir. Bununla birlikte her zaman düşük enerji kullanımı ve refah yokluğu arasında nedensel bir ilişki olmasa da, enerjiye ulaşılabilirlik ile yokluk ve hastalık arasında önemli ilişkinin olduğu bilinmektedir. Enerji, yeterli yiyecek arzı ve sağlıklı yiyeceğin hazırlanması, ısınma ve aydınlatma için gereklidir. Aynı zamanda enerji gelişmenin önkoşulları olan , su arzı, sağlık bakımı ve eğitim için gereklidir. Dünya nüfusunun büyük bir kısmı temel ihtiyaçlarını karşılayacak enerjiden yoksun yaşamaktadır (Blok, 2007: 104).

1.1.3. Enerji ve Çevre İlişkisi

Fosil yakıtların enerji üretim ve tüketiminde kullanılması bir takım çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu çevresel etkileri; iklim değişikliği ve hava kirliliği olarak özetlememiz mümkündür. Global düzeyde ortalama sıcaklığın 2-3 C⁰ derece yükselmesinin, ilave iki milyar insanın su kıtlığı çekmesine, gelişmekte olan ülkelerde tarımsal verimlilikte ve yiyeceğe erişimde anlamlı azalmaların olmasına,

dünyadaki türlerin yaklaşık %20-30'nun neslinin tükenmesine neden olacağı hesaplanmıştır (Herring ve Sorrell, 2009: 1).

Tablo 1-4'te dünya genelinde 1973, 2007 ve 2008 yılları fosil yakıtların karbondioksit emisyonundaki payları verilmiştir. 1973 yılından 2008 yılına gelindiğinde petrolün CO₂ emisyonundaki payı %50.6'dan %36.8'e düşmüştür. Kömürün CO₂ emisyonundaki payı ise %34.9'dan %42.9'a yükselmiştir. Fosil yakıtlar içerisinde CO₂ emisyonu açısından çevreye en az zarar veren yakıt doğal gazdır (IEA, 2009: 44; IEA, 2010: 44).

Tablo 1-4: Dünya Genelinde CO₂ Emisyonunda Fosil Yakıtların Payı (%)

	1973	2007	2008
Petrol	% 50.6	%37.6	%36.8
Kömür/Turba	%34.9	%42.2	%42.9
Gaz	%14.4	%19.8	%19.9
Diğer	%0.1	%0.4	%0.4

*Sadece yakıtların yanması sonucu oluşan CO₂ emisyonunu içermektedir.**Diğer: Sanayi atıkları ve yenilenemeyen şehirsal atıkları içermektedir.

Kaynak: IEA, 2009: 44; IEA, 2010: 44.

Petrolün CO₂ emisyonunda payının azalmasında en önemli etkenlerden biri diğer enerji kaynaklarının enerji tüketiminde payının yükselmesidir. Fosil yakıtlar içerisinde emisyonu en fazla etkisi olan yakıt kömürdür. Çünkü kömürün içeriğinde yüksek oranda sülfür ve kül yer almaktadır. CO₂ emisyonunda bölgelerin payı ise şu şekildedir (IEA, 2009: 45; IEA, 2010: 45):

Tablo 1-5: 1973, 2007, 2008 yılları CO₂ Emisyonunda Bölgelerin Payı (%)

	1973	2007	2008
OECD	%65.8	%44.9	%43.0
Sovyetler Birliği	%14.4	%8.3	%8.3
Çin	%5.7	%21.0	%22.3
Asya	%3.0	%10.0	%10.3
Latin Amerika	%2.7	%3.5	%3.6
Afrika	%1.9	%3.1	%3.0
OECD Olmayan Avrupa	%1.7	%0.9	%0.9
Orta Doğu	%1.0	%4.8	%5.1

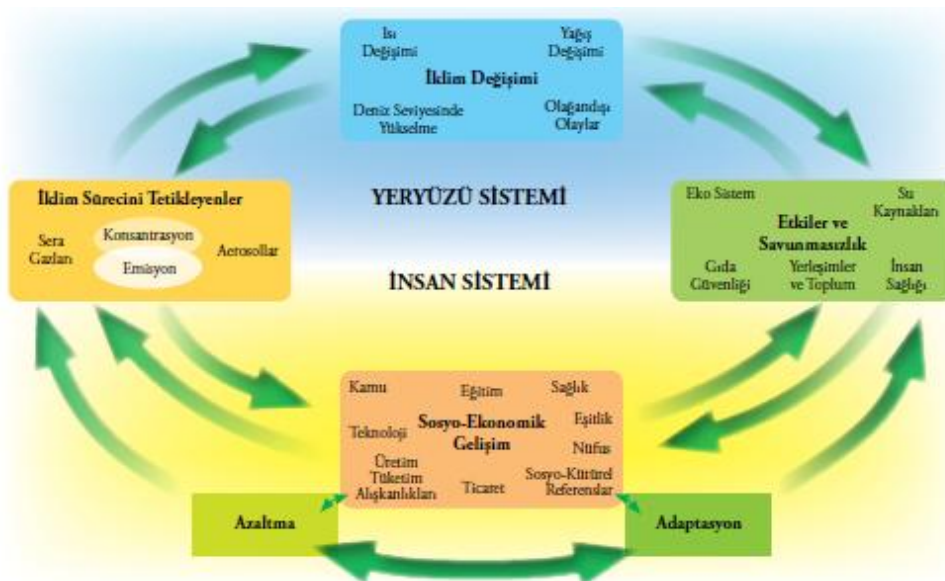
Depolar (Bunkers)	%3.8	%3.5	%3.5
Milyon Ton CO ₂	15 640	28 962	29 381
*Sadece yakıtların yanması sonucu oluşan CO ₂ emisyonunu içermektedir.			

Kaynak: IEA, 2009: 45; IEA, 2010: 45.

Bölgelerin CO₂ emisyonundaki payları dikkate alındığında 1973 yılında %65.8 olan OECD üye ülkelerin payının 2008 yılında %43.0' a düştüğü görülmektedir. Bu düşüşte OECD üyesi ülkelerin, özellikle gelişmiş ülkelerin, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını artırmaları, çevre dostu teknolojilere yönelmeleri, CO₂ emisyonunu azaltıcı politikaları desteklemeleri ve enerji verimliliği uygulamaları etkili olmuştur. CO₂ emisyonunda payı artan bölgelere baktığımızda ise Çin ve Asya'nın ilk sırada yer aldığı görülmektedir. 1973 yılında Asya'nın CO₂ emisyonunda %3.0 olan payı 2008 yılına geldiğimizde %10.3'e yükselmiştir. Çin'in payı ise %5.7'den %22.3'e yükselmiştir. Bu yükselişte Çin'in ve Hindistan'ın ekonomik büyüme sonucu enerji tüketimindeki artış etkili olmuştur.

Aşağıdaki şekil 1-1'de enerjinin insan sistemi ve yeryüzü sistemi arasındaki ilişkisi ekonomi-sosyal ve çevresel faktörler aracılığıyla açıklanmaya çalışılmıştır (TEVEM, 2010: 26):

Şekil 1-1: Enerji Çevre ve Sosyal Faktörler



Kaynak: TEVEM, 2010: 26.

Ülkelerin günümüzde ve gelecekte sadece enerji talebini karşılamaları yeterli değildir. Sağlanan enerjinin sürdürülebilir, güvenilir, düşük fiyatlı ve çevre dostu olması önemli bir konu haline gelmektedir. Fosil yakıtların çevreye vermiş olduğu zararlar, iklim değişiklikleri, enerji emisyonlarının azaltılması yönünde önlemleri gerektirmektedir. Bu önlemler arasında temiz yakma teknolojilerinin geliştirilmesi, nükleer enerji konusundaki endişelerin giderilmesi, alternatif kaynakların çeşitlendirilmesi ve maliyetinin düşürülmesi, fosil kaynaklara bağımlılığın azaltılması yer almaktadır (TÜBİTAK, 2003: 33). Bir risk unsuru olan enerji kaynaklarının kullanımı sonucu meydana gelen çevre sorunu önemini korumaktadır. Bu açıdan sera gazlarının sürdürülebilir gelişmeyi tehdit etmeyecek düzeyde tutulması yönünde önlemler alınması gerekmektedir (İTÜ, 2007: 15-16; Karadoğan, 2006: 31; Satman, 2006: 48).

1.1.4. Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınma

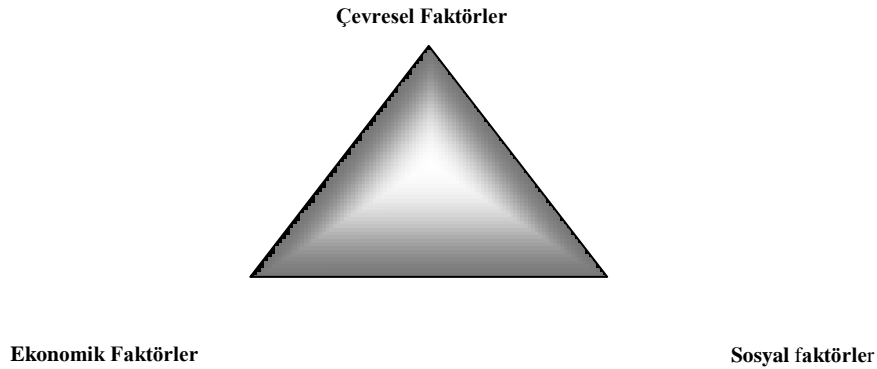
Sürdürülebilir kalkınma kavramı, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan “Ortak Geleceğimiz Raporu”ndan beri geniş olarak ilgilenilen bir konu haline gelmiştir. Ortak geleceğimiz raporunda sürdürülebilir kalkınma, *bugünkü kuşakların ihtiyaçlarının, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama imkanından ödün vermeden karşılanması* olarak tanımlanmaktadır (Aktaran: Blok, 2007: 108).

Sürdürülebilirlik kavramı Daily ve Ehrlich tarafından sosyal, ekonomik ve ekolojik sistemlerin en azından gereksinim duyulan düzeyde korunmasını ifade olan bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Arat’a göre ise, sürdürülebilirlik, bugünden geleceğe nasıl ve hangi stratejilerle girileceğinin belirlenmesini içermektedir. Pearce tarafından sürdürülebilir kalkınma “*devam eden zaman içinde azalmayan insan refahı*” olarak tanımlanmaktadır. Buzzelli ise sürdürülebilir kalkınmayı “çevremizle uyumlu bir ekonomik refah için kaynak tabanının korunması ve çocuklarımızın geleceğinin planlanması” şeklinde tanımlamaktadır. Kent Bilim Terimleri sözlüğünde ise sürdürülebilir kalkınma “*çevre değerlerinin ve doğal kaynakların savurganlığa yol açmayacak biçimde akılcı yöntemlerle, bugünkü ve gelecek*

kuşakların hak ve yararları da göz önünde bulundurularak kullanılması ilkesinden özveride bulunmaksızın, ekonomik gelişmenin sağlanmasını amaçlayan çevreci dünya görüşü” olarak tanımlanmaktadır (Aktaran: Karadaş, 2008: 31-32).

Sürdürülebilir kalkınma hem ekonomi hem çevre hem de sosyal gelişmişlikle yakından ilişkili bir kavramdır. Aşağıdaki şekilde enerjinin, ekonomi, çevre, sosyal boyut ilişkisi verilmiştir (Najam ve Cleveland, 2003: 119).

Şekil 1-2: Enerji ve Sürdürülebilir Kalkınma



Kaynak: Najam ve Cleveland, 2003: 119.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ekonomik açıdan göz önüne alındığında; enerji makroekonomik büyümenin en önemli motorudur. Hem yerel hem de global seviyede ise fosil kaynaklar çevresel kirliliğin ve çevresel baskıların temel kaynağıdır. Sosyal açıdan baktığımızda ise sürdürülebilir kalkınma, insanın temel ihtiyaçlarının yerine getirilmesinde ön koşuldur (Najam ve Cutter, 2003:120). Sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir enerji kavramlarının arasındaki ilişkiyi enerji verimliliğini dahil ederek ; yenilenebilir enerji, enerji verimliliği ve çevresel etkiler boyutunda ele almak da mümkündür. Sürdürülebilir kalkınma sürdürülebilir enerjiyi de içine alan geniş bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Karadaş, 2008: 4).

1.2. Dünyadaki Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları yaygın olarak enerji kaynağının elde edilebilmesi bakımından birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak da sınıflandırılmaktadır. Birincil kaynaklar

doğada hazır olarak bulunan, ikincil kaynaklar ise bir işlem sonucu elde edilen kaynaklardır. Bu sınıflamaya göre, petrol, doğal gaz, kömür, rüzgar, güneş gibi enerji kaynakları birincil enerji kaynakları olarak, nükleer enerji ve elektrik enerjisi gibi kaynaklar ise ikincil enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir (Ertürk, 2006: 105; İTÜ, 2007: 1; Karadaş, 2008: 58).

Birincil enerji kaynaklarını ise, yenilenebilir ve yenilenemez (tükenebilir) enerji kaynakları olarak sınıflandırmamız mümkündür. Yenilenemeyen enerji kaynakları bir defa kullanılıncaya kadar tekrar yerine konulamayan ve/veya kullanıldıktan sonra kısa bir süre sonra yeniden oluşamayan petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil enerji kaynaklarını kapsamaktadır. Bu enerji kaynakları milyonlarca yıl önce ölmüş bitki ve hayvan gibi organik kalıntıların yerkürenin içerisinde ısı ve basınç altında oluşmuş fosillerinden kaynaklanmaktadır. Yenilenemeyen kaynaklar stok kaynaklar olarak da adlandırılabilir. Yenilenebilen kaynaklar ise, doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen, kullanılmasına rağmen azalmayan tükenmeyen, sürekli ve tekrar tekrar kullanılabilen pratik olarak sınırsız olarak kabul edilen enerji kaynaklarından oluşmaktadır. En bilinen yenilenebilir enerji kaynakları olarak güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidrojen, hidrolik, biyokütle, gelgit ve dalga enerjisi enerji çeşitlerini söylememiz mümkündür. Bu kaynaklar akım kaynakları olarak da adlandırılmaktadır (Ertürk, 2006: 105; İTÜ, 2007: 1; Karadaş, 2008: 58). Ancak bu enerji formlarının çoğuyla günlük hayatımızda sıklıkla karşılaşmamaktayız. Araba kullanırken ve evimizi ısıtırken kullandığımız yakıtlar dışında genelde kullandığımız enerji değişim geçirmektedir. Bu değişim geçirmiş enerji formu ise aydınlatmada ya da elektrikli araç ve gereçlerde kullandığımız elektrik enerjisidir. Yani ikincil enerji kaynağıdır (Nersesian, 2010: 15).

Aşağıdaki alt bölümde dünya genelinde enerji arz ve tüketim değerleri ile birincil enerji arz ve tüketim değerleri ele alınmıştır.

1.2.1. Dünyada Enerji Arzı ve Tüketimi

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdisi olan enerji sanayi, konut ve ulaştırma olarak çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Günümüzde mevcut enerji tüketiminin %90'ı fosil yakıtlardan karşılanırken, %10'luk kısmı hidrolik ve nükleer enerjiden karşılanmaktadır (Ertürk, 2006: 105). Dünya fosil enerji kaynaklarında petrolde 40 yıl, doğal gazda 62 yıl, kömürde ise 216 yıl yetecek üretilebilir rezerv mevcut olduğu düşünülmektedir (Pamir, 2003: 4). Dünyada gerekli kaynakların ve rezervlerin varlığı dikkate alındığında, dünyada 1000 milyar varil (143 milyar ton) üretilebilir petrol rezervinin ve 155 trilyon m³ (140 milyar ton petrol eşdeğeri enerji ya da 975 milyar varil petrol eşdeğeri enerji) üretilebilir doğal gaz rezervinin olduğu bilinmektedir (Satman, 2006: 51).

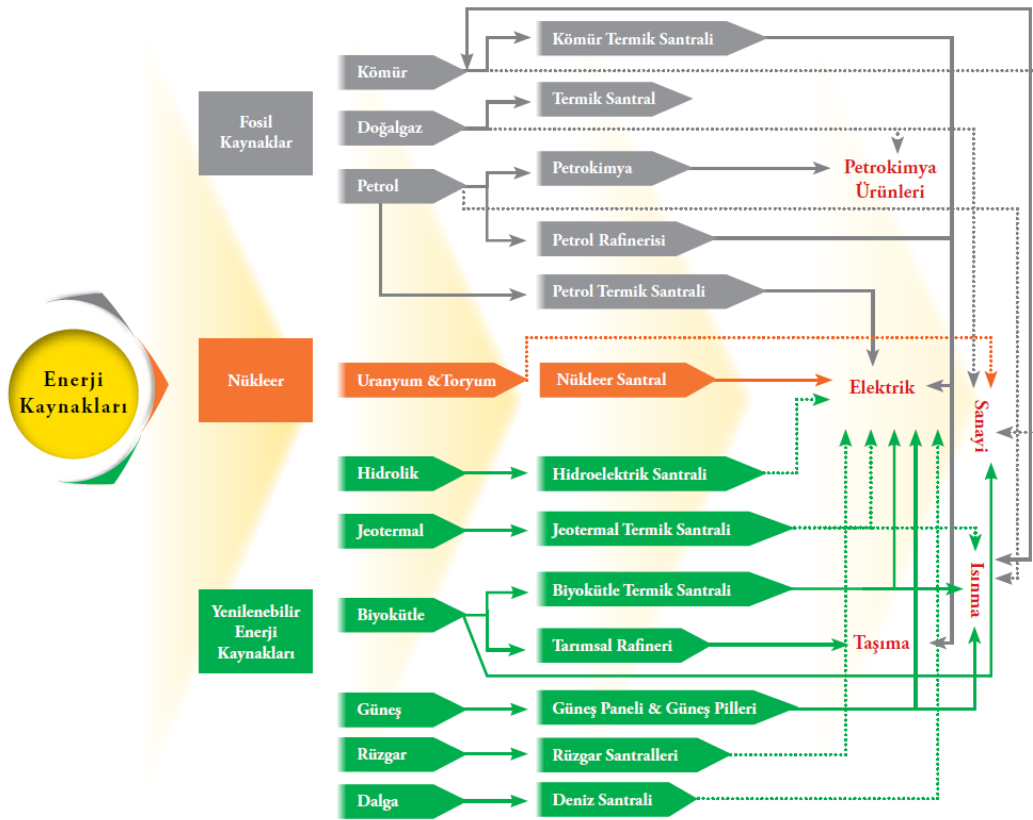
1.2.2. Dünya'da Enerji Üretimi

Enerji üretimi, tepkimeye girmeyen maddelerin ve yabancı maddelerin ayrıştırıldıktan sonra yeryüzünden çıkarılan yakıt miktarlarını ifade etmektedir. Nükleer, hidrojen ve güneş gibi yanmayan enerjiler için, fiziksel enerji içerik yöntemi kullanılarak birincil enerji eşitliği hesaplanmaktadır. Fiziksel enerji içerik yöntemi, her bir kaynağın enerji içeriği için milyon ton eşdeğer petrol enerjisiyi açıklamaktadır. Enerji üretimi, herbir ülkenin doğal kaynaklarının ve bu kaynakları faydalı olarak kullanmadaki ekonomik yoğunluğun bir fonksiyonudur (OECD, 2010: 118).

Aşağıdaki şekil 1-3'te enerji üretim sektörü değer zincirine yer verilmiştir. Enerji üretim değer zincirinde fosil, nükleer ve yenilenebilirlerin üç temel enerji kaynağı olduğu görülmektedir. Zincirin I. ve II. halkasını kaynaklar, III. halkasını işletim sistemleri ve IV. halkayı ürünler (çıktılar) oluşturmaktadır. Enerji üretim zincirindeki ürünler; petrokimya, elektrik enerjisi, ısınma ve taşıma fonksiyonları şeklindedir. Kömür ve doğal gaz doğrudan ısınmada kullanılabileceği gibi termik santrallerde elektriğe dönüştürülerek de kullanılabilmektedir. Petrol, petrokimya ürünlerine dönüştürülerek sanayi ve ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır. Nükleer enerji, nükleer santrallerde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Yenilenebilir

enerji hem elektrik enerjisi hem de ısınma amaçlı kullanılmaktadır (TEVEM, 2010: 36).

Şekil 1-3: Enerji Üretim Sektörü Değer Zinciri



Kaynak: TEVEM, 2010: 36.

Dünya enerji üretimi 1971 ve 2007 yılları arasında yıllık %2.1 oranında yükselerek 11.9 milyar ton petrol eşdeğerine ulaşmıştır. 2007 yılında dünya üretiminde OECD'nin payı %32 olarak gerçekleşmiş ve temel enerji üreticisi bölge olmuştur. 2007 yılı Çin'in dünya enerji üretiminde payı %15, ABD'nin payı %14, Orta Doğu bölgesinin %13 ve Rusya Federasyonu'nun payı ise %10'dur. 1971'den itibaren dünya enerji üretiminde OECD'nin, Orta Doğu'nun ve Eski Sovyetler Birliği'nin payı düşerken, Latin Amerika ve OECD üyesi olmayan Avrupa ülkeleri

enerji üretimindeki istikrarını korumuştur. Diğer taraftan Çin'in (Asya'nın diğer kısmı gibi) enerji üretimindeki payı 1971 yılından itibaren yükselmiş ve 2006 yılında en büyük enerji üreticisi olarak ABD'nin yerini almıştır. 1971 yılından 2007 yılına kadar geçen süre içinde enerji bileşimi de değişiklik göstermiştir. Nükleer enerji 1971'den itibaren yıllık ortalama %9.3 büyüyerek üretimdeki payı %0.5'ten %5.9'a yükselmiştir. Aynı süreçte son 35 yılda yenilenebilir enerji de yüksek bir büyüme oranı göstermiştir ancak toplam üretimdeki payı düşük seviyede kalmıştır. Doğal gazın toplam enerji üretimindeki payı 1971 yılında %16.0'dan 2007'de %20.9'a yükselirken, petrolün payı %45.1'den %33.5'e düşmüş, kömür ve turbanın üretimdeki payı yavaş bir şekilde %26.9'a yükselmiştir (OECD, 2010: 118).

Tablo 1-6: 1971-2001 Dönemi Ülkelerin Toplam Enerji Üretimleri (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri -Mtoe)

	1971	1990	1997	1998	1999	2000	2001
Çek Cum.	39.9	40.1	32.9	30.8	28.1	29.9	30.6
Fransa	47.6	112.5	129.5	126.5	128.4	132.2	133.0
Almanya	175.2	186.2	143.6	136.0	137.2	135.3	134.7
Yunanistan	2.1	9.2	9.6	9.8	9.5	10.0	10.0
Macaristan	11.8	14.6	13.3	12.5	11.9	11.6	11.3
İtalya	19.5	25.3	30.4	30.3	29.2	28.2	26.9
Japonya	35.8	75.1	106.2	109.1	104.5	105.8	104.7
Kore	6.4	22.6	23.7	27.1	30.6	32.6	33.2
Polonya	99.2	103.9	100.0	87.6	83.9	79.6	80.3
Türkiye	13.8	25.8	28.0	29.1	27.5	25.9	24.4
İngiltere	109.8	208.0	268.3	271.9	281.6	272.4	262.3
ABD	1436.4	1649.4	1683.7	1696.9	1678.5	1675.3	1697.3
EU27	-	944.7	980.3	953.4	955.0	946.3	946.0
OECD Top.	2343.7	3420.0	3795.8	3805.8	3786.8	3824.2	3843.5
Çin	394.1	886.3	1094.3	1083.5	1059.6	1061.0	1089.7
Hindistan	141.5	291.1	351.6	350.3	357.4	364.3	327.3
Rusya Fed.	-	1280.3	921.6	928.4	950.5	966.5	996.1
Güney Afrika	37.8	114.5	143.4	145.0	145.0	145.6	144.9
Top. Dünya	5655.0	8796.7	9620.8	9730.6	9729.7	9968.9	10104.0

Kaynak: OECD, 2010: 119.

1971-2001 dönemi dünya geneli enerji üretimi 5,6 milyar ton petrol eşdeğerinden (5 655 milyon ton petrol eşdeğeri) 10,1 milyar ton petrol eşdeğerine (10 104 milyon tep) yükselmiştir. 2001 yılında ABD 1,6 milyar tep (1697.3 milyon tep) enerji üretimiyle birinci sırada yer almıştır. ABD'yi sırasıyla Çin, Rusya

Federasyonu ve Hindistan izlemiştir. Türkiye'nin enerji üretiminde geri düzeylerde kaldığı dikkatleri çekmektedir. 1971 yılında 13.8 milyon tep olan enerji üretimimiz 2001 döneminde 24.4 milyon tepe yükselmiştir. Aşağıdaki tablo 1-7'de ülkelerin 2002-2008 dönemi toplam enerji üretim değerlerine yer verilmiştir.

Tablo 1-7: 2002-2008 Dönemi Ülkelerin Toplam Enerji Üretimleri (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri -Mtoe)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Çek Cum.	30.7	33.4	34.5	32.9	33.6	33.7	33.0
Fransa	135.0	136.8	138.0	137.8	137.7	135.4	136.2
Almanya	134.5	135.9	138.0	135.3	136.4	137.0	133.2
Yunanistan	10.2	9.9	10.3	10.3	10.1	12.1	12.0
Macaristan	11.2	10.4	10.2	10.4	10.3	10.2	10.4
İtalya	27.5	27.8	28.4	27.8	27.4	26.4	27.1
Japonya	96.9	84.0	95.0	100.4	101.3	90.5	87.1
Kore	35.0	38.1	38.4	43.0	43.8	42.5	44.7
Polonya	80.2	79.9	78.8	78.6	77.9	72.6	70.6
Türkiye	24.1	23.6	24.1	23.9	26.3	27.3	27.3
İngiltere	258.3	246.6	225.6	205.0	186.6	176.2	166.9
ABD	1664.6	1633.4	1644.4	1629.9	1653.5	1665.2	1716.1
EU 27	944.7	937.2	934.0	900.2	881.0	860.6	-
OECD Top.	3843.5	3807.0	3851.0	3827.5	3836.0	3832.9	3847.5
Çin	1166.2	1311.2	1486.5	1615.6	1718.4	1814.0	-
Hindistan	381.4	394.3	407.4	420.3	435.8	450.9	-
Rusya Fed.	-	1034.5	1106.9	1158.4	1197.1	1220.0	-
Güney Afrika	143.7	153.3	157.5	158.6	158.0	159.6	-
Dünya Top.	10208.4	10602.5	11097.3	11456.0	11742.0	11939.5	-

Kaynak : OECD, 2010: 119.

2007 yılında dünya genelinde 11,9 milyar tep (11939.5 milyon tep) enerji üretimi gerçekleştirilmiştir. 2007 yılı enerji üretimi verilerine baktığımızda dünya enerji üretiminde birinci sırayı Çin'in aldığı görülmektedir. 2007 yılı Çin'in enerji üretimi 1,8 milyar tep (18140.0 milyon tep) olarak gerçekleşmiştir. Enerji üretiminde ikinci sırayı 1,6 milyar tep (1665.2 milyon tep) ile ABD izlemiştir. Enerji üretiminde önde gelen diğer ülkeler ise sırasıyla Rusya Federasyonu, Hindistan'dır.

1.2.2.1. Dünya'da Birincil Enerji Arzı

1971 ve 2007 döneminde dünya birincil enerji arzı 12.0 milyon ton petrol eşdeğerine yükselmiştir. Bu dönemde büyüme oranı yıllık %2.2 eşittir. Aynı

dönemde dünya nüfusu %1.6, gsyih yıllık %3.5 oranında büyümüştür (OECD, 2010: 106).

Aşağıdaki tablo 1-8’de 1973, 2007 ve 2008 yılları dünya toplam birincil enerji arzında bölgelerin payı verilmiştir. 1973-2008 dönemi dikkate alındığında dünya toplam birincil enerji arzında ilk sırayı OECD ülkelerinin aldığı görülmektedir. Buna karşın birincil enerji arzı üretiminde OECD’nin payı %61.0’dan %44.2’ye düşmüştür. Benzer şekilde 1973 yılında dünya birincil enerji arzında ikinci sırada yer alan Sovyetler Birliği’nin payı %13.9’dan 2008 yılında %8.5’e düşmüştür. 2008 yılında Çin’in dünya birincil enerji arzındaki payı ise %17.4 gibi yüksek bir seviye ulaşmış ve dünya genelinde birincil enerji arzı üretiminde OECD’den sonra ikinci sıraya gelmiştir. Dünya birincil enerji arzı üretiminde payı yükselen diğer bir bölge ise Asya’dır. 1973 yılında %5.6 olan toplam birincil enerji arzındaki payı 2008 yılında %11.5’e yükselerek dünya birincil enerji arzı üretiminde üçüncü sıraya gelmiştir. 2008 yılında Orta Doğu, Latin Amerika ve Afrika bölgelerinin dünya birincil enerji arzındaki payları ise sırasıyla %4.8, %4.7 ve %5.3 olarak düşük bir düzeyde gerçekleşmiştir (IEA, 2009: 8; IEA, 2010: 8):

Tablo 1-8: 1973-2007-2008 Yılları Dünya Toplam Birincil Enerji Arzında Bölgelerin Payı (%)

	OECD	Sovyetler Bir.	Çin	Asya	Latin Amerika	Afrika	Orta Doğu	Oecd Üyesi Olmayan Avrupa	Depolar
1973	% 61.0	%13.9	%7	%5.6	%3.6	%3.4	%1	%1.5	%3
2007	%45.7	%8.5	%16.4	%11.4	%4.6	%5.2	%4.6	%0.9	%2.7
2008	%44.2	%8.5	%17.4	%11.5	%4.7	%5.3	%4.8	%0.95	%2.7

Asya bölgesine Çin dahil edilmemiştir. Depolar uluslararası havacılık ve denizcilik depolarını içermektedir.

Kaynak: IEA , 2009: 8; IEA , 2010: 8.

Aşağıdaki tablolarda ülkelerin 1971-2000 ve 2000-2008 dönemi birincil enerji arz değerleri milyon tep olarak verilmiştir. Bu dönem içerisinde, 1974-1975 ve 1980’lerin başında yaşanan iki petrol şoku ve 1990’ların başında Sovyetler Birliği’nin dağılması dışında dünya birincil enerji arzı durağan-sabit bir seyir izlemiştir. Cari dönemde yaşanan krizle birlikte 2008 yılında enerji arzı yavaşlamıştır. OECD’nin dünya birincil enerji arzındaki payı 2007 yılında

düşmüştür. Asya ülkelerindeki yaşanan güçlü ekonomik gelişme OECD üyesi olmayan Asya ülkelerinin dünya enerji arzındaki paylarının yükselmesine neden olmuştur. Bu ülkelerin dünya enerji arzındaki payı 1971 yılında %13 iken 2007 yılında %28'e yükselmiştir (OECD, 2010: 106).

Tablo 1-9: 1971-2000 Dönemi Ülkelerin Birincil Enerji Arz Değerleri (Mtoe)

	1971	1990	1998	1999	2000
Çek Cum.	45.4	48.8	41.0	38.3	40.3
Fransa	158.6	224.5	250.8	250.6	253.2
Almanya	305.0	351.4	343.3	335.6	337.3
Yunanistan	8.7	21.4	25.6	25.7	27.1
Macaristan	19.0	28.7	25.7	25.5	25.0
İtalya	105.4	146.7	165.5	167.5	170.7
Japonya	267.5	438.1	499.8	507.5	517.7
Kore	17.0	93.1	159.5	176.1	188.9
Polonya	86.1	103.1	95.5	93.0	89.7
Türkiye	19.5	52.8	71.7	70.4	76.3
İngiltere	208.7	207.2	222.2	222.7	224.0
ABD	1587.5	1913.2	2162.8	2220.2	2283.3
EU-27	-	1636.9	1687.1	1673.2	1685.7
OECD Top.	3357.9	4478.2	5046.5	5136.2	5249.7
Çin	391.7	863.1	1083.9	1083.7	1092.2
Hindistan	156.2	318.2	423.0	448.4	457.4
Rusya Federasyonu	-	870.0	577.8	599.3	610.1
Güney Afrika	45.1	90.9	108.1	108.2	110.3
Dünya Top.	5533.2	8761.7	9614.7	9805.8	10018.7
*Tablolar toplam birincil enerji arzını göstermektedir. Toplam birincil enerji arzı, üretim artı ithalat eksi ihracat eksi uluslararası depo(bunkers) eksi ya da artı stok değişmelerine eşittir. Birim olarak petrol eşdeğeri ton (toe=tonne of oil equivalent) kullanılmıştır. Petrol eşdeğeri ton 10 ⁷ kilokalori (41.868 gigajoule) ile tanımlanmaktadır.					

Kaynak: OECD, 2010: 107.

Dünya genelinde 2000 yılında 10,0 milyar tep (10018.7 milyon tep) birincil enerji arzı gerçekleşmiştir. OECD üyesi ülkelerin birincil enerji arzı 5,2 milyar tep (5249.7 milyon tep), EU-27'nin arzı ise 1,6 milyar tep (1685.7 milyon tep) olarak gerçekleşmiştir. Ülke bazında incelediğimizde ise dünya birincil enerji arzında ilk sırayı 2,2 milyar tep ile ABD ve ikinci sırayı 1,09 milyar tep ile Çin almıştır.

Tablo 1-10: 2001-2008 Dönemi Ülkelerin Birincil Enerji Arz Değerleri (Mtoe)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Çek Cum.	41.3	41.8	44.4	45.5	44.9	45.9	45.8	45.4
Fransa	261.2	261.9	266.7	270.7	271.4	267.7	263.7	266.9
Almanya	347.4	339.3	342.1	343.5	338.7	341.2	331.3	334.8
Yunanistan	28.0	28.3	29.1	29.7	30.2	30.2	32.2	32.6
Macaristan	25.6	25.6	26.1	26.2	27.6	27.3	26.7	26.6
İtalya	171.3	171.6	178.5	180.6	182.9	181.1	178.2	174.5
Japonya	509.5	509.0	504.8	520.9	518.9	518.3	513.5	491.1
Kore	191.4	201.8	205.7	211.1	210.4	213.8	222.2	227.2
Polonya	89.7	88.9	91.1	91.4	92.4	97.3	97.1	98.4
Türkiye	70.4	74.2	77.8	80.9	84.4	93.0	100.0	96.5
İngiltere	224.9	219.2	223.2	222.7	222.7	219.4	211.3	207.4
ABD	2239.4	2269.3	2264.3	2311.0	2323.4	2302.8	2339.9	2297.0
EU 27	1725.3	1720.1	1760.5	1777.9	1778.9	1178.9	1758.8	-
OECD Top.	5229.6	5274.6	5330.0	5433.2	5470.7	5461.8	5497.1	5433.7
Çin	1087.6	1176.5	1339.2	1558.2	1689.8	1845.4	1955.8	-
Hindistan	463.9	476.2	488.7	516.6	534.1	561.0	594.9	-
Rusya Fed.	617.3	613.8	635.6	637.5	651.3	670.8	672.1	-
Güney Afrika	108.3	104.3	117.1	128.6	126.8	129.2	134.	-
DünyaTop.	10050.8	10271.5	10628.1	11122.7	11425.5	11720.1	12029.3	

*Tablolar toplam birincil enerji arzını göstermektedir. Toplam birincil enerji arzı, üretim artı ithalat eksi ihracat eksi uluslararası depo(bunkers) eksi ya da artı stok değişmelerine eşittir. Birim olarak petrol eşdeğeri ton (toe=tonne of oil equivalent) kullanılmıştır. Petrol eşdeğeri ton 10⁷ kilokalori (41.868 gigajoule) ile tanımlanmaktadır.

Kaynak OECD, 2010: 107.

2007 yılı itibariyle dünya genelinde toplam birincil enerji arzı 12,0 milyar tep (12029.3 milyon tep) olarak gerçekleşmiştir. EU 27'nin 2007 yılı toplam birincil enerji arzı 1,7 milyar tep (1758.8 milyon tep), OECD'nin toplam birincil enerji arzı 5,4 milyar tep (5497.1 milyon tep) olarak gerçekleşmiştir. 2007 yılında dünya genelinde dünya birincil enerji arzında ilk sırada sırasıyla ABD, Çin, Rusya Federasyonu, Japonya ve Hindistan gelmektedir. Estonya, Lüksemburg, Slovenya ise dünya toplam birincil enerji arzında sonlarda yer almaktadır. 2030 yılında Japonya'nın toplam birincil enerji arzının 488 milyon tep, ABD'nin 2,39 milyar (2 396 milyon tep), EU 27'nin 1,7 milyar tep (1 781 milyon tep), toplam OECD'nin 5 811 milyon tep, Çin'in 3 827 milyon tep, Hindistan'ın 1 287 milyon tep, Rusya Federasyonu'nun 812 milyon tep ve dünyanın toplam birincil enerji arzının 16 790 milyon tep olacağı tahmin edilmektedir (OECD, 2010: 107).

1.2.2.2. Dünya’da Enerji Üretimi ve Arzında Kaynakların Payı

2003-2023 dönemindeki genel eğilimler değerlendirildiğinde dünya birincil enerji arzının %1.7 gibi ortalama yıllık büyüme hızıyla 2023 yılına kadar yaklaşık %40’tan fazla artacağı ve bu artışın %85’e yakınının fosil yakıtlar tarafından karşılanacağı öngörülmektedir. Bu ise, petrol ve doğal gaz gibi yakıtların rezervlerinin genişletilmesini ve kullanımdaki verimliliklerin yükseltilerek enerji yoğunluğunun düşürülmesini gerektirmektedir. Petrolün yaklaşık %50’sini ihraç eden OPEC’e üye Orta Doğu ülkelerinin bu payının %75’lere yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu ise bu bölgenin stratejik önemini artırmaktadır. Kuzey Denizi ve ABD’deki petrol üretiminin azalması, hem gelişmiş hem de Çin gibi gelişmekte olan ülke ekonomilerinin petrol taleplerinin artması, gelecekte uluslararası rekabetin ve güvenlik risklerinin artacağı yönünde beklentilere neden olmaktadır (TÜBİTAK, 2003: 33).

2000 yılında dünyada, ABD ve Kanada’da birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1-11: 2000 Yılı Dünya Birincil Enerji Arzı Kaynaklarına Göre Dağılımı (%)

Kaynaklar	Dünya	ABD ve Kanada
Petrol	39	38
Kömür	26	22
Doğal Gaz	23	24
Hidro Güç	2	2
Nükleer	7	9
Güneş, rüzgar, jeotermal ve diğer	3	4

Kaynak: TUBİTAK, 2003: 20.

2000 yılı itibariyle dünya birincil enerji arzında ilk sırada %39’luk payla petrol, ikinci sırada %26’lık payla kömür gelmektedir. 2000 yılı itibariyle nükleer enerjinin birincil enerji arzındaki payı %7 iken, yenilenebilir kaynakların payı ise %3 civarındadır. 2000 yılı itibariyle dünya birincil enerji arzında fosil yakıtların ağırlıklı olarak önemini koruduğu görülmektedir.

Aşağıdaki tabloda 1971- 2007 yıllarında kaynaklara göre toplam enerji üretim değerleri yüzde olarak verilmiştir. 1971 yılında dünya enerji üretiminde ilk sırada

%45.1'lik payla petrol, ikinci sırada ise % 25.5'lik payla kömür ve turba gelmektedir. 2007 yılında dünya enerji üretiminde petrol hakim kaynak olmakla birlikte payı %33.5'e düşmüştür. Kömür ve turbanın payı %26.9'a, doğal gazın payı ise %16'dan %20.9'a yükselmiştir. Dünya enerji üretiminde nükleer enerjinin payı hızlı bir şekilde yükselmiş 1971 yılında %0.5 olan payı 2007 yılında %5.9 olarak gerçekleşmiştir (OECD, 2010: 118):

Tablo 1-12: 1971, 2007 ve Yıllarına Ait Kaynaklara Göre Toplam Enerji Üretimi Değerleri (%)

	Hidro	Nükleer	Kömür ve Turba	Doğal Gaz	Petrol	Diğer*
1971	%1.8	%0.5	%25.5	%16	%45.1	%11.1
2007	%2.2	%5.9	%26.9	%20.9	%33.5	%10.5

*jeotermal, güneş, rüzgar, vd.

Kaynak: OECD, 2010: 118.

Aşağıdaki tablo 1-13'de 1973, 2007 ve 2008 yıllarına ait toplam birincil enerji arzında kaynakların payı verilmiştir. Bu süreç içerisinde fosil yakıtların toplam birincil enerji arzında hakim olduğu görülmektedir. Petrolün toplam birincil enerji arzındaki payı düşmekle birlikte 2008 yılı itibariyle birinci sırada gelmektedir. Petrolü diğer fosil yakıtlardan kömür/turba ve doğal gaz izlemektedir. Jeotermal, güneş, rüzgar gibi yenilenebilirlerin toplam birincil enerji arzındaki payı ise sırasıyla %0.1, %0.7 ve %0.7, nükleer enerjinin payı ise 2008 yılı itibariyle %5.8 olarak gerçekleşmiştir (IEA, 2009: 6; IEA, 2010: 6):

Tablo 1-13: 1973, 2007 ve 2008 Yıllarına Ait Kaynaklara Göre Toplam Birincil Enerji Arzı (%)

	Hidro	Nükleer	Kömür ve Turba	Doğal Gaz	Petrol	Yanabilen Yenilen. ve Atıklar	Diğer*
1973	%1.8	%0.9	%24.5	%16	%46.1	%10.6	%0.1
2007	%2.2	%5.9	%26.5	%20.9	%34	%9.8	%0.7
2008	%2.2	%5.8	%27	%21.1	%33.2	%10	%0.7

*jeotermal, güneş, rüzgar, vd.

Kaynak: IEA , 2009: 6; IEA , 2010: 6.

IEA (2009) ve IEA (2010)'a göre 2030 yılında toplam birincil enerji arzında yakıt paylarının şu şekilde olacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2009: 46; IEA, 2010: 46):

Tablo 1-14: Referans ve 450 Politika Senaryosuna Göre 2030 Yılı Toplam Birincil Enerji Arzında Yakıt Payları Tahmini (%)

Kaynaklar	IEA (2009)				IEA (2010)			
	Referans 2030	Senaryo	450 Politika 2030	Senaryo	Referans 2030	Senaryo	450 Politika 2030	Senaryo
Petrol*	%30.1		%30.0		%29.8		%29.5	
Gaz	%21.6		%20.5		%21.2		%20.4	
Kömür	%28.8		%16.6		%29.1		%18.2	
Nükleer	%5.3		%9.5		%5.7		%9.9	
Hidro	%2.4		%3.9		%2.4		%3.4	
Diğer **	%11.8		%19.5		%11.8		%18.5	
Toplam birincil enerji arzı (milyon tep)	17 014		14 361		16 790		14 389	

*Uluslararası havacılık ve uluslararası denizcilik depo-sığınaklar dahildir. **Yanabilir yenilenebilirler& atıklar, jeotermal, güneş, rüzgar, gelgit vb.*** Referans Senaryo cari politikalara göre tahmin edilmiştir.**** 450 Politika Senaryosu uygulanması düşünülen politikalar dikkate alınarak yapılan tahminlere dayanmaktadır.

Kaynak: IEA, 2009: 46; IEA, 2010: 46.

IEA (2010) tarafından yapılan referans senaryoya ve 450 politika senaryosuna göre 2030 yılında dünya birincil enerji arzının sırasıyla 16 790 milyon tep (16.7 milyar tep) ve 14 389 milyon tep (14.3 milyar tep) olacağı tahmin edilmektedir. 2030 yılında birincil enerji arzında fosil yakıtların ağırlıklı olacağı dikkatleri çekmektedir. Uygulanması düşünülen politikalar dikkate alınarak öngörülen 450 politika senaryosuna göre 2030 yılında dünya enerji arzında nükleerin payı %9.9, yanabilir yenilenebilirler ve atıklarında da dahil edildiği jeotermal, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilirlerin payının ise %18.5 olacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2010: 6).

Toplam birincil enerji arzında nükleer ve yenilenebilir kaynakların payının yükselmesinde fosil yakıtların çevreye vermiş oldukları zararları azaltmaya yönelik politikaların ve dünya genelinde sürdürülebilir enerjiye dönüşüm eğilimlerinin artmasının etkili olduğu söylenebilir.

1.2.3. Dünya’da Enerji Tüketimi

Dünya genelinde nüfusun artması, ekonomik büyüme, sosyal ve ekonomik gelişme gibi faktörler nedeniyle enerji tüketimi ve enerji talebi yükselmektedir. Bununla birlikte ülkelerin tükettiği enerji miktarı ve kişi başına enerji tüketim miktarları farklılık göstermektedir. Ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişmişlik

düzeyleri karşılaştırılırken tüketilen enerji ve kişi başına tüketilen enerji miktarları önemli göstergeler olarak kullanılmaktadır.

1.2.3.1. Dünya’da Birincil Enerji Tüketimi

Aşağıdaki tablo 1-15’te 1998-2008 dönemi dünyada çeşitli bölgelerdeki birincil enerji tüketim değerleri verilmiştir. Bu dönem içerisinde dünya genelinde birincil enerji tüketiminin yükseldiği gözlemlenmiştir. 1998 yılında dünya birincil enerji tüketimi 8,8 milyar tep (8888.5 milyon tep) iken, 2008 yılında 11,9 milyar tep (11924.0 milyon tep) birincil enerji tüketimi gerçekleşmiştir. Dünya genelinde 2008 yılı itibarıyla dünya birincil enerji tüketiminde birinci sırada %48’lik payla OECD üyesi ülkeler gelmektedir. OECD üyesi ülkelerin birincil enerji tüketimi 1998 yılında 5,1 milyar tep (5164.3 milyon tep) ve 2008 yılında 5,5 milyar tep (5508.4 milyon tep) olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında dünya birincil enerji tüketiminde 2008 yılı itibarıyla ikinci sırada %35’lik payla Çin’in de dahil olduğu Asya Pasifik bölgesi gelmektedir. ABD’nin Kanada’nın ve Meksika’nın içinde bulunduğu Kuzey Amerika Bölgesi’nin 1998 yılında 2,3 milyar tep (2635.0 milyon tep) enerji tüketimi 2008 yılında 2,7 milyar tep (2799.1 milyon tep) yükselmiş ve dünya genelinde enerji tüketiminde %24.8’lik bir paya sahip olmuştur. AB ülkelerinin dünya enerji tüketimindeki payı ise, %15 düzeyinde gerçekleşmiştir. Dünya genelinde birincil enerji tüketiminde en düşük paya sahip bölge %3.2’lik payla Afrika bölgesidir. Afrika bölgesini Güney ve Orta Amerika bölgesi ve Orta Doğu bölgesi izlemiştir (BP, 2009: 40).

Tablo 1-15: 1998-2008 Dünya Birincil Enerji Tüketim Değerleri (Milyon tep)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2008 Top. içindeki pay %
Kuzey Amerika	2635.0	2680.0	2747.8	2688.4	2728.7	2751.9	2803.6	2819.2	2803.2	2849.4	2799.1	24.8
Güney ve Orta Amerika	447.8	448.7	459.5	462.3	465.7	470.7	490.9	511.6	538.4	563.5	579.6	5.1
Avrupa ve Avrasya	2759.9	2757.1	2806.9	2827.9	2835.3	2877.2	2925.9	2937.7	2978.7	2956.9	2964.6	26.2
Orta Doğu	373.9	384.2	399.5	424.4	444.2	463.4	492.6	533.2	555.1	577.6	613.5	5.4
Afrika	266.9	273.7	276.1	281.5	289.1	302.3	318.2	323.5	327.5	341.0	356.0	3.2
Asya Pasifik	2405.0	2477.7	2572.8	2638.7	2739.8	2945.8	3227.6	3430.0	3617.9	3816.0	3981.0	35.0
Dünya	8888.5	9021.5	9262.6	9323.1	9502.8	9810.5	10258.	10555.	10820.	11104.	11294.	100
AB	1689.2	1685.1	1703.9	1731.9	1717.2	1748.6	1770.1	1771.8	1773.4	1732.2	1728.2	15.3
OECD	5164.3	5237.2	5353.9	5318.8	5356.3	5415.7	5513.0	5551.2	5548.0	5568.3	5508.4	48.8
Eski Sovyetler Birliği	902.4	905.0	925.7	927.0	943.5	953.0	973.4	973.8	1011.7	1022.8	1028.9	9.1

*Birincil enerji sadece ticari olarak ticarete konu olan yakıtlardan oluşmaktadır. Bu nedenle birçok ülkede önemli olmasına karşın tüketim istatistiklerinde gerçek olarak dokümantasyon edilemeyen odun, turba, hayvan atığı gibi yakıtları içermemektedir. Aynı zamanda rüzgar, jeotermal ve güneş enerjisi üretimi de dahil değildir.

Kaynak: BP, 2009: 40.

IEA (2008) tarafından yapılan referans senaryoya göre 2006-2030 döneminde dünya birincil enerji talebi yıllık ortalama % 1.6, toplamda %45 oranında artacak ve 11,7 milyar tepden (11730 milyon tep), 17,0 milyar tepe (17010 milyon tep) yükselecektir. IEA (2008) tahminlerinde enerji talebi, fiyat yükselişlerinden ve ekonomik büyümeden etkilenmektedir. 2006 ve 2030 dönemindeki dünya birincil enerji talebindeki artışın yaklaşık yarısının Çin ve Hindistan gibi ekonomik büyümesini devam ettiren ülkelerden kaynaklanacağı tahmin edilmektedir. Orta Doğu ülkelerinin enerji talebini karşılamada önemli talep merkezleri olma konumlarını koruyacağı ve dünya enerji talebine %11'in üzerinde katkı sağlayacağı, OECD üyesi olmayan ülkelerin dünya birincil enerji talebindeki paylarının %51'den %62'ye yükseleceği diğer öngörüler arasındadır (IEA, 2008: 4).

IEA (2010) tarafından hazırlanan World Out Look 2010'de 2008-2035 yılları arasında dünya birincil enerji talebinin %36 oranında yükseleceği tahmin edilmektedir. Dünya birincil enerji talebinin yılda ortalama %1.2 artarak, 12,3 milyar tepden (12 300 milyon tep), 16,7 milyar tepe (16 700 milyon tep) yükseleceği öngörülmektedir. IEA (2010) tarafından yapılan Yeni Politika Senaryosu'na göre dünya birincil enerji talebinde öngörülen yükselişin %93'ünün OECD üyesi olmayan

ülkelerden kaynaklanacağı belirtilmektedir. Özellikle Çin ve Hindistan'ın enerji talep artışında en önemli iki ülke olacağı öngörülmektedir. Çin'in enerji talebinin 2008-2035 yılları arasında %75 yükseleceği öngörülmektedir. Hindistan ise global enerji talebinin yükselmesinde en çok payı olacak ikinci ülke olarak görülmektedir. Bu süreçte Hindistan'ın enerji talebinin yaklaşık ikiye katlayacağı ve yaklaşık %18 yükseleceği tahmin edilmektedir (IEA, 2010: 4-5).

1.2.3.2. Dünya'da Enerji Tüketimi ve Bölgelerin Payları

Tablo 1-16'da 1973, 2007 ve 2008 dönemi toplam nihai enerji tüketiminde bölgelerin payı verilmiştir. 1973 yılında dünya genelinde nihai enerji tüketimi 4,6 milyar tep (4675 milyon tep) olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında ise dünya genelinde 8,4 milyar tep (8428 milyon tep) nihai enerji tüketilmiştir. 1973 yılında nihai enerji tüketiminde %60.3 olan OECD ülkelerinin payı, 2008 yılında %43.8'e düşmüştür. Buna rağmen nihai enerji tüketiminde en büyük payın OECD üyesi ülkelerden kaynaklandığı görülmektedir. 2008 yılında nihai enerji tüketiminde en büyük paya sahip ikinci ülke ise %16.4'lük payla Çin olmuştur. Üçüncü sırada ise %11.6'luk payla Asya ülkeleri gelmektedir. Nihai enerji tüketiminde düşük paya sahip olan bölgeler ise sırasıyla Orta Doğu, Latin Amerika ve Afrika bölgeleridir (IEA, 2009: 30; IEA, 2010: 30):

Tablo 1-16: 1973-2007-2008 Yılları Nihai Enerji Tüketiminde Bölgelerin Payı (%)

	1973	2007	2008
OECD	%60.1	%45.5	%43.8
Orta Doğu	%0.8	%4.4	%4.6
OECD Olmayan Avrupa	%1.5	%0.8	%0.8
Çin	%7.9	%15.2	%16.4
Asya	%6.4	%11.5	%11.6
Latin Amerika	%3.7	%5.1	%5.2
Afrika	%3.7	%5.6	%5.7
Depolar	%3.9	%4.0	%4.0
Tüketim (Milyon ton petrol eşdeğeri)	4675	8286	8428
* 1994 öncesi yanabilir yenilenebilir ve atıklar tahmin edilmiştir. Asya bölgesine Çin dahil edilmemiştir. Depolar uluslararası havacılık ve uluslararası denizcilik depolarını içermektedir.			

Kaynak: IEA, 2009: 30; IEA, 2010: 30.

EIA (2008a) tarafından 2005 yılı baz alınarak yapılan tahminlere göre, 1980-2005 dönemi dünya piyasalarında, OECD ve OECD üyesi olmayan ülkelerde enerji

tüketim değerleri ve 2005-2030 dönemi bölgelerin enerji tüketimi tahmin edilmiştir. 2005-2030 döneminde dikkate alındığında 1980-2005 döneminde OECD ülkelerinin enerji tüketimi OECD üyesi olmayan ülkelere daha yüksektir. 2015-2030 döneminde ise, OECD olmayan ülkelerin enerji tüketimlerinin OECD üyesi ülkelere göre daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir. 2005-2030 döneminde Orta Asya, Afrika, Merkez ve Güney Amerika'nın enerji tüketiminin yaklaşık %60 oranında yükseleceği tahmin edilmektedir. OECD üyesi olmayan Avrupa ve Avrasya'daki (Rusya ve diğer Sovyet Cumhuriyetleri'ni de içermektedir) beklenen yükselme ise yaklaşık %36 gibi daha düşük bir seviyededir. Bölgelere göre enerji tüketimi incelendiğinde gelecek dönemde en yüksek tüketimin OECD üyesi olmayan Asya bölgelerinden kaynaklanacağı beklenmektedir (EIA, 2008a: 1-2).

Gelecekte Çin ve Hindistan gibi hızlı bir şekilde büyüyen OECD üyesi olmayan ülkelerin dünya enerji tüketiminde temel katılımcılar olması beklenmektedir. 1980 yılında Çin'in ve Hindistan'ın birlikte dünya toplam enerji tüketimindeki payı %8'den daha düşük seviyede iken, 2005 yılında bu iki ülkenin birlikte payı %18 artmıştır. Gelecek 25 yıl içinse daha büyük bir büyüme tahmin edilmektedir. Örneğin bu iki ülkenin birlikte enerji kullanımının ikiye katlayacağı ve 2030 yılında dünya enerji tüketiminin dörtte birini paylaşacakları tahmin edilmektedir. Buna karşılık ABD'nin toplam dünya enerji tüketimindeki 2005 yılı için %22 olan payının 2030 yılında %17'e düşeceği beklenmektedir (EIA, 2008: 2).

1.2.3.3. Dünya'da Enerji Tüketiminde Kaynakların Payı

Petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerji, alternatif enerji kaynaklarının tümü dikkate alındığında dünyada her gün yaklaşık 210 milyon varil petrol enerjisi eşdeğeri (29 milyon ton) enerji tüketilmektedir (İTÜ, 2007: 5-7).

1999 yılında dünyada 8,58 milyar ton petrol eşdeğeri enerji tüketiminin %75'i fosil yakıtlardan sağlanmıştır. Fosil yakıt olarak yaklaşık 5,1 milyar ton kömür, 3,1 milyar ton petrol, 2,4 trilyon metreküp doğal gaz tüketilmiştir (TÜBİTAK, 2003: 20). 2005 yılı verilerine göre toplam enerji tüketimi içinde, petrol-doğal gaz -kömürün, fosil yakıtların payı %87.7'dir (İşcan, 2007: 116-121). 2005 yılında dünya birincil

enerji tüketimi (ölçülebilir ve ticari) 10,5 milyar ton petrol enerjisi kadardır. Bu tüketimin %36'sı petrolden, %28'i kömürden, %23'ü doğal gazdan, %6'sı nükleer enerjiden karşılanmıştır. Petrol ve doğal gaz dünya enerji tüketiminin %60'ını; petrol, doğal gaz ve kömürden oluşan fosil yakıtlar %85'ini karşılamıştır. Son 30 yıl içerisinde doğal gazın tüketimi hızlı bir şekilde artmıştır. Doğal gazın 2025-2030 döneminde toplam enerji tüketiminde %23 olan payının %25'e çıkacağı beklenmektedir (İTÜ, 2007: 5). 2008 yılında dünya enerji tüketiminde petrol baskın enerji kaynağı olmayı sürdürmüştür. 2008 yılında dünya talebinin %30'u petrolden, %26'sı kömürden, %22'si doğal gazdan, %10'u biyokütleden, %6'sı hidrodan, %5'i nükleerden ve %1'den daha azı jeotermal, rüzgar ve güneşin dahil olduğu yenilenebilirlerden karşılanmıştır (Nersesian, 2010: 15).

Aşağıdaki tablo 1-15'de 1973, 2007 ve 2008 yılları toplam nihai tüketimde yakıt payları verilmiştir (IEA, 2009: 28; IEA, 2010: 29):

Tablo 1-17: Toplam Nihai Tüketimde Yakıt Payları (%)

	1973	2007	2008
Petrol	48.1	42.6	41.6
Kömür/Turba	13.2	8.8	9.8
Gaz	14.4	15.6	15.6
Yanabilir yenilenebilir ve atıklar *	13.2	12.4	12.7
Elektrik	9.4	17.1	17.2
Diğer**	1.7	3.5	3.1

*1994 öncesi yanabilir yenilenebilirler ve yakıtlar tahmini değerleri içermektedir.** jeotermal, güneş, rüzgar, ısı ve benzerlerini içermektedir.

Kaynak: IEA, 2009: 28; IEA, 2010: 28.

IEA (2007) tarafından yapılan tahminlere göre gelecekte fosil yakıtlar birincil enerji kaynağı olmadaki baskınlığını sürdürmeye devam edecektir. 2005 ve 2030 yılları arasında talepteki artışın %84'ünün fosil kaynaklardan karşılanacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2007: 42). IEA (2008)'e göre 2030 yılında dünya birincil enerjinin %80'inin fosil yakıtlardan karşılanacağı öngörülmektedir. Diğer dönemlere göre fosil yakıtlar içinde kömürün talebinin yükselirken petrolün etkin yakıt olmaya devam edeceği beklenmektedir (IEA, 2008: 4).

IEA (2010) Yeni Politika Senaryosu'na göre gelecekte fosil yakıtların- petrol, kömür ve doğal gaz- baskın enerji kaynakları olmayı sürdüreceği ve toplam birincil

enerji talebindeki yükselmenin yarısından fazlasının fosil yakıt kaynaklı olacağı tahmin edilmektedir. 2008-2035 döneminde birincil enerji bileşiminde petrol hakim yakıt olmayı sürdürecektir. Bununla birlikte yüksek petrol fiyatları, hükümetlerin yakıt verimli önlemleri teşvik etmeleri nedeniyle sanayi ve güç sektörlerinde petrolün kullanımının azalması, taşımacılık sektöründe diğer yakıtların petrole ikame edilmesi gibi nedenlerle petrolün birincil yakıt bileşimindeki payının %33'ten %28'e düşeceği öngörülmektedir. 2020 yıllarında yüksek olan kömür talebinin ise 2035 yılına yaklaşırken düşeceği belirtilmektedir. Doğal gaz talebindeki büyüme; çevresel tercihler, düşük karbon enerji teknolojilerinin yayılma hızı gibi nedenlere bağlı olarak diğer yakıt taleplerine göre daha fazla olacaktır. 2008 yılında %6 olan nükleer enerjinin payının 2035 yılında %8'e yükseleceği tahmin edilmektedir. Yenilenebilir enerjinin- hidro, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, denizsel enerji- toplam birincil enerji talebindeki payının ise % 7'den %14'e yükseleceği tahmin edilmektedir (IEA, 2010: 4-5).

Enerji sektöründe yaşanan sorunları genel olarak değerlendirdiğimizde karşımıza petrol, doğal gaz, kömür gibi birincil fosil yakıtların tükeneneğine yönelik senaryolar, enerji güvenliğinin sağlanması, çevresel bozulmanın durdurulması ve artan enerji talebinin karşılanması çıkmaktadır. Enerji kaynaklarının güvenle sağlanması konusundaki bir risk unsuru, enerji kaynaklarının arz ve talebinin coğrafya olarak farklı yerlerde olmasından kaynaklanmaktadır. Dünya genelinde üretim ve tüketim verileri incelendiğinde enerji kaynaklarını üreten ve tüketen ülkelerin farklı oldukları görülmektedir. 2015 yılında Avrupa, Japonya, Çin ve ABD olmak üzere dört ithalat bölgesinin olacağı beklenmektedir. ABD'nin petrol ve doğal gazda %95, Avrupa'nın %80 oranında ithalat yapacağı öngörülmektedir. IEA'ya göre 2015 yılında tahmini 64 milyon varil/günlük petrol ticaretinin %80'i, doğal gazın ise %50'si, Orta Doğu, Rusya ve Afrika'dan sağlanacaktır (İTÜ, 2007: 15-16; Karadoğan, 2006: 31; Satman, 2006: 48). Dünya enerji sektörü değerlendirildiğinde en az 2030 yılına kadar fosil yakıtların önemini koruyacağı, enerji arz güvenliğinin tehdit altında olacağı, artan enerji talebini karşılayacak yatırımların gerekli olacağı ancak bu yatırımların finansmanının belirsiz olacağı, karbon emisyonunun artacağı,

nükleer enerjiye yönelimin artacağı, biyo-yakıt kullanımının artacağı beklenmektedir (DEK-TMK, 2007: 5).

Gelecekte enerji ile ilgili alanlarda başarılı olup olunamaması iki temel hususun sağlanıp sağlanamamasına bağlı olarak gözükmektedir. Bunlardan ilki güvenilir ve elde edilebilir düşük maliyetli enerjinin sağlanabilmesi; ikincisi ise düşük karbonlu, etkin ve çevre dostu enerji arz sistemlerine doğru hızlı bir dönüşümün sağlanabilmesidir.

2.BÖLÜM

ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ POLİTİKALARI

Enerji verimliliği konusu özellikle 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizleri ile birlikte önem kazanmıştır. Ülkeler enerji konusunda dışa olan bağımlılıklarını azaltmak, fosil yakıtların çevreye vermiş oldukları zararları önlemek amacıyla enerji verimliliği konusuna enerji politikalarında ağırlık vermeye başlamışlardır. Enerji verimliliği konusu enerji politikalarında enerji arz güvenliği, rekabetçilik, sürdürülebilirlik odaklı oluşturulmaktadır.

Bu bölümde ilk olarak enerji verimliliği ile ilgili kavramsal tanımlamalara yer verilmiştir. Daha sonra dünya genelinde ve Türkiye’de uygulanan enerji verimliliği politikaları ve uygulamaları açıklanmıştır.

2.1. Enerji Verimliliği

Günümüzde enerjinin ve enerji kaynaklarının verimli kullanılmasının önemi; enerjinin sürdürülebilirliği, dışa bağımlılığın azaltılması, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve enerji çevre ilişkisi gibi konularla birlikte ele alınmaktadır (EİE, 2010a: 1). Günümüzde enerji verimliliği bir çok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin kamu politikasında önemli bir yer tutmaktadır. Enerji verimliliğinin politikaya konu olmasındaki önemi; ticari, sanayisel rekabet, enerji arz güvenliği kazançları ve CO₂ gibi emisyonları azaltarak çevreye olumlu etkisi gibi konularla yakından ilişkili olmasından gelmektedir (Patterson, 1996: 377).

Aşağıdaki alt bölümde enerji verimliliği tanımlarına yer verilmiştir. Ayrıca enerji verimliliği ile ilgili kişi başına enerji tüketimi, enerji yoğunluğu gibi kavramlar açıklanmıştır.

2.1.1. Enerji Verimliliği Tanımları

Verimlilik kavramı genel olarak fiziksel girdinin, ‘hizmetlere’, ‘tüketim birimine’, ‘ekonomik faaliyetlere’ ya da ‘parasal brüt üretime’ oranından ziyade, fiziksel çıktıya oranı ile ifade edilmektedir. Aynı zamanda verimlilik, zaman ve çıktı birimi başına kişisel çabayı düşüren teknolojik değişim anlamında kullanılmaktadır (Alcott, 2005: 10).

Enerji verimliliği analizleri genel olarak termodinamik yaklaşımdaki bazı temel düşüncelerden, özellikle termodinamikte tanımlanan birinci ve ikinci yasadandır. Termodinamiğin birinci yasası “enerjinin yaratılamayacağı gibi yok edilemeyeceği”ni belirtir. Termodinamiğin ikinci yasası ise, “izole edilmiş bir sistemde enerjinin kullanım ve dönüşüm esnasında enerji miktarının her zaman azalacağını” savunur (Jaccard, 2006: 80). Enerji verimliliği, aynı miktar hizmeti ya da faydalı çıktıyı üretmek için daha az enerji kullanmak olarak tanımlanabilir (Patterson, 1996: 377) . Enerji verimliliği enerji kaynaklarının üretimden tüketime kadar tüm safhalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesini ifade etmektedir (Kavak, 2005: 8). Çıktılar termodinamik ya da fiziksel terimlerle ölçüldüğünde, “enerji etkinliği-(efficiency)” terimi kullanılmakta, çıktılar ekonomik terimlerle ölçüldüğünde ise “enerji verimliliği-(productivity)” terimi daha yaygın kullanılmaktadır (Sorrell and Herring, 2009: 11).

Ülkemizde 2 Mayıs 2007 tarihli ve 26510 sayılı Resmi Gazete’de 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’nda enerji verimliliği *binalarda yaşam standardının ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesinin ve miktarının düşüşüne yol açmadan birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması* olarak tanımlanmaktadır (DPT, 2008). EİE tarafından ise, enerji verimliliği kaliteyi, miktarı ve hayat standardını düşürmeden bir mal veya hizmeti elde etmek için daha az enerji tüketilmesi olarak tanımlanmaktadır (EİE, 2007: 49). Diğer bir tanımlamaya göre ise enerji verimliliği; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımını ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebinin azaltılması, daha verimli

enerji kaynakları, endüstriyel süreçler, enerji kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin tümünü içermektedir (İBB, 2008). Genel olarak enerji etkinliği birincil ve ikincil enerji kaynaklarından enerji üretiminden kullanıcıların nihai enerjiyi kullanımına kadar olan tüm aşamalarla ilgili bir süreçtir.

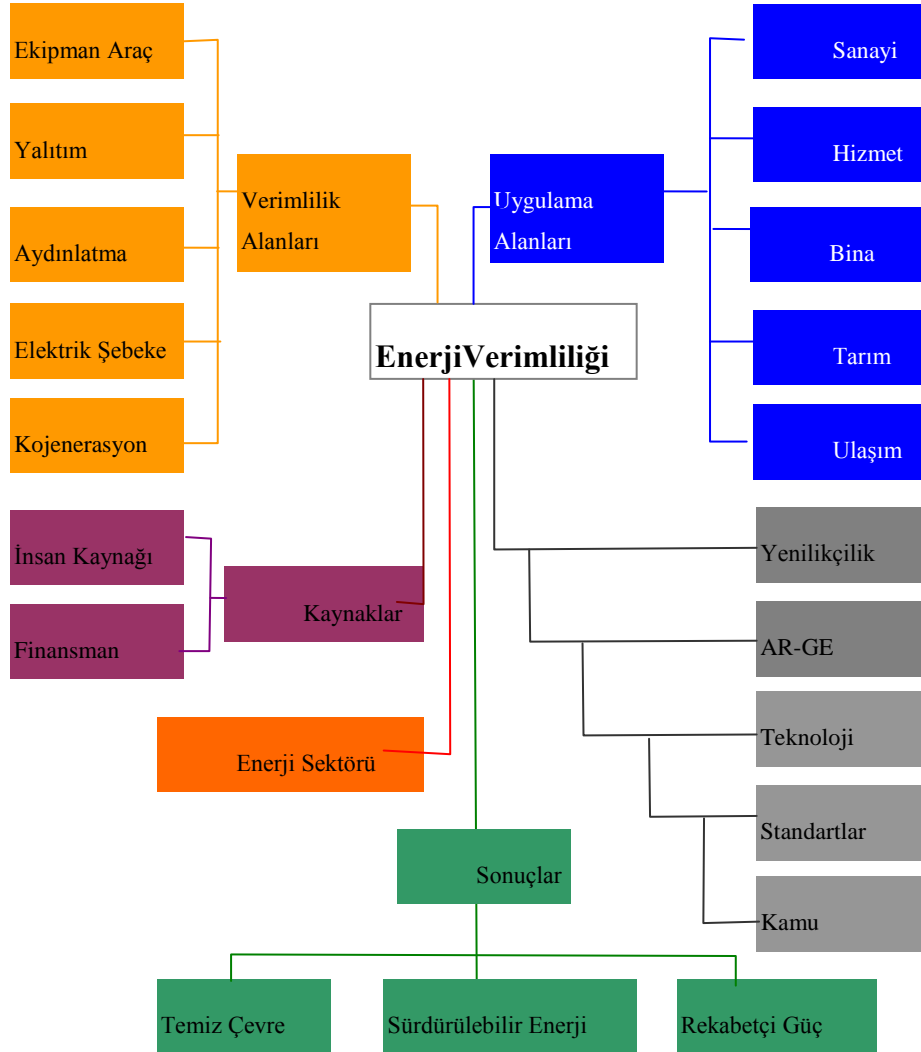
Tablo 2-1: Enerji Sistemi ve Enerji Etkinliği İlişkisi

Birincil Enerji	İkincil Enerji	Enerji Hizmetleri
-Fosil Yakıtlar -Yenilenebilirler -Nükleer	-Hidrokarbonlar -Hidrojen -Elektrik	-Kişisel hareketlilik - Aydınlatma, -Alan ısıtma ve iyileştirme -Elektirikli araç-gereçler -Mal ve araç-gereçlerin taşınması -Sanayisel- Isınma -Sanayisel- Mekanik, -Elektroliz
Enerji Etkinliği		

Kaynak: Jaccard, 2006: 57.

Aşağıdaki şekilde verimlilik haritası altında; enerji verimlilik alanları, enerji verimliliği kaynakları, enerji verimliliği uygulama alanları ve sonuçlara yer verilmiştir. Enerji verimliliği kavramı değerlendirilirken, kaynaklar, teknoloji, standartlar, verimlilik alanları ve uygulama alanları olmak üzere çok boyutlu bir plana ve uygulama sürekliliğine gereksinim vardır (TEVEM, 2010: 54).

Şekil 2-1: Verimlilik Haritası



Kaynak: TEVEM, 2010: 5.

Enerji verimliliği hem tüketim alanındaki verimlilik ve tasarrufları hem de arz yönündeki önleyici yaklaşımları içermektedir. Enerji zincirindeki verimliliğin artırılmasında, nihai tüketiminde enerji yoğunluğunun azaltılması, iletim ve dağıtım kayıp kaçaklarının azaltılması, üretimde verimlilik artırıcı teknolojilerin uygulanması, rehabilitasyon yatırımları yer almaktadır (Selvitop, 2007).

Birincil enerjinin çıkarım/dönüşümü ile enerji taşıyıcılarının aktarım ve dağıtım örneklerinde etkinlik sağlanarak belirli enerji kullanımı yaklaşık %10-%40 oranında; mevcut kurulumlardaki enerji kullanımı %20-%50 ; yeni kurulum örneklerinde %50-%90 oranında azaltılabilmektedir. Enerji etkinliği enerji zincirinin her bir aşaması için geliştirilebilmektedir (Goldemberg vd., 1994: 29).

2.1.2. Enerji Verimliliği Göstergeleri

Enerjinin verimli kullanılıp kullanılmadığının ölçülmesinde ve ülkeler arasında enerji verimliliğinin karşılaştırılmasında çeşitli göstergeler kullanılmaktadır. Enerji verimliliği en geniş olarak aşağıdaki temel oran ile ölçülmektedir (Patterson, 1996: 377):

$$\text{Enerji Verimliliği} = \frac{\text{Faydalı Çıktı Süreci/ Süreçteki Enerji Girdisi}}{\text{Süreçteki Enerji Girdisi}} \quad (2.1)$$

Enerji verimliliğinde kullanılan göstergeleri termodinamik, fiziksel termodinamik, ekonomik- termodinamik ve ekonomik olarak dördü bir sınıflamaya ayırmak mümkündür. Termodinamik göstergeler ölçümlerde ısı içeriklerini dikkate alarak enerji verimliliğindeki değişimleri ölçmektedir. Fiziksel termodinamik göstergeler ise çıktıyı termodinamik birimler yerine fiziksel birimler cinsinden ele almaktadır. Örneğin mekansal ve ticari sektörde sıklıkla kullanılan ölçüm, fiziksel termodinamik ölçümü olan “enerji girdisi /m²”dir. Taşımacılık sektöründe kullanılan fiziksel termodinamik gösterge ; “enerji girdisi/ ton kilometre”, yolcu taşımacılığında “enerji girdisi/ yolcu kilometresi” ya da “enerji girdisi/ araç kilometresi” olabilmektedir (Patterson, 1996: 378- 380).

Ekonomik- termodinamik göstergeler ise karma göstergelerdir. Enerji girdisi termodinamik birimlerle ölçülürken, çıktı piyasa fiyatları (\$) terimleri ile ölçülmektedir. “Enerji/Gsyih” oranı bir ülkenin enerji verimliliğinin ölçülmesinde en sıklıkla kullanılan orandır. Enerji verimlilik oranı ise “enerji/gsyih” oranının tersi olarak kullanılan bir göstergedir. Bu oranda Gsyih (Y), ulusal enerji tüketimine (E) bölünmektedir. Enerji verimlilik oranı, emek ve sermaye verimlilik oranları ile benzer olup ekonomi genelinde ve sektörel düzeyde başvurulabilmektedir

Literatürdeki önerilen, en geniş olarak desteklenen en sade enerji verimliliği göstergesi ise; “ulusal enerji girdisi (\$)/ulusal çıktı (\$)” göstergesidir. Bu gösterge “enerji girdi/gsyih ile doğrudan benzerlik göstermektedir (Patterson, 1996: 382). Alan ısıtması hanehalkı enerji kullanımının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu enerji hizmeti için enerji verimliliği göstergesi, toplam ısıtılan alan m²'si başına kullanılan enerjidir. Alan ısıtması için enerji etkinliği göstergesi hesaplanırken seneden seneye iklim değişiklikleri farklılıkları ve ülkeden ülkeye iklim farklılıklarının düzeltilmesi gerekmektedir. Bir ülke içinde seneden seneye iklim değişimi yaklaşık %10 düzeyinde olmaktadır (Blok, 2007: 180).

Ülkelerin enerji verimliliğinin karşılaştırılmasında ise çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bunlardan en sıklıkla kullanılan ülkelerin kişi başına enerji tüketimlerinin ve enerji yoğunluklarının ve kişi başına birincil enerji arzlarının karşılaştırılmasıdır.

2.1.2.1. Kişi Başına Birincil Enerji Arzı

Kişi başına birincil enerji arzı , bir ülkedeki enerji etkinliğinin ölçülmesinde kullanılan bir göstergedir. Enerji analistleri enerji verimliliği karşılaştırmalarını yaparken genelde birim çıktı başına enerji kullanımını ya da birim GSYİH başına enerji kullanımını tercih etmekle birlikte, son dönemlerde kişi başına enerji arzı kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (OECD, 2010: 110).

Aşağıdaki tabloda 1971-2008 dönemi ülkelerde kişi başına düşen toplam birincil enerji arzı değerleri verilmiştir. Oranlar kişi başına ton petrol eşdeğerini ifade etmektedir. Toplam birincil enerji arzı, net ticarete uyarlanmış enerji üretimi, depo (bunker) kullanımı ve stok değişimleri toplamından oluşmaktadır. İkincil enerji üretimi ise (petrol/kömür ürünleri, fosil yakıtlardan elektrik üretimi, vb) hesaplamalara dahil değildir. Ülkeler arasında kişi başına enerji arzı karşılaştırılması yapılırken, farklı ulusal koşulların (nüfus yoğunluğu, ülke büyüklüğü, sıcaklık, ekonomik yapı ve yerli enerji kaynakları gibi) bu oranı etkilediği göz önünde bulundurulması gerekmektedir (OECD, 2010: 110).

Tablo 2-2: 1971-2001 Dünya Genelinde Kişi Başına Toplam Birincil Enerji Arzı (Kişi başına ton petrol eşdeğeri)

Ülke/Yıl	1971	1990	1998	1999	2000	2001
Çek Cum.	4.62	4.70	3.98	3.73	3.92	4.03
Fransa	3.03	3.86	4.18	4.15	4.17	4.27
Almanya	3.89	4.43	4.19	4.09	4.10	4.22
Yunanistan	0.97	2.07	2.36	2.36	2.48	2.56
İtalya	1.95	2.59	2.91	2.94	3.00	3.01
Japonya	2.55	3.55	3.95	4.01	4.08	4.01
Kore	0.52	2.17	3.45	3.78	4.02	4.04
Polonya	2.63	2.71	2.49	2.43	2.33	2.35
Türkiye	0.54	0.94	1.13	1.09	1.13	1.03
İngiltere	3.73	3.62	3.80	3.79	3.80	3.80
ABD	7.64	7.65	7.83	7.95	8.08	7.85
EU27	-	3.46	3.51	3.47	3.49	3.56
OECD Top.	3.81	4.29	4.54	4.59	4.65	4.59
Çin	0.47	0.76	0.87	0.86	0.86	0.86
Hindistan	0.28	0.37	0.43	0.45	0.45	0.45
Rusya Fed.	-	5.87	3.93	4.10	4.17	4.23
Güney Afrika	2.00	2.58	2.58	2.52	2.51	2.42
Dünya	1.47	1.67	1.63	1.64	1.65	1.63

Kaynak OECD, 2010: 111.

Dünya genelinde kişi başına düşen birincil enerji arzı 1971 yılında 1.47 tep iken 2002 yılına geldiğimizde bu oran 1.63 seviyesine yükselmiştir. Ülkeler bazında kişi başına düşen birincil enerji arzını incelediğimizde 1971-2001 dönemimde ilk sırada İzlanda (ortalama 9.2 tep) , Kanada (ortalama 7.6 tep), Almanya, ABD gibi gelişmiş ülkeler gelmektedir. Ülkemizin kişi başına birincil enerji arzı ise bu dönemde dünya ortalamasının altında gerçekleşmiştir. 2002-2008 dönemi kişi başına düşen birincil enerji arzı değerleri şu şekildedir (OECD, 2010: 111):

Tablo 2-3: 2002-2008 Dünya Genelinde Kişi Başına Toplam Birincil Enerji Arzı (Kişi başına ton petrol eşdeğeri)

Ülke/Yıl	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Çek Cum.	4.10	4.35	4.46	4.39	4.47	4.43	4.42
Fransa	4.25	4.30	4.33	4.32	4.24	4.15	4.17
Almanya	4.11	4.15	4.16	4.11	4.14	4.03	4.07
Yunanistan	2.58	2.64	2.69	2.72	2.71	2.88	2.91
İtalya	3.00	3.10	3.10	3.12	3.07	3.00	2.96
Japonya	3.99	3.95	4.08	4.06	4.06	4.02	3.85
Kore	4.24	4.30	4.40	4.37	4.43	4.59	4.68
Polonya	2.32	2.39	2.39	2.42	2.55	2.55	2.59
Türkiye	1.07	1.10	1.13	1.17	1.27	1.35	1.29
İngiltere	3.69	3.75	3.72	3.70	3.62	3.48	3.40
ABD	7.87	7.78	7.87	7.84	7.70	7.75	7.53
EU27	3.54	3.61	3.63	3.62	3.60	3.55	-
OECD Top.	4.60	4.62	4.67	4.68	4.64	4.64	4.56
Çin	0.92	1.04	1.20	1.30	1.41	1.48	-
Hindistan	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51	0.53	-
Rusya Fed.	4.22	4.40	4.43	4.55	4.71	4.75	-
Güney Afrika	2.31	2.56	2.78	2.70	2.73	2.82	-
Dünya	1.65	1.69	1.74	1.77	1.79	1.82	-

Kaynak: OECD, 2010: 111.

2007 yılı itibariyle dünya genelinde kişi başına birincil arzı 1.82 tep olarak gerçekleşmiştir. Özellikle OECD ülkeleri arasında kişi başına enerji arzı anlamlı bir şekilde farklılaşmıştır. Genelde yüksek kişi başı birincil enerji arz oranlarına sahip ülkeler az nüfusa sahip olan ülkelerdir. Bununla birlikte iklim, enerji kaynaklarına sahip olmak gibi çeşitli faktörler kişi başına enerji arzını etkilemektedir. 2008 yılında, ABD ve Kanada, 7.5 ve 8.1 oranlarla kişi başına düşen enerji arzının yüksek olduğu ülkeler arasındadır. Diğer taraftan 2008 yılında kişi başına birincil enerji arzı en düşük olan iki ülke arasında Türkiye (1.3 tpe/kişi) ve Meksika (1.7 tpe/kişi) gelmektedir. 1971-2008 döneminde OECD ülkelerinde kişi başına enerji arzı trendi farklılık göstermiştir. Örneğin 2008 yılı ile 1971 yılı ile karşılaştırıldığında, kişi başına birincil enerji arzı Kore’de dokuz kat, Yunanistan, İzlanda ve Portekiz’de üç kat daha yüksektir. Diğer taraftan bu süreçte kişi başına birincil enerji arzı altı OECD ülkesinde düşmüştür: Lüksemburg (-%29), İngiltere (-%9), Danimarka (-%6), Çek Cumhuriyeti (-%4), Polonya (-%2) ve ABD (-%1). OECD üyesi ve olmayan ülkeler karşılaştırıldığında genel olarak OECD üyesi olmayan ülkelerdeki kişi başına birincil

enerji arzı OECD ülkelerine göre daha düşüktür. 2007 yılında Çin'in (1.5 tep) kişi başına birincil enerji arzı, 1971 yılına göre üç kat daha yükselmiştir. Bu süreçte Hindistan'da kişi başına birincil enerji arzı iki katına çıkmıştır (OECD, 2010: 110).

OECD (2010)'a göre 2030 yılında Japonya'nın, ABD'nin, AB-27'nin, OECD toplamının, Çin'in, Hindistan'ın, Rusya Federasyonu'nun ve dünyanın kişi başına birincil enerji arzının sırasıyla 4.14tep, 6.53tep, 3.50tep, 4.40tep, 2.62tep, 0.9 6.31tep ve 2.04 tep olacağı tahmin edilmektedir (OECD, 2010: 111).

2.1.2.2. Kişi Başına Enerji Tüketimi

Kişi başına enerji tüketimi, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin ve enerji verimliliğinin karşılaştırılmasında sıklıkla tercih edilen bir gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır (WDI , 2012).

Tablo 2-4: Dünya Genelinde Kişi Başına Enerji Tüketimi (Kilo Petrol Eşdeğeri/Kişi)

1971	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005
1335.128	1364.576	1452.477	1416.347	1661.393	1616.539	1638.347	1761.484

Kaynak: WDI , 2012

Dünya genelinde kişi başına enerji tüketimi yıllar itibariyle yükselmiştir. 1971 yılında 1335 kep/kişi olan enerji tüketimi 2005 yılında 1761 kep/kişiye yükselmiştir. 2006, 2007, 2008 ve 2009 yıllarında kişi başına enerji tüketimi ise sırasıyla, 1787.9, 1808.3, 1825.7 ve 1788.1 kep/kişi olarak gerçekleşmiştir (WDI, 2012). Dünya genelinde kişi başına enerji tüketiminin artmasında ekonomik büyüme, nüfus artışı, kentleşme, teknolojik gelişmeler etkili olmuştur.

Benzer şekilde Türkiye'de kişi başına enerji tüketimi de yükselmiştir. 2005 yılı Türkiye'nin kişi başı kilogram eşdeğer enerji tüketimi 1276 olarak gerçekleşmiştir. 2005 yılında kişi başına yıllık elektrik tüketiminde dünya ortalaması 2500 (kWh) iken, gelişmiş ülkelerde kişi başına elektrik tüketimi seviyesi 8900 (kWh), AB için 6000 (kWh), Türkiye içinse 2200 (kWh) olarak gerçekleşmiştir (İTÜ, 2007: 3). Genel olarak değerlendirdiğimizde Türkiye'nin hem kişi başına enerji tüketiminde

hem de kişi başına elektrik tüketimeinde dünya ve gelişmiş ülkelerin ortalamasının altında kaldığı dikkatleri çekmektedir.

2.1.2.3. Enerji Yoğunluğu Kavramı

Özellikle son dönemlerde ülkelerin enerji verimliliğinin ölçülmesinde ve karşılaştırılmasında enerji yoğunluğu kavramı daha sıklıkla kullanılmaktadır. 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nda enerji yoğunluğu kavramı bir birim hasıla üretebilmek için tüketilen enerji miktarı olarak ifade edilmektedir (DPT, 2008). Enerji yoğunluğunu GSYİH başına tüketilen birincil enerji miktarı şeklinde tanımlamak da mümkündür. Uluslararası yayınlarda enerji yoğunluğu göstergesi olarak genelde 1000\$'lık hasıla için tüketilen TEP (ton petrol eşdeğeri) miktarı kullanılmaktadır (Kavak, 2005: 11). Enerji yoğunluğu enerji verimliliği kavramının tersi olup bir süreçteki belirli çıktı ve etkinliği ölçmektedir. Enerji etkinliği; sanayisel süreç, tüketim uygulamaları ve teknoloji değişmelerine bağlı olmaktadır. Makro düzeydeki bir çok çalışmada enerji verimliliği enerji yoğunluğu tarafından ölçülmektedir (Bessec ve Meritet, 2008: 123).

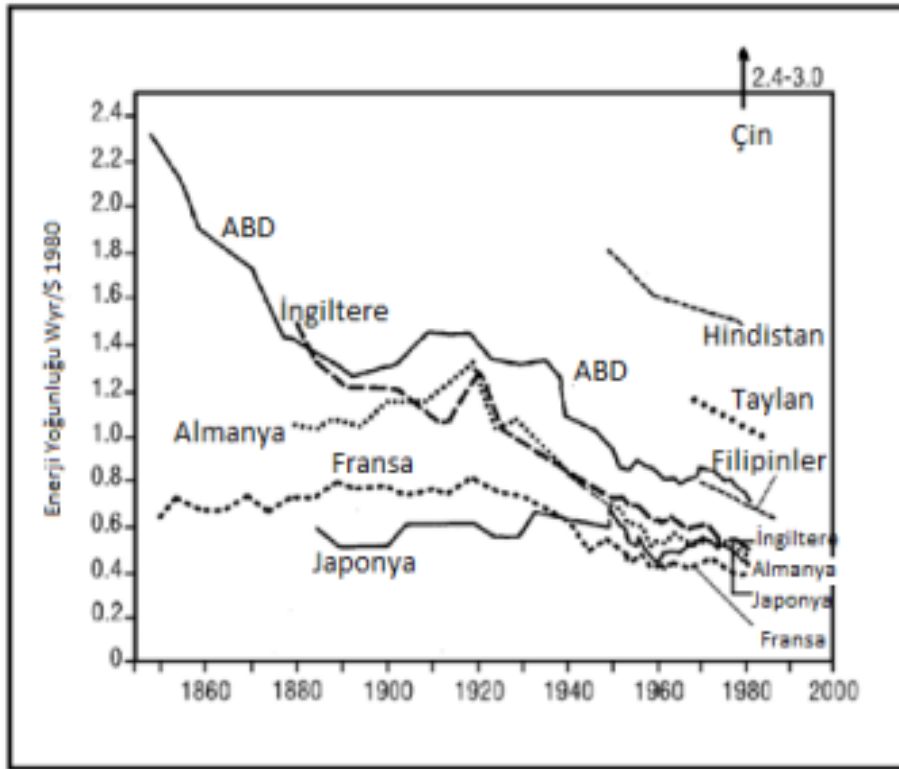
Enerji yoğunluğunun düşük ve kişi başına düşen enerji miktarının yüksek olması ülkelerin gelişmişlik düzeyinin yüksek olduğunu gösteren olumlu göstergeler arasında bulunmaktadır. Enerji yoğunluğunun düşük olması, daha az enerji kullanarak aynı miktarda ürün elde edildiği anlamına gelmektedir. Bir ülkede ya da herhangi bir sektörde enerji yoğunluğu ne kadar düşükse, enerji verimliliğinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Enerji yoğunluğu kavramının ülkeden ülkeye farklılık göstermesindeki nedenleri arasında ülkeler arasında enerji kullanımı etkinliğinin değişik olması ve sosyo ekonomik yapının farklı olması yer almaktadır. Gelişmiş ülkelerde daha etkin teknolojilerin kullanılması ve hizmetler sektörünün daha yoğun olması nedeniyle enerji yoğunluğu geliştirmekte olan ülkelere göre daha düşüktür (Karadaş: 2008, 93). Gelişmiş ülkeler enerji politikalarını oluştururken enerji verimliliğini artırma, enerji yoğunluğunu düşürme ve enerji tasarrufunun sağlanması konularına önem vermeye başlamışlar, enerjiyi daha verimli kullanmayı sağlayan teknolojilere yönelmişlerdir (Pamir, 2003: 1; Satman, 2006: 49). Örneğin

son 100 yıldır Amerika, İngiltere, Fransa ve Almanya’da enerji yoğunluğu yılda yaklaşık %1 oranında azalmaktadır. Japonya’da ise 1950’li yıllardan itibaren enerji yoğunluğu giderek düşmektedir (TÜBİTAK, 1997: 3; Kavak, 2005: 11)

2.1.2.3.1 Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Yoğunluğu Gelişimi

Aşağıdaki şekilde 1860-2000 dönemi bazı ülkelerin enerji yoğunluğu gelişimi verilmiştir. ABD, İngiltere, Almanya gibi sanayileşmiş ülkelerin enerji yoğunlukları 1860’lı yıllardan itibaren düşmeye başlamıştır. Çin’in enerji yoğunluğu ise 2.4’ten 3.0’a yükselmiştir (Goldemberg vd., 1994: 30).

Şekil 2-2: Enerji Yoğunluğu



Kaynak: Goldemberg vd., 1994: 30.

AB üyesi ülkeler, petrole olan bağımlılıklarını azaltmak üzere 1970'lerin başından itibaren yaptıkları çalışmalarla enerji yoğunluklarını düşürmüşlerdir. Örneğin Almanya'da %40, Danimarka'da ve Fransa'da %30 oranlarında enerji yoğunluklarında düşüşler yaşanmıştır. Eğer bu çalışmalar yapılmamış olsaydı AB'nin (25 ülke) bugün 1,72 milyar TEP değil 2,55 milyar TEP enerji tüketiyor olacağı ve enerjide dış bağımlılıklarının daha yüksek seviyelerde gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Verimlilik artışı sonucu tüketilmeyen bu kısım “*yok enerji*” “*negajoule*” olarak adlandırılmaktadır (Keskin, 2006). AB ülkeleri için enerji yoğunluğu 200 kg PEE/bin euro iken Türkiye için bu miktar yaklaşık 500 kg PEE/bin euro civarındadır. Yani ülkemizde bir birim mal üretmek için AB ülkelerine göre 2,5 kat daha fazla enerji harcanmaktadır (İTÜ, 2007: 7). Diğer bir gelişmiş ülke olan ABD 30 yıl önceye göre günümüzde bir dolar gayrisafi yurtiçi hasıla yaratabilmek için %56 oranında daha az enerji kullanmaktadır (Pamir, 2003: 1).

OECD ülkelerinin kişi başına enerji tüketim ortalaması yaklaşık ülkemizin beş katıdır. Enerji yoğunluğu açısından kıyaslandığında ise, ülkemizin enerji yoğunluğu OECD ülke ortalamasının yaklaşık iki katı kadardır. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre, enerji yoğunluğu Japonya için 0.09, OECD ülkeleri ortalaması için 0.19 iken, ülkemizin enerji yoğunluğu değeri 0.38'dir. Bu her 1000 dolarlık milli gelir yaratmada 0.38 TEP enerji tükettiğimiz anlamına gelmektedir (EİE: 2007).

Sanayileşmiş ülkelerdeki enerji yoğunluğundaki bu gelişimin arkasında üç faktör yer almaktadır. İlk faktör enerji taşıyıcılarının üretim etkinliğinde zamanla görülen gelişimlerdir. İkinci faktör enerji nihai-kullanım teknolojilerinde görülen gelişimdir. Üçüncü faktör ise, ekonomilerin yüksek ekonomik faaliyet seviyelerinde daha az metariyal yoğun madde kullanması nedeniyle ekonomik yapıdaki yapısal değişimdir. Gelişmekte olan ülkelerin ise, enerji tüketim seviyeleri ve sağlanan enerji hizmet düzeyleri ve verimlilikleri sanayileşmiş ülkelerle kıyaslandığında daha düşük seviyededir (Goldemberg vd, 1994: 30-31).

Aşağıdaki tablo 2-5'de 1994 yılı ve 1981-1994 dönemi arasında Türkiye ve bazı diğer ülkelerdeki enerji yoğunluğu ve kişi başına enerji tüketimi verileri

verilmiştir. Tabloya göre Türkiye'nin enerji yoğunluğunun OECD ülkelerinin ortalamalarının üstünde, kişi başına enerji tüketiminin ise OECD ortalamasının altında olduğu, yaklaşık dörtte biri kadar olduğu, görülmektedir. Türkiye'nin 1970-1996 dönemi dikkate alındığında kişi başına tüketilen enerji miktarının artması kalkınma açısından olumlu bir gelişme iken, enerji yoğunluğunda gözlenen artış ülkemizde mevcut ekonomi ve yaşam standardı için kullanılan enerji miktarının verimsiz kullanıldığı yönünde bir işaret olarak algılanmalıdır (TÜBİTAK, 1997: 4).

Tablo 2-5: Türkiye’de ve Bazı Gelişmiş Ülkelerle Kişi Başına Enerji Tüketimi ve Yoğunluğu

	Enerji Yoğunluğu(1994)	Enerji Yoğunluğu Artışı %(1981-1994)	Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi (1994)	Kişi Başına Enerji Tüketim Artışı %(1981 –1994)
Türkiye	0.3498	0.4	0.9505	2.5
Japonya	0.1554	-0.5	3.8561	2.3
Almanya	0.1920	-2.4	4.1333	-0.5
İngiltere	0.2182	-1.4	3.7739	0.7
Fransa	0.1895	-0.1	4.0441	1.3
Kanada	0.3820	-0.8	7.8547	0.3
ABD	0.3381	-1.4	7.8083	0.2
OECD	0.2487	-1.1	4.5826	0.6

Kaynak: TÜBİTAK, 1997: 4.

1980 yılında enerji yoğunluğu dünya ortalaması 332 TEP/ Milyon \$ olarak gerçekleşmiştir. 1999 yılında ise dünya enerji yoğunluğu ortalaması 270 TEP/Milyon \$’a düşmüştür. AB üyesi ülkelerin ve OECD üyesi ülkelerin enerji yoğunlukları benzer yıllar itibariyle düşüş göstermiştir. 1980 yılında ABD’nin enerji yoğunluğu 380 TEP/Milyon \$ iken 1999 yılına gelindiğinde ABD’nin enerji yoğunluğu 265 TEP/Milyon \$’a düşmüştür. Japonya’nın enerjiyi verimli kullanan ülkelerden biri olduğu dikkatleri çekmektedir. 1980 yılında 107 TEP/Milyon\$ olan enerji yoğunluğu 1999 yılında 96 TEP/milyon \$ olarak gerçekleşmiştir. Çin ve Hindistan gibi büyüyen ekonomilerde ise enerji yoğunluklarının oldukça yüksek olduğu ve özellikle Çin’in enerji yoğunluğunun dünya ortalamasının çok üzerinde kaldığı görülmektedir. Çin Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji yoğunluğunun yüksek seviyede kalması enerjinin verimsiz kullanıldığı yönünde bir göstere olarak karşımıza çıkmaktadır.

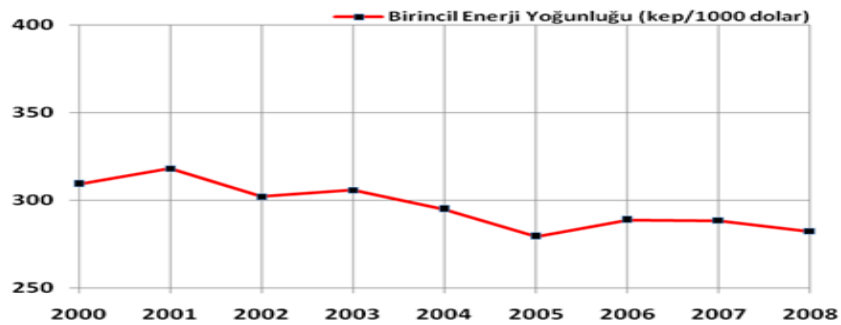
Tablo 2-6: Bazı Ülkelerin Enerji Yoğunluklarındaki Gelişmeler (TEP/Milyon \$, 1995 fiyatlarıyla)

Ülke/Yıl	1980	1985	1990	1995	1999
ABD	380	320	295	284	265
İngiltere	252	230	205	199	184
Almanya	197	184	157	138	130
Fransa	163	158	153	154	150
İtalya	168	151	147	146	145
Çin	2508	1883	1696	1234	908
Japonya	107	96	92	97	96
Güney Kore	287	252	269	305	320
Hindistan	588	630	646	686	609
OECD Ortalama	254	227	208	206	198
AB Ortalama	191	180	165	160	153
Dünya Ortalama	332	315	298	285	270

Kaynak: Kavak, 2005: 16.

Aşağıdaki grafikte 2000-2008 döneminde Türkiye'nin birincil enerji yoğunluğu gelişimi verilmektedir. Türkiye'nin 2008 yılı birincil enerji yoğunluğu 282 kg eşdeğeri petrol/1000 dolardır. ETKB tarafından toplam birincil enerji yoğunluğu 2008 yılına göre 2015 yılına kadar %10, 2023 yılına kadar %20 oranında düşürülmesi hedeflenmektedir (ETKB, 2010: 20).

Grafik 2-1: 2000-2008 Dönemi Birincil Enerji Yoğunluğu Gelişimi (kg eşdeğeri petrol/1000\$)



*1998 yılı GSYİH serisine göre, 2000 yılı dolar fiyatları ile

Kaynak: ETBK, 2010: 20.

Türkiye'nin 1994 yılında 0,34 TEP enerji tüketirken, 2008 yılında enerji yoğunluğu 0,39 TEP'e yükselmiştir (TEVEM, 2010: 69). Türkiye ekonomik üretim açısından enerjiyi ve elektriği verimli kullanamamaktadır (TÜBİTAK, 2003: 19). Enerji yoğunluğunun düşürülmesinde, tüm enerji zincirinde verimliliğin artırılması, iletim ve dağıtımda kayıp kaçakların azaltılması, üretimde verimlilik artırıcı teknolojilerin uygulanması, binaların rehabilitasyonu, verimli ev aletleri ve ofis cihazlarının tercih edilmesi, ilgili tarafların eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi önem arz etmektedir (TMMOB, 2009: 5).

Enerji verimliliği ile ilgili diğer bir kavram enerji tasarrufudur. Aşağıdaki alt bölümde enerji tasarrufu kavramı tanımlarına ve enerji tasarrufunun önemine yer verilmiştir.

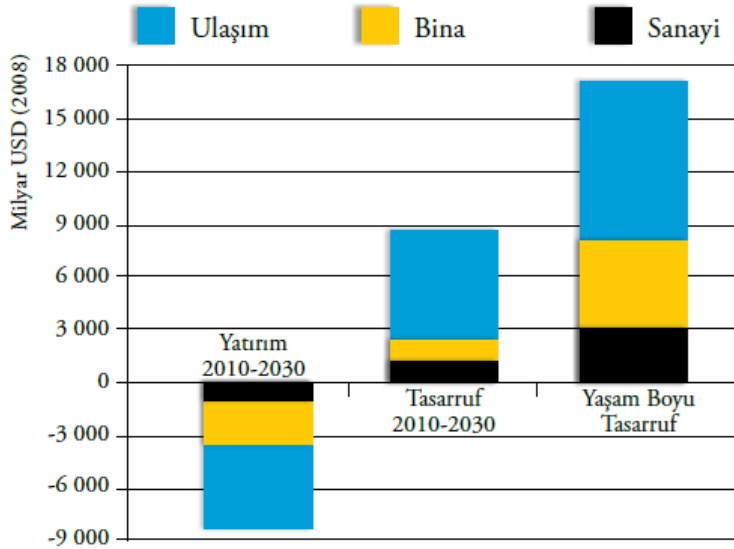
2.1.3. Enerji Tasarrufu Kavramı

Enerji verimliliği stratejisinin en önemli basamaklarından biri enerji tasarrufudur. Enerji verimliliği ve enerji tasarrufu kavramları birbirinden farklı anlamlar taşımaktadır. Enerji verimliliği enerji tasarrufunu da kapsayan daha geniş bir kavramdır. Enerji verimliliği, aynı birim mal ve hizmet üretmek için daha az enerji kullanılması iken, enerji tasarrufu enerji savurganlığının önlenmesi amacıyla üreticiler ve tüketiciler tarafından alınan önlemleri içermektedir. Örneğin odada yanan ampul sayısını azaltmak enerji tasarrufu iken, aynı güçte daha verimli ampul kullanmak enerji verimliliğinin artırılmasına yöneliktir (Karadaş, 2008: 92). Bununla birlikte enerji tasarrufu denildiğinde genel olarak iki ampulden birinin söndürülmesi algılanmaktadır. Ancak enerji tasarrufunun kapsamı daha geniştir. Enerji tasarrufu enerji atıklarının değerlendirilmesi, mevcut enerji kayıplarının önlenerek tüketilen enerji miktarının, kalitesinin ve performansının düşürülmeden en aza indirilmesini içermektedir (İBB, 2008; Kavak, 2005: 8).

Bu çerçevede enerji tasarrufu *“Enerjiyi verimli kullanarak, mevcut enerji kayıplarını önleyerek ve enerji atıklarını değerlendirerek, ekonomik kalkınma ve*

sosyal gelişmeyi engellemeyecek şekilde enerji kullanım miktarının en aza indirilmesi''dir (TÜBİTAK, 1997: 2). Enerji tasarrufu, belirli davranışları yerleştirerek, iyileştirme yöntemleri uygulayarak veya yeni teknolojiler kullanarak, üretimi ve kaliteyi düşürmeden, sosyal yaşamın standardını korumak suretiyle, enerjiyi daha etkin kullanmak demektir (TMMOB, 2005: 5).

Enerji tasarrufu uygulama ve tedbirlerini doğrudan enerji tasarrufu ve dolaylı enerji tasarrufu olmak üzere ikiye ayırmamız mümkündür. Doğrudan enerji tasarrufu daha enerji verimli araç, ev ve arabaları kullanmak, nihai kullanım teknolojilerini daha dikkatli kullanmaya yönelik alışkanlık ve günlük davranışları değiştirmek, nihai kullanım teknoloji stoklarını sınırlamak gibi maliyet etkin yaklaşımları ve somut tedbirleri içermektedir. Dolaylı enerji tasarrufu uygulamaları ise, her türlü eşyanın uzun süre kullanımı teşvik ederek yenilerin üretim hızının düşürülmesi, yerleşim yerlerinin daha az enerji kullanımını sağlayacak şekilde seçilmesi gibi daha genel tedbirleri içermektedir (Kavak, 2005: 8; İBB, 2008). Enerji tasarrufunun hem bireylere hem ülke ekonomisine hem de çevreye olumlu katkıları vardır. Örneğin binalardaki enerji tüketiminin yaşam koşullarını düşürmeden tasarruf ile azaltılması sonucu aile ve işletmenin ısınma giderleri azalabilmektedir. Ya da sanayide enerjiden sağlanan tasarruflar girdi maliyetlerini düşürerek sanayinin iç ve dış rekabette şansını yükseltebilmektedir. Çevre açısından değerlendirildiğinde genel olarak temizleyici özelliği olan ya da zararlı emisyonları azaltmada etkin olan teknoloji süreçlerin enerji verimliliğini artırdığı görülmektedir (TÜBİTAK, 1997: 2-3).

Grafik 2-2: Enerji Verimliliği Yatırım ve Kazanç Senaryosu – IEA 2010

Kaynak: TMMOB, 2005: 28.

IEA (2010) tarafından yapılan 450 senaryosuna göre, dünya genelinde ulaşım, bina ve sanayide 2010-2030 yılları arasında verimlilik ve yeni teknolojilere geçiş alanında 8,3 trilyon dolar yatırım yapıldığında aynı dönem için 8,6 trilyon dolar tasarruf edileceği öngörülmektedir (Aktaran: TEVEM, 2010: 18).

Alt bölümde enerji verimliliği politikalarına yer verilmiştir. İlk olarak dünya genelinde uygulanan enerji verimliliği politikaları üzerinde durulmuştur. Daha sonra dünya, AB ve Türkiye’de uygulanan enerji verimliliği politikalarına ve uygulamalarına yer verilmiştir.

2.2. Enerji Verimliliği Politikaları

Enerji verimliliği stratejileri ilk olarak 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizlerine bağlı enerji fiyatlarındaki artışlarla gündeme gelmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. 1980’li yıllarda ise enerji verimliliği kavramı enerji ve kalkınma politikalarının vazgeçilmez unsurlarında biri haline gelmiştir (Kavak, 2005: 45). Enerji verimliliği politikalarının, sürdürülebilir büyüme, arz güvenliği ve çevre eksenlerine odaklı bir

şekilde oluşturulması amaçlanmaktadır. Bunun içinse, sanayi, ulaşım, bina, aydınlatma, aletler, eşyalar , enerji ekipmanları ve tüm sektörleri kapsayan bir dönüşümün sağlanması gerekmektedir. Enerji verimliliği politikalarının başarılı olmasında, kamusal düzenlemeler, toplumsal bilinç ve doğru teknolojilerin tercih edilmesi önemli bir rol almaktadır (TEVEM, 2010: 53).

Günümüzde enerji politikalarının temel hedefi sadece kişi başına tüketilen enerji miktarını artırmak değildir. Enerji verimliliği ile en az enerji kullanarak en fazla enerji üretimini sağlayabilecek, iletebilecek, tüketebilecek sistemin oluşturulmasıdır. Bu politikaların kapsamına konutların tasarımı, evde ve sanayide kullanılan elektrikli aletlerin tasarımı ve standardizasyonu, tüketicilerin bilinçlendirilmesi, vergi ve teşvik uygulamaları olmak üzere birçok önlem girmektedir (Pamir, 2003: 1). Enerji verimliliği programlarının önemli özelliklerinden biri sürdürülebilir kalkınmanın önemli bileşenlerinden olan çevresel boyutu dikkate alan modeller öne sürmesidir. Ev yalıtımı ya da motor verimliliği gibi uygulamalarla enerji tüketiminin azaltılması sonucu kirletici emisyonlar da azaltılmaktadır. Enerji verimliliği ilave maliyetler gerektirmediğinden çevreyi korumanın en ucuz yolu olarak görülmektedir (Kavak, 2008: 10). Günümüzde enerji politikaları enerji üretiminin ekonomik olmasından, maliyetinden ve miktarından önce, çevre dostu, doğal kaynakları en az miktarda tüketen, “iklim sözleşmesine” uygun temiz, yenilenebilir, sosyal ve toplumsal maliyeti en az olan enerji üretim esasına dayandırılarak oluşturulmaktadır (“Sanal (b)”, 2008).

Türkiye Genç İş Adamları Derneği Enerji Stratejik Çalışma Grubu tarafından hazırlanan “Türkiye’nin Enerji Sorunu ve Çözüm Önerileri” raporunda dünyada enerji verimliliğine yönelik politikalarda izlenen enerji tasarrufu politikaları arasında; bilgilendirme ve teknik yardım, etiketleme, yasal düzenlemeler ve standartlar, mali politikalar ve vergiler, doğru fiyatlandırma, talep yönlü enerji yönetimi yer almaktadır (Aktaran: Karadaş: 2008, 98). Dünya genelinde son 30-40 yıldaki deneyimler enerji verimliliği programlarının genellikle hükümetlere, enerji tüketicilerine ve çevreye pozitif ve çoklu kazancı olduğunu göstermektedir. Enerji verimliliği programları ile doğal kaynaklar korunabilmekte, çevresel kirlilik ve enerji

sektörünün karbon alanı azaltılabilmekte, ülkenin fosil yakıtlara bağımlılığı azaltılabilmekte, enerji arz güvenliği artırılabilir (Sarkar ve Singh, 2010: 5560-5561).

Ülkeler enerji verimliliği politikalarını oluştururken arz ve talep yönlü politikalar uygulamaktadır. Aşağıdaki alt bölümde arz ve talep yönlü uygulanan politika araçlarına ve politikalara yer verilmiştir.

2.2.1. Enerji Verimliliğinde Arz Yönlü Politikalar

Enerji verimliliği alanında arz yönlü politikalar genel olarak sübvansiyonlar, vergiler ve ar-ge teşvikleri şeklinde uygulanmaktadır. Enerji verimliliğini geliştirmek amacıyla hükümetler şu politika araçlarını kullanabilmektedir :

Enerji ya da karbon vergileri:

Hükümetler enerji fiyatlarını etkileyerek enerji verimliliği seviyesi üzerinde önemli etkide bulunmaktadır. Uygulanacak politikalardan biri enerji ve enerji ürünleri üzerine konulacak vergilerdir. Enerji vergisi durumunda, enerji kullanıcıları enerji taşıyıcılarını satın aldıklarında piyasa fiyatı üzerine konan vergiyi ödemek zorunda kalmaktadırlar. Karbon vergileri ise, enerji taşıyıcılarının karbon içerikleri ile orantılı olarak işlem gören vergidir. Örneğin otomobil yakıtları bir çok ülkede vergilendirilmekle birlikte diğer enerji yakıtları üzerine yapılan vergilendirmeler daha az sayıda olmaktadır. Enerji vergileri ve karbon vergileri bazı özel gruplar için, örneğin enerji yoğun firmalar ya da düşük gelirli hanehalkı açısından, dezavantaj yaratabilmektedir (Blok, 2007: 243). Hükümetler enerji fiyatlarını vergiler, mülkiyet ve/veya enerji arzı işbirlikleri düzenlemeleri, anti-tekelleme, anti-enflasyonist, bölgesel ve ticari politikalar aracılığıyla etkilemektedir. Petrol genellikle diğer enerji biçimlerinden daha yüksek oranda vergilendirilmektedir. Ancak buradaki temel hedef, enerji verimliliğinden ziyade vergi gelirleri-yükselişleridir (Anderson, 1993: 40).

Yatırım sübvansiyonları ya da kamu teşvikleri ve Ar-Ge Sübvansiyonları:

Sübvansiyonlar sıklıkla enerji verimli ya da yenilenebilir enerji teknolojileri alanındaki yatırımları teşvik etmek amacıyla sağlanmaktadır. Doğrudan ya da vergi indirimleri ile yatırımın bir kısmı geri ödenmektedir. Çoğunlukla yatırımın sabit bir kısmı için geri ödeme yapılmaktadır (Blok, 2007: 244). Bu mekanizmalar, yeni teknolojilerin ya da dağıtım mekanizmalarının gösterilmesinde, başlangıç yüksek maliyetlerin aşılmasında ve algılanan riskin azaltılmasında etkili olarak kısa dönemde kullanılabilir. Sübvansiyon ve yardım mekanizmaları, kredi engellerinin çok yüksek olduğu ya da bankacılık sektörünün hala gelişmediği alanlarda ticari dönüşümü desteklemek amacıyla kullanmak daha uygun olabilmektedir (Sarkar ve Singh, 2010: 5568).

Yatırım sübvansiyonları, yatırımın sabit bir yüzdesi olarak geri ödendiğinde, bu bedavacılık sorununa neden olabilmektedir. Bedavacılık sorunu, sübvansiyonlar karlı olsun ya da olmasın tüm teknolojileri uygulamaya yönelik olduğunda doğrudan özel bir teknolojiye yönelik sübvansiyonlardan daha büyük olmaktadır. Sübvansiyonlar belli bir teknolojiye yönelik olduğunda, bedavacılık sorunu daha küçük olmaktadır. Yatırım sübvansiyonları etkin olabilmektedir ancak diğer politikalarla kıyaslandığında hükümete maliyeti daha yüksek olmaktadır (Blok, 2007: 244). Hükümetler bilimsel araştırmalar, teknolojik gelişme ve “en iyi uygulama” teknolojilerine yönelik destek sağlayabilmektedir. Hükümetler belirli araştırmaları, geliştirmeleri ve gösterimleri favori maliyet etkin yaklaşımlar olarak tercih etmektedirler (Anderson, 1993: 37-38).

Emisyon ticareti: Emisyon ticaretinde her bir aktör (örneğin firmalar) belirli bir sayıda emisyon izni elde edebilmektedir. Firma, emisyonunu bu eşğin altında korumak durumundadır. Bununla birlikte emisyon ticareti sistemi firmalara emisyon izinlerini satma ve satın alma izni vermektedir. Başlangıç izinlerin dağıtılması geçmiş emisyonla dayalı olarak hükümet tarafından yapılabilir ya da açık artırma ile satılabilmektedir. Günümüze kadar emisyon ticareti nadir olarak uygulanmıştır. En eski emisyon ticareti sistemi ABD’deki güç santrelleri SO₂ için yapılmıştır.

Ancak 2005 yılında geniş bir CO₂ emisyon ticareti Avrupa Birliği ülkeleri tarafından tanıtılmıştır. Emisyon vergisi gibi emisyon ticareti teorik olarak toplam emisyon azalımının en düşük maliyetle gerçekleşmesine olanak vermektedir. Ancak en önemli sorun çeşitli firmalar arasında başlangıç izinlerinin adil bir şekilde dağıtılması gerekliliğidir (Blok, 2007: 244).

Geniş karbon yayıcıları için izinler ulusal bölüşüm planları aracılığıyla yıllık olarak paylaştırılmaktadır. Firmalar emisyonlarını izinler tarafından oluşturulan sınırlandırmalara göre kısıtlamaları gerekmektedir. Eğer emisyonları izin verilmiş emisyonların altına düşürebiliyorlarsa, bu fazla izinleri diğer firmalara satabilmekte ya da gelecek için saklayabilmektedir (Galitsky vd., 2004: 43).

Özel Fonlar, Kredi Hatları ve Ödüş Verme Garantili Programlar:

Son on yıldır finansman programlarının gelişimi bir çok hükümet ve enerji etkinliği programlarını destekleyen bağışçılar açısından büyük önem kazanmaya başlamıştır. Finansman programlarının; nihai kullanıcıların, enerji hizmet şirketlerinin ve diğer aktörlerin uygun ve düşük maliyetli finansman kaynaklarına erişemediği durumlarda gerekli olduğu varsayılmıştır. Finansman programları kategorisi altında çok geniş ve farklı mekanizmalar yer almaktadır. Örneğin bu programlar; kredi hatlarını, döner fonları, özel amaçlı fonları, kısmi kredi garantilerini ve rezerv kayıplarını içermektedir. 1997 yılından beri Dünya Bankası ve diğer kalkınma finans kurumları; Bulgaristan, Çin, Macaristan, Hindistan, Litvanya, Filipinler, Romanya, Rusya, Tayland, Tunus, Türkiye ve Uruguay'ın dahil olduğu enerji etkinliği finansmanı ile ilgili çeşitli sayıda projeyi desteklemektedir (Sarkar and Singh, 2010: 5566).

2.2.2. Nihai-Enerji Kullanıma Yönelik Enerji Verimliliği Politikaları

Son dönemlerde arz yanlı etkinlik gelişmelerinin yanı sıra nihai-kullanım enerji etkinliği faaliyetlerine yönelik yaklaşımlara ağırlık verilmektedir. Nihai kullanım etkinlik faaliyetlerine yönelik politika uygulamalarını genel olarak talep-yanlı yönetim, enerji koruma merkezleri, standartlar ve etiklendirmeler, ticari bina

kodları, bilgilendirme programları olarak incelemek mümkündür (Oliver vd., 2001: 15).

2.2.2.1. Talep-Yanlı Yönetim (DSM)

Hükümetler, sanayiler, kalkınma bankaları, belediyeler ve diğer gruplar arz-yanlı yatırımların yanı sıra talep-yanlı yönetim seçenekleri üzerinde titizlikle durmaya başlamışlardır. Talep-yanlı yönetim veya DSM genel olarak tüketicilerin tüketim kalıplarını değiştirmeye yönelik uygulanan programlar olarak tanımlanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde, ev enerji etkinliği programları ile yerel kamu hizmet kurum faaliyetleri genel yaklaşımlardır. Çünkü kamu hizmet kurumları sıklıkla en güçlü tekniksel ve uygulama kapasitesine sahiptir (Sarkar and Singh, 2010: 5564).

Talep yanlı yönetim-DSM önem kazanmasında önemli faktörlerden birincisi özellikle sanayileşmekte olan ülkelerde, elektriğe artan talebi karşılamak için ilave güç santrallerinin sermaye baskılarına neden olmasıdır. İkinci olarak, arz-yanlı seçenekler üzerine aşırı vurgu yapılması kaynakların sağlık, eğitim gibi alanlardan sapmasına neden olarak tüketiciler açısından daha yüksek enerji hizmetleri maliyetine neden olmaktadır. Üçüncü olarak hem arz hem de talep yanlı dengelenmiş faaliyetlerin bileşimi daha çok çevresel kazançlara neden olmaktadır. Son olarak DSM hızlı elektrik talebi büyümelerinde ve yatırım finansmanı üzerinde baskı olduğu durumlarda cazip bir seçenektir (Oliver vd., 2001: 15-16).

Uygulanan kamu hizmet kurumları DSM programları; bu programın sonuçlarının karma olduğunu göstermektedir. Bu programlardan bazıları kısa dönemli amaçları karşılamada yeterli olmuş, başlatılan DSM programları ile talepteki zirve azaltılmış ve enerji tasarrufu sağlanmıştır. Ancak bir çok örnekte, kamu kurum hizmetleri DSM fonksiyonu varlığını zamanla devam ettirememektedir. DSM fonksiyonlarını devam ettirememesinde çeşitli faktörler yer almaktadır. Kamu kurum hizmet DSM projeleri kısa dönemli programların tanımlandığı alanlarda, program kamu hizmet kurumu ilgisi ile uyumlu olduğunda ve dışsal finansman kaynakları belirlendiğinde genel olarak iyi işlediği gözlemlenmiştir. Ancak uzun dönemli

taahhüt gerektiren konularda ya da dışsal finansman mekanizmasının gerekli olduğu alanlarda, kamu kurum hizmetleri taahhütlerinden vazgeçmektedir. Bu nedenle DSM uygulamaları zor olabilmekte ve uzun dönemli odaklanma ve bu işe adanma gerektirmektedir. Daha ileri örneklerde ise DSM programları için daha açık stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Kamu hizmet kurumları DSM programlarının başarılı olmasında temel bir faktör, piyasa güçleri ile paralel olan iyi düzenlenmiş çabalardır (Sarkar ve Singh, 2010: 5564-5565).

2.2.2.2. Enerji Koruma Merkezleri (Energy Conservation Centers) ve ESCO'lar

1970 ve 1980'li yıllarda enerji kullanımı ve enerji verimliliği konularına yönelik büyüyen ilgi sonucu bir çok ülkede enerji koruma merkezleri kurulmuştur. Enerji koruma merkezlerinin temel fonksiyonları arasında; kamuyu enerji koruma-muhafaza faydaları konusunda eğitmek, enerji denetimini yönetmek ya da büyük işletmeler için fizibilite çalışmaları yapmak, enerji kullanımı üzerinde direkt etkisi olan mühendis veya santral yönetici yetiştirmeye yönelik eğitimler gerçekleştirmek yer almaktadır (Oliver vd., 2001: 16). Enerji Koruma Merkezleri düşük maliyetli ve esnek kurumlar olarak; politika tavsiyeleri sağlama, özel sektör faaliyetlerini koordine etme, eğitim ve kamu eğitim programlarını yönetme gibi hizmetleri sağlamaktadır. Merkezler; enerji fiyatları ile özelleştirme stratejilerine yönelik politikaları ve enerji etkinliğini teşvik edecek diğer politika opsiyonları yönetmekte ve piyada ekonomisine dönüşümü desteklemektedir. Ayrıca merkezler yatırım imkanlarını ve girişim için olası ortakları belirlemekte, temel teknoloji alanlarında Batı yatırımlarını cesaretlendirmektedir (Wojtaszek, 1993: 5).

1970'li ve 1980'li yıllarda hükümetler tarafından kurulan enerji koruma merkezlerinden bazıları; 1978 yılında Japonya'daki Enerji Koruma Merkezi (ECCJ), 1980 yılında Dünya Bankası ve ABD'nin finansman desteği ile Endonezya, Pakistan ve Tayland'da kurulan Enerji Koruma Merkezleri, 1993 yılında ABD Enerji Departmanı, ABD Çevre Koruma Ajansı ve Dünya Yaban Hayat Fonu tarafından finanse edilerek kurulan Beijing Enerji Etkinlik Merkezi (BEC), 1998 yılında

Malezya'da kurulan Enerji Merkezi'dir (Oliver and etc, 2001: 16). Hükümet-dışı organizasyonlar - Enerji Etkinlik Merkezleri bir çok gelişmekte olan ülkede; Polonya, Çek Cumhuriyeti, Çin, Bulgaristan ve Rusya'da enerji etkinliğini desteklemeye yardımcı olmak üzere aktif olarak faaliyet göstermektedir. Örneğin ABD'de bu merkezler sanayi sektörünün büyük yeni piyasaları anlamalarında ve bu piyasalara girişlerinde yardımcı olmaktadır. Bu kurumlar ayrıca, tüketicilere ve girişimlere enerji etkinliği uygulamalarını geliştirmeleri yönünde yardımcı olmak amacıyla tavsiye vermektedirler (Wojtaszek, 1993: 5).

Enerji hizmetleri şirketleri (ESCO) ise; nihai kullanıcılara enerji tasarruf projelerinin belirlenmesinde, paketlenmesinde-paketleme programında, finansmanında, uygulamasında ve gözlemlenmesinde yardımcı olan ticari olarak faaliyet gösteren şirketlerdir. Dünya Bankası; Brezilya, Bulgaristan, Çin, Hırvatistan, Hindistan, Polonya, Tayland, Tunus, Türkiye, Uruguay ve Vietnam'ın dahil olduğu yerel ESCO sanayilerinin gelişiminin desteklenmesi amacıyla yaklaşık 36'dan fazla proje geliştirmiştir (Sarkar and Singh, 2010: 5565).

Enerji hizmetleri şirket modelinin umut verici özellikleri olmasına karşın, gelişmekte olan ülkelerde bu modelin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında çeşitli sıkıntılar olabilmektedir. Birçok ülke yasal ve finansal politikalardan; bu tarz kompleks yapısal bir modeli kabul edecek ve zorlayacak sistemlerden yoksundur. Uluslararası enerji hizmet şirketleri ilk başta gelişmekte olan dünyada işleme bulunmak için istekli davranmışlardır ancak tüketicilerin yeterli şekilde anlamadığının ve bu tarz sözleşmeleri kabul etmelerinin çok zaman ve kapasite aldığı; ayrıca muhtemel tüketicilerin kredi değerliğinin ve yerel kredilerin temin edilmemiş olduğunun farkına varmışlardır. Yeni enerji hizmet şirketinin oluşturulmasında ise, bu yeni birimlerin finansal yönetim, kredi değerlendirme, risk yönetiminde uygun yeteneklere sahip olmadığı, yerel piyasalar hakkında yol göstereci kayıtların olmadığı durumlarda yavaş ve etkisiz olduğu gözlemlenmiştir. Bazı müşteriler enerji hizmet şirketleri kontratlarını kabul etmede isteksiz davranmışlardır. Dünya çapındaki enerji hizmet şirketleri deneyimleri genel olarak bu modelin başarılı olabilmesi için teşvikinin ve gelişiminin uzun dönemli olması

gerektiğini ve anlamlı şekilde devlet desteğinin olması gerektiğini göstermiştir. Hedef piyasalar değerlendirildiğinde; uzun dönemli finansman gereksinimleri ve potansiyel kaynaklar, önemli piyasa organizasyonları ve gelişmeleri, ileriye yönelik genel yasal, finansal, muhasebe/vergi ve ilgili diğer konularda kararlılık vb. unsurların hepsinin birlikte sağlanması gerekmektedir (Sarkar ve Singh, 2010: 5566).

2.2.2.3. Regülasyonlar, Standartlar, Etiketlendirmeler ve Ticari Bina Kodları

Devletler sanayiler, binalar ve taşımacılık üzerine regülasyonlar düzenleyebilmekte, enerji verimliliği için zorunlu minimum standartlar oluşturabilmektedirler. ABD yakıt verimli yeni arabalar için minimum standartlar oluşturmaktadır. OECD çalışmalarında (1973-1991 dönemi) regülasyon ve standartlama politikalarının, özellikle binalar için düzenlenen regülasyon örneklerinde, genellikle faydalı olduğu görülmüştür. Sanayi tarafından kullanılan düzenleyici teknolojilerde ise, çok sayıda farklı teknolojiler göz önünde tutulduğunda çeşitli zorlukların olabileceği tesbit edilmiştir (Anderson, 1993: 37).

Tüketicilerin hanehalkına yönelik araç gereç almasında yön gösterecek basit ve etkin bir strateji standartlar ve etiketlendirmelerdir. Bu programlar aynı zamanda ticari ve sanayi sektörlerinde kullanılabilir. Enerji verimlilik standartları, enerji dönüşüm sistemleri ve enerji nihai-kullanım sistemleri için minimum teknik şartları tanımlamakta ve araç-gereç imalatçıların ürünlerini satabilmeleri için karşılamaları gereken minimum etkinlik seviyelerini göstermektedir. Enerji verimliliği standartları enerji kullanımını sınırlamada ya da azaltmada etkin olabilmektedir, ancak standartların katı olması esnekliğe izin vermeyebilmektedir. Bunun ötesinde uygulama süreci uzun zaman alabilmekte ve standartlara uyum için zorlayıcı ve yeterli sayıda gözlem sistemleri gerektirmektedir (Blok, 2007: 245).

Enerji etiketlendirmeleri ile satın alıcılar ya da kullanıcılar aletin enerji performansı hakkında bilgi edinebilmektedir. Ancak etiketlendirmelerin satın alma davranışı üzerine etkisi bulunmakla birlikte bu etki sınırlıdır. Bununla birlikte etiketlendirme politika gelişiminde önemli bir ilk basamaktır ve diğer politika

araçları ile birleştğinde etkisi fazlalaşabilmektedir. Etiketlendirmeler imalatçıları cesaretlendirmekte aynı zamanda imalatçıları enerjiyi etkin kullanmaya teşvik etmektedir (Oliver vd., 2001: 16; Blok, 2007: 246). Hükümetlerin standartlarla bina kodları oluşturma imkanları vardır. Bu kodlar mesken ve ticari sektörlerde temel verimlilik seviyesininin kurulmasında kullanılabilir. Kodlar genellikle yeni binalarda kullanılmaktadır. Bununla birlikte mevcut tesisler bina kodları tarafından saptanan minimum verimlilik seviyelerini sağlamaları gerekmektedir (Oliver vd., 2001: 16).

2.2.2.4. Müzakere Anlaşmaları ya da Gönüllü Anlaşmalar

Müzakere anlaşmaları ve gönüllü anlaşmalar hükümet ve aktörler ya da aktör grupları arasında enerji kullanımını azaltmaya ya da sınırlamaya yönelik yapılan anlaşmalardır. Gönüllü anlaşmaları genellikle hükümet (ya da diğer düzenleyici ajanslar) ve özel bir firma, firma işbirlikleri ve diğer kurumlar arasında yapılan sözleşmeler olarak tanımlayabiliriz. Anlaşmalar aktörlerin ‘kendi enerji kullanımı’na ya da ‘ürettikleri araç gereçlerin enerji kullanımı’na yönelik olabilmekte birlikte sözleşmenin konusu farklılık gösterebilmektedir. Özel partner, belirli enerji verimliliği gelişimine ulaşma, emisyon azaltma hedefine ulaşma ya da en azından deneyeceğine yönelik söz verebilmektedir. Hükümet partneri ise, bu çabaları finansal destek konusunda ya da diğer düzenleme faaliyetlerinden sakınma konusunda desteklemede söz verebilmektedir. Bir çok sanayileşmiş ülke gönüllü anlaşmaları, enerji verimliliği gelişmelerine ve çevresel kirlilik kontrollerine uyarlamaktadır. Sanayi süreçlerinin enerji verimliliğine yönelik gönüllü anlaşmalar bir takım Avrupa ülkelerinde uygulanmaktadır. Avrupa Birliği, araba imalatçıları ve seçilmiş hanehalkı araçları imalatçıları ile gönüllü anlaşmalar yapmıştır. Firmalar açısından bu anlaşmalar maksimum esneklik sağlama açısından avantajlara sahiptir. Hükümetler açısından bu anlaşmalar ile firmalarla daha iyi bir iş birliği sağlanmakta ve enerji verimliliği standartlarına göre daha hızlı başarı sağlanabilmektedir. Gönüllü anlaşmalarda, programa katılım amaçlı kamu ve tüketici tanımlarından yasal bağlayıcı anlaşmalara kadar geniş bir çeşitlilik mevcut olup, regülasyonlara göre görülebilir avantajlara sahiptir. Gönüllü anlaşmaların uygulanması kolay ve hızlı

olmakta, daha maliyet-etkili çözümler sunabilmektedir (Blok, 2007: 246; Worrell ve Price, 2007: 3).

2.2.2.5. Bilgilendirme Programları

Devletler tarafından uygulanan enerji verimliliği politikalarından biri bilgilendirme programlarıdır. Devletler, enerji maliyetleri, teknolojiler, standartlar vb. gibi konularda daha spesifik bilgi verme imkanına sahiptirler (Anderson, 1993: 36). Bilgilendirme programları enerji tüketicilerinin teknolojileri anlamaları ve kullanmalarına yardımcı olmak ve enerjiyi daha etkin kullanma uygulamaları için düzenlenmektedir (Worrell and Price: 2007, 3). Enerji denetçileri tüketicilere enerji tüketimleri ilgili detaylı analizler sağlamak ve enerji tüketimleri ve maliyetlerini azaltmaları yönünde tavsiyelerde bulunmaktadır. Bazı örnek olaylarda devletler denetçileri kendileri sağlayabilmekte (Japonya), bazı örneklerde enerji danışman kullanımını desteklemekte (İngiltere), bazı örneklerde denetim hizmetlerini sağlamada gaz ve elektrik kamu hizmetleri-kurumlarına gereksinim duymaktadır (ABD). Bilgilendirmeler, ilanlarla yayınlanan etiketlendirmeler, broşürler ve veriler aracılığıyla, elektrikli ev aletlerinin ve arabaların enerji verimliliği hakkında da sağlanabilmektedir. Teknik kullanım klavuzları ve el kitapları da bazı örneklerde sağlanmaktadır. Ayrıca teknik tavsiye hizmetleri ve enerji yöneticisi gibi eğitim programları da sağlanmaktadır (Japonya) (Anderson, 1993: 36-37).

Bilgi gereksinimleri aktörlerin durumlarına göre belirlenmektedir. Bu nedenle başarılı bir programın aktörlerin ihtiyaçlarını karşılamaya uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Batı Almanya ve Hollanda incelemeleri, ticaret literatürünün, araç-gereç imalatçılarının personel bilgilerinin ve meslektaşlar arasındaki değişimin önemli bilgi kaynakları olduğunu göstermiştir. Sanayisel Değerlendirme Merkezi Programı, ABD’de çok iyi bilinen denetleme programına örnektir. Program ABD’de küçük ve orta ölçekli girişimlerde 7000’ini aşkın denetçi ile iyi bir performans göstermiştir (Worrell ve Price: 2007, 3).

2.2.2.6. Piyasa Dönüşümü

Diğer bir genel yaklaşım piyasada daha etkin ürünlerin; dondurucular, kompakt florans lambalar ya da soğutucuların adaptasyonunu desteklemektir. Bu yaklaşımda, tüketiciden ziyade bir ya da birden fazla ürün (niahi-kullanım) hedeflenmekte; etkin modellerin piyasada oranını yükseltmek amacıyla stratejiler ve teşvikler geliştirilmektedir. Stratejik müdahaleler çok geniş ve çeşitli olabilmekte ve kamu kurum hizmetleri DSM, standartlar ve etiketlendirmeler, pazarlama ve promosyon, teknoloji transferi, finansman (karbon finansmanı vs), imalatçı görüşmelerini ya da bunların bileşimini içerebilmektedir. Bu programdaki temel amaç, etkin modeller için artan maliyetlerin en iyi nasıl üstesinden gelinebilirliği ve böylece nihai tüketicilerin satın alma davranışlarını değiştirmesinin teşvik edilmesidir. Son on yılda artan talep ve gelişmekte olan ülkelerde daha çok ürünün imalat edilmesi, birçok enerji etkin araç-gerecin maliyetinin düşmesine neden olmuş ve bu amaca ulaşılmada kolaylık sağlamıştır (Sarkar and Singh, 2010: 5567).

Hükümetler de gereksinimlerini karşılamak amacıyla enerji tüketmekte ve enerji verimliliği üzerinde doğrudan etkiye sahip olabilmektedir. Bu nedenle kendilerine ait özel uygulamaları gerçekleştirerek diğer enerji tüketicilerine örnek oluşturabilmektedir. Örneğin Danimarka hükümeti enerji verimlilik standartlarını tüm kamu binaları için zorunlu kılmıştır. Düşük enerji bina uygulamaları; okullar, hastahaneler ve hükümet ofis binaları için uygulanabilmektedir. Batı Almanya federal başkanlık içinde daha fazla enerji verimliliği ile 1979- 1983 arası enerji tüketimini %25 civarında azaltmıştır (Anderson, 1993: 38-39).

Birçok gelişmekte olan ülkede bu programlar Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı aracılığıyla finanse edilmiş ve Dünya Kalkınma Bankası Hindistan'da, Meksika'da, Filipinler'de , Polonya'da, Güney Afrika'da, Tayland'da ve Vietnam'da yaklaşık 12'ye yakın program uygulamıştır. Bangladesh, Bolivya, Çin, Küba, Etopya, Hindistan, Meksika, Filipinler, Rawanda, Güney Afrika, Sri Lanka, Tayland, Uganda, Vietnam ve bir çok diğer ülkede etkin aydınlatma ampulleri, çoğunlukla

kompakt floresans lambalar, ampul tedarik ve dağıtım aracılığıyla desteklenmektedir (Sarkar ve Singh, 2010: 5567).

Enerji verimliliğine yönelik uygulanan politikalar karşılaştırıldığında hangisinin daha etkin olduğu yönünde kesin bir karar vermek zordur. Çünkü bir çok örnek olayda politikaların etkinliği diğer bir politikayla bütünleştirilmiş olmasına bağlı olmaktadır. Bu nedenle tek bir politika aracı kullanmak yerine karışık-bütünleştirilmiş politika uygulamalarının daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bunun temel nedeni enerjinin farklı biçimlerde, farklı tüketiciler tarafından tüketilmesi ve tek bir politikanın farklı biçim ve aktörler üzerinde genel etkisinin olmamasıdır. Ayrıca bir çok durumda farklı enerji politikaları her birinin etkinliğini güçlendirmektedir. Enerji verimliliği politikalarında diğer önemli bir husus ise, hangi spesifik politikaların en etkin olmasından ziyade tüm ölçekte etkin olan politikaların daha önemli olduğudur. Ancak günümüzde enerji verimliliği politikalarının toplam etkisini gösteren kesin örnekler mevcut değildir.

2.2.3. Enerji Etkinliğine Yönelik Engeller

Enerji etkinliği bir çok ekonomik ve çevresel kazançlar sağlamaktadır. Bir çok hükümet enerji korumaları ya da enerji verimliliği gelişmeleri ile enerji politika hedeflerine ulaşmayı hedeflemektedir. Ancak enerji verimliliğinin gelişmesi önünde çeşitli engeller olabilmektedir. Bu engeller aktörlerin (firma, kurum, hanehalkı, birey) enerji etkinliğini sürdürmesini kısıtlamaktadır. Bu bariyerleri teknik bariyerler, bilgi bariyerleri, ekonomik bariyerler, organizasyonel bariyerler, ev sahibi-kiracı bariyerleri, ilgi eksikliği; karar oluşturma süreci, yüksek dönüşüm maliyetleri ya da sınırlı sermaye erişimi olarak sınıflandırmamız mümkündür. Aşağıda enerji etkinliğinde karşılaşılan engeller özetlenmiştir (Blok, 2007: 241; Woolf ve Lutz, 1993: 234; Sarkar ve Singh, 2010: 5563; Worrell ve Price, 2007: 1):

- **Kurum ve Kapasite Eksikliği:** Kamu birimlerinin yeni ve başlangıç aşamasında olan enerji etkinliği mal ve hizmet piyasalarının organize edilmesinde, dönüşümünde, teşvik edilmesinde ve geliştirilmesinde kurum ve

kapasite eksikliği; yerel özel sektörün enerji etkinliği teknolojileri ve uygulamalarına adaptasyonunda kapasite ve kurum eksikliği olabilmektedir.

- **Teknik Engeller- Enerji Etkinliği Araçlarına Erişim ve Güven Eksikliği:** Enerji etkinliği ile ilgili mevcut seçenekler henüz mümkün olmaya bilmekte ya da seçenekler aktörler tarafından uyum sağlamada yeterli olarak görülmeyebilmektedir. Kullanıcılar açısından enerji etkinliği araçlarına erişim ve güven eksikliği olabilir. Bazı enerji etkinlik önlemleri piyasada görece olarak yenidir ve bunları satın almak çok zor olabilmektedir ve bazı tüketiciler tarafından çok riskli olarak görülebilmektedir.
- **Bilgi Engelleri ve Bilgi Erişim Eksikliği ve Fikir Birliği Eksikliği:** Fikir birliği eksikliğinde enerji verimliliğini teşvik edecek en iyi uygulamalar üzerinde: düzenlemeler, teşvikler /sübvansiyonlar, farkındalık/bilgi konuları, bu mekanizmalar arasında doğru denge ve hükümetlerin uygun rolleri gibi konularda fikir birliği eksikliği olmaktadır. Bir çok tüketici potansiyel enerji etkinlik yatırımları sonucu oluşabilecek enerji tasarrufları potansiyeli hakkında bilgiye sahip değildir. Aynı şekilde enerji etkin araçların seçimi ve kurulumu hakkında bilgi ve teknik uzmanlıktan yoksundur. Aktörler enerji etkinliği gelişmeleri hakkında bilgilendirilmemiş olabilmektedir. Ya da aktörler belirli teknolojiler hakkında bilgi sahibi olabilmekte ancak bu teknolojilerin uygulanabilir olup olmadığı konusunun farkında olmayabilmektedirler. Birçok nihai-kullanım araç üreticisi, ürünlerini enerji etkin yapma yolları hakkında çok az bilgiye sahiptir. Araç-gereç arzcuları bilgi eksikliği ya da değerlendirme yolları eksikliği ya da bilginin yayılması eksikliği ile karşı karşıya olabilmektedir. Nihai-kullanım sağlayıcıları sıklıkla etkin teknolojileri tanımamaktadır. Aynı zamanda, etkinlik gelişmelerinin ekonomik kazançlarını hesaplamada; yeterli yönetim araçlarının, tekniklerinin ve prosedürlerin eksikliği bilgi engeli olarak nitelendirilmektedir. Son olarak, diğer politika ve regülasyonlar enerji etkin teknolojilerin ulaşımını sınırlandırabilmektedir Ayrıca enerji verimliliği veri eksikliğinde ülkeleri yeterli şekilde enerji etkinliği seviyelerine göre

karşılaştırabilecek; enerji etkinliği seviyeleri dikkate alınırken ülkelerin ekonomik yapıları, iklim, coğrafya, nüfus ve diğer faktörleri içeren ve gelişme için reel potansiyeli belirleyen uluslararası tanınan göstergelerin eksikliği sorunu ile karşılaşılmaktadır.

- **Eko**
nomik Engeller: Standart ekonomik engeller nedeniyle belirli bir teknoloji firmalar tarafından kâr edilebilir olarak görülmeyebilir. Diğer bir engel sermaye yetersizliği olabilmektedir. Yaşlı ama henüz değeri düşmemiş araçlarda diğer bir ekonomik engel olabilmektedir. Fiyat sinyallerinin uygun olmaması durumunda enerji fiyatları özellikle elektrik oranları çoğu zaman elektrik üretiminin marjinal maliyetini ve zirve ile dip olduğu dönemler arasındaki maliyetleri tam olarak yansıtmamaktadır. Enerji verimlilik piyasaları küçük olduğunda; yüksek etkinlik ürünlerine sınırlı talep olmakta, tüketiciler arasında sınırlı gelir ve az farkında olma eksikliği sonucunda enerji verimliliği mal ve hizmetlerine sınırlı yurt içi arzı gerçekleşmektedir.
- **Organizasyonel Engeller, Karar-Oluşturma Süreci ve Zayıf Enerji Etkinliği Yönetimi:** Karar oluşturma süreci firmalarda prosedür kurallarının, iş ikliminin, kurumsal kültürün, yönetici kimliklerinin ve firmaların enerji etkinliğini algılamalarının, yatırım risklerinin fark edilmesinin, firma yapısının öneminin, organizasyonel, iç iletişimin bir fonksiyonudur. Enerji farkındalığının, (üretim maliyetlerinin azalması anlamına gelmektedir) dünya genelinde sanayi sektöründe çok güzel örnekleri olmasına karşın, enerji farkındalığı bir çok firma için öncelikli olarak gelmemektedir. Maliyet-etkin enerji etkinlik önlemleri; tüketici kesimindeki bilgi eksikliği, bilgiye olan güven eksikliği ya da uygun bilgiyi elde etmede yüksek işlem maliyetleri sonucu sıklıkla dikkate alınmamaktadır. Bilgiyi toplama ve zamanı, kaynakları harcama süreci özellikle küçük firmalar için zor olmaktadır. Bilgi farklılıkları sadece nihai-kullanım araçları tüketicilerini değil aynı zamanda piyasanın bakış açısını da ilgilendirmektedir. Özellikle enerji yoğun olmayan şirketlerde, enerji etkinliği yatırımlarını seçecek ve devam ettirecek iyi

tanımlanmış yapılar olmayabilmektedir. Enerji verimliliği regülasyonlarını uygulamada ve yönetmede kurumlar arasında farklılık olabilmekte; hükümetin, uluslararası işbirliklerinin, özel sektörün ve sivil kuruluşların farklı seviyelerinde kordinede yetersizliği görülebilmektedir.

- **Yetenekli Personel Eksikliği:** Yetenekli personel eksikliği özellikle küçük ve orta ölçekli girişimlerde, yeni enerji etkin araç-gereçlerin seçilmesini ve kurulmasını, basit bir şekilde enerji satın alınmayla karşılaştırıldığında zorlaştırmaktadır. Bir çok firmada sıklıkla eğitilmiş teknik personel yetersizliği mevcuttur çünkü personelin çoğu üretimi sürdürmekle meşguldür. Aynı zamanda firma pozisyonu hiyerarşisi içinde; enerji ya da çevre yöneticileri enerji etkinliğine daha az önem verebilmekte ve insan kaynaklarının yeni önlemleri değerlendirme ve uygulama imkanını azaltabilmektedir.
- **Ev Sahibi- Kiraci Engelleri- Sorumluluk Eksikliği:** Bir takım engeller; enerji etkinliği yatırımlarını uygulayan kişiler ile (ofis binasının sahibi) finansal kar elde eden kişilerin (ofis binasını kullandığı için elektrik faturasını ödeyenler) aynı kişi olmamaları ile ilgili olabilmektedir. Kiracılar binaya sahip değilken ev sahipleri de elektrik faturasını ödememektedir. Bu nedenle sorumluluk eksikliği durumunda kiracılar ve ev sahipleri enerji etkinliği kurulumunu az oranda teşvik etmektedir.
- **Sınırlı Sermaye Erişimi:** Sınırlı sermaye imkanı; enerji etkin yatırımlarını diğer yatırım öncelikleri ile rekabete itmekte ve bir çok firma enerji etkinlik yatırımları için aşılması güç oranlarla karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle küçük ve orta ölçek girişimler için sermaye imkanı; bankacılık ve finansman mekanizmalarına sınırlı ulaşılabilirlik nedeniyle, enerji etkinlik gelişim teknolojilerine yatırımlarda büyük bir engeldir. Enerji fiyatları enerjinin reel maliyetini yansıtmadığı durumlarda, tüketiciler enerji etkinliğine gereğinden az yatırım yapmaktadır. Özellikle kısa dönemde enerji fiyatlarının belirsizliği önemli bir engel olarak gözükmektedir. Belirsizlik sıklıkla yüksek risk

algılamasına neden olmakta ve bu nedenle yatırım kriterlerini kısıtlamaktadır. Tüketiciler çoğu zaman sermaye erişimi kısıtı ve hızlı ödeme gereksinimi (6 aydan 3 yıla kadar) gibi nedenlerle engellenmektedir. Bu kısıtlama geri ödemesi en az 10 yıl ya da daha uzun süren elektrik kamu kurum hizmet yatırımlarında görülmektedir.

- **İlgi Eksikliği -Rasyonel Karar Alma Eksikliği:** Büyük bir çoğunlukta ekonomik aktörler için enerji maliyetleri toplam üretim maliyetleri içinde küçük bir paya sahiptir. Enerji maliyetleri çok az olduğunda aktörler enerji maliyetlerini azaltmak için seçenekleri öğrenmek konusunda yeterince çaba harcamamaktadır. Eğer elektrik faturaları tüketicilerin toplam bütçelerinde küçük bir paya sahipse değişime nadiren uygun tepki gösterilir. Tüketiciler sıklıkla ekonomik olmayan; trendler, moda, görünüş ve alışkanlık gibi konularda tepki göstermektedir. Firmalar yüksek geri ödemelere karşın tipik olarak Ar-Ge konusunda yeterince yatırım yapmamaktadır. Yatırım eksikliği bedavacılık riskinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte bir çok çalışma Ar-Ge'lerin yüksek geri ödeme amacına ulaştığını göstermektedir. Son dönem analizleri, sürdürülebilir enerji teknolojilerine yönelik kamu ve özel sektör Ar-Ge fonlarının sanayileşmiş ülkelerde yükseldiğini göstermektedir.
- **Batı Enerji Etkinliği Program Modellerine Aşırı Güven:** Batı enerji etkinliği program modelleri gelişmekte olan ülkeler için rehberlik konusunda yardımcı olabilmektedir ancak yerel piyasalara ve koşullara göre uygun ayarlamaların yapılmasına ihtiyaç vardır (Sarkar ve Singh, 2010: 5562):

Aşağıdaki tabloda enerji verimliliğine yönelik engeller; politika/mevzuat, tedarikçiler, nihai kullanıcılar ve finansmanlılar açısından sınıflandırılarak ele alınmıştır.

Tablo 2-7: Enerji Etkinlik Yatırımlarına Yönelik Engeller

Politika/Mevzuat	Araç-Gereç/Hizmet Tedarikçileri	Nihai Kullanıcılar	Finansmanlılar
-Enerji fiyatlandırmaları ve derlemeleri -Enerji etkinliği araç-gereçleri ithalat yükümlülükleri -Enerji etkinliği için net olmayan ya da gelişmemiş kurumsal yapı -Araç standartları ve bina enerji etkinlik kodlarının eksikliği -Test etme eksikliği ve zayıf uygulama	-Yüksek proje gelişme maliyetleri -Enerji etkin mal ve hizmetlere düşük talep -Dağınık/farklı piyasalar -Yeni sözleşmeye dayalı mekanizmalar (ESCOs) -Sınırlı teknik, iş ve risk yönetim becerisi -Sınırlı finansman/özsermaye	-Enerji etkinliği ve yüksek indirim oranlarının farkında olmama eksikliği -Yüksek proje ön ödeme maliyetleri -Artan maliyetleri ödeme konusunda yetersizlik/gönülsüzlük -Diğer maliyetlere göre görece düşük enerji etkinliği kazançları -Yeni teknoloji/sistemlerin risk algılaması -Enerji kazanımlarının gözle görülür olmaması/sanal olması -Karma teşvikler -Davranış sapmaları -Güvenilir veri eksikliği	-Yeni teknoloji ve sözleşme mekanizmaları -Riskin yüksek olarak algılanması -Diğer yüksek getiriler/düşük riskli projelerin daha çekici olması -Davranışsal sapmalar

Kaynak: Sarkar ve Singh , 2010: 5562.

Yukarıdaki tabloda özetlendiği gibi paydaşlar enerji etkinliği konusunda bilimsel, teknik, finansal, kurumsal ve davranışsal olarak birçok engelle karşılaşmaktadır.

2.3. Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufuna Yönelik Uygulamalar

Enerji temel üç nihai kullanım sektörü tarafından ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bu üç sektör bina, sanayi ve ulaşımdır. Bu sektörden her biri birincil enerji kullanımı talebinin yaklaşık %30'unu oluşturmakta ve ülkeler arasında farklılıklar göstermektedir. Tarım, madencilik ve inşaat gibi sektörler diğer enerji nihai kullanım sektörleridir (Blok, 2007: 45). Enerji verimliliği uygulamaları sanayi sektöründe, ulaştırma sektöründe, binalarda, elektrik üretim tesislerinde, elektrik iletim ve dağıtım hatlarında ve elektrikli ev aletlerinde gerçekleştirilebilmektedir.

Özellikle tüketilen enerjinin büyük bir kısmı binalarda kullanılmakta ve bina yalıtımının iyi olmaması gibi nedenlerden dolayı enerjinin büyük kısmı kaybolmaktadır (Karadaş, 2008: 96).

Enerji verimliliğini artırmaya yönelik; cihaz, ekipman, bina ve enerji hizmetleri için en az enerji tüketimi, verimli olmayan ürünlerin piyasadan çekilmesi amacıyla performans derecelendirilmesi ve etiketleme, daha fazla enerji verimliliği sağlayan ürünler için finansal destek ve tüketicilerin en verimli ürünleri kullanması yönünde bilgilendirilmesi çalışmaları yer almaktadır. Bu çalışmaların yanısıra elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımındaki kayıplar, yeni ve mevcut elektrik üretim kapasitesindeki verimliliği artırmak, iletim ve dağıtımdaki kayıpları azaltmak amacıyla önlemler önerilmektedir (İİB, 2008).

Enerji üretiminin yapıldığı santraller enerji verimliliği açısından önemli olan alanlardır. Çünkü santrallerde enerji üretmek amacıyla enerji tüketilmektedir. Örneğin termik santraller ürettiği toplam enerjinin %10 ila %15'ini tüketmektedir. Termik santrallerde enerji verimliliğinin sağlanmasında kazan verimliliğini artırmaya yönelik teknolojiler, uygun yakıt kullanımı, pompa ve fanların otomasyonu, atık ısının geri kazanılması gibi önlemler yer almaktadır (Karadaş, 2008: 96). 1970'li yıllardan itibaren çeşitli ülkelerde uygulanan enerji verimliliği alanında en önemli tedbirlerden biri bina kodları ve standartlarıdır. Özellikle eski binaların rehabilitasyonu önem kazanmaktadır. Bunun en önemli nedeni mevcut binalardaki enerji tüketiminin toplam tüketim içindeki payının yüksek olmasıdır. Örneğin 2050 yılında Avrupa ülkelerindeki mevcut binaların toplam enerji kullanımının 2/3'ünü oluşturacağı beklenmektedir (Kavak, 2005: 46).

Alt bölümde bina sektöründe, sanayi sektöründe ve ulaşım sektöründe enerji verimliliği ve enerji tasarrufuna yönelik uygulamalara yer verilmiştir.

2.3.1. Binalarda Enerji Verimliliği ve Tasarrufu

Binalarda enerji kullanımını; konutlarda enerji kullanımı ve hizmet sektörlerinde enerji kullanımı olarak sınıflandırmak mümkündür. Hizmetler sektörü;

hem ticari hizmetleri (perakende ve toptan ticareti, yiyecek-içecek endüstrisi, bankacılık ve sigorta şirketleri vs) hem de kamu hizmetlerini (okul, hastahane, devlet)'den oluşmaktadır (Blok, 2007: 47). Dünya genelinde binalarda tüketilen enerji toplam enerji içinde önemli bir paya sahiptir. Özellikle IEA üyesi ülkelerde konut ve ticari binalarda tüketilen enerji toplam tüketilen enerjinin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır. Konut ve ticari binaların petrol talebindeki payı yaklaşık %11 iken, konut ve ticari binaların elektrik talebi içindeki payları ise daha yüksek bir seviyede, IEA genelinde yaklaşık %60, AB genelinde ise yaklaşık %40 civarında gerçekleşmektedir (Kavak, 2005: 18).

Konut (residential) sektörü, bina sektörünün enerji talebinin yaklaşık 2/3'ünü oluşturmaktadır. Ancak oranlar ülkeden ülkeye değişmektedir. Alan ısıtması, ülkenin sıcaklığı ve soğuk iklim kuşağında olup olmamasına göre konut sektöründe enerji hizmetlerinin baskınlığını ya da etkisizliğini yansıtmaktadır. Binaların birincil enerji talebinin yaklaşık yarısı, alan ısıtmasından kaynaklanmaktadır. Alan ısıtmada kullanılan baskın enerji taşıyıcıları fosil yakıt (doğal gaz, hafif likit petrol ve kömür) ağırlıklıdır. Ancak bazı ülkelerde elektrik ve odunda önemli katkılara sahiptir. Son on yılda; duvar, tavan ve taban izolasyon uygulamaları, çift sırlama, ısıtma sistemlerinde verimlilik gelişimleri bir çok ülkede ısıtma sistemlerinde enerji kullanımını düşürmüştür. Binalarda diğer önemli bir enerji hizmet fonksiyonu sıcak su üretimidir. Sıcak su üretiminin büyük bir kısmı duş ve banyo için kullanılmaktadır. Bu sıcak su, farklı oranlarda elektrik, doğal gaz ya da petrol-yakıtlı arzdan temin edilmektedir. Çok az sayıda ülkede güneş yerli sıcak su sistemleri önemli katkı sağlamaya başlamıştır. Konut sektöründe enerji kullanımının olduğu diğer enerji hizmetleri ise; aydınlatma, buzdolabı ve soğutma, kıyafet yıkama ve kurutma, bulaşık yıkama, yemek pişirme, TV ve bilgisayar şeklindedir. Ancak alan ısıtması, hizmet sektöründe baskın olan enerji hizmet fonksiyonudur (Blok, 2007: 47).

Binalarda enerji tasarrufunu sağlamak amacıyla genel olarak; kişilerin enerji verimliliği bilincinin yükseltilmesi, enerji verimlilik standartlarına uygun olmayan yasa dışı konutların önlenmesi, iç ortam sıcaklığının 22-23 C⁰ olarak gerçekleşmesi

ile enerji verimliliğinin sağlanmasıdır. Bina duvarlarından % 25- 40 ısı kaybı olmaktadır. Öncelikle alınacak önlem, bina yalıtımlarının iyileştirilmesi, bu amaçla bina dış duvarlarına dışardan veya içerden yalıtım yapılması, bina dış cephesinden olan ısı kayıplarının azaltılması (bu sayede iç sıcaklığın $1C^0$ düşürülmesi ile enerjide %6 oranında tasarruf sağlanmaktadır), işletme, havalandırma, iklimlendirme tesisatının iyileştirilmesi ve otomasyonu, su ısıtıcı ve sıcak su borularının yalıtımının sağlanması, kombi uygulamaları yerine verimlilikte büyük artış sağlayabilecek merkezi sistemin tercih edilmesi, merkezi ısıtılmalı alanda sıcaklık fazla geldiğinde camların açılması yerine termostatik vanalarla sıcaklığın düşürülmesi, pencere ve kapıların hava sızdırmalarının kontrol edilerek sızıntıların önlenmesi, özellikle kapı altlarının yalıtımının yapılması, çatı yalıtımının yapılması ve iklim koşullarına göre değişebilen ortalama 5-10 cm kalınlıkta cam yünlü malzeme kullanılması, radyatörden çıkan ısı kaybını önlemek amacıyla radyatör ve duvar arasına alüminyum folyo kaplı ısı yalıtım levhalarının yerleştirilmesi, radyatör sıcaklığını ayarlayan radyatör vanalarının kullanılması ile yaklaşık %15-%20 oranında enerji tasarrufu sağlanması, radyatörlerin önünün uzun perdeler, mobilyalar gibi eşyalarla kapatılmaması, kışın kuzeyde olan ve kullanılmayan odaların camlarının panjurla ya da perde ile kapatılması gibi önlemler almak mümkündür (TMMOB, 2005: 7-10; İİB, 2008).

Bu önlemlerin alınması ile en az 7-8 milyon TEP civarında ve 2 milyar dolara yakın tasarrufun gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (TMMOB, 2005: 8). Türkiye’de tüketilen enerjinin yaklaşık üçte biri binalarda, ısınma, aydınlatma ve elektrikli cihazlarda kullanılmaktadır. Bu enerjinin büyük kısmı ise, petrol, doğal gaz ve kömürden elde edilmekte ve dışa bağımlılığımızı artırmaktadır. Tüketiciler olarak konutlarda verimlilik ve enerji tasarrufunun gerçekleştirilmesi, hem ülke ekonomisine hem de çevremizin korunmasına yardımcı olacaktır (“Sanal(b)”, 2008).

2.3.1.1. Binalarda Enerji Etiketlendirmeleri

Binalarda enerji verimliliği çalışmalarının diğer önemli bir ayağı enerji etiketlemeleridir. Bu sayede binaların enerji performansları görülebilmekte ve konut

sahipleri enerji verimliliğine teşvik edilebilmektedir. Enerji etiketleme yöntemi ile binayı alacak ya da kiralayacak tüketici binanın performansı hakkında bilgi edinebilmekte, binada oturanlar, alıcılar ya da kiralayacak kişiler bu bilgileri kullanarak rasyonel karar alabilmektedir. Rasyonel davranan bir tüketici enerji maliyetlerindeki düşüşü düşünerek enerji verimli binaları tercih etmektedir. Ancak satıcılar ise enerji verimliliği yüksek binalar yapmaya yönelecek ilave maliyetleri kira/satış bedeline yansıyacak bu da binanın değerini yükseltecektir (Kavak, 2005: 25).

2.3.1.2. Binalarda Elektrikli Ev Aletlerinin Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu

Elektrikli ev aletleri çok verimli A+'dan az verimliye F'ye doğru enerji verimliliği sınıflandırmasına tabidir. A sınıfı ürünler B sınıfı ürünlerden ortalama %20 daha az enerji harcamaktadır. Örneğin A sınıfı bir buzdolabı, çamaşır makinesi ve bulaşık makinesine sahip bir aile B sınıfına sahip başka bir aileye göre yılda 250 kWh elektrikten tasarruf edebilmekte ve ortalama her ay 5 TL daha az ödemektedir. Ancak Beyaz Eşya Sanayicileri Derneği (BESD) tarafından yapılan hesaplama göre tüketicinin bir üst enerji seviyeli ürünü almak için ödeyeceği maliyetin geri dönüşümü 14-28 yıl almaktadır (TEVEM, 2010: 57).

Ev araç-gereçleri dikkate alındığında, IEA tarafından yapılan tahminlere göre ev araç-gereçlerinin en iyileri ile değiştirilmesi sonucu mesken enerji tüketiminin yaklaşık %40 azaltılabileceği bunun ise global düzeyde maliyet olarak yıllık 130 milyar dolara karşılık geleceği belirtilmektedir (Sarkar ve Singh, 2010: 5561). Konutlardaki büro ekipmanları yaklaşık %50 oranında enerji tasarruf potansiyeline sahiptir. Evlerde tüketilen enerjinin yaklaşık %10-15'i kullanılmadığı halde prizlerde takılı olan cihazlar tarafından tüketilmektedir. Örneğin 2000 yılında 15 AB ülkesinde bu yolla tüketilen enerjinin 94 milyar kWh olduğu hesaplanmıştır. Bu miktar yaklaşık 12 adet büyük nükleer santral veya termik santral üretimine denk gelmektedir (İBB, 2008).

Amerika’da 2004 yılında elektrikli ev aletlerinin verimlisi ile değiştirilmesi sonucu evsel enerji tüketiminin %3’nün tasarruf edildiği hesaplanmıştır. Avrupa’da yapılan çalışmalar sonucu elektrikli ev cihazlarının enerji tüketiminde önemli düşüşler gerçekleşmiştir. Örneğin en verimli buzdolapları, 1990 yılına göre enerjide %75 oranında tasarruf sağlamaktadır. Çamaşır makineleri ise 1985 yılına göre, enerjide %44, suda %62 tasarruf sağlamaktadır. Bulaşık makinelerinde ise 1980 yılında 2kWh enerji tüketirken, 2004 yılında 1kWh enerji tüketilmeye başlanmış, su tüketiminde ise üçte bir oranında düşüş yaşanmıştır (TMMOB, 2009: 48).

Elektrikli ev aletleri tüketim değerleri verilmiştir. Elektrik tüketiminde birinci sırada %31,1’lik payla buzdolabı gelmektedir. İkinci ve üçüncü sırada %15’lik payla klima ve %11,7’lik payla aydınlatma gelmektedir Dördüncü sırada ise %6.7 oranla televizyon gelmektedir. Elektrikli ev aletleri stand by konumunda ise %5 elektrik tüketmektedir. Örneğin Türkiye’de mevcut buzdolaplarında A ve A+’ya geçilmesi durumunda 120 milyon ton ağaç dikmeye eşdeğer CO₂’in temizleneceği öngörülmektedir. EİE tarafından yapılan çalışmalar sonucunda elektrikli ev aletlerinde yapılacak üst sınıfa geçiş dönüşüm programı ile 8 milyar kWh enerji tasarrufu elde edilebileceği tahmin edilmektedir. Bu ise toplam elektrik tüketiminin %5’ine denk gelmektedir. Burada en önemli sorun ise finansman sorunudur (TEVEM, 2010: 57).

Gerek ev gerek iş yerlerinde kullanılan elektronik cihazların kullanımında enerjinin en aza indirilmesi için alınabilecek önlemler arasında şunlar yer almaktadır; ilk olarak cihazların fişinin prizden çekilmesi, elektronik cihazlar satın alınırken enerji verimliliği “A” ve “A +” işaretili olanların tercih edilmesi, yüksek enerji verimli ve çok düşük enerji verimli cihazlar arasında %60’ın üzerinde enerji tüketim farkı olmaktadır, (A sınıfı bir çamaşır makinesi tercihi ve dikkatli kullanım ile enerji tüketimimizi yaklaşık %40 oranında azaltmamız mümkün olmaktadır, A sınıfı bir bulaşık makinesi dikkatli bir şekilde kullanıldığında yaklaşık %35 oranında enerji tasarrufu sağlamamız mümkündür), açma-kapama butonu bulunan çoklu priz kullanımı, elektrikli cihazların üretildikleri amaç doğrultusunda kullanılması (örneğin ekmeğin ekme kızırtma makinesi yerine fırında kızırtılması üç kat daha

fazla enerji harcanmasına neden olmaktadır), elektrikli süpürgelerde ürünün doğru seçilmesi ve dikkatli kullanılması ile birlikte yaklaşık %10 kadar daha az enerji tüketilebilmektedir, torbalı süpürgeler yerine su hazneli süpürgeler tercih edilmeli, televizyon, VCD/DVD ve müzik seti gibi aletleri daha dikkatli kullanarak yaklaşık %10 oranında enerji tüketimini azaltmamız mümkün olmaktadır. “Energy Star” etiketli yeni teknoloji televizyon ve videolar kayıp enerjiyi %75 oranında azaltmaktadır. Bilgisayar, yazıcı, fotokopi vb. elektrik enerjisi kullanan ekipmanların satın alınırken “Energy Star” işaretli olmasına dikkat edilmelidir (İBB, 2008; TMMOB, 2005: 11-12; EİE, 2010ee: 9- 12).

2.3.1.3. Binalarda Aydınlatmada Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu Önlemleri

Bir lambanın verdiği ışığın, harcadığı elektrik oranına (Lm/W) ışık etkinliği denilmektedir. Farklı ortamlarda farklı miktarlarda ışığa gereksinim duyulmaktadır. Örneğin ofislerde 500 lux, mutfaklarda 3000 lux, koridorlarda 50 lux aydınlatma optimum kabul edilmektedir. Elektrik tüketiminde aydınlatma oranları dikkate alındığında karşımıza; %20 sanayide, %30 mağazalarda, %40 ofislerde, %20 meskenlerde aydınlatma tüketim oranı çıkmaktadır (TEVEM, 2010: 58). Küresel düzeyde kamu ve bina aydınlatmalarının %70’inde, sanayileşmiş ülkelerde dahil olmak üzere, mevcut teknolojileri kullanarak enerjinin %50’si tasarruf edilebilmektedir. Dünya genelinde (sanayileşmiş ülkelerde dahil olmak üzere) kullanılan cadde lambalarının %90’ını, daha etkin olan lambalara göre %40’tan daha fazla enerji tüketmektedir (Sarkar ve Sing, 2010: 5561).

Aydınlatmada verimli ışık kaynaklarının kullanılması enerjinin daha verimli kullanılmasına neden olmaktadır. Duvar, tavan ve dekorasyon malzemelerinin açık renkli seçilmesi, odadan çıkarken ışığın kapatılması, enerji tasarrufu sağlamaktadır. Örneğin 75 watt’lık akkor flamanlı lambaya karşılık, 15 watt’lık bir floresans lamba kullanılarak %80 oranında tasarruf sağlanabilmektedir. Benzer şekilde ofislerde elektronik balastlı 58W floresan lambalarının kullanıldığı verimli armatürlerle otomatik kontrol sistemlerinin kullanılması sayesinde %75 oranında enerji kazancı

elde edilmektedir (TMMOB, 2005: 21). Akkor ampüller kompakt flüoresan ile değiştirildiğinde %80 tasarruf gerçekleşmektedir. Türkiye için 30 milyon verimsiz lambanın verimli lamba ile değiştirildiği senaryoda 2,4 milyar kWh yıllık enerji tasarruf edildiği ve 1,2 milyar ton CO₂ salımının engelleneceği hesaplanmıştır (TEVEM, 2010: 58).

Aşağıdaki tablo 2-8’de çeşitli ışık kaynaklarının verimlilikleri verilmiştir (Blok, 2007: 174):

Tablo 2-8: Çeşitli Işık Kaynaklarının Verimlilikleri (lümen/watt)

Işık Kaynağı	Verimlilik (lümen/watt)
Flüoresans -tüp	65-100
Kompakt fluoresans lamba-ampul	40-80
Akkor ışık	6-18
Halojen lamba	8-20

Kaynak: Blok, 2007:174.

Aydınlatmada alınabilecek önlemler arasında, akkor flamanlı ampüller ve flüoresan lambaların yerine kompakt flüoresan lambaların kullanılması, koridor ve merdiven boşluklarında elektronik balastlı flüoresan lambaların tercih edilmesi, daha fazla aydınlatmaya ihtiyaç duyulan mekanlarda çok sayıda düşük ampul kullanmak yerine yüksek güçlü ampul kullanılması, lambaların üzerine ışığı az geçiren abajurların konulmaması, kullanılmayan ışıkların kapatılması, gün ışığından mümkün olduğunca faydalanılması, çalışma masasının pencere yakınına yerleştirilmesi, mobilyaların günışığının içeri girişini kolaylaştıracak şekilde yerleştirilmesi, duvarların açık renge boyanması, kirli ve tozlu lambalar yaklaşık %25 oranında daha fazla enerji tükettiği için lambaların temiz tutulması yer almaktadır (Özgür, 2008: 12-13; İBB, 2008).

2.3.2. Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu

Ulaştırma sektöründe temel amaç ekonomik büyüme, çevresel gelişme ve enerji güvenliğinin birlikte ele alınmasıdır. Enerjinin ulaşım sektöründe kullanılan

temel girdi olması nedeniyle enerjinin verimli, güvenli, düşük maliyetli elde edilmesi ülkeler açısından önemli bir konudur. Ayrıca çevresel etkileri ve küresel ısınmaya olan etkileri nedeniyle son dönemlerde tedbirlerin yoğunlaştığı bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır (TMMOB, 2009: 50). Ulaştırma sektörü dünya genelinde enerji talebi açısından ortalama yıllık %2.2 oranla en hızlı büyüyen sektördür. 2020 yılına kadar enerji talebindeki artışın dörtte üçünün ulaştırma sektöründen kaynaklı olacağı ve bu oranın artacağı tahmin edilmektedir. Ulaştırma sektöründe kullanılan yakıtın büyük bir kısmı petrol ürünlerinden oluşmaktadır. Dünya petrol talebindeki artışta ulaştırma sektörünün büyük bir payı bulunmaktadır (TÜBİTAK, 2003: 22).

Ulaştırma sektöründe enerji verimliliğini etkileyen; ihtiyacın niteliği, taşıma modu ve aracın karakteristiği ile sürücünün kullanma biçimi olmak üzere üç ana faktör yer almaktadır. İlk olarak ihtiyacın niteliği kapsamına; taşınacak olan şeyin mal veya yolcu olması, iş alanıyla oturma alanları arasındaki yolların özellikleri, yüklerin tam zamanında ulaştırma zorunlulukları, en kısa yol uygulamaları gibi faktörler girmektedir. Ulaştırma sektöründe enerji verimliliğini etkileyen ikinci faktör olan taşıma modunda, yolcu veya yükün hangi araçla taşındığı önem kazanmaktadır. Üçüncü faktör ise, aracın karakteristiği ile sürücünün kullanma biçimidir (Kavak, 2005: 33).

Ulaştırma-taşımacılık sektörü hem yolcu hem de yük taşımacılığını göz önünde bulundurmaktadır. Yolcu ve yük taşımacılığı arasındaki enerji tüketimi ortalama yaklaşık 2/3-1/3 arasında değişmektedir. Ancak bu oran ülkelere göre değişmektedir. Hem yolcu hem de yük taşımacılığında kara yolu ulaşımı ağırlıktadır. Ulaşım sektöründe yaklaşık %85 oranından daha fazla enerji, kara yolu ulaşımında kullanılmaktadır. Yolcu ulaşımında ise, hava yolu ulaşımı enerjinin en çok kullanıldığı ikinci alandır. Kamu ulaşımında enerji kullanımı ise %5'in altındadır. Ulaştırma sektörünün enerji kullanımında büyük payının olmasında; araba sayısındaki artış, kişi başına uzun mesafe kullanımları ve araç boyutundaki yükselişler gibi faktörler yer almaktadır. Araba sanayi aşamalı olarak gelişmekle birlikte enerji kullanımında yükselişleri dengeleyecek kadar yeterli değildir. Genel olarak araba yolculuğunda ve hava yolculuğunda kişi başına km'de en çok enerjiye

gereksinim duyulmaktadır. Kamu taşımacılığında ise daha az enerjiye gereksinim duyulmaktadır (Blok, 2007: 62-63).

Ulaştırma sektöründe araçlarla ilgili ve sürücülerin araç kullanırken alabileceği önlemleri şu şekilde özetlememiz mümkündür (TMMOB, 2005, 17-18; Özgür, 2008, 17-19 ; İBB, 2008):

- Araçlarda alternatif yakıt kullanılması (benzin ve motorin yerine LPG, etanol, hidrojen, elektrik ve güneş enerjisi), araba satın alınırken benzinli araçların yakıt sisteminin enjeksiyonlu olmasına özen gösterilmelidir. Çünkü karbüratörlü araçlar enjeksiyonlu araçlara göre en az %10 daha fazla benzin tüketmektedir.
- Enerji tasarrufu bilinci ile araba kullanmak ve arabanın bakımınının düzenli bir şekilde yaptırılması, satın alınan arabanın 10 yaştan büyük olmamasına dikkat edilmesi (aracın km ve yaşının artması sonucu hem tüketilen yakıt miktarı hem de egzozdan atılan kirletici miktarı artmaktadır). Örneğin aynı model iki araçtan sıfır yaşındaki bir araç, beş yaşındaki araca göre yaklaşık %30 daha fazla çevreye zarar vermekte ve daha fazla enerji tüketmektedir. Araçlarda klima, üst bagaj gibi aksesuarlar daha fazla yakıt kullanılmasına neden olmaktadır. Araçlarda sürtünme kayıplarını ve dolayısıyla yakıt tüketimini artıracığından aracın gövdesinde fazla girinti ve çıkıntının olmaması, pencere camlarının gömmeli olması ve aynaların aşırı büyük olmaması,
- Yolculuklarda özel araç yerine tren, metro, otobüs gibi toplu taşıma araçlarının tercih edilmesi, kısa mesafelerin yürünmesi, yolculuktan önce gidilecek yerin planının yapılması, 90km/saat hızla gidilmesi durumunda %20 oranında enerji tasarrufunun sağlanması, arabanın lastiğinden motor filtrelerine kadar parçalarının düzenli bakımının yapılması, motorun yüksek devirde kullanılmaması, motora uygun devirde vites değiştirilmesi, sürüş esnasında ve vites değiştirirken ani gaz verilmemesi, aracın pencerelerinin yoldayken kapalı tutulması ya da az miktarda açılması önemli ölçüde yakıt

tasarrufu sağlamaktadır. Araç üreticisinin önerdiği yakıtın kullanılması, yakıt deposunun aşırı doldurulmaması yakıt sızıntılarına ve buharlaşma kayıplarına engel olmaktadır.

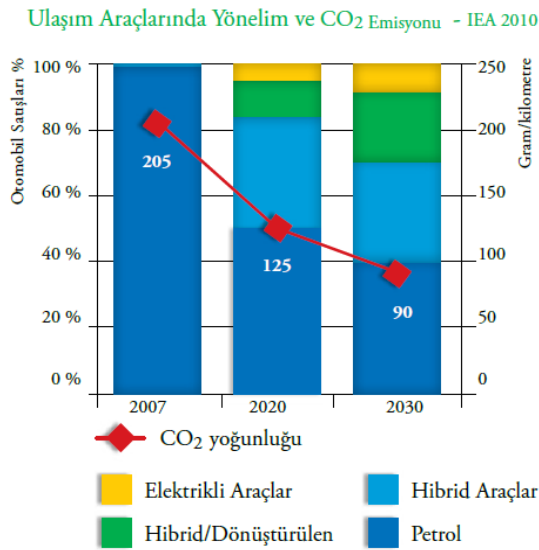
- Emniyetli araba kullanılması sonucu %30 oranında daha az yakıt harcandığı tesbit edilmiştir. Kalkışlarda, sürüş sırasında vites değiştirilirken sert, ani hızlanmalardan ve frenlerden kaçınılmalıdır. Ani fren ve gaza basmak yakıt tüketimini %5 artırmaktadır, araç kullanılırken camlar hava değişimini sağlayacak kadar açılması, aracın 100 km hız yaparken camların açık olması yakıt tüketimini yaklaşık %4 civarında artırmaktadır, araçlara kapasitesinin üstünde yük yüklenmesi hem yakıt tüketimini hem de fren duruş mesafesini artırmaktadır.

Gelecekte OECD ülkelerindeki ulaştırma sektörünün petrol kullanım payının yükseleceği beklenmektedir. Örneğin 1971 yılında %35 olan bu pay 1997 yılında %54'e yükselmiştir. 2020 yılında ise bu payın %62'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Özellikle ulaştırma sektöründeki petrol talebinin yaklaşık yarısı, yolcu taşımacılığı ve yurtiçi taşımacılıkta kullanılan kamyon ve kamyonet gibi araçlardan kaynaklanmaktadır. Ulaştırma sektöründe, kişi başına araç sahipliğinin artması gelecekte petrol bağımlılığın artacağı yönünde beklentilerin artmasına neden olmaktadır. 1999 yılında bin adam başına 122 olan araç sahipliğinin 2020 yılında bin adam başına 144 rakamına ulaşacağı beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin 1999 yılında %29 olan ulaştırma amaçlı enerji talebinin 2020 yılında %38'e yükseleceği tahmin edilmektedir. IEA tarafından yapılan diğer bir tahmine göre ise, ulaştırma sektöründeki enerji yoğunluğu düşecektir. Bu düşüşte en önemli faktörün yeni yakıt ve araç teknolojilerinin pazara girişlerinin olacağı varsayılmaktadır (Kavak, 2005: 34-35).

Ulaştırma sektöründe enerji verimliliğinde öncelikli olarak kara yolunu ikame edecek diğer ulaştırma ağlarına ağırlık verilmelidir. Örneğin demiryolu yapılaşması sağlanmalı ve mümkün olduğunca yük taşımacılığı demiryolu ile sağlanmalı ve mevcut karayolları demiryoluna dönüştürülmelidir. Yol yapımında asfalt yol yerine

beton yol tercih edilmelidir. Çünkü asfalt yol petrol ve petrol ürünlerine daha bağımlıdır ve beton yola göre hem dayanaksız hem de maliyeti daha yüksektir. Ayrıca ulaşımda toplu taşıma araçları teşvik edilmelidir (MÜSİAD, 2006: 11). Ulaşım sektörü ile ilgili yapılan öngürülerden biri gelecekte petrolün yerini elektriğin ve hidrojenin alacak olması ve 2030 yılına gelindiğinde petrol türevi yakıt kullanan araçların sayısının %40'lara düşeceği tahmin edilmektedir (TEVEM, 2010: 20).

Grafik 2-3: Ulaşım Araçlarına Yönelim ve CO₂ Emisyonu



Kaynak: TEVEM, 2010: 20.

2.3.3. Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarrufu

Ülkeler açısından uluslararası rekabet gücü önemli bir konudur. Özellikle sanayi sektöründe sağlanan enerji verimliliği ülkelerin uluslararası rekabet gücünü artırmasında önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (İİB, 2008). 1970'li yıllardan sonra birçok gelişmiş ülkede enerji verimliliği ve enerji tasarrufu

çalışmaları sanayi sektöründe yoğunlaşmıştır. Bunun en önemli nedenleri; enerji tasarrufu potansiyelinin sanayi sektöründe diğer alanlara göre daha düşük maliyetle sağlanabilmesi ve yatırımın kendini üç seneden daha kısa sürede amorti edebilmesi, enerji tasarrufu önlemlerinin sanayinin modernizasyonu ve rekabet gücünün geliştirilmesinde belirgin rol oynaması, sanayi sektöründe enerji muhasebesi ve enerji maliyetlerinin anlaşılmasının diğer sektörlerle göre daha kolay olmasıdır (Kavak, 2005: 41).

Sanayi sektöründe elektrik tüketimini miktar ve zaman yönünden etkileyecek uygulama ve değerlendirmeler, talep yönetimi olarak adlandırılmaktadır. Talep yöntemi teknik önlemler, bilgilendirme ve tarife farklılıkları olarak üç yöntemle gerçekleştirilebilmektedir. Teknik önlemler; yüksek verim sağlayan aydınlatma, yüksek verimli motorlar, soğutma sistemleri, bina yalıtımı gibi önlemlerden oluşmaktadır. Bilgilendirme yönteminde, teknik belgelerle tüketicinin bilgi eksiklikleri giderilmeye çalışılmaktadır. Bilgilendirme yönteminin içeriğini enerji verimlilik merkezlerinde enerji talebinin düşürülmesine yönelik çalışmaların sağlanması, danışmanlık yapılması, eğitim kursları ve seminerleri, enerjiyi verimli kullanıma yönelik donanımlar hakkında tanıtım gibi konular oluşturmaktadır. Tarifelerde farklılaştırma yaparak tüketim yapısını değiştirmek ise en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntemle tüketicilerin tüketim alışkanlıkları değiştirilerek, kullanma zamanına ve miktarına göre fiyatlandırma yapılmaktadır (İİB, 2008).

Sanayi sektöründe enerjinin önemli bir girdi olması nedeniyle enerji verimliliğine yönelik yatırımlar bu sektörde daha cazip hale gelmektedir. Sanayi sektöründe enerji verimliliğini artırmaya yönelik genel olarak şu alanlarda önlemler almak mümkündür: Isı yalıtımı, buhar üretimi ve dağıtımı, yakma sistemleri, elektrik kullanımı, aydınlatma, enerji yönetimi, üretim teknolojisi, elektrik ve ısının birlikte üretilmesi, yakıt değişiklikleri, enerji muhasebesi, kontrol sistemleri, yalıtım, yeni teknolojiler ve endüstriyel süreçler, hammadde özellikleri, ürün çeşitleri ve özellikleri, iklim şartları ve çevresel etkiler, kapasite kullanımı gibi alanlar gelmektedir (Karadaş, 2008: 98; İBB, 2008). Genel olarak sanayi tesislerinde enerji verimliliğinde öne çıkan uygulamalar: *yüksek verimli motor kullanımı, kompresör*

emiş havasının dış ortamdan alınması, yakma havasının ıstılması, kirlenmiş akışkandan ısı geri kazanımı, kondensatın kazana yollanarak geri kazanımı, sıcak ve soğuk yüzeylerin izolasyonu, iç ve dış yalıtım kaplamalarının yaygınlaştırılması, boşta çalışma süresinin azaltılması, kazan yüzeyinde olan ısı kayıplarının azaltılması, buhar sistemlerinin iyileştirilmesi, buhar boru sistemlerinin izolasyonu, fırınlara yönelik iyileştirmeler, tesislerde elektrik güç faktörünün düzeltilmesi, fazla havanın kontrolü, gibi konular şeklinde özetlenebilir (Kavak, 2005: 43).

Birçok gelişmiş ülke, sanayi sektörlerinde enerji yoğunluğunu düşürmek amacıyla çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Örneğin çimento, demir çelik üretimi gibi enerji yoğun proseslerin sanayi sektörü içindeki payını düşürmeye çalışmışlardır. Bununla birlikte özellikle sanayileşmiş ülkelerin büyük bir kısmında enerjinin en çok bina sektöründe tüketildiği dikkatleri çekmektedir. Bu nedenle enerji verimliliği önlemlerinin büyük bir kısmı binalar ve ailelerin enerji tüketim alışkanlıkları üzerine yapılmaktadır (TMMOB, 2009: 37).

2.4. Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Tasarrufu ile İlgili Genel Durum

Ülkemizde %20 oranında sanayi sektöründe, %15 oranında ulaşım sektöründe ve %30 oranında bina sektöründe enerji tasarruf potansiyelimizin olduğu tespit edilmiştir (ETKB, 2009a). Özellikle enerjinin yoğun kullanıldığı sektörlerde yaklaşık %20-%30 seviyelerinde enerji tasarrufu potansiyeli olduğu bilinmektedir. En çok tasarruf potansiyelinin yaklaşık %30 ve daha üstü oranda bina ve hizmetlerde olduğu; sanayi sektöründe ve ulaşım sektöründe ise yaklaşık %20 ve üzeri tasarruf potansiyelinin olduğu bilinmektedir. Örneğin ülkemizde elektrik tüketiminde %15 oranında tasarruf sağlanması sonucu yılda yaklaşık 3,0 milyar dolar doğal gaz ithalinin yapılmasının önlenebileceği tahmin edilmektedir. Benzer şekilde binalar ve işletmelerin ısıtma ve soğutmasında %35, ulaşımında %15 oranında tasarruf sağlandığında ise yılda yaklaşık 1.4 milyar dolar petrol ve doğal gazın ithal edilmeyeceği belirtilmektedir (İBB, 2008).

2.4.1. Türkiye’de Bina Sektöründe Genel Durum

Bina sektöründeki enerji verimliliği ile ilgili olan genel durumu bina alan ısınmasını, binalarda kullanılan araç-gereçleri ve bina aydınlatmasını dikkate alarak incelememiz mümkündür.

*Binalarda tüketilen enerjinin yaklaşık %75’i ısı enerjisi şeklinde tüketilmektedir. Bu nedenle ülkemizde alınabilecek ilk önlem olarak bina kabuğundan olan ısı kaybının optimum yatırımla azaltılması belirlenmiştir. Bina dış kabuğunun (duvarlar, çatı, zemin ve çerçeveler) enerji verimliliği iyileştirilmesi yapı elemanlarının ısı geçirme katsayılarının düşürülerek ısı direncin yükseltilmesiyle ilgilidir (TMMOB, 2009: 43; Kavak, 2005: 18). EİE tarafından yapılan çalışmalar sonucu ısı yalıtımı sağlanmış bir evin yaklaşık %50 oranında daha az enerji harcayacağı tespit edilmiştir. Ülkemizde enerjinin yaklaşık %26’sı ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Isı yalıtımının sağlanması amacıyla yalıtım bantları, fırçalar, ince lastik, plastik veya metal parçalar, contalar ve macunlar gibi aparatlar hava sızıntısı önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Çatıların yalıtımının sağlanması ile %20’den fazla tasarruf sağlanmaktadır. Aynı şekilde çift cam kullanarak tek camlı pencerelerdeki %20’ye varan ısı kayıpları yarı yarıya azaltılabilmektedir (EİE, 2010 ee: 2).

*Ülkemizde kullanılan enerjinin yaklaşık %20’si elektrikli ev aletleri tarafından kullanılmaktadır. Ülkemizde konutlarda elektrik tüketimine bakıldığında, elektrik tüketimindeki ev aletlerinin paylarının sırasıyla %32 buzdolabı, %8 çamaşır makinesi, %9 ısıtıcı, %3 bulaşık makinesi, %3 kurutucu, %7 TV, %12 aydınlatma, %26 diğer alanlarda olduğu tespit edilmiştir. Türkiye Beyaz Eşya Sanayicileri Derneği’nin verilerine göre ev içi elektrik tüketimindeki en yüksek payı elektrikli ev aletleri almakta ve bu aletler içinde en yüksek payı ise %32 oranıyla buzdolabı almaktadır (TMMOB, 2009: 47-48). EİE göre, elektrik tüketim payı içinde ilk sırayı %30’luk payla buzdolabı, %28’lik oranla aydınlatma, %10 oranla elektrikli fırınlar ve televizyon almaktadır. Elektrikli ev aletlerinin elektrik tüketim paylarında

çamaşır makinesinin payı %7, bulaşık makinesinin payı %6, ütünün payı %4, elektrikli süpürge %3 ve saç kurutma makinesinin payı %2'dir (EİE, 2010 ee: 8).

Bununla birlikte son dönemlerde ülkemizde üretilen elektrikli ev aletlerinde enerji verimliliğinin oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Özellikle bazı ev aletlerinde son 10 yıl içerisinde %65'lere varan enerji verimliliği sağlanmıştır. Örneğin günümüzdeki bir çamaşır makinesi 1985 yılında üretilen çamaşır makinesine göre %44 daha az elektrik ve %62 daha az su tüketmektedir. Elektrikli ev aletlerinde enerji verimliliği enerji tüketimi açısından A,B,C,D,E,F ve G olmak üzere yedi gruptan oluşmaktadır. Örneğin A sınıfı elektrikli ürün alındığında ortalama enerji tüketiminden %45 daha az, G sınıfı bir ürün alındığında ortalama enerji tüketiminden %25 daha fazla enerji tüketilmektedir (Özgür, 2008: 2-3).

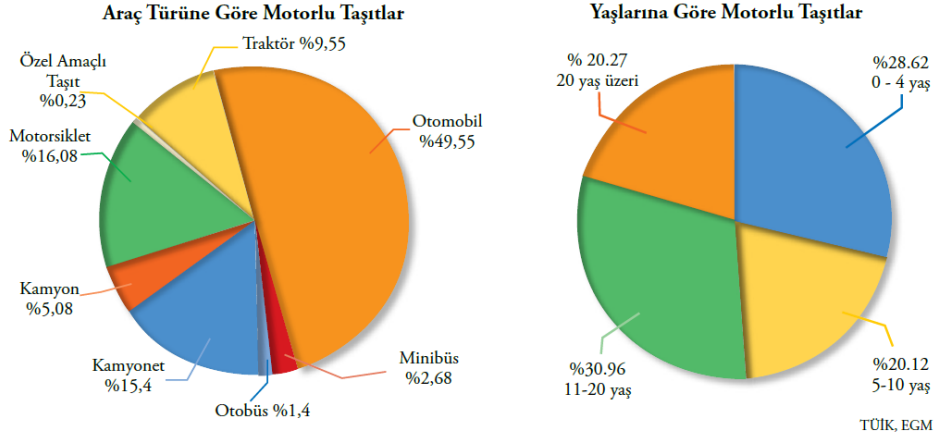
*Ülkemizde tüketilen elektriğin yaklaşık %20'si gibi önemli bir bölümü aydınlatma amacıyla kullanılmakla birlikte en yüksek verimsizliğin görüldüğü alanlardan biridir. Ülkemizde genel olarak normal flamanlı ampuller tercih edilmektedir. Bu nedenle ülkemizde yaygın olarak kullanılan akkor flamanlı lambalar yerine daha verimli olan kompakt flüoresanslı lambalar kullanılması yönünde uygulamalar başlatılmıştır. Aydınlatmada verimli ampuller kullanılarak %80'e varan oranlarda tasarruf sağlanması mümkün olmaktadır. Kompakt flüoresanslı lambalar ampullere göre hem beş kat daha verimli aydınlatma sağlamakta hem de daha uzun ömürlü olmaktadır. Örneğin 100 Watt'lık ampülün sağladığı aydınlatma 20 Watt'lık verimli bir lambanın sağladığı aydınlatmaya eşdeğerdir. Ampülün ortalama kullanım süresi 6 ay iken verimli lambaların ömrü yaklaşık 5-6 sene arasında değişebilmektedir. ETKB'nin yapmış olduğu tahminlere göre enerji tasarruflu aydınlatma sistemlerine %20 oranında bir geçiş yıllık 5,6 milyar kWh'lik bir enerji tasarrufu anlamına gelmekte ve bu da Afşin- Elbistan A termik santrallerinin ya da Keban hidroelektrik santrallerinin bir yıllık üretimine denk gelmektedir. Ya da her evde üç akkor flamanlı lambanın kompakt flüoresan lamba ile değiştirilmesi ile yaklaşık dört ayda kara geçilmekte, altı ağaç dikilmiş olmaktadır (ETKB, 2009: 2; TMMOB, 2009: 46; İİB, 2008; EİE, 2010 ee, 5).

2.4.2. Türkiye’de Ulaştırma Sektöründe Genel Durum

Ülkemizde ulaştırma sektörünün toplam enerji tüketimi içindeki payı yaklaşık %25’tir. Ülkemizde toplam taşımacılığın (yolcu ve yük) büyük bir kısmı kara ulaştırma sistemleri ile sağlandığı için, ulaşım sektörü enerji tasarrufunda önemli yer teşkil etmektedir. Toplam sera gazı oluşumunun yaklaşık %15’inin karayolu ulaştırma sektöründen kaynaklandığı hesaplanmıştır (Özgür, 2008: 17; TMMOB, 2005:7).

Ülkemizde 14 milyon motorlu araç, 200 civarında uçak, 1,649 gemi ve 525 lokomotif vardır. Ülkemizde yolcu ve yük taşımada ağırlıklı olarak karayolunun kullanıldığı dikkatleri çekmektedir (TEVEM, 2010: 66). ETKB (2006) verilerine göre ülkemizde ulaştırma sektöründe yaklaşık 14.3 milyon TEP enerji tüketilmektedir. Nihai enerji tüketiminde ulaştırma sektörünün payı %20’dir. Ulaşım sektöründe karayollarında kullanılan toplam enerjinin %99’dan fazlası ise petrol ürünlerinden sağlanmaktadır (TMMOB, 2009: 50-51).

Karayolu, demiryolu, hava yolu ve deniz yolu yük taşımacılığı açısından karşılaştırıldığında, aynı yük deniz yolunda 1 birim, demir yolunda 3,5 birim, kara yolunda 7 birim ve hava yolunda 22 birim maliyete neden olmaktadır. Aşağıdaki iki grafikte ülkemizde araç türüne ve yaşına göre motorlu taşıtların payları verilmiştir. Araç türüne göre motorlu taşıtlarda ilk sırada %49,55’lik payla otomobil gelmektedir. Yaş türüne göre bakıldığında ise, 11-20 yaş arası motorlu taşıtların %30.96’lık payla ilk sırada geldiği görülmektedir. Yapılan bir araştırmaya göre 10 yaş fark bulunan aynı model iki araba karşılaştırıldığında eski aracın km başına %20 daha fazla emisyon ürettiği sonucu elde edilmiştir (TEVEM, 2010: 67).

Grafik 2-4: Araç Türüne ve Yaşlarına Göre Motorlu Taşıtlar

Kaynak: TEVEM, 2010: 67.

Ulaştırma sektöründe enerji verimliliğini şehir yerleşimi, iş alanları, yük taşıma, dağıtım yöntemleri, araçların modeli, motor gücü gibi faktörler etkilemektedir (Karadaş, 2008: 97).

2.4.3. Türkiye’de Sanayi Sektöründe Genel Durum

Türkiye’de birincil enerjinin %40’ı, elektriğin %47’si, sanayi sektörü tarafından kullanılmaktadır. Türk sanayi yapısı ağırlıklı olarak emek ve enerji yoğun özellik göstermektedir. Ancak ülkemiz OECD üyesi ülkeler içinde enerji yoğunluğu yüksek olan ülkelerin başında gelmektedir. Sanayi sektörümüzde üretim maliyetleri içinde enerji maliyetleri yüzde olarak sırasıyla; %55 çimento, %30 çelik, %30 cam, %25 kağıt, %25 gübre, %20 seramik, %15 metalurji, %12,5 tekstil, %10 gıda, %7,5 rafineri gelmektedir. Enerji maliyetleri bakımından en yüksek üretim maliyetinin çimento sektöründe olduğu görülmektedir (TEVEM, 2010: 68).

Ülkemizde sanayi sektöründe yaklaşık %20 ve üzeri enerji tasarruf potansiyelinin olduğu tespit edilmiştir. NEDO (Japon Kuruluşu) tarafından yapılan çalışma sonucunda yaklaşık 250 tasarruf projesi olan alan belirlenmiş, çalışma alanları yardımcı hizmetler ve proses kademeler olarak iki alt kategoriye ayrılmıştır. Yardımcı hizmetler alanındaki tasarruf önlemleri genel olarak tüm sanayi sektörünü

kapsayan ve kendisini genelde bir yıl ya da biraz üstünde ödeyen önlemlerdir. Aşağıdaki tabloda yardımcı hizmetler ve proses kademelerde alınan önlemler özetlenmiştir (TMMOB, 2009: 41):

Tablo 2-9: Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliğinde Alınacak Önlemler

Yardımcı Hizmetler	Proses Kademeleri
<ol style="list-style-type: none"> 1. Isı Yalıtımı (her türlü düşük ve yüksek sıcaklık yüzeyler) 2. Buhar üretimi ve dağıtımı (buhar kapanları, boru hatları, kondensat ve blöf sistemleri, buhar tahrikli sistemler) 3. Yakma sistemleri (kazanlar, fırınlar, brülörler vs) 4. Elektrik kullanımı (fanlar, pompalar, kompresörler, değirmenler gibi temel cihazlar) 5. Aydınlatma 6. Enerji yönetimi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kullanılan üretim teknolojisinin verimliliği ile değiştirilmesi (kaynatma, boyama, ergitme, tavlama, dokuma vs) 2. Üretimde ve yardımcı işletmelerdeki teçhizat teknolojisini iyileştirilmesi, 3. Su ve diğer proses atıklarının, ısı ve diğer ekonomik değeri olan muhtelif içeriklerinin yeniden değerlendirilmesi, 4. Üretim sürecinin kısaltılması, sıcaklık veya basınç seviyelerinin düşürülmesi, proses akış hızlarının değiştirilmesi gibi proses ve işletme optimizasyonu 5. Elektrik ve ısının birlikte üretilmesi (kojenerasyon) gibi yakıt değişiklikleri.

Kaynak: TMMOB, 2009:41.

2.5. Türkiye’de Enerji Verimliliği Politikaları

Enerji verimliliği konusu ülkemizde son dönemlerde önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Özellikle AB sürecinde AB müktesabına uyum süreci enerji verimliliği konusuna dikkatleri çekmiş ve enerji verimliliği politikalarında enerji verimliliği ile ilgili konulara yer vermede etkili olmuştur.

Enerji verimliliğinin ve enerji tasarrufunun artırılması gerekliliği ve önemi VII. Beş Yıllık ve VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planları’nda yer almaktadır (Kavak: 2005, 72).

Enerji verimliliği konusu “AB Türkiye Ulusal Programı”nda yer alan konular arasındadır. “AB Türkiye Ulusal Programı” katılım öncesi dönemdeki kısa ve orta vadedeki yükümlülükleri ve sorumlulukları gösteren bir programdır. Bu program revize edilerek 2003 Haziran’da yürürlüğe girmiştir. Programla birlikte “AB Finansal İşbirliği Programı” çerçevesinde “Ulusal Enerji Verimliliği Stratejisi”nin hazırlanması bir proje çerçevesinde öngörülmüştür. Yürütülen projenin temel amacı nihai enerji tüketim sektörlerinde enerji verimliliğinin iyileştirilmesi üzerine

stratejilerin ve önlemlerin belirlenmesidir. Ulusal enerji politikasının ana unsurları olarak nihai tüketim sektörlerinde enerji verimliliğinin artırılması ve yerel kaynakların optimum kullanılması hedeflenmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için hazırlanan stratejide: tanımlanacak ve uygulanacak olan enerji politikasının hem devlet hem de yerel yönetimlerin ortak hedefi olarak entegre bir şekilde sürdürülmesi ve desteklenmesi; nihai tüketici ve sanayi kuruluşlarına yönelik enerji verimliliğinin artırılması yönünde uygulamalar için teknik ve uygun kredilerin sağlanması, mevcut idari ve yasal yapının güçlendirilmesi; Türkiye'nin enerji verimliliğinin artırılması konusunda hem AB hem de diğer kurumlar tarafından yasal, idari ve finansal olarak desteklenmesi hususlarına yer verilmiştir (TMMOB, 2009: 20- 21).

Stratejide Türkiye'de enerji verimliliği konusunda destekleyici ve engelleyici koşullar ise şu şekilde özetlenmiştir (TMMOB, 2009: 22):

Tablo 2-10: Türkiye'de Enerji Verimliliği Konusunu Destekleyici ve Engelleyici Koşullar

Destekleyici Koşullar	Engelleyici Koşullar
-Enerji fiyatlarının yüksek olması enerji verimliliği ve tasarrufu uygulamalarını desteklemektedir	-AB ve diğer kurumlardan finansal desteklerin henüz yeterince sağlanamamış olması
-Mevcut idari yapının ve kapasitenin olması	-Enerji verimliliğine yönelik entegre ve programlı bir yaklaşımın henüz gerçekleştirilememiş olması
-Enerji verimliliği konusunda AB müktesebatının büyük ölçüde uygulamaya girmesi	-Yasal düzenlemelerin özellikle bina yalıtımı ile ilgili konularda henüz yeterli seviyeye ulaştırılmaması
-Hükümetin karar verme sürecinde enerji verimliliği bilincinin oluşmuş olması	-Merkezi organizasyona dayalı olan verimlilik politikalarının yerel düzeylere ulaştırılmaması
-Enerji tasarrufu teknolojileri konularında Türkiye'nin önemli bir pazar olması	-Enerji verimliliği ile ilgili yatırım ve uygulamalarında gerekli finansman sağlanamamasıdır
-Elektrik, doğal gaz gibi enerji piyasalarında serbest piyasa koşullarının sağlanmış olmasıdır	

Kaynak: TMMOB, 2009: 22.

Tablodan görüldüğü gibi ülkemiz enerji verimliliğinin gelişimi yönünden destekleyici koşulları içermektedir. Ancak enerji verimliliğine yönelik finansman yetersizlikleri ve enerji verimliliği uygulamalarının entegre bir şekilde benimsenememesi gibi engeller karşımıza çıkmaktadır.

2.5.1. Türkiye’de Enerji Verimliliği ile İlgili Mevzuat

Ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili mevzuatı; kanun, yönetmelik, genelge ve tebliğ olmak üzere dört başlık altında incelememiz mümkündür.

2.5.1.1. Türkiye’de Enerji Verimliliği Kanunu

Enerji verimliliği ile ilgili temel kanun, enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına yönelik 2 Mayıs 2007’de “5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu” Resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Aynı zamanda 15 Şubat 2008 tarih ve 26788 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan 2008/2 sayılı Başbakanlık Genelgesiyle kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının da katılımını kapsayan “Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi” başlatılmış ve 2008 yılı “Enerji Verimliliği Yılı” olarak ilan edilmiştir (ETBK, 2009: 1). Enerji verimliliği kanunu genel olarak; enerjinin verimli kullanılmasının sağlanması, enerji verimliliği çalışmalarının etkin olarak yürütülmesi, izlenmesi ve koordinasyonu için idari yapının oluşumu, enerji verimliliği hizmetleri konusunda yetkilendirilmeler, görev ve sorumluluklar, toplumun eğitim ve bilinçlendirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması ve sektörel uygulamalara yönelik destekleme mekanizmaları, teşvikler, yasal gerekler yerine getirilmediği durumlarda uygulanacak para cezaları, EİE’nin enerji verimliliği konusunda yetkilendirilmiş bir kurul haline getirilmesi hususlarını içermektedir (TMMOB, 2009: 25; İİB, 2008).

Enerji verimliliği kanunu enerji verimliliği bilincinin ve bilgisinin artırılması yönünde çeşitli etkinlikleri içermektedir. Bu amaç doğrultusunda halkın, öğrencilerin ve mesleki eğitim kapsamındaki eğitilen kişilerin bilgilendirilmesi ve bilinçlendirilmesi yasa tarafından öngörülmektedir. Örneğin Ocak ayının ikinci haftasının Enerji Verimliliği Haftası olarak etkinliklerin düzenlenmesi, örgün ve yaygın eğitim kurumlarının ders programlarında, kamu kurum ve kuruluşlarının hizmet içi eğitimlerinde ilgili kurum ve kuruluşların gerekli düzenlemeleri yapması, ulusal/bölgesel yayın yapan televizyon ve radyo kanallarında enerji verimliliği ile

ilgili eğitim programları, yarışmalar, kısa süreli film ve/veya çizgi filmlerin gösterilmesi bu etkinlikler arasında yer almaktadır. Ayrıca odaların ve üniversitelerin eğitim faaliyetlerini gerçekleştirmesi kanunda yer almaktadır (TMMOB, 2009: 27).

Tablo 2-11’de enerji verimliliği yasasının kapsamı ve faaliyet alanları özetlenmiştir (İTÜ, 2007: 131):

Tablo 2-11: Enerji Verimliliği Yasasının Kapsamı ve Faaliyet Alanları

Sektör	Kapsam(Enerji Yönetimi ve Enerji Yöneticisi Uygulaması)	Ana Faaliyet Alanı
Endüstriyel İşletmeler	1. Yıllık Enerji Tüketimi 1000 TEP ve üzerinde olanlar için zorunlu	1. Enerji yöneticisi eğitimleri, 2. Enerji verimliliği etüt çalışmaları ile tasarruf potansiyeli ve uygun önlemlerin belirlenmesi, 3. Elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekelerinde enerji verimliliğinin artırılması, 4. Termik santrallerin atık ısılarından yararlanılması, 5. Açık alan aydınlatmalarda verimliliğin artırılması, 6. Biyoyakıt, hidrojen gibi alternatif yakıt kullanımının özendirilmesi,
Binalar	1. Binalarındaki toplam inşaat alanı 20.000 m ² ve üzeri olan gerçek ve tüzel kişiler için zorunlu 2. Yıllık enerji tüketimi 500 TEP ya da üzeri olan gerçek ve tüzel kişiler için zorunlu 3. Merkezi ısıtma sistemine sahip toplu konutlar için zorunlu	1. Enerji yöneticisi eğitimleri 2. Enerji verimliliği etüt çalışmaları ile tasarruf potansiyeli ve uygun önlemlerin belirlenmesi 3. Yasanın yürürlük tarihinden sonra yapılan sıvı veya gaz yakıtlı merkezi ısıtma sistemine sahip binaların tesisat projelerinde, merkezi veya lokal ısı/sıcaklık kontrol cihazlarına ve ısınma maliyetlerinin ısı kullanım miktarına bağlı olarak paylaşımını sağlayan sistemlere yer verilmesinin özendirilmesi, 4. Binalarda mimari tasarım, ısıtma/soğutma ihtiyaçları ve donanımları, yalıtım malzemeleri ve ihtiyaçları, elektrik tesisatı ve aydınlatma konularındaki standartları, asgari performans kriterlerini ve prosedürleri kapsayan enerji verimliliği

		yapı kodu uygulaması, 5. Binaların yapımı, satılması ya da kiralanması sırasında, duruma göre mal sahibine ya da mal sahibinden kiracıya verilmek üzere binanın enerji ihtiyacı yalıtım özellikleri, ısıtma/soğutma sistemlerinin verimi gibi bilgileri içeren enerji kimlik belgesi düzenlenmesi,
Ulaştırma		1. Yurtiçinde üretilen araçların birim yakıt tüketimlerinin düşürülmesi, 2. Araçlarda verimlilik standartlarının yükseltilmesi, 3. Toplu taşımacılığın yaygınlaştırılması, 4. Gelişmiş trafik sinyalizasyon sistemlerinin geliştirilmesi, 5. Yüklerin karayolu dışındaki taşıma tipi taşınmasının özendirilmesi,

Kaynak: İTÜ, 2007: 131.

2.5.1.2. Türkiye’de Enerji Verimliliği ile İlgili Yönetmelik

Ülkemizde enerji verimliliğine yönelik ilgili yönetmenlikler şunlardır: 1985 yılında TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı, 1995 yılında “Sanayide Enerji Verimliliği Yönetmeliği, 2000 yılında “ Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği” ve Bina Isı İhtiyacı Kimlik Belgesi, 2000 yılında “Sanayi Dışı Yeni veya Mevcut Binalarda Sıcak Su Üretimi ve Ortam Isıtması için Kullanılan Isı Jeneratörlerinin Performansı ve Sanayi Dışı Yeni Binalarda Dahili Sıcak Su Dağıtımı ve Isı Yalıtımına Dair Yönetmelik, Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu (EVKK)’nın oluşturulması, 2003 yılında “Binek Otomobillerin Yakıt Ekonomisi ve CO2 Emisyonu Konusunda Tüketicilerin Bilgilendirilmesine İlişkin Yönetmelik”tir. (TMMOB, 2009: 24).

Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında enerji verimliliğini artırmaya yönelik alınan yönetmelikler ise şunlardır: Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, Binalarda Enerji Performansı

Yönetmeliği, Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik, Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik, Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Destekleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Milli Eğitim Bakanlığına Bağlı Okullarda Enerji Yöneticisi Görevlendirilmesine İlişkin Yönetmelik, Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik, Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklere Dair Yönetmelik, Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelik, Ev Tipi Elektrikli Buzdolapları, Dondurucular ve Kombinasyonların Enerji Verimlilik Şartları ile İlgili Yönetmelik, Florasan Aydınlatma Balastlarının Enerji Verimliliği İlgili Yönetmelik, Türkiye’de Enerji Verimliliği ile İlgili Genelgeler ve Tebliğler’dir (ETKB, 2010: 70; EİE, 2010m-z ; EİE, 2010 aa ; EİE, 2010 bb).

Ayrıca Enerji verimliliğini artırmaya yönelik 2008 Enerji Verimliliği Yılı ilgili Genelge (2008-2) ile Kamuda Akkor Lambaların Değiştirilmesi ile İlgili Genelge (2008-19) olmak üzere iki genelge yayımlanmıştır (EİE, 2010 cc ; EİE, 2010 dd,1).

Enerji verimliliğini artırmaya yönelik alınan tebliğler ise aşağıda maddeler halinde verilmiştir (EİE, 2010m) :

- 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’nun 10. Maddesine ve 5326 Sayılı Kabahatler Kanunu’nun 3. ve 17/7. Maddelerine Göre 2009 Yılında Uygulanacak Olan Para Cezalarına İlişkin Tebliğ (Sıra No:2009-1); 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu Kapsamında Yapılacak Yetkilendirmeler, Sertifikalar, Raporlamalar ve Projeler Konusunda Uygulanacak Usul ve Esaslar Hakkında Tebliğ (Sıra No:2009-2); Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmeliğin 7. Maddesine Göre Yetki Belgesi Ve Sertifika Bedelleri Ve Sertifika Bedellerinin Yetkilendirilmiş Kurumlara Ödenecek Bölümü Hakkında Tebliğ

(Sıra No:2009–3); Ev Tipi Ampullerin Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ; Ev Tipi Çamaşır Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ; Ev Tipi Bulaşık Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ; Ev Tipi Çamaşır Kurutma Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ; Ev Tipi Kurutmalı Çamaşır Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ; Ev Tipi Elektrik Fırınlarnının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ’dir.

2.5.1.3. Türkiye’de Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Çalışmalar

Ülkemizde enerji verimliliğine yönelik çalışmalar genel olarak sanayi sektöründe enerji verimliliği etüt çalışmalarından, bina sektörüne yönelik sertifikalı enerji yöneticisi programlarından, kamu binalarında enerji etüt çalışmalarından, enerji verimliliği haftası etkinliklerinden, enerji verimliliği yarışmalarından oluşmaktadır (ETKB, 2010: 29-30).

2.5.1.3.1. Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Artırmaya Yönelik Etüt ve Eğitim Hizmetleri

Ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili olarak etüt ve eğitim hizmetleri gerçekleştirilmektedir. Etüt ve eğitim hizmetleri ile enerji verimliliği bilincini oluşturmak; enerji tasarrufu odaklarını ve miktarlarını tespit etmek; endüstriyel işletmeler, kamu, ticari ve hizmet binalarında etkili enerji yönetim sistemi kurmak ve yapılan kurslarla enerji yöneticileri yetiştirmek amaçlanmaktadır. Aşağıdaki tabloda ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili gerçekleştirilen kurs sayısı ve kursa katılan enerji yöneticileri sayıları verilmiştir (ETKB, 2010: 65-66):

Tablo 2-12: Türkiye’de Düzenlenen Enerji Verimliliği İle İlgili Kurs ve Kursa Katılan Yönetici Sayıları

Yıllar	Düzenlenen Enerji Yöneticisi Kursu (Adet)		Kursa Katılan Enerji Yöneticisi Sayısı (Adet)	
	Sanayi*	Bina	Sanayi*	Bina
2005	6	-	106	-
2006	9	2	166	32
2007	10	4	198	58
2008	12	9	289	168
2009	10	10	271	245

*uluslararası kurslar dahildir.

Kaynak: ETBK, 2010: 66.

Ülkemizde gerçekleştirilen kursların daha çok sanayi sektörüne yönelik olduğu dikkatleri çekmekle birlikte son yıllarda binalara yönelik uygulamalarında arttığı görülmektedir. Aşağıdaki tabloda ağırlıklı olarak sanayi sektörü olmak üzere genel olarak Türkiye’de gerçekleştirilen etüt ve eğitim hizmetlerinin dönemi ve miktarı verilmiştir.

Tablo 2-13: Ülkemizde Gerçekleştirilen Etüt ve Eğitim Hizmetleri ve Sonuçları

Dönem ve İçerik	Sonuç
2005-2009 dönemi; gıda, seramik, tekstil, demir-çelik, beyaz eşya, kağıt ve kimya sektörü	51 ön görüşme, 51 ön inceleme, 2 ön etüt ve sekiz etüt olmak üzere 112 çalışma gerçekleştirilmiştir.
2005-2009 dönemi; sanayi sektörü ve bina sektörü	Enerjiyöneticilerinin sertifikalandırılmaları yönelik sanayi sektöründe 41 kurs; bina sektöründe 25 adet kurs gerçekleştirilmiş ve toplam 1420 kursiyer katılmıştır.
2009 yılı; sanayi ve bina sektörü	Yetkilendirmiş EVD şirketlerine laboratuvar kullanımının desteklenmesi kapsamında; bina ve sanayi sektörüne yönelik 21 adet uygulamalı eğitim programı gerçekleştirilmiş ve toplam 494 kursiyer katılmıştır.
2005-2009 dönemi; bölgesel işbirliği	Başta Türkiye Cumhuriyetleri olmak üzere, Asya Orta Doğu ve Balkan ülkeleri ile işbirliği gerçekleştirmek amacıyla 6 adet enerji yöneticisi eğitim programı gerçekleştirilmiş ve 25 ülkeden toplam 113 kişi katılmıştır.
2005-2008 dönemi; kamu kurumu	7 kamu kurumuna ait 14 binada enerji verimliliği etütleri gerçekleştirilmiştir.
2005-2008 dönemi; Antalya otelleri	Antalya’da 239 otelde enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışma gerçekleştirilmiştir.
*Tablo tarafımızca oluşturulmuştur.	

Kaynak: ETBK, 2010: 65.

2.5.1.3.2. Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Etüt ve Eğitim Hizmetleri

Sanayi sektöründe enerji verimliliği etüt çalışmalarının amacı; sanayi sektöründe enerji verimliliği bilincinin oluşturulması, enerji tasarrufu odaklarının ve miktarlarının tespit edilmesi, etkili bir enerji sistemi kurulmasına yardımcı olmaktır (ETKB, 2010: 29). Ülkemizde sanayi sektöründe enerji verimliliğini artırmaya yönelik etüt ve eğitim hizmetleri çalışmalarını; Enerji Yöneticisi Kursları, Enerji

Verimliliği Etütleri, Enerji Verimliliği Eğitim Aracı Programı olarak incelememiz mümkündür.

i) Sanayi sektöründe enerji verimliliğini artırmak üzere yapılan çalışmalardan ilki 11.11.1995 tarih ve 22460 Sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiş olan “Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Artırılması Hakkındaki Yönetmelik”tir (EİE: 2010c). Bu yönetmenlikle enerji tüketimi yüksek olan sanayi sektöründeki enerji verimliliğinin artırılması için gerekli düzenlemeleri sağlamak amaçlanmıştır (EİE, 2010d). Yönetmenliğe göre yıllık toplam enerji tüketimi 2000 TEP ve yukarı olan tüm fabrikaların enerji yöneticisi atamakla yükümlü olduğu belirtilmektedir. EİE ve UETM bünyesinde Enerji Yöneticisi kursları açılmakta ve Enerji Yöneticisi Sertifikası verilmektedir (EİE: 2010c).

ii) İkinci olarak EİE/UETM tarafından oluşturulan ekipler, sanayide enerji verimliliği bilincini oluşturmak, enerji verimliliği odaklarını ve miktarlarını tespit etmek ve fabrikalarda etkili bir enerji yönetim sistemi kurulmasına yardımcı olmak amacıyla enerji verimliliği etüt çalışmaları yapmaktadır. Bu sayede fabrikanın mevcut durumu ve enerji verimliliği potansiyeli saptanarak fabrika yönetimine rapor şeklinde sunulmaktadır. 11 Kasım 1995 tarihli Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması için Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik’in 21. maddesi ve 8 Temmuz 1998 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanan duyuru gereğince EİE/UETM tarafından yetki verilen kuruluşlar tarafından Enerji Verimliliği Etütleri yürütebilmektedir (EİE, 2010e).

iii) Ülkemizde sanayide enerji verimliliğini artırmaya yönelik diğer bir uygulama Enerji Verimliliği Eğitim Aracı Programı’dır. Bu program çerçevesinde fabrika personeline; Enerji Yönetimi, Kazanlarda Enerji Verimliliğinin Artırılması, Buhar Sistemleri, İzolasyon, Fabrikalarda Enerji ve Kütle Denklikleri, Basınçlı Hava, Elektrik Enerjisinin Verimli Kullanımı, Fabrikalarda Enerji Tasarrufu Odakları gibi alanlarda enerji tasarrufu ile ilgili eğitimler verilmektedir (EİE, 2010f).

iv) Sanayide enerji verimliliğini artırmaya yönelik yapılan çalışmalardan bir diğeri veri tabanı çalışmalarıdır. Veri tabanı çalışmaları TÜİK ile birlikte

yürütülmekte ve çalışma kapsamında sanayide enerji tüketiminin yaklaşık %90'nını oluşturan 1000 civarındaki tesis izlenmektedir. Enerji tüketimi 2000'in üzerinde olan fabrikaların Enerji Yönetici kayıtları veri tabanı ile yakından izlenmekte ve iletişim kurulmaktadır (EİE, 2010i).

2.5.1.3.3. Enerji Verimliliği Portalı, Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu (EVKK) ve Ulusal Enerji Bilgi Yönetim Merkezi (UEBYM)

Ülkemizde 2007 yılında "Enerji Verimliliği Portalı" kurulmuştur. EnVer'in kurulma amacı enerji verimliliği çalışmalarının yaygınlaştırılması, etkinliğinin artırılması, enerji verimliliği gelişiminin izlenmesidir. EnVer fonksiyonları arasında etkileşimli bilgi akışının sağlanması, dinamik envanter üzerinden sağlıklı projelerin üretilmesi, bilgi toplama, depolama, analiz ve raporlama yer almaktadır. Bu sayede güncel ve güvenilir veri tabanı oluşturulmakta, izleme ve denetim çalışmalarında etkinlik artırılmakta, kamuoyunun bilgi ve bilinç düzeyi geliştirilmektedir. Portalda enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü endüstriyel ve binaların 2004-2005 ve 2006 yılı enerji tüketim verileri girilmiştir ve 1.000 TEP ve üzeri enerji tüketimi olan 905 endüstriyel işletme izlenmeye başlanmıştır (ETKB, 2010: 66).

Enerji verimliliği ile ilgili faaliyetleri gerçekleştirmek amacıyla Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu kurulmuştur. Kurul tarafından gerçekleştirilmiş olan toplantılarda; Enerji Verimliliği Haftası etkinlikleri, oluşturulacak çalışma grupları ve geçici ihtisas komisyonları, verimlilik artırıcı projelerin desteklenmesi, gönüllü anlaşma yapılacak işletmelerin belirlenmesi, Makine Mühendisleri Odası'nın yetkilendirilmesi, sertifika ve eğitim ücretlerinin belirlenmesi konularında kararlar alınmıştır. Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik gerçekleştirilen diğer bir çalışma Ulusal Enerji Bilgi Yönetim Merkezi (UEBYM) Projesi'dir. Bu proje ile enerji sektöründe verilerin güncel, güvenilir ve faydalı bilgiye dönüştürülmesi; doğru bilginin, doğru yere, doğru formatta, doğru kanaldan ve doğru zamanda ulaştırılması; enerji sektöründeki gelişmenin uluslararası kabul görmüş göstergelerle izlenmesi ve değerlendirilmesi;

etkileşimli bilgi akışı ile bakanlık faaliyetlerindeki katılımcılığın ve toplumda enerji kültürünün gelişiminin sağlanması; etkileşimli bilgi akışı ile performansa dayalı stratejik yönetim tekniklerine ve gelişimine destek sağlanması hedeflenmiştir (ETKB, 2010: 66-67).

2.5.1.3.4. Türkiye’de Binalarda Enerji Verimliliği Uygulamaları

Türkiye’de binalarda kullanılan enerjinin %29’u doğal gazdan, %25’i elektrikten, %17’si odundan, %10’u kömürden, %8’i petrolden, %5’i jeotermalden, %5’i biyokütleden ve %1’i güneşten sağlanmaktadır. Binalarda kullanılan enerjinin %72’si ısıtma amaçlı kullanılmaktadır (TEVEM, 2010: 60). Ülkemizde genel olarak binalarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik çalışmaları; Binalarda Enerjinin Etkin Kullanımı Projesi, Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı TS 825, Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği, Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Enerji Tüketimlerini Azaltmak için Alacakları Önlemler, Konutlarda ve Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketimi Projesi, Okul ve Kamu Kurumlarına Yönelik Seminerler, spot filmler ve yayın çalışmaları şeklinde özetlememiz mümkündür (EİE: 2010 1):

*Binalarda Enerjinin Etkin Kullanımı Projesi, Kasım 2002’de “Binalarda Enerjinin Verimli Kullanılması- Erzurum İlinde Uygulama” ismiyle Türkiye-Almanya teknik işbirliği ile başlatılmıştır. Bu projenin kapsamında; çeşitli bina etütleri, eğitim programları, yasal düzenleme ihtiyaçlarının belirlenmesi, belediyelerde danışmanlık merkezlerinin oluşturulması yer almaktadır.

* Binalarda Isı Yalıtımı Kurallarını belirleyen TS 825 Standardı ilk kez 1985 yılında oluşturulmuştur. Ancak ülkemizde binalarda birim alan veya hacmi ısıtmak amacıyla harcanan enerjinin Avrupa ülkelerine göre yaklaşık 2-3 kat daha fazla olması nedeniyle revize edilmiştir. Yeni standartlar 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren zorunlu olarak uygulanmaya başlanmıştır.

* Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği TS 825 Standardı revizyon çalışmasına paralellik göstermek amacıyla değiştirilmiş ve yeni yönetmelik 8 Mayıs 2000 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanarak 14 Haziran 2000’de yürürlüğe girmiştir.

* "Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Enerji Tüketimlerini Azaltmak için Alacakları Önlemler" genelgesi doğrultusunda, ülke genelinde kamu kurumları 1998 yılından itibaren her yıl Mayıs ayında binalarındaki enerji tüketimleri ile ilgili yıllık raporlar hazırlamaktadır. Hazırlanan bu raporlar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına gönderilmekte ve inceleme-değerlendirme çalışmaları EİE tarafından yürütülmektedir.

* 1997 yılında DİE ve EİE işbirliği ile “Konutlarda ve Ulaştırma Sektöründe Enerji Tüketimi” konulu bir istatistik çalışma başlatılmıştır. Bu çalışmada ülke çapında temsili örnekleme ile coğrafi bölgeler bazında konutların yapısal özellikleri, yalıtım durumları, ısıtma sistemleri, yakıt ve elektrik olarak enerji tüketimlerinin analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yayınlanmıştır.

*Bina sektörüne yönelik sertifikalı enerji yöneticisi programı kapsamında Enerji Verimliliği Kanunu ile birlikte alanı en az 20.000 m² olan veya enerji tüketimi en az 500 TEB olan ticari binaların, hizmet binalarının ve kamu binaları yönetimlerinin enerji yöneticisi atamak veya bu hizmeti enerji yöneticilerinden almaları gerekmektedir (ETKB, 2010: 29-30):

2.5.1.3.5. Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Gönüllü Anlaşmalar

Ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili destekleri Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Gönüllü Anlaşmalar ve Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Destekler (VAP) olarak incelememiz mümkündür.

Gönüllü Anlaşmalar Yoluyla Türk Sanayisinde Enerji Verimliliği’nin Artırılması Projesi ile Enerji Verimliliği Kanunu’nda yer alan gönüllü anlaşmaların sanayi sektöründe pilot uygulamalarının yaygınlaştırılması ve gerekli alt yapının güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Gönüllü anlaşmalar neticesinde projenin pilot

uygulamasında yer alan endüstriyel işletmelerden 5 tanesi ile gönüllü anlaşma yapılmıştır (ETKB, 2010: 68).

Ülkemizde yukarıda belirtilen projeler dışında “Gönüllü Anlaşmalar” yolu ile sanayide enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik projeler uygulanmaya başlanmıştır. 2007 tarih ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’nun 8. Maddesi kapsamında; “Endüstriyel işletmelerde enerji yoğunluğunun azaltılmasını hedefleyen ve aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarının, atıkların ve yüksek verimli kojenerasyon tesislerinin kullanımının özendirilmesini amaçlayan, teşvik edici unsurlara sahip gönüllü anlaşma uygulamaları” yer almaktadır. Gönüllü anlaşmaların içeriğinde; herhangi bir endüstriyel işletme 3 yıl içerisinde enerji yoğunluğunu ortalama olarak en az %10 oranında azaltmayı taahhüt etmekte; EİE Müdürlüğü ile gönüllü anlaşma yapmaya hak kazanan ve taahhüdünü yerine getiren gerçek ve/veya tüzel kişilerin anlaşmanın yapıldığı yıla ait enerji giderinin yüzde yirmisi, 100 bin Türk Lirası’nı geçmemek üzere EİE bütçesi tarafından karşılanacağı yer almaktadır. Bu çerçevede Hollanda Hükümeti ile işbirliği geliştirilmiş ve Ocak 2008 yılında SenterNovem işbirliği ile “Gönüllü Anlaşmalarla Türk Sanayisi’nde Enerji Verimliliği’nin Artırılması Projesi” başlatılmıştır (EİE, 2010h).

Gerçekleştirilen proje faaliyetleri ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (ETKB, 2010: 68):

-EİE Genel Müdürlüğü ve sanayi sektöründe gönüllü anlaşmalar konusunda gerekli alt yapı oluşturulmuştur.

-Hollandalı uzmanlar tarafından Enerji Potansiyel Tarama eğitimleri verilmiştir. Bu eğitimler EİEİ personeli ve Enerji Verimliliği Danışmanlık (EVD) şirketlerine yönelik olarak belirlenen 10 endüstriyel işletmede yapılacak çalışmalara hazırlık amacıyla gerçekleştirilmiştir. Eğitimler sonucu; enerji potansiyel tarama metodunun kapsamı, enerji tüketim analizleri, araçları ve enerji verimliliği iyileştirme planlarının hazırlanması ile ilgili bilgiler edinilmiştir.

-Pilot endüstriyel işletmelerde gerçekleştirilen teknik çalışmalarla enerji tasarruf potansiyelleri ve iyileştirme miktarları belirlenmiş ve bu işletmeler gönüllü anlaşmalara başvuracak hale getirilmiştir.

- Enerji Verimliliği Danışmanlık (EVD) şirketlerinde endüstriyel işletmeler gerçekleştirilen çalışmalarla enerji etütleri konusunda alt yapı oluşturulmaya çalışılmıştır.

-Enerjinin İzlenmesi, İzlemenin Temel Prensipleri, Enerji Verimliliği Politikalarının Değerlendirilmesi ve Enerji Verimliliğine Yönelik Mali Teşvikler konusundaki eğitimlerle Hollanda'daki izleme yöntemleri ve AB finansal mekanizmaları hakkında bilgi edinilmiştir.

- Proje ile kamu ve özel sektörün birlikte çalışma imkanı sağlanarak enerji verimliliği konusunda tecrübeler paylaşılmıştır.

Verimlilik Artırıcı Projelerin desteklenmesi 2009 yılında başlatılmıştır. Verimlilik Artırıcı Projeler; endüstriyel işletmelerin mevcut sistemlerinde enerji verimliliğini artırmaya yönelik projelerden proje bedeli 500.000 TL'yi aşmayan projelerin bedellerinin en fazla %20'si oranında ve 100.000 TL'yi geçmemek üzere desteklenmektedir (ETKB, 2010: 69).

2.5.1.3.6. Enerji Verimliliği İlgili Tanıtım ve Bilinçlendirme Çalışmaları

Ülkemizde her yıl Ocak ayında "Enerji Verimliliği Haftası" düzenlenmektedir. Enerji Verimliliği Haftası etkinlikleri ile üniversite, sanayi ve kamu kurumları arasında enerji alanında bilgi ve deneyim paylaşımı amaçlanmaktadır. Bu etkinlikler kapsamında iki yılda bir "Enerji Verimliliği Forumu" düzenlenmektedir. Enerji Verimliliği Forumu'nun ilki 15-16 Ocak 2009'da gerçekleştirilmiştir. Enerji verimliliği hakkında ilgili kişileri, kamuoyunu ve halkı bilinçlendirme amacıyla ulusal ve uluslararası kurslar, konferanslar ve seminerler verilmekte, çeşitli yayın, afiş, videokaset vb. malzemeler dağıtılmaktadır. Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik yapılan çalışmalardan bir diğeri Enerji ve Tabii Kaynaklar Parkı Projesi'dir. Enerji Parkı 2004 yılında ziyarete açılmış olup ilgili faaliyetler EİE tarafından

gerçekleştirilmektedir. 2006 yılında bilinçlendirme ve eğitim çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen çalışmalardan bir diğeri “Örnek Bina”dır. Örnek Bina’da ısı yalıtım teknikleri, güneş enerjisi uygulamaları, jeotermal ısı pompası ve enerji verimliliği yöntemleri uygulanmakta ve ziyaretçilere ilgili konularda bilgi verilmektedir (ETKB, 2010: 69-70).

Enerji verimliliğini artırmak amacıyla 2008/2 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile “Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi” başlatılmıştır. Bu kapsamda bakanlıklar, valilikler, belediyeler; aydınlatma, beyaz eşya, elektrikli motor ve yalıtım sektörleri, bankalar, turizm tesisleri ve alışveriş merkezleri ile işbirliği ortamları ve eylem planları geliştirmekte; her bir ilde bir vali yardımcısı EnVer koordinatörü olarak görev yapmaktadır. Enerji verimliliği ile ilgili olarak elektrik motoru üreticileri, ithalatçıları, organize sanayi bölgeleri, sanayi/ticaret odaları ile toplantılar düzenlenmiş ve sosyal sorumluluk projeleri başlatılmıştır (ETKB, 2010: 70).

Enerji tasarrufunun sağlanmasına yönelik öğrencilerin bilinçlendirilmesi amacıyla, kamu kurum ve kuruluşlarına hizmet içi eğitim programları kapsamında seminerler verilmektedir. Enerji verimliliğine yönelik yapılan önemli çalışmalardan biri her yıl Ocak ayının ikinci haftası Enerji Tasarrufu Haftası etkinliklerinin düzenlenmesidir. Milli Eğitim Bakanlığı ve Tübitak işbirliği ile “Enerji Tasarrufu” konulu ilköğretimde resim ve öykü dalında, lise düzeyinde ise proje yarışmaları yapılmaktadır. Enerji verimliliği konusunda halkı bilinçlendirmek amacıyla TRT tarafından spot filmler hazırlanmakta, binalarda ve ulaşırmada enerji tasarrufuna yönelik broşür, kitapçıklar hazırlanarak kamu kurumlarına, üniversitelere, belediyelere, valiliklere dağıtılmaktadır (EİE, 2010)

2008 yılında Milli Eğitim Bakanlığı ve İçişleri Bakanlığı aracılığıyla enerji verimli lamba dağıtım kampanyası gerçekleştirilmiştir. Kayıp-kaçak oranlarının yüksek olduğu iller öncelikli olarak tüm ilköğretim öğrencilerine 2-3 yılda 2.8 milyon lamba, 2009 yılında 28 ilde 2 milyon lamba dağıtılmıştır. Kamu kurum ve kuruluşlarında 1.8 milyon, özel sektör kampanyaları ile 3.4 milyon olmak üzere toplam 10 milyon lamba değiştirilmiştir (ETKB, 2010: 70).

2.5.1.4. Türkiye’de Enerji Verimliliğini Artırmaya Yönelik Uluslararası Projeler

Sektörlerde enerji verimliliğini artırmaya yönelik diğer bir çalışma uluslararası projelerdir. Genel olarak uluslararası projeler daha çok sanayi sektörü ağırlıklı olarak gerçekleşmiştir. Sanayi sektörüne yönelik enerji verimliliğini artırmaya yönelik gerçekleştirilmiş olan uluslararası projeleri şu şekilde özetlememiz mümkündür (EİE, 2010g):

- **UNIDO ile İşbirliği Projesi (1980):** Türk sanayi sektörü için enerji tasarrufu alanında ilk proje 1980 yılında UNIDO işbirliği ile gerçekleştirilmiştir. Proje ile birlikte demir-çelik, cam alüminyum ve tekstil sektörlerinde etüt çalışmaları yapılmış ve yaklaşık 247 000 TEP/yıl enerji tasarruf potansiyeli tespit edilmiştir.
- **Dünya Bankası Projesi (1982-1984):** Dünya Bankası işbirliği ile EİE’nin koordinasyonunda ilk proje 1982-1984 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Projenin amacı enerji yoğun, demir-çelik, cam, kağıt ve tekstil sektörleri ile termik santralleri olmak üzere 5 sanayi sektöründe seçilen 11 tesiste enerji tasarruf potansiyelinin belirlenmesidir. Programda kısa vadeli önlemler belirlenmiş ve uygulanmış, konu ile ilgili uzmanlar eğitime tabi tutulmuştur.
- **II. Dünya Bankası Projesi (1988-1991):** Bu proje daha çok kredi anlaşması niteliğindedir. Dünya Bankası işbirliğinde EİE enerji tasarrufu alanında üçüncü proje olarak gerçekleşmiştir. Bu proje kapsamında EİE tarafından enerji tasarruf ekibi oluşturulmuş, teknolojik yeniliklere göre eğitim ve ekipman desteği sağlanmış; enerji otobüsü, eğitim otobüsü ve mevzuat alanlarında çalışmalara başlanmıştır.
- **JICA Projesi (1995-1996):** EİE/UETM ve JICA işbirliği ile “Türk Sanayinde Enerjinin Rasyonel Kullanımı” konulu proje gerçekleştirilmiştir. Bu proje ile 5 enerji yoğun sektör için önlemler planlanmıştır. Uygulamalar daha sonra

diğer küçük ve orta ölçekli sektörlerde enerjinin rasyonel kullanılmasına yönelik yaygınlaştırılmıştır.

- **II. JICA Projesi (2000-2005):** Mart 2000’de EİE/UETM-JICA işbirliği ile “Türkiye’de Enerji Tasarrufu Projesi” anlaşması imzalanmıştır. Proje kapsamında eğitim merkezi kurulmuş, Japonya’dan bilgi ve teknoloji transferi sağlanmış, eğitim çalışmaları için Japonya hükümeti tarafından ekipman ve malzeme destekleri giderilmeye başlanmıştır. Ekim 2001’de Enerji Tasarrufu Uygulama Tesisi faaliyete geçmiştir.

Uluslararası düzeyde halen devam eden projeler ise AB ile yapılan “Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi” ile Japon uluslararası işbirliği teşkilatı olan JICA ile birlikte yürütülen “Üçüncü Ülke Eğitim Programı Projesi”sidir. AB ile devam eden uluslararası projeler arasında “Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi” kapsamında “Enerji Verimliliği Stratejisi” ve “Twinning Projesi” yer almaktadır. Enerji Verimliliği Stratejisi’nin genel amacı, Türkiye’nin nihai enerji tüketim sektörlerindeki enerji verimliliğinin AB’deki en iyi uygulamalara göre şekillendirilmesidir. Bu kapsamda; *kamu kuruluşları ve belediyelerin; hedefleri belirlenmiş ve entegre bir enerji verimliliği politikasının belirlenmesinde desteklenmesi, nihai tüketiciler ve sanayi kuruluşlarına bilgi dağıtımı, danışmanlık hizmetleri, uygun koşullarda krediler verme gibi etkili araçlarla teknik ve mali destek sağlama ve nihai tüketicilere enerji verimliliğini artırıcı uygun önlemleri hayata geçirebilmeleri konusunda yardım edilmesi, mevcut yasal yapının ve yasal çevreinin geliştirilmesi, AB ve diğer mali destek kurumlarının da katılımı ile enerji verimliliği ile ilgili mali önlemlerin yanısıra yasal ve kurumsal düzenlemelerin iyileştirilmesini desteklenmesi* hususları ele alınmıştır (EİE: 2010g).

“Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi” kapsamındaki diğer bir proje “Twinning Projesi”dir. Twinning Projesi (Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Artırılması Eşleştirme Projesi) Temmuz 2007- Kasım 2009 tarihleri arasında AB desteğinde yürütülmüştür. Bu proje ile Fransa ve Hollanda’nın enerji verimliliği kuruluşları olan ADEME ve SenterNovem ile birlikte yürütülen çalışmalar

çerçevesinde Avrupa'da uygulanan enerji verimliliği çerçevesinin Türkiye'de gerçekleştirilmesine çalışılmıştır. Twinning Proje'si, enerji verimliliği politikaları ve uygulamaları konusunda teknik yardım, bilgi transferi ve eğitim faaliyetlerini içermektedir. Proje kapsamında teknik yardım, bilgi transferi ve eğitim faaliyetleri ile Avrupa'daki yapının benzeri Türkiye'de geliştirilmeye çalışılmıştır. Proje; Yasal ve Kurumsal Yapının Güçlendirilmesi, Enerji Tasarrufu Potansiyellerinin Belirlenmesi ve Enerji Verimliliğinin Artırılmasının Önündeki Engellerin Belirlenmesi ve Uygulamaların Desteklenmesi olmak üzere üç alanda yürütülmüştür (EİE, 2010; ETKB, 2010: 67).

Twinning Projesi faaliyetleri sonucunda (ETKB, 2010: 67-68):

-Enerji Verimliliği Kanunu ve Yönetmelik çalışmalarında AB uzmanlarının görüşlerinden yararlanılmış,

-EİE'deki mevcut kapasitenin iyileştirilmesi, bilgi ve tecrübe transferinin sağlanması amacıyla proje ortağı ülkelerdeki eğitim, teknik gezi ve stajlara katılmış; yurt içinde sanayi, bina ve ulaştırma sektörlerinde çalıştaylar düzenlenmiş,

-Sektörlerde enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi, göstergeler ve modellemelerle ilgili metodolojiler geliştirilmiş, yazılım programları temin edilmiş, ülkemizdeki enerji projeksiyonlarına enerji verimliliğini entegre etmek üzere çalışmalar gerçekleştirilmiş,

- Yerel düzeyde enerji tasarrufu programlarının geliştirilmesi ve izlenmesi programlarında Türk ortakların aktif yer alması gibi konularda çalışmalar yapılmış,

- İlgili kurum ve kuruluşlarla temaslar artırılmış, kuruluşların personelinin proje faaliyetlerine katılımları sağlanmış ve işbirlikleri tesis edilmiş,

- Sanayi sektöründe gönüllü anlaşma uygulamalarını yaygınlaştırmak amacıyla bu alanda bilgili olan Hollanda Hükümeti ile ikili işbirliği geliştirilmiştir.

Devam eden uluslararası projelerden bir diğeri Japon uluslararası işbirliği teşkilatı olan JICA ile birlikte yürütülen “ Üçüncü Ülke Eğitim Programı Projesi”dir. Bu proje EİE-JICA arasında imzalanarak 9 Haziran 2004 yılında başlatılmıştır. Proje kapsamında yılda iki hafta uluslararası düzeyde enerji yöneticisi kurslarının düzenlenmesi planlanmıştır. İlk kursa 11 ülkeden olmak üzere 15 kursiyer katılmıştır (EİE, 2010g).

2.6. Türkiye’de Enerji Verimliliği Uygulama Sonuçları

Türkiye’de Enerji Verimliliği Kanunu ve yürürlüğe giren mevzuat kapsamında şu önemli sonuçlar elde edilmiştir (EİE, 2010a):

- Enerji yönetimi uygulaması kapsamında sanayi, hizmetler ve konut sektöründe enerji yöneticisi sayısı 1.750 kişiye ulaşmıştır. Enerji etüdü ve verimlilik artırıcı proje hizmetlerinin yurt genelinde yaymak için 2009 yılından itibaren üniversiteler, meslek odaları ve enerji danışmanlık şirketleri EİE tarafından yetkilendirilmeye başlanmıştır.
- Sanayide verimlilik artırıcı projelere ve enerji yoğunluğunu azaltmayı taahhüt eden gönüllü anlaşmalara EİE tarafından mali destek sağlanmaktadır. Enerji yoğun sanayi sektörlerinde önlem belirleme çalışmaları artmış ve çimento, demir-çelik, seramik ve tekstil gibi sektörlerde periyodik taramalar sürdürülmektedir. Bu sektörlerde verimlilik artırıcı projeler Dünya Bankası tarafından TSKB ve TKB üzerinden desteklenmektedir.
- Enerjiyi verimsiz kullanan ürünlerin satışı sınırlandırılmıştır. Ulaşım, Ulaştırma Bakanlığı tarafından yayımlanan yönetmelik kapsamında yurt içinde üretilen araçların birim yakıt tüketimlerinin düşürülmesine, araçların verimlilik standartlarının yükseltilmesi, toplu taşımacılığın yaygınlaştırılmasına ve gelişmiş trafik sinyalizasyon sistemlerinin kurulmasına yönelik uygulamalar başlatılmıştır.

- 2008/9 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile tüm kamu kurum ve kuruluşlarına, belediyelere, kamu kurumu niteliğindeki meslek odalarına 13/08/2008 tarihinden itibaren bir ay içinde akkor lambaların tasarruflu ampullerle değiştirilme zorunluluğu getirilmiştir. Ülke genelinde yapılan uygulama sonucu toplam 1.758.954 adet verimli lamba takılmıştır (ETKB, 2009a). Yapılan bu uygulama sonucu toplamda %23 oranında daha fazla aydınlatma sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır. Ampüllerin yerine verimli lambaların takılması ile kamu kuruluşlarında mevcut elektrik tüketim kapasitesi 102 MW azaltılmıştır. Kamu kuruluşlarının elektrik tüketiminde günlük 113.000 lira tasarruf edilerek, yıllık olarak kamu bütçesine 41 milyon lira kazandırılmıştır. Bunun yanı sıra her bir verimli lamba bir yılda 25 kilogram karbondioksit emisyonunu azaltmaktadır. Bu miktar ise 1 yılda bir ağacın emebileceği emisyon miktarından daha fazladır (ETKB, 2009ı: 3-4).
- Ayrıca enerji verimliliği ilgili sektörlerde olumlu gelişmelerin elde edildiği görülmektedir. Örneğin 2008 yılında “A” ve üzeri etikete sahip enerji verimli ürünlerin toplam satış içindeki payları; buzdolalarında %75, çamaşır makinesinde %90, bulaşık makinalarında %95, fırınlarda %65 ve klimalarda %23 olmuştur. 2008 yılında 2007 yılına göre enerji verimli ürün satışı buzdolalarında %23, çamaşır makinelerinde %6, bulaşık makinelerinde %14 ve fırınlar %23 oranında artmıştır (EİE, 2010a). Tüketiciler açısından enerji verimliliği bilincinin oluşması enerji verimliliğinin gelişimi açısından önem arz etmektedir. Avrupa Birliği finansal desteği ile EİE adına yürütülen enverIPAB Projesi kapsamında yapılan “Türkiyenin Enerji Bilinci Araştırması” sonuçları aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 2-14: Türkiye'nin Enerji Bilinci Araştırması, 2009

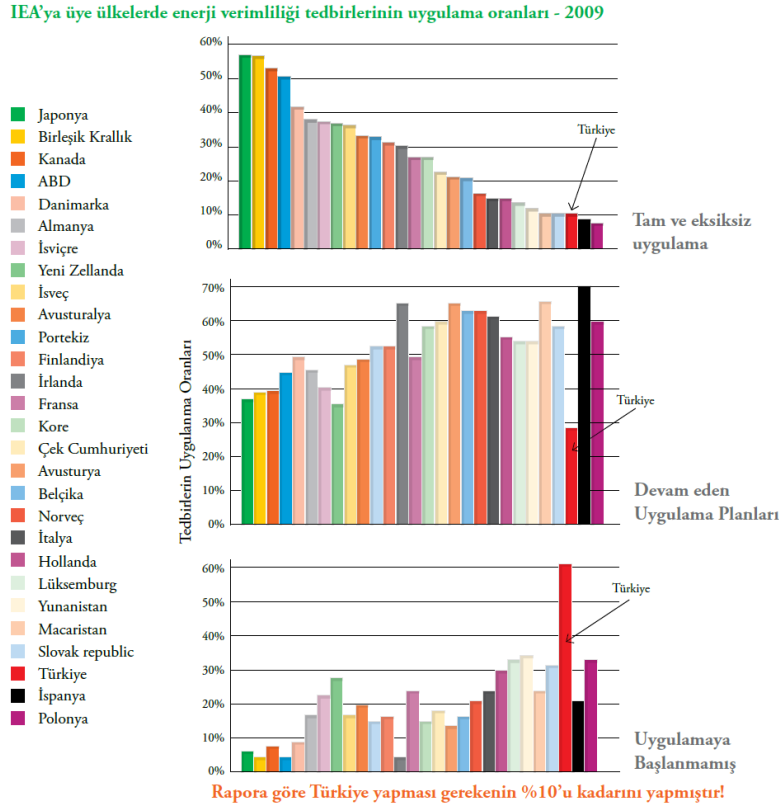
Enerji verimliliğine yönelik uygulama	% Oran
Gereksiz yanan lambaları kapattığını belirtenlerin oranı	% 77
Dış fırçalarken ve banyo yaparken gereksiz su kullanmadığını belirtenlerin oranı	%74
Kullandığı lambanın tasarruflu lamba olduğunu bilenlerin oranı	%80
Bulaşıkları elde yıkayanların oranı	%62
Bulaşık makinesini kaç derecede çalıştırdığını bilmeyenlerin oranı	%55
Çamaşır makinesini kaç derecede çalıştırdığını bilmeyenlerin oranı	%31
Evde elektrikli aletlerinin hangi enerji sınıfına ait olduğunu bilmeyenlerin oranı	%77
Yeni elektrikli alet alırken enerji sınıfına dikkat ettiğini belirtenlerin oranı	%74
Yalıtımı olmayan bina oranı	%76
Evlerinde çift cam, tek cam, yalıtımlı cam olanların oranı	%58, %39, %6
Isınma amacıyla soba, doğal gaz ve kalorifer kullananların oranı	%49, %29
Televizyon- DVD/VCD- Müzik seti gibi aletleri düğmesinden kapatanların, kumanda kullanarak kapatanların, fişten çekerek kapatanların oranı	%52, %33, %14
Çöpleri türlerine göre ayıranların oranı	%29

Kaynak: "Sanal(c)", 2010.

Yapılan çalışma sonucuna göre ülkemizde tüketicilerde öncelikli olarak gereksiz yanan ışıkların kapatılması yönünde bir bilincin oluştuğu görülmektedir. İkinci sırada ise dış fırçalarken ve banyo yaparken suyun bilinçli kullanımı gelmektedir. Yapılan çalışmayı genel olarak değerlendirdiğimizde enerji verimliliğini geliştirmek ve tüketici bilincini artırmak yönünde yapılan tüm gelişmelere rağmen ülkemizde enerji verimliliği konusunda tüketicilerin çok bilinçli olmadığı ve enerji verimliliğinin sağlanmasında tüketicilerin bilincinin artırılmasının önemli olduğu görülmektedir.

Aşağıdaki grafikte IEA'ya üye ülkelerde enerji verimliliği tedbirlerinin uygulama oranları verilmiştir (Aktaran: TEMEV, 2010: 70)

Grafik 2-5: IEA'ya Üye Ülkelerde Enerji Verimliliği Uygulama Oranları



Kaynak: TEMEV, 2010: 70

Enerji verimliliğini tam ve eksiksiz uygulanan ülkelerin başında Japonya gelmektedir. Japonya'yı sırasıyla Birleşik Krallık, Kanada ve ABD izlemektedir. Enerji verimliliğine yönelik uygulamaya devam eden planlarda ise ilk sırada İtalya gelmektedir. Türkiye ise her iki alanda da çok geri seviyelerde kalmıştır. IEA tarafından yayımlanan rapora göre ülkemiz enerji verimliliği uygulamalarından yapması gerekenlerin ancak %10'unu gerçekleştirebilmiştir.

2.7. Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi

Enerji verimliliği ve enerji verimliliğinin artırılması enerji sektörünü etkileyen; dış bağımlılık, enerji güvenliği, işsizlik, teknoloji önderliği, iklim

değişikliği gibi sorunların çözümünde önemli etkiye sahip olan bir faktördür (Keskin, 2006). Enerji tüketimindeki artış, enerji temin güvenliğinin sağlanması, çevre sorunlarının azaltılması, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün azaltılması konularında enerji verimliliği alternatif bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır (ETKB, 2010: 65).

Ülkelerde enerji üretimi ve tüketimi sürekli olarak artış göstermektedir. Enerjinin büyüme ve gelişmede temel girdilerden biri olması, tüketilen miktarın üretilen miktarı aşması durumunda dışa bağımlılığın sürekli artması nedeniyle enerjiyi verimli kullanmak gerekmektedir (Hekimler, 2007: 8). Ülkeler enerjiyi verimli kullanarak üretim maliyetlerini düşürerek rekabet edilebilirliği artırma, dışa bağımlılığı azaltma gibi avantajlara sahip olmaktadır (Karadaş, 2008: 92). Enerji verimliliği ülkelerin rekabet gücünü özellikle sanayi alanında rekabet gücünü yükselterek sermayenin sağlık, eğitim gibi diğer alanlarda kullanılmasına olanak verebilmektedir (Wojtaszek, 1993: 1). Enerji ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdisi durumundadır. Nüfus artışı, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışı ile birlikte enerji tüketimi yükselmektedir. Bu nedenle enerji tüketiminin en düşük seviyede tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli şekilde kullanılması gerekmektedir (EİE, 2010ee).

Enerji verimliliği diğer alternatif enerji kaynakları ile kıyaslandığında daha ekonomik bir araçtır. Enerji verimliliğinin artırılması yolu ile tasarruf edilen enerji, ilave yeni enerji kaynaklar için yapılacak yatırımlardan hem daha ekonomik hem de daha hızlı bir sürede elde edilebilmektedir (TÜBİTAK, 1997: 2). 2005 yılında enerji verimliliğinin enerji güvenliği konusunda etkin önlemlerden biri olduğu Uluslararası Enerji Ajansı tarafından da deklere edilmiştir. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji birbirini tamamlayan iki önlem olmakla birlikte, enerji verimliliği yenilenebilir enerjiye göre daha etkin ve daha ucuz bir yöntemdir (Keskin, 2006). Yapılan çalışmalar sonucu enerji konusunda yapılan her bir birim tasarrufun, enerji harcamalarını 2,5-3 birim azalttığı hesaplanmıştır (Özgür, 2008: 2). Enerji verimliliği ülkelere sürdürülebilir ekonomi/sosyal gelişme ve çevresel korunma olmak üzere iki amaca ulaşmada fırsat sunmaktadır (Wojtaszek, 1993: 1). Enerji ve çevre ilişkisi

değerlendirildiğinde, karbon miktarının azaltılabilmesi için enerji verimliliğinin %1 oranında artırılması yeterli iken yenilenebilir enerjinin %14 oranında artırılması gerekmektedir. Ülkeler enerji verimliliklerini yılda %3 oranında artırmaları durumunda yenilenebilir enerjinin %8 oranında artırılması yeterli olacağı tahmin edilmektedir (Keskin, 2006).

Dünya Bankası'nın deneyimleri ve diğer gelişmiş ülkelerin doküasyonlarına dayanarak enerji verimliliği uygulamalarının zor ve uzun dönemli odaklanmayı gerektirdiği tesbit edilmiştir. Enerji etkinliğinde başarılı bir kurumsal çalışmanın, ülke bağlamında; teknik ve yönetim kapasitesi bağlamında; enerji etkinliği yatırımlarına imkan veren yeni yasalar ve kurallar bağlamında; enerji etkinliği ve diğer temiz enerji ve temiz enerjinin gelişme amaçları arasındaki bütünleşmenin seviyesi bağlamında; organizasyonel özerkliğin, esnekliğin ve çevikliğin gerekliliği bağlamında; finansman mekanizmaları bağlamında ve özel sektör simülasyonlarının önemi bağlamında hesaba katılması gerekmektedir. Uluslararası işbirliklerin artması dünya genelindeki büyük enerji etkinliği potansiyeline kılavuzluk etmede temel anahtardır. Sanayileşmiş ülkelerden en iyi uygulama örneklerinin, politikaların ve teknolojilerin transfer edilmesi ve gelişmekte olan ülkeler içinde etkileşimlerin sağlanması, global düzeyde enerji etkinliği piyasa dönüşümünü kolaylaştırmayı hedefleyen işbirliklerinin temel taşı olacaktır (Sarkar and Singh, 2010: 5569).

Enerji etkinliği uygulamalarında teknoloji seçimi teknolojinin adaptasyonunda önemli bir basamaktır. Özellikle teknoloji yayılım politikalarında engelleri azaltmak için tek bir araç yeterli olmamakta; teknolojilerin, paydaşların ve bölgelerin karakteristik özelliklerinin dikkate alındığı ve odaklanıldığı bütünleşmiş politikaları gereksinim duyulmaktadır (Worrell ve Price, 2007: 3).

3. BÖLÜM

GERİ TEPME ETKİSİ (REBOUNDEFFECT)

1970'li yıllarda yaşanan enerji fiyat şokları ve enerji reel fiyatlarındaki dalgalanmalar hem sanayileşmiş hem de gelişmekte olan ülke ekonomileri üzerinde derin etkiler yaratmıştır. 20. yüzyılda ise, enerjinin ekonomik ve sosyal boyutunun yanısıra çevre boyutu da ağırlık kazanmaya başlamış ve iklim değişikliği kaynaklı çevre sorunları insanoğlunun üzerinde durduğu önemli konular olmuştur. Ülkelerin fosil yakıtlara olan bağımlılığı, artan enerji talebi, enerji arz güvenliği ve çevresel sorunlar ülkeleri enerji konusunda alternatif alanlara yöneltmiştir. Bu alternatiflerden biri enerjiyi verimli kullanmaktır. Ancak enerjiyi verimli kullanmanın enerji tüketimini azaltıp azaltmayacağı konusunda çeşitli tartışmalar oluşmuştur.

Bu bölümde genel olarak geri tepme etkisi ile ilgili kavramsal tanımlamalara ve sınıflandırmalara yer verilmiştir. Geri tepme etkisi türleri tüketici ve üreticiler açısından açıklanmıştır.

3.1. Geri Tepme Etkisi (Rebound Effect)

Sanayileşmiş ülkeler hem üretim sürecinde hem de özel tüketimde daha pahalı hale gelen enerji girdilerini azaltmaya yönelik yeni enerji etkin teknolojiler ve mevcut araç-gereçlerde enerji etkinliğini yükseltecek yöntemler üzerinde araştırmalarına hız kazandırmışlardır. Bir çok sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı teknolojik gelişmeye dayalı etkinlik gelişmelerinin önemi üzerinde durmaktadır. Teknoloji, daha az kaynak, özellikle daha az enerji, kullanarak hayat standardımızın yükselmesine neden olmaktadır.

20. yy'de ekonomik büyüme teorisi teknolojik değişmeyi yükselen üretim ve tüketimin temel nedeni olarak görmektedir. Bazı ekolojik-kökenli ekonomistler, uygulamada ise neredeyse tüm politikacılar, etkinlik kazançlarının tüketimi düşüreceğini ve çevre üzerinde pozitif etkisi olacağına inanmaktadır. Diğer bir grup

ise sürdürülebilirliğe yönelik “etkinlik stratejilerinin” bu amacı takiben “rebound” ya da hatta “backfire” a neden olarak daha yüksek üretim ve tüketime neden olacağını tartışmaktadırlar (Alcott, 2005: 9).

3.1.1. Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi) Boyutuna Genel Bir Bakış

1980’lerden itibaren hanehalkının enerji tüketimi ve etkinlik gelişmeleri arasındaki ilişki enerji ekonomistleri arasında büyük bir ilgi konusu olmuştur (Brookes, 2000: 355; Greening vd., 2000: 389-390). Enerji etkinliği gelişmelerinin enerji talebini azaltmada varsayıldığı gibi etkili olup olmadığı yönünde tartışmalar oluşmuştur (Sorrell, 2007b). Hem bağımsız çalışmalar hem de resmi hükümet politikaları enerji talebinin azaltılmasında birincil mekanizma olarak ekonomi genelinde enerji etkinliğinin –örneğin ısı yalıtımı adaptasyonları ve düşük enerji aydınlatmaları- geliştirilmesi olduğunu varsaymaktadır. Ancak enerji etkinlik gelişmeleri genelde varsayıldığı gibi enerji talebinin azaltılmasında etkin olmayabilmektedir. “Rebound Etkisi” oluşabilmekte ve “enerji tasarrufu” kazanç miktarını azaltabilmektedir (Herring ve Sorrell, 2009, 2). Rebound Etkisi kavramı enerji etkinliği gelişmelerinin sonucu meydana gelen “enerji tasarrufları”nın boyutunu azaltan birtakım mekanizmalara verilen şemsiye bir terimdir (Sorrell, 2007b)

Bu olgu, “Jevons’ Paradoksu” ve aynı zamanda “Khazzoom-Brookes (K-B) Postulası” olarak bilinmektedir. Bu postula efektif yakıt fiyatlarındaki düşmelerin etkilerini tarif etmektedir. “Sabit reel enerji fiyatları durumunda, yakıt etkinliği kazançları, enerji verimliliği kazançlarının olmadığı bir duruma göre, yakıt tüketimini- enerji tüketimini yükseltecektir (Saunders, 1992: 143).

Enerji rebound fikrinin kökenleri Jevons (1865)’e kadar uzanmaktadır ve ilk kez 1865 yılında Stanley Jevons tarafından gözlemlenmiştir (Gottron, 2000: 1; Van den Bergh, 2011: 46). Jevons’un, kömür etkinliğindeki yükselmenin kömür tüketimini yükselteceği teorik tartışmaları; kârlılık (bölüm VII, VI,X), yeni icatlar ve kullanımları (bölüm VI, VII) ile tüketici davranışlarına (giriş, bölüm IX, X) dayanmaktadır. Jevons (1865)’te kömür-ateşli buhar makinelerinin etkinlik

gelişmelerinin kömür tüketimini azaltmayacağı hatta daha fazla kömür tüketimine neden olarak İngiltere kömür rezervlerinde hızlı bir durgunluğu neden olacağı ileri sürülmektedir (Jevons, 1866). Jevon's "Kömür Problemi (The Coal Question)" kitabında bu durum şu şekilde ifade edilmiştir: "yakıtın ekonomik kullanımının azalan tüketime eşdeğer olduğunu varsaymak fikir karışıklığıdır. Bunun tersi doğrudur". Jevons yeni etkin buhar makinesinin ilk olarak kömür tüketimini azalttığını ve tüketimdeki azalmanın kömür fiyatlarını düşürdüğünü gözlemlemiştir. Ancak bunun anlamı, sadece daha çok insanın kömüre erişiminin sağlanması değil aynı zamanda kömürün yeni kullanım alanları için daha ekonomik hale gelmesi sonucunda kömür tüketiminin büyük miktarlarda yükselmesidir (Gotttron, 2000: 1). Teknolojik etkinlik kazançlarının-özellikle makede yapılan mekanik işlerde kömürün daha fazla "ekonomik" kullanımının -kömürün ve diğer kaynakların ima edildiği gibi tasarrufunu sağlamak yerine aslında toplam tüketimini yükselttiği belirtilmektedir (Alcott, 2005: 9 ; Van den Bergh, 2011: 46). Hotelling (1931) ve Domar (1962)'de verimlilik, satışlar ve kaynak kullanımının birlikte yükseleceği ifade edilmiştir.

Günümüzde rebound etkisi tartışmaları Brookes (1979) ve Khazoom (1980)'de tekrar gündeme gelmiştir. Rebound etkisi konusu Khazoom (1980), (1987), (1989); Khazoom ve Miller (1982); Lovins (1988); Brookes (1990), (1992), (1993), (2000); Saunders (1992), (2000a), (2000b); Howarth (1997), Wirl (1997), Herring (1998), (1999), (2006), (2008); Berkhout vd. (2000); Birol ve Keppler (2000); Greening vd. (2000); Schipper and Grubb (2000); Berkhout vd., (2000); Binswanger (2001); Grepperud ve Rasmussen (2004); Dimitropoulos ve Sorrell (2006); Sorrell ve Dimitropoulos (2005), (2007); Sorrell (2007); Herring ve Sorrell (2009)'da incelenmektedir.

Enerji analistleri rebound etkisinin enerji etkinliği gelişmelerinden elde edilen enerji tasarruflarını azaltabileceğini kabul etmekle birlikte bu etkinin hem bireysel düzeyde hem de bütün içinde etkisinin ne kadar önemli olduğunu tartışmaktadır. Bazı iktisatçılar ve analistlere göre Rebound Etkisi ve/veya Rebound Etkileri olarak adlandırılan mekanizmalar ulaşılması hedeflenen "enerji tasarrufları"nın miktarını

azaltmada anlamlı etkilere sahiptir. Hatta bir grup, enerji etkinliği gelişmelerinin uzun dönemde enerji talebinde yükselişe bile neden olabileceğini tartışmaktadır. Khazzoom (1980, 1987, 1989) ve Brookes (1990, 2000)'e göre enerji etkinliği gelişmeleri enerji tüketimini azaltmaktan ziyade yükseltebilmektedir. Khazzoom (1980, 1987, 1989)'de daha fazla enerji etkinliğinin enerji talebini düşürmeyeceği enerji talebini yükseltebileceği vurgulanmaktadır. Brookes (1990)'da ise bu tartışma genişleyen sera etkisi tartışmaları dahilinde ortaya konulmuştur. Sera etkisini azaltmaya yönelik enerji etkinliği gelişmelerinin temelde hatalı olduğu vurgulanmaktadır. Çünkü ekonomiye zararlı olmayan çıktıdaki enerji yoğunluğu azalmaları enerji talebinde düşüşlerle değil yükselişlerle ilişkili olmaktadır. Brookes bu konuya Khazzoom'a göre daha makro açıdan bakmaktadır. Bununla birlikte hem Khazzoom hem de Brookes'un tartışmalarının temelinde enerji etkinliği kazançlarının kullanıcılar açısından daha çok fiyat azalmaları şeklinde görülmesi ve enerji talebinin yükselmesini teşvik etmesi yer almaktadır. Bu teşvik hem fiyat esneklikleri etkisi aracılığıyla doğrudan ya da enerji kullanan mal ve hizmetlere yeniden yönelen satın alma gücü aracılığıyla dolaylı olarak gerçekleşmektedir. Saunders (1992)'de bu etkinin daha çarpıcı boyutlarda olabileceği belirtilmektedir. Enerji etkinliği kazançları, sadece enerji efektif maliyetlerini düşürerek değil, aynı zamanda ekonomik büyüme oranını yükselterek enerji kullanımını doğrudan yükseltebilmektedir (Saunders, 1992:131).

Lovins (1988), Schipper and Grubb (2000)'e göre ise, bir çok enerji hizmetinde rebound etkisi küçük bir öneme sahiptir ve bu etkinin sektörlere göre anlamlığı çok küçük olabileceği gibi bazı sektörlerde anlamsız olmaktadır. Bunun nedeni çoğunlukla bu hizmetlerin birçoğunun talebinin görel olarak fiyat değişmelerine karşı tepki vermemesidir. Çünkü bu enerji hizmetleri toplam maliyetler içinde küçük bir paya sahiptir.

Aşağıdaki alt bölümde ilk olarak Rebound Etkisi kavramı açıklanmıştır. Daha sonra Rebound Etkisi'nin sınıflandırılmasına yer verilmiştir.

3.1.2. Geri Tepme Etkisi Tanımlaması

Günümüzdeki rebound etkisi tartışmaları, mikro ekonomi literatüründeki tanımlamalarından beri genişlemektedir. Rebound kavramı, ilk kez dar bir kapsamda, enerji kullanımındaki teknik verimlilik gelişmelerinin bir sonucu arzı artan enerji hizmetleri talebinde görülen doğrudan yükselme olgusu açıklanırken kullanılmıştır (Khazzoom 1980, 1987, 1989; Khazzoom ve Miller 1982; Greening vd., 2000: 390). Daha sonra rebound kavramı, daha geniş çaptaki ekonomik etkilerinden dahil olduğu daha geniş bir çapta incelenmeye başlanmıştır (Brookes, 2000; Greening vd., 2000: 390).

Rebound Etkisi, en genel olarak tekniksel etkinliğin gelişmesinden dolayı “enerji hizmetleri” maliyetinde düşüş mekanizmasını açıklamakta kullanılmaktadır. Düşen enerji hizmeti maliyeti hem bireysel hem de toplam düzeyde tüketici davranışlarının değişmesine neden olmaktadır. Bu davranışlar, enerji hizmetlerinin daha uzun kullanımına, daha çok tüketicinin bu hizmeti kullanmasına ya da daha yüksek nitelikteki özelliklere dönüşebilmektedir. Örneğin tüketiciler daha çok özelliğe sahip daha güçlü arabaları kullanabilmektedirler. Bu ise başlangıçtaki enerji tüketimindeki azalmayı kısmi olarak telafi etmekte hatta enerji tüketiminin yükselmesine neden olmaktadır (Gonzalez, 2010: 2309). Diğer bir ifadeyle enerji etkinliği gelişmelerinin bir sonucu olarak enerji tüketimindeki beklenen azalmaların bir kısmı ya da tamamı, enerji hizmetleri talebindeki yükselme nedeniyle dengelenmektedir. Enerji hizmetleri talebindeki yükselme ise bu enerji etkinliği gelişmeleri nedeniyle enerji hizmetleri efektif fiyatlarının düşmesinden kaynaklanmaktadır (Barker vd., 2009: 411).

Rebound etkisi enerji etkinliği yükselmeleri nedeniyle enerji hizmetlerinin düşen maliyetlerinin, hem bireysel hem de ulusal düzeyde tüketici davranışları üzerindeki etkilerini tanımlamakta kullanılmaktadır. “Rebound Etkisi” ya da “Take Back” etkisi kavramı; mikro ya da makro seviyede etkinlik yatırımları sonucu sağlanan enerji tasarruflarının ne kadarının tüketicilerin yüksek tüketim davranışları, daha fazla kullanım ya da daha kaliteli enerji hizmetleri kullanımı sonucu geri

alındığı-kaybedildiği ya da dengelendiği ile ilgili bir kavramdır. Rebound etkisi-take back etkisi enerji etkinliği gelişmelerine yönelik davranış tepkileri ile ilgilenmektedir (Herring, 1998: 1; Herring, 2008: 1). Genel olarak etkinlikte meydana gelen %1’lik büyümenin, bu oran daha fazla ya da az olabilir, kaynak kullanımında %1’lik düşüşe neden olacağı beklenmektedir. Ancak bu durum çoğunlukla gerçekleşmeyebilmektedir. Çünkü teknolojik gelişmeler davranışsal tepkileri dikkate almamaktadır. Çoğunlukla etkinlikte %1’lik büyüme kaynak kullanımında %1’in altında bir azalmaya, hatta kaynak kullanımında bir yükselişe neden olabilmektedir (Binswanger, 2001: 120). İlk başlarda enerji etkinliği yükselmeleri, elektrik gibi enerji kaynaklarına talebi azaltmaktadır. Ancak paradoksal olarak, ekonomi teorisi talepteki düşüşlerin ve bu kaynakları kullanma maliyetindeki düşüşlerin talepte “rebound”’a neden olabileceğini ileri sürmektedir. (Gottron, 2001: 1). Teknoloji süreci aracılığıyla enerji etkinliğindeki yükselişler enerji kaynaklarına olan talebi düşürmektedir. Ancak talepteki ve bu kaynakları kullanma maliyetindeki düşüşler “Rebound Etkisi” olgusuna neden olabilmektedir (Bessec and Meritet , 2007: 123; Binswanger, 2001: 120). Enerji etkinliğini artırmaya yönelik hükümet destekli ve/veya özel girişimler “Rebound Etkisi” nedeniyle enerji kazançlarında beklenen sonuçlara ulaşmayabilmektedir (Gottron, 2001: 1). Daha yüksek enerji etkinlikleri ya da sadece enerji korumaları, firmaların ya da tüketicilerin davranışlarında ya da tercihlerinde değişiklik meydana getirerek enerji kullanımını tetiklemektedir. Böylece zamanla toplam enerji kullanımı üzerindeki etki belirsiz hale gelmektedir (Van den Bergh, 2011: 45).

Rebound etkisinin varlığı enerji konuları ile ilgilenen iktisatçılar tarafından geniş ölçüde kabul edilmektedir. Rebound etkisi ile ilgili temel anlaşmazlık rebound etkisinin boyutu hakkındadır. Rebound etkisinin boyutu önem arz etmektedir. Çünkü bir çok politikacı için enerji etkinliği gelişmeleri, toplam enerji tüketimini düşürme ve böylece sera gazları emisyonunu düşürmenin temelini oluşturmaktadır. Bu aksiyom, eğer rebound etkisinin büyüklüğü %100’den küçük olursa doğru olacaktır. Çünkü bu bu durumda enerji etkinliği gelişmeleri düşük enerji tüketimine neden olacaktır. Ancak rebound etkisi %100’den büyük olursa etkinlik gelişmelerinden sonraki enerji tüketimi, etkinlik gelişmelerinden önceki enerji tüketiminden daha

büyük olacaktır. Bu etki %100'den büyük olduğu zaman, etkinlik gelişmeleri kaynak kullanımında net bir artış yaratmaktadır ve bu rebound etkisi “backfire” olarak adlandırılmaktadır (Gonzalez, 2010: 2309).

3.2. Mikro Seviyede Geri Tepme Etkisi

Enerji etkinliği gelişmeleri kaynaklı rebound (diğer enerji koruma türleri dahil olmamakta) bir bakıma teknik-mühendisliğe karşı davranışsal- ekonomi olgusu olarak görülebilir. İlk olarak enerji tasarrufları, enerji kullanım araç-gereçlerde teknik ya da mühendislik gelişmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu tasarruflar enerji kullanımını etkileyerek, davranışsal ve ekonomik tepki başlatmakta ya da tepkilere neden olmaktadır (daha etkin alet kullanım yoğunluğu, tasarruf edilen paranın tekrar harcanması, daha etkin ve daha aktif teknoloji yayılımı gibi) (Van den Bergh, 2011: 45).

Enerji etkinliği ve enerji tüketimi arasındaki ilişki göz önüne alındığında mikro düzeydeki temel soru, enerji kullanımındaki teknik etkinlik gelişmeleri sonucu enerji tüketimindeki azalma miktarının, basit mühendislik hesaplamalarıyla tahmin edilip edilemeyeceğidir. Örneğin ısıtma sistemlerindeki %20 oranında sağlanan ısıl etkinlik gelişmeleri alan ısıtmalarındaki toplam enerji tüketiminde de %20 oranında azalmaya neden olacak mıdır? Ya da yolcu arabaları yakıt etkinliğinde %20 oranında gelişme sağlanması, kişisel araba seyahatinde kullanılan yakıt tüketiminde %20 oranında azalmaya neden olacak mıdır? Ekonomi teorine göre bu durum gerçekleşmeyecektir. Çünkü enerji etkinliği gelişmeleri, seyahat gibi enerji hizmetlerinin marjinal maliyetini düşürmekte ve bu durumda enerji hizmetlerinin tüketiminin yükselmesi beklenebilmektedir. Enerji tasarrufları kaynaklı enerji tüketiminde tahmin edilen azalmalar, enerji hizmetleri tüketimindeki artış gibi çeşitli mekanizmalar tarafından dengelenebilecektir (Dimitropoulos ve Sorrell, 2006: 2; Sorrell, 2007a; Sorrell, 2007 b; Sorrell ve Dimitropoulos, 2005 ; Sorrell ve Herring, 2009: 4).

Teknolojik ilerleme araç-gereçleri daha etkin yapmaktadır. Ceteris paribus, aynı miktar araç-gereç kullanarak aynı miktar ürünü üretmek için daha az enerjiye

ihtiyaç olmaktadır. Ancak her şey aynı kalmamaktadır. Çünkü araç-gereçlerin daha enerji etkin hale gelmesi, bu araç-gereç hizmetinin birim maliyetini düşürmektedir. Fiyatlardaki bir düşüş normal olarak tüketimde artışa neden olmaktadır. Düşük enerji hizmeti fiyatı daha yüksek enerji hizmeti kullanımına neden olabilmektedir. Ceteris paribus, kazançların bir kısmı kaybolmaktadır çünkü bir kişi daha etkin hizmetleri kullanma eğiliminde olmakta ve araç-gereçlerin üretim hizmetlerine yönelik ekstra bir talep daha fazla enerji kullanımı anlamına gelmektedir. Enerji korumalarından kayıp olan bu kısım rebound etkisi olarak adlandırılmaktadır. Örneğin rebound etkisinin %10 olması, teknolojik gelişmeler tarafından başlatılan enerji etkinlik gelişmelerinin %10'u yükselen tüketim nedeniyle dengelenmektedir (Berkhout vd, 2000: 426; Binswanger: 2001, 120 ; Bessec and Meritet , 2007: 123; Blok, 2007: 249). Bu süreç sonucunda fiyat düşüşlerine tepki olarak talepte yükselme gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle yakıt fiyatlarında dengeleyici bir yükseliş olmadığı bir durumda, hizmetler talebinin yükselmesi teknolojik verimlilik kazançlarını aşındırabilmektedir (Greening vd., 2000: 389). Böylece başlangıçtaki enerji kaynakları kullanımındaki azalma kısmi olarak dengelenmektedir. Bu etki "Rebound Etkisi" olarak adlandırılmaktadır. Çünkü teknolojik gelişme kaynaklı enerji tüketim seviyesindeki azalmaların geri alınımı-dengelenmesi söz konusu olmaktadır (Bentzen, 2004: 124 ; Bessec and Meritet , 2007: 123).

Örneğin araba kullanmanın mil başına maliyeti daha ucuz hale geldiğinde ya da enerji etkinliğinde teknolojik yenilik nedeniyle bir yükselme gerçekleştiğinde, kişiler arabayı daha az yakıt ve bu nedenle daha düşük maliyetle sürebilmektedir. Bu durumda tüketiciler daha çok ve/veya daha uzun araba kullanmayı seçebilmektedir. Bu enerji hizmetlerinin tüketimindeki yükselme enerji tüketiminde beklenen azalmayı dengeleyebilmektedir. Kaybolan bu kısım rebound etkisi olarak ifade edilmektedir (Jin, 5623: 2007; Binswanger, 2001: 120). Bu mekanizma doğrudan bir etki yaratmaktadır. Diğer taraftan araba üreticileri ve tamircileri yükselen iş hacmi ve daha fazla kâra tanıklık edeceklerdir. Bu ise yatırımların yükselmesine ve araba hareketliliğinin yükselmesine neden olacaktır. Böylece ilk şokun dolaylı etkisi çeşitli yollarla geri beslenecek ve rebound etkisi ikinci dereceden etki yaratacaktır. Bu etki açıklanabilmekle birlikte açık bir şekilde

belirlenmesi zordur. Büyük olasılıkla ikinci dereceden etki birinci dereceden etkiden daha küçük olacaktır. Üreticiler ve tüketiciler açısından, birinci dereceden etki, enerji etkinliği gelişmelerinden kaynaklı doğrudan fiyat etkisi ve gelir etkisinden oluşmaktadır (Berkhout vd, 2000: 426).

Diğer bir örnek 18 W'lık kompakt floresanslı ampüllerin, 75W akkor ampüllerle değiştirilirse, enerji tasarrufunun %76 olacağını hesaplandığı durumdur. Herring (2008)'de bu durum şu şekilde açıklanmaktadır: Tüketicilerin aydınlatmada saat başına maliyetin düştüğünü fark etmesi ile birlikte, tüketiciler ışığı kapatmada daha az dikkatli davranmakta, hatta tüm gece ışığı açık bırakabilmektedirler. Böylece enerji tasarruflarının bir kısmı enerji hizmetlerinin daha yüksek seviyede kullanılması (daha fazla saat kullanımı) nedeniyle geri alınmaktadır (Herring, 2008: 1).

3.2.1. Neoklasik Görüş Çerçevesinde Tekil Hizmetler İçin Rebound Etkisi

Rebound etkisini neo-klasik ekonomi prensipleri çerçevesi içinde incelemek mümkündür. Neo-klasik teorinin ilk ve en önde gelen ilkesi rasyonellik ilkesidir. Tercihlerin geçişli (eğer $A > B$ ve $B > C$ ise $A > C$ 'dir) ve ekonomik ajanların doyumsuz olduğu (her zaman daha çoğunu tercih ettiği) varsayılmaktadır. Rasyonellik yaklaşımında diğer bir ilke optimize ilkesidir. Tüketiciler faydalarını maksimize etmektedir, üreticiler kârlarını maksimize etmekte ya da üretim birimi başına maliyetlerini minimize etmektedirler. Neoklasik teorinin ikinci ilgili prensibi belirlilik ve tam bilgidir. Ekonomik birim rasyonel davranmak için ilgili tüm bilgiden haberdardır. Herhangi bir belirsizlik mevcut değildir. Rasyonellik ve tam bilgi varsayımı altında ekonomik ajanlar bir optimum seçmektedir. Her zaman bir değişim olduğunda, yeni koşullarla ilişkili yeni bir optimum seçmektedirler. Diğer bir neo-klasik prensip, bir optimumdan diğer optimuma geçişte maliyetin olmamasıdır ve ayarlama maliyetlerinin önemsiz olmasıdır (Berkhout vd., 2000. 426).

Rebound etkisinin ilk sistematik yaklaşımı Khazzoom (1980)'de yer almaktadır. Burada rebound etkisi, belirlenmiş tercihler yapısında fayda fonksiyonu, tekil-hizmetler modeli için açıklanmaktadır. Modelde enerji hizmetleri için hanehalkının enerji talebi üzerine odaklanılmıştır. Enerji hizmetleri olarak hareketlilik (yolcu km ölçümü) ya da oda sıcaklığı gibi, enerji hizmetleri üzerinde durulmuştur. Enerji kullanımı ve hizmet talebi arasındaki ilişki enerji etkinliği μ ile açıklanmaktadır. Enerji etkinliği μ ; hizmet çıktısı s ve enerji girdisi e arasındaki oran olarak tanımlanmaktadır (Binswanger, 2001: 121):

$$\mu = s/e \quad (3.1)$$

Örneğin eğer s yolcu kilometresini ifade ederse, μ ; yolcu kilometre sürüş sayısı /yakıt tüketimini göstermektedir. Bir kişi 1 km'yi, enerji etkin araba sayesinde (yüksek μ) düşük yakıt tüketimi ile sürebilir ya da düşük enerji etkin araba (düşük μ) nedeniyle yüksek yakıt tüketimi ile sürebilir. Daha etkin araç-gereç kullanımı, hizmet maliyetini s 'nin maliyetini düşürdüğü için enerji talebi yükseltmektedir (Binswanger, 2001: 121). Neoklasik ekonomide, genel olarak hizmetleri üretmenin marjinal maliyetinin, fiyatına eşit olduğu varsayılmaktadır. Bu nedenle s 'in marjinal maliyetini (ya da fiyatını) P , şu şekilde ifade edebiliriz (Binswanger, 2001: 121):

$$P = P_e / \mu \quad (3.2)$$

Burada P_e enerji fiyatlarını göstermektedir. 3.2 nolu ifade bize, $\Omega_P(s)$ ile belirtilen, s hizmeti için talep fiyat esnekliğini hesaplamamıza izin vermektedir ve $\Omega_{P_e}(e)$ ile ifade edilen enerji fiyat esnekliğine eşittir.

$$\Omega_P(s) = ds/dP \cdot P/s = \delta(\mu_e) / \delta(p_e/\mu) \cdot (p_e/\mu) / \mu_e = \delta_e / \delta_{P_e} \cdot p_e/e = \Omega_{P_e}(e) \quad (3.3)$$

Etkinlikle ilgili enerji talep fiyat esnekliği $\Omega_\mu(e)$, s hizmetleri için talep fiyat esnekliği $\Omega_P(s)$ terimleri ile ifade edilebilir (Binswanger, 2001: 122).

$$\Omega_\mu(e) = \delta_e / \delta_\mu \cdot \mu/e = \delta(s/\mu) / \delta_\mu \cdot \mu/e = [\delta_s / \delta_\mu \cdot 1/\mu - (s/\mu^2)] \mu/e \quad (3.4)$$

$$= \delta_s / \delta_\mu \cdot \mu/s - 1 = \delta_s / \delta(p_e/P) \cdot (p_e/P) / s - (1) = \delta_s / \delta(1/P) \cdot (1/P) / s - (1) \quad (3.5)$$

$$= -\Omega_P(s)-1 \quad (3.6)$$

3.4 nolu ifade aynı zamanda Khazoom (1980)'de yer almaktadır. Etkinlikle ilgili enerji talep esnekliği (enerji fiyatları ile ilgili esneklikle aynı), hizmet talebi fiyat esnekliği tarafından belirlenmektedir. 3.4 nolu ifade enerji etkinliğindeki %1'lik yükselmenin enerji talebinde $\%(1-|\Omega_P(s)|)$ düşüşe neden olacağını ifade etmektedir. 3.4 nolu ifade rebound etkisini tam olarak tanımlamaktadır. Bu ifade, hizmet talebi yükselişleri tarafından dengelenen tekniksel enerji koruma potansiyelinin yüzdesini ifade etmektedir. $\Omega_P(s) > -1$ olduğu sürece, rebound etkisi %100'den daha küçük olacaktır. Aksi takdirde rebound etkisi, eğer enerji etkinliği yükselirse enerji talebinde yükselişe neden olabilecektir. Bununla birlikte ampirik sonuçlar, enerji hizmetleri talebinin genellikle inelastik olduğu ve bu nedenle $-1 < \Omega_P(s) < 0$ olduğunu belirtmektedir (Binswanger, 2001: 122).

Tekil- hizmet modeli rebound etkisine yönelik kesin tanımlamaları içermesine rağmen bir takım kısıtlayıcı varsayımları içermektedir. Bu kısıtlayıcı varsayımlar şu şekildedir (Binswanger, 2001: 122).

-Tekil-hizmet modeli, tüketicinin fayda elde ettiği bir tek hizmeti içermekte ve tekil hizmet s'in diğer tüm hizmetlerden ayrılabilir olduğunu varsaymaktadır. Bu varsayım, farklı hizmetler arasındaki ikame ve gelir etkisinin önemsiz olduğu durumlarda mantıklı bir varsayım olmaktadır. Ancak gerçekte hayatta, bu etkiler gerçekten önemli olabilmektedir. Tekil-hizmet modelinden elde edilen rebound etkisi gerçekleşen geri-beslemeyi, bu geri-besleme ikame ve gelir etkisinin oluşmasına bağlı olmaktadır, gerçek değerinin altında ya da üstünde tahmin edebilmektedir.

-Bu modelde hizmet s'nin üretimine açık bir şekilde sadece enerjinin girdi olarak katıldığı göz önünde tutulmaktadır. Ancak sermaye malları ve "zaman" gibi diğer girdiler de enerji hizmetleri üretimiyle ilgili olabilmektedir. Bir çok örnekte, girdiler arasındaki olası ikame etkisi aynı zamanda enerji kullanımını etkileyecektir.

Özellikle zaman-tasarrufu sağlayıcı teknolojik ilerlemeler, sıklıkla enerji kullanımı üzerinde geniş etkiler ortaya çıkarmaktadır.

-Bu modelde enerji tasarruf eden aygıtlarda yatırımların tersinebilirliğini, tersine çevrilebilirlik varsayımını ima etmektedir. Hanehalkı, sermaye ve enerji fiyatları değiştiğinde sürekli olarak sermaye stoklarının yeni optimal seviyesine uyumunu sağlamaktadır. Ancak enerji-tasarrufu aygıtlarında yatırımların büyük bir kısmı tersine çevrilememektedir (Binswanger, 2001: 123).

3.2.2. Khazzoom'un Rebound Etkisi Yaklaşımı

Tekil hizmet modeli çerçevesinde rebound etkisinin incelendiği diğer bir yaklaşım Khozzomm (1980)'dir. Khazzoom (1980)'de enerji etkinlik gelişmelerinin enerji kullanımında zorunlu olarak azalmaya neden olacağı görüşü tartışılmaktadır. Enerji etkinlik gelişmeleri enerji hizmetlerinin efektif maliyetlerini düşürmektedir. Azalan maliyetler talebi yükselttiği sürece, enerji etkinliği gelişmeleri enerji kullanımında oransal olarak daha az azalmaya neden olacaktır. Hatta enerji hizmetleri talebi elastikse, enerji etkinliği gelişmeleri, fiili olarak enerji talebini artırabilmektedir.

Khazzoom (1980)'de enerji korumaları ile ilgili tartışmalarda, arabalar ve enerji kullanan evsel cihazlar (evsel uzun ömürlü olanlar) üzerinde odaklanılmakta ve sürdürülen standartlarla öngörülen enerji tasarrufları tahminlerinin mekaniksel olarak elde edilmekte olduğu vurgulanmaktadır. Örneğin sürdürülen standartlar aygıtların etkinliğini %1 yükseltirse, talebin %1 düşeceği tahmin edilmektedir. Ya da sürdürülen standartlar aygıt etkinliğini %2 yükseltirse, talebin %2 oranında düşeceği tahmin edilmektedir (Khazzoom, 1980: 21). Ancak Khazzoom (1980)'e göre bu hesaplamalar aygıt etkinliği değişmelerindeki fiyat içeriklerini gözden kaçırmaktadır. Örneğin tüketici eskiye göre iki kat etkin yeni bir ocak (soba) aldığı zaman, tüketici için yakıtın “efektif fiyatı” 1/2 düşmektedir ve ocak (soba) her bir saat çalıştırılmasının tüketiciye maliyeti eskiye göre yaklaşık yarıya gelmektedir. Bundan dolayı alan ısıtmasının talep fiyat esnekliği sıfır olmadığı sürece, etkinlik gelişmelerinin alan ısıtması enerji talebi üzerinde yukarı doğru bir baskı

uygulamasını bekleyebiliriz. Benzer şekilde tüketici 30 mpg (mil başına galon) tüketen araba yerine, 10mpg tüketen araba satın aldığıında mil başına yakıt fiyatı eski kullandığının üçte birine düşecektir. Bu durumda sürücü arabayı eskiye göre daha dikkatsiz kullanabilecek, ya da otobüs taşımacılığını daha az tercih edecek ya da arabasını başkaları ile paylaşımını durdurabilecektir (Khazzoom, 1980: 22).

Bu örneklerde ve diğer örneklerde görüldüğü gibi, enerji etkinliği yükselmeleri kaynaklı enerji fiyatlarındaki düşmelerin, enerji talebinde yukarı doğru bir baskıya neden olmasını bekleyebiliriz. Bu baskı, aygıt etkinliği gelişmelerinin sonucu olan enerji tasarruflarını kısmi olarak dengeleyecektir ya da dengelemeden daha fazla etkiye sahip olacaktır. Buna karşılık, enerji tasarruflarını hesaplamada kullanılan cari metodlar, ocak etkinliğindeki iki kat yükselmenin alan ısıtmasındaki enerji talebini orjinal seviyesinin yarısına düşüreceğini ya da araba mpg etkinliğindeki üç kat yükselmenin yakıt talebini orjinal seviyesinin üçte birine düşüreceğini tahmin etmektedir. Bu hesaplamalar üstü kapalı olarak, aygıt etkinliği ile ilgili olarak aygıt etkinliğinden kaynaklanan enerji talep esnekliğinin -1 olduğunu varsaymakta ve enerji fiyatları ile ilgili enerji talep esnekliğinin sıfır olduğunu ima etmektedir. Khazzoom (1980)'e göre bu tahminler aygıt etkinliği gelişmeleri kaynaklı enerji tasarruflarının boyutunu abartılı olarak tahmin etmektedir (Khazzoom, 1980: 22). Diğer önemli bir durum, hızlandırılan etkinlik gelişmeleri programlarında “backfire” varlığının oluşabilmesidir. Etkinlik gelişmelerini hızlandıran gelişigüzel bir program, bazı temel nihai kullanım örneklerinde, bu programların olmadığı duruma göre enerji tüketiminde daha büyük net yükselişlere neden olabilmektedir (Khazzoom, 1980: 23).

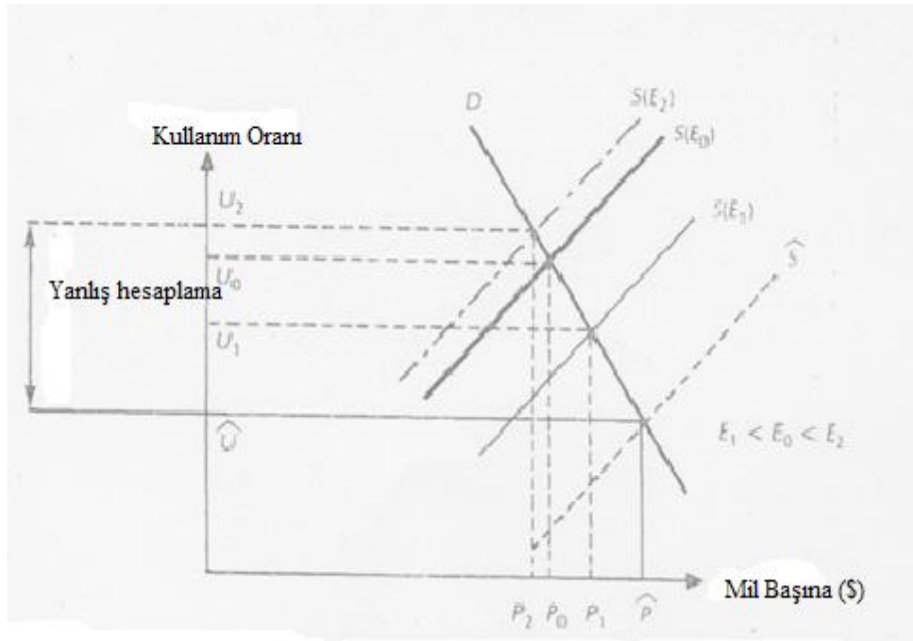
Khazzomm (1980)'de cihazların etkinlik gelişmelerinin ekonomik etkileri şu şekilde açıklanmış ve özellikle ilk iki etki üzerinde odaklanılmıştır (Khazzoom, 1980: 24):

1. Cihazların kullanım oranı yükselme eğilimi gösterecektir.
2. Bu cihazların stokları yükselme eğilimi gösterecektir. Bu miktar, önceki hizmetler seviyesini aynı seviyede sağlamak için gerekli olan, stoklardaki

azalmayı dengeleyebilecek ya da dengelemeden daha fazla miktarda olacaktır.

3. Kullanım oranı, diğer cihazların mülkiyeti ile birlikte yükselme eğilimi gösterecektir (nihai-kullanımın birbirine bağıllığı nedeniyle).

Şekil 3-1: Enerji Etkinliği ve Araba Yakıt Talebi Kullanım Oranı Arasındaki İlişki



Kaynak: Khazzoom, 1980: 24.

Süregelen standartların kullanım oranı üzerindeki etkisi yukarıdaki şekilde açıklanmaya çalışılmıştır. Şekilde araba örneği kullanılmıştır. Yakıtın talep ve arzı, yakıtın mil başına fiyatının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Arz eğrisi boyunca araba etkinliği sabit olarak kabul edilmektedir. Böylece etkinlik değiştiği zaman arz eğrisinin tümü kayacaktır.

S(E₀), araba etkinliğinin E₀ olarak varsayıldığı arz eğrisini göstermektedir. Talep eğrisi (sabit araba donanımında kullanım oranını ifade etmektedir) boyunca, hem araba etkinliği hem de galon başına yakıt fiyatı ya da her ikisi de değişebilmektedir. Bundan dolayı arz eğrisinin aksine, talep eğrisi araba etkinliği değiştiği zaman kaymamakta, talep eğrisi boyunca hareket edilmektedir. Örneğin

etkinliğin E_0 'dan E_1 'e düştüğü durumu göz önüne alalım. Bu durumda arz eğrisi $S(E_0)$ 'dan $S(E_1)$ 'e kaymaktadır. Yeni denge kullanım oranı U_1 'dir ve U_0 'dan daha küçüktür. Yeni denge durumunda mil başına fiyatlar eskiye göre daha yüksektir, $P_1 > P_0$. Çünkü daha düşük etkin arabalar mil başına daha fazla gaz kullanmaktadır ve böylece mil başına sürüş fiyatı yükselmektedir. Aynı zamanda, mil başına fiyatlar yükseldiği için kullanım oranı ile ölçülen talep daha düşüktür ($U_1 < U_2$).

Etkinliğin E_2 olarak geliştiği durumda ise, etkinliğin E_1 'e düştüğü durumun tam tersi gerçekleşmektedir. Arz eğrisi sola kaymaktadır. Arz eğrisinin kayma büyüklüğü, E_0 ile karşılaştırıldığında E_2 'nin düzeyine bağlı olmaktadır. Şekilde $E_2 > E_0$ durumu ele alınmıştır. Etkinlik gelişmeleri mil başına fiyatları düşürmekte ve bu sırayla U_1 kullanım düzeyinden daha yüksek olan bir kullanım düzeyine neden olmaktadır. Eğer daha yüksek etkinlik standartları etkilerinin elde edilebilir tahminleri aynı analitik şemaya ilave edilirse, bu durum etkinlik geliştiğinde, arz fonksiyonunun sola kaymasından ziyade sağa doğru kayacağını ve \hat{S} eğrisi şeklinde olacağını belirtmektedir (Khazzoom, 1980: 25). Arz fonksiyonu, her iki durumda da etkinlik düştüğünde de geliştiğinde de sağa kaymaktadır. Net etki, kullanım oranında \hat{U} 'ya düşüş şeklinde tahmin edilmektedir, ancak gerçekte tahminlerin U_2 'ye bir yükseliş şeklinde olması gerekmektedir. Yanlış hesaplanan bu fark, $U_2 - \hat{U}$ arasındaki fark ile yansıtılmaktadır. Bu yanlış hesaplama “yanlış hesaplama” olarak adlandırılmıştır ve elektrik kullanımında “çifte hesaplama” olarak gösterilmiştir (Khazzoom, 1980: 26).

Khazzoom (1980)'de aynı zamanda etkinlik gelişmelerinin cihaz sahipliği üzerindeki etkisi ele alınmıştır. Örneğin dondurucu ya da buzdolabı gibi örneklerde etkinlikte %20 oranındaki yükseliş, aynı düzeyde hizmeti sürdürmek için gerekli olan yatırımları %20 oranından daha az oranda düşürecektir. Bu azalmanın boyutu ise enerji fiyatları ile ilgili aygıtların yatırım esnekliği ile ilgili olmaktadır (Khazoom, 1980. 31).

Khazoom (1980)'de etkinlik gelişmelerinin kullanım oranı ve aygıt sahipliği üzerindeki etkisi birleştirilerek incelenmiştir. Böyle bir durumda etkinliği gelişen

cihazlar tarafından herhangi bir zamandaki enerji nihai-kullanım talebi, kullanım oranı ve aygıtların stokları çarpımına eşittir (Khazzomm, 1980: 31).

$$D_t = U_t \cdot S_t \quad (3.7)$$

Burada D_t , herhangi bir t zamanında etkinliği gelişen aygıtın enerji talebini, U_t kullanım oranını, S_t etkinliği gelişen aygıtın stoklarına brüt ilaveleri göstermektedir. 3.7 nolu ifade çarpımsal özellik gösterdiğinden nihai-kullanım için enerji talebi U_t ve S_t 'nin esneklikleri toplamına eşittir (Khazzomm, 1980: 31).

Khazzoom ve Miller (1982)'de Khazzoom makalesinin temel sonuçları şu şekilde özetlenmiştir (Khazzoom ve Miller, 1982: 118):

- 1) Araç-gereç etkinliğindeki süregelen bir yükseliş iki farklı etkiye sahiptir:
 - a) araç-gereç etkinliğindeki süregelen yükseliş, mevcut enerji hizmetlerinin değişmeden sürdürülmesi için gerekli araç-gereç stokunu oransal olarak azaltmaktadır. Bu mühendislik etkisidir. b) araç-gereç etkinliğindeki süregelen bir yükseliş, mevcut hizmetler seviyesinin değişmeden sürdürülmesinin ötesinde, araç-gereçlerin daha geniş stoklara sahipliği ile birlikte kullanım oranının yükselişini cesaretlendirmektedir. Bu ise ekonomik etkidir. Ekonomik etkinin oluşmasının nedeni araç-gereç etkinliğinin, etkinliği yükselen araç-gereçlerde, kullanılan yakıtın efektif yakıt fiyatını düşürmesidir.
- 2) Gelişen araç-gereç etkinliğinin hanehalkı enerji talebi üzerine etkisi negatif olabileceği gibi pozitif de olabilir. Bu durum ekonomik etkinin mühendislik etkisi ile karşılaştırıldığındaki göreceli gücüne bağlı olmaktadır. Hanehalkı enerji talebi üzerine süregelen etkinlik standartlarının etkisinin mümkün tahminleri genellikle her zaman azaltıcı yönde olan mühendislik etkisini dikkate alırken, artırıcı yönde olan ekonomik etkiyi hesaba katmamaktadır. Bu nedenle enerji korumaları üzerindeki süregelen etkinlik standartlarının etkilerini abartma eğiliminde olmaktadır.

- 3) Bazı nihai kullanımlarda ekonomi etkisi için kullanım oranı üzerine yoğunlaşma beklenebilirken, diğerleri için araç-gereçlerin stokları üzerine konsantre olmak uygundur. Stok ve kullanım oranı üzerindeki bu etkiler, kullanım oranı esnekliği ile değerlendirilebileceği gibi enerji fiyatları ile ilgili araç-gereç stok esnekliği ile de değerlendirilebilir.
- 4) Enerji talebi fiyat esnekliğiyle ilgili mümkün kanıtlar göstermektedir ki, en azından bazı nihai kullanım alanları için (alan ısıtma ve merkezi havalandırma-klima) süregelen etkinlik standartları etkisi, etkinlik gelişmelerinin olmadığı bir duruma göre, enerji talebinde net bir yükseliş olmasına uygundur. Bu nihai kullanım alanları için enerji korumaları, araç-gereç etkinlik gelişmelerini hızlandıran politikalara hizmet etmeyecektir.
- 5) Ekonomik analizlerle birlikte mümkün ampirik sonuçlar, politika yapıcılarına farkı gözetmeyen süregelen standartlarda baskı yapmamalarını, seçilmiş süregelen standartlar ve fiyat mekanizmalarına dayanan politika karışımlarını uygulamayı önermektedir.

Khazzoom-Brookes hipotezi temel olarak, enerji etkinliği gelişmelerinin, diğer herşey aynı iken, enerji etkinliğinin değişmediği bir durumdaki seviyesine göre, enerji kullanımında net artışa neden olacağını belirtmektedir.

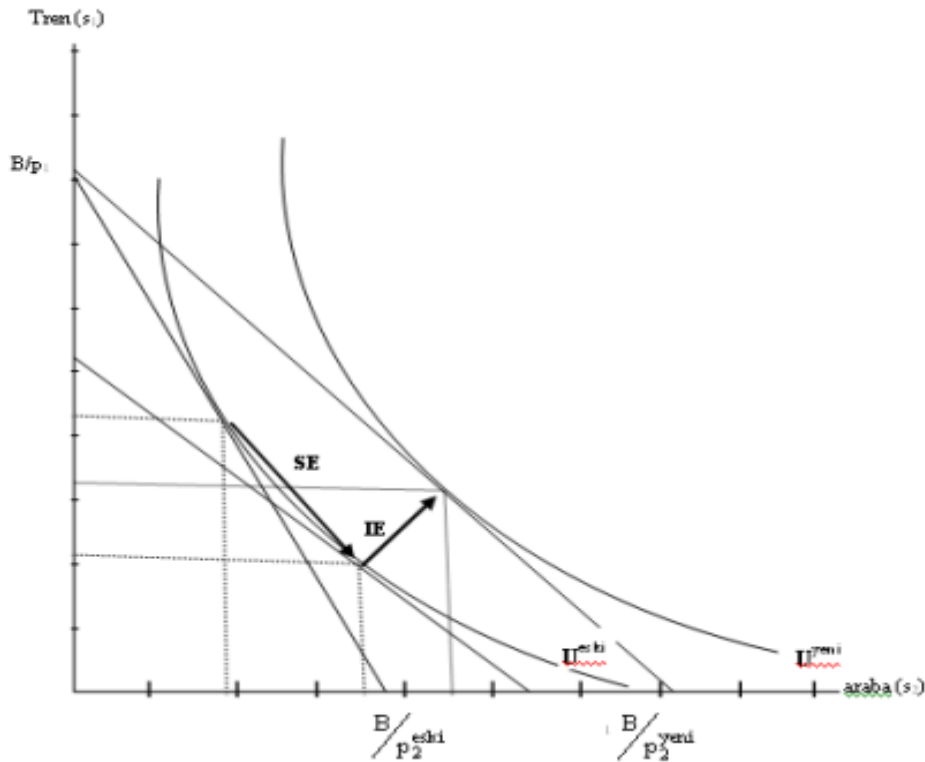
3.2.3. Neoklasik Görüş Çerçevesinde Çoklu Hizmetler Modeli İçin Rebound Etkisi

Çoklu-hizmetler modelinde, enerji etkinliği yükselişlerinin enerji tüketimi üzerindeki toplu etkisi, farklı hizmetler arasındaki ikame esnekliğine ve gelir etkisinin yönüne bağlı olmaktadır. Bu durum iki hizmetli model için şekil yardımı ile açıklanabilir (Binswanger, 2001: 125). İlk olarak yüksek ikame gösteren iki hizmet daha sonra düşük ikame gösteren iki hizmet durumu göz önüne alınmıştır. Çoklu-hizmet modelinde tekil-hizmet modelinin aksine, hanehalkı bütçe kısıtı dikkate alınmaktadır. Bu modelde tipik olarak hanehalkının faydası $u(S_1, S_2)$ olmak üzere iki hizmete S_1 ve S_2 'ye dayandığı varsayılmaktadır. Tüketici $B = P_1 S_1 + P_2 S_2$ bütçe kısıtı

ile karşı karşıyadır. Burada P_1 ve P_2 iki hizmetin fiyatını yansıtmaktadır (Binswanger, 2001: 125).

İlk durumda, yüksek ikamenin olduğu durum, B'nin hanehalkının sabit seyahat bütçesi olduğu varsayılmaktadır. Bu bütçe, trenle (S_1) seyahatte kullanabileceği gibi arabayla seyahatte (S_2) de kullanılabilir. Ve trenle kişi başına 1 km seyahatte, kişi başına 1 km arabayla seyahattan daha az enerji gerekmektedir. Modeli basitleştirmek için, yakıt etkinliğindeki yükselişlerin dışsal olduğu ve bu etkinlik yükselişlerinin araba ile bir mil seyahatte daha az yakıt kullanmaya izin verdiği ancak trenle seyahattan hala daha az etkin olduğu kabul edilmektedir (Binswanger, 2001: 125).

Şekil 3-2: Yakın İkame İki Mal Durumunda Enerji Etkinliği Gelişimi



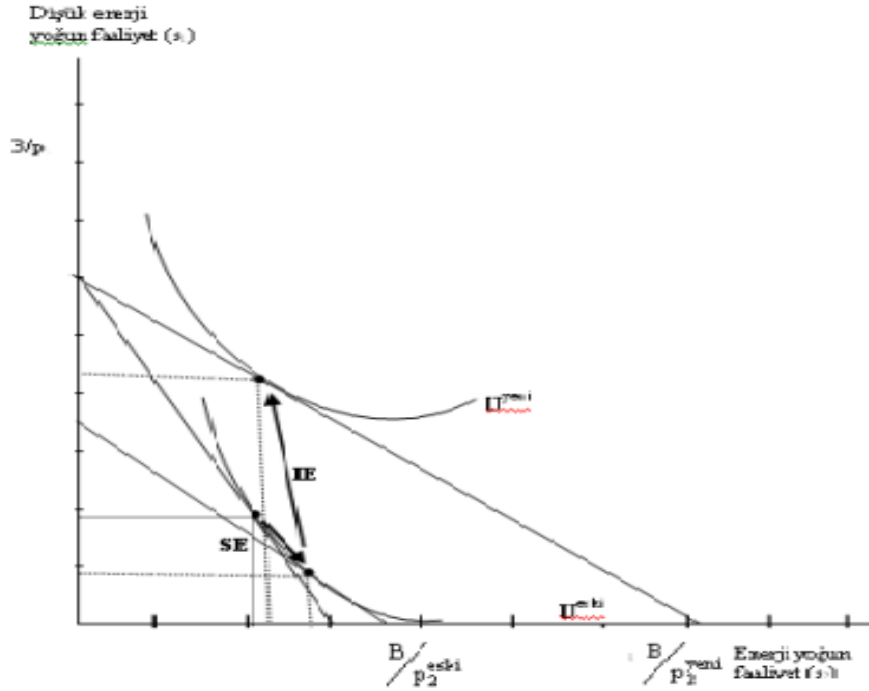
Kaynak: Binswanger, 2001: 125.

Toplam yakıt kullanımındaki değişim gelir ve ikame etkilerinin boyutuna bağlı olmaktadır. Tekil-hizmet modelinde yakıt etkinliğindeki yükselme, hizmetleri daha

ucuz hale getirmekte ve hizmete yönelik talebin yükselmesine neden olmaktadır. Çoklu-hizmet modelinde ise, arabayla seyahat daha ucuz hale gelmekte arabayla seyahat kısmi olarak trenle seyahat ile ikame edilecektir. Bu ikame etkisidir ve bu etkinin büyük olduğu kabul edilmektedir. Çünkü hanehalkı kolay bir şekilde arabayla seyahati trenle seyahat ile ikame edebilmektedir. Bu modelde aynı zamanda ikame etkisine ilaveten gelir etkisi de oluşmaktadır. Gelir etkisi tekil-hizmetler modelinde dikkate alınmamaktadır. Gelir etkisi, araba ile yolcu km seyahatinde yükselişe neden olacaktır. Çünkü aynı seyahat bütçesi B , şimdi önceki duruma göre daha fazla km seyahatine izin vermektedir. Hem gelir hem de ikame etkisi birlikte bu örnekte yakıt talebinde yükselmeye neden olmaktadır ve toplam “rebound etkisi, tekil-hizmet modelinde öne sürülenden daha büyük olmaktadır.

İkinci örnek, enerji etkinliği yükselmesinin dışsal olarak verildiği iki hizmet arasında düşük ikamenin göz önüne alındığı durumu açıklamaktadır. Bu örnekte B 'nin hanehalkının boş zaman bütçesini gösterdiği kabul edilmiştir. Burada B , araba kullanmadan yapılabilen boş zaman faaliyetlerini (S_1) ve araba seyahatlerinin dahil olduğu boş zaman faaliyetlerini (S_2) açıklamaktadır. Sonuç olarak S_1 , S_2 'ye göre daha az enerji gerektirmektedir. Eğer iki hizmetin ikamesi düşükse, o zaman ikame etkisi dikkate alınmayacak düzeyde olmaktadır. Bu varsayım, eğer yakıt etkinliğindeki yükselme sonucu oluşan düşük fiyatlar, hanehalkını daha fazla taşımacılık yoğun boş faaliyetlere kaydırmayacaksa geçerli olacaktır. Enerji etkinliği yükselmesinin, toplam enerji kullanımı üzerindeki toplam etkisi, göz önüne alınan hizmetlere, bu hizmetler arasındaki ikame edilebilirlik varsayımına ve gelir etkisinin yönüne bağlı olmaktadır. Sonuç olarak enerji kullanımında geri besleme şekil 3.2 deki gibi büyük olabilmekte ya da şekil 3.3 deki gibi küçük olabilmektedir. Bu durum modele dahil edilen hizmetlere bağlı olmaktadır. Genellikle, eğer hanehalkı ilave geliri enerji yoğunluğu düşük hizmetlere harcarsa geri besleme etkisi küçük hatta negatif olacaktır (Binswanger, 2001: 125-126).

Şekil 3-3: Düşük İkame İki Mal Durumunda Enerji Etkinliği Gelişimi



Kaynak: Binswanger, 2001: 126.

3.3. Makro Seviyede Geri Tepme Etkisi

Enerji etkinliği yükselmelerinin ulusal enerji tüketimini yükselteceği yönündeki iddia ilk kez olarak Brookes (1979)'da ortaya atılmıştır. Bunu 1980'lerin başında benzer bir eleştiri ile Khazzoom (1980) takip etmiştir. Bu eleştiriye Brookes ve Khazzoom'dan dolayı Harry Saunders tarafından 1992 yılında Khazzoom-Brookes Postulası (KB) ismi verilmiştir. KB postulası (bazen Jevon's paradoksu olarak da adlandırılmaktadır), mikro düzeyde ekonomik olarak tatmin edici enerji etkinliği gelişmelerinin, makro düzeyde bu gelişmelerin olmadığı duruma göre daha yüksek enerji tüketimine neden olacağı şeklinde ifade edilmektedir (Herring, 2008). Diğer bir fadeyle Khazzoom-Brookes postulası (Khazzoom 1980; Brookes 1990; Saunders 1992, 2000) makro düzeydeki rebound etkisi için, enerji etkinliği

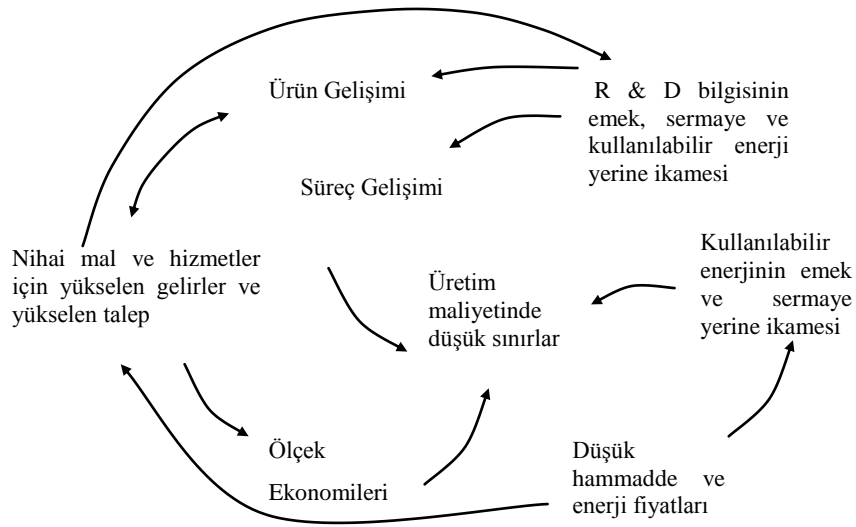
önlemlerinden kaynaklanan toplam enerji tasarruflarının, enerji talebindeki ilgili yükselişler ile dengelenebileceği açıklamasını yapmaktadır. Eğer enerji etkinliği önlemleri, daha fazla enerjinin tüketilmesine neden olursa, bu rebound etkisi “backfire” etkisi olarak adlandırılmaktadır (Saunders, 2000a: 440).

Khazzoom (1980)’de, bu duruma nihai kullanım mallarının talebinin birbirine bağımlılığı konusu ile değinilmiştir. Bir aygıtın etkinliğindeki gelişme sadece kendi nihai kullanım talebini etkilememektedir, aynı zamanda diğer nihai kullanımların talebini de etkilemektedir. Çünkü nihai kullanımlar aynı toplam bütçe üzerinde rekabet etmektedir ve herhangi bir nihai kullanım için elektrik talebi, sadece o nihai kullanım aygıtı etkinliğine değil tüm aygıt etkinliğine bağlı olmaktadır. Örneğin alan ısıtması etkinliğindeki gelişmeler, insanı diğer nihai kullanım talebinde daha serbest hale getirebilmekte ve daha önce hanehalkının ilgilenmediği ilave yeni kullanımların genişlemesini harekete geçirebilmektedir. Bundan dolayı, nihai kullanımın kendi fiyat esnekliğinin 1’i aşması zayıf bir durum olsa bile, diğer nihai kullanımlardaki artış nedeniyle bu durum etkinlikle ilgili enerji talep esnekliğinin pozitif olmasına neden olabilmektedir. Khazzoom (1980)’e göre politikacılar, süregelen enerji etkinliği standartlarını seçici bir şekilde kullanan ve fiyat mekanizmasına da ağırlık veren optimal bir politika bileşimine öncelik vermelidir (Khazzoom, 1980: 35).

Rebound etkisi kavramı; teknolojik ilerleme, etkinlik ve büyüme ilişkisi çerçevesinde ele alınabilmektedir. Faydalı iş çıktıları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi şu şekilde özetlememiz mümkündür. Teknolojik ilerleme, ham kullanılabilir enerjiden (örneğin yakıt) faydalı işlere doğru dönüşüm işlemini daha etkin hale getirerek, faydalı işlerin maliyetinin düşmesini sağlamaktadır. Maliyetler düşüncü rekabetçi piyasalarda fiyatlar da düşmektedir. Faydalı işlerin fiyatlarının düşmesi, faydalı işlerin girdi olarak gereksinim duyulduğu (güç, elektrik gücü ya da ısı gibi) işlerin, doğrudan hizmetlerin (ısı gibi) ya da diğer mal ve hizmetlerin talebinde yükseliş meydana getirmektedir. Bu eğilim talep fiyat esnekliği olarak ölçülmektedir. İş ve/veya şekillendirilmiş kullanılabilir enerji, çıkarımdan mal ve nihai hizmetlerin tamamlanmasına kadar ekonomik sistemin tüm aşamalarında gerekmektedir. Artan talep, daha fazla yatırımı ve daha büyük ölçek ekonomileri ile

birlikte daha büyük üretim birimlerini gerektirmekte ve yaparak öğrenmeyi (deneyimlerin yükselmesi ile birlikte) teşvik etmektedir. Bu üretim maliyetlerini ve ürün fiyatlarını düşürmekte ve böylece ilavaten enerji talebi yükseltmektedir (Ayres ve Warr, 2009: 119)

Şekil 3-4: Enerji Etkinliği ve Ekonomik Büyüme



Kaynak: Ayres ve Warr, 2009: 119.

Yukarıdaki şekilde enerji etkinliği ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki verilmiştir. İktisatçılar genellikle, yatırımlar büyüme sürükler varsayımı ile ima edilen nedenselliği tersine çevirerek bu ilişkiyi basitleştirmektedir. Bu yol her arz kendi talebini yaratır ifadesinin başka bir ifade tarzıdır. Gerçek hayatta ise arz ve talep birbirini sürmektedir. Büyüme motoru pozitif geri besleme döngüsünü şu şekilde etkilemektedir: dönüşüm etkinliğindeki yükselme büyümeyi fiyat düşüşleri aracılığıyla sürüklemekte ve büyüme kendini daha fazla büyüme şeklinde sürmektedir. Bu döngüye tüm ürünler için başvurulmaktadır ancak toplam faydalı işler en önemli ilişkiyi kapsamaktadır. Çünkü faydalı işlerin fiyatları düştüğünde, faydalı işlerin talebi hızlı bir şekilde büyümektedir. Bu döngüye göre, faydalı işler talebinin yükselmesi ekonomik büyümeyi sürmektedir, aynı zamanda faydalı işler maliyetindeki bir yükselme ya da arzda ki bir düşme “büyüme motorunu” tersine çevirebilmektedir. Bu ise daha fazla işsizlik ve düşük ücretlerle sonuçlanabilmektedir

(Ayres ve Warr, 2009: 127). Yukarıda ifade edilen ekonomik büyüme motoru, Jevons (1865), Brookes (1990) ve Saunders (1992) tarafından açıklanan ekonomi-genelinde rebound etkisine eşittir.

Brookes (1990), Saunders (1992), Inhaber ve Saunders (1994)'te enerji etkinliğindeki maliyet etkin gelişmelerin uzun dönemde, teknolojinin sabit olduğu bir dünyaya göre enerji kullanımını daha hızlı yükseltebileceği tartışılmaktadır. Çünkü etkinlik gelişmeleri teknolojik değişimin bir parçası olarak hem enerji hizmetlerinin efektif maliyetlerini düşürmekte hem de ekonomik faaliyetleri teşvik etmekte, enerji verimliliğindeki gelişmeler sonucu enerji talebini yükseltebilmektedir.

3.3.1. Brookes'un Rebound Etkisi Yaklaşımı

Brookes (1990)'da, uzun dönemde enerji etkinliğinin ekonomik büyüme üzerinde etkisi dikkate alınarak Khazzoom'un modeli genişletilmiştir. Brookes' un temel bakış açısı, maliyet etkili enerji etkinlik gelişmeleri teknolojik sürecin bir formu olarak, verimliliği geliştirmekte, sermaye yatırımlarını desteklemekte ve ekonomik büyümeyi artırmaktadır. Enerji hizmetleri talebi, tüketici gelirleri ve enerji girdi gereksinimi tarafından belirlendiğinde, yükselen büyüme, enerji talebinin yükselmesine neden olmaktadır. Eğer bu büyüme yeterli büyüklükte ise , enerji etkinliği gelişmeleri enerji kullanımında yükselişe neden olmaktadır (Howart, 1997: 2).

Brookes (1990)'da, enerji etkinliği ve enerji etkinliğinin ekonomik rolü arasındaki ilişki incelenirken, enerjiyi daha etkin kullanmanın kesin olarak enerji talebini azaltacağı yönünde kanıtların olmadığı belirtilmektedir. Bu durumu açıklamak için ise şu örnek verilmektedir: “faydalı ısı ya da mekaniksel enerji yakıt koruma etkinlikleri son 100 yıl içerisinde önemli ölçüde geliştirilmiştir. 1920'lerde İngiltere'de güç istasyon termal etkinlikleri %10'dan düşüktür ve günümüzde bu oran yaklaşık %40'tır. Ancak günümüzde hem toplam olarak hem de sermaye başına önceki duruma göre daha fazla enerji tüketilmektedir”. Bu durumun açıklanmasındaki en temel argüman bir malın daha etkin kullanılmasının bu malın

zımnı fiyatını düşürmesi ve bu çerçevede malın talebine olan etkileridir. Brookes (1990)'da daha fazla enerji etkinliğinin beşinci bir yakıt olarak yansıtılması ve yeni enerji arzı olarak tercih edilmesi, bir yanılığ olarak ifade edilmektedir. Bu yanılığın enerji etkinliğinin sera gazı sorununa çözüm gibi algılanmasında da görüldüğü belirtilmektedir. Bu durum birbiri ile ilişkili iki yanılığdan kaynaklanmaktadır. İlk yanılığ enerjinin bireysel uygulamalardaki seviyesinin otomatik olarak makro-ekonomik seviyede de doğru olacağına inanmaktır. İkinci yanılığ ise, enerjinin zımnı fiyatları düşerken, ekonomide enerji-bağımlı faaliyetlerin miktarının ve şeklinin katı bir şekilde sabit kalacağına inanmaktır (Brookes, 1990: 199).

3.3.2. Saunders'ın Rebound Etkisi Yaklaşımı

Inhaber ve Saunders (1994)'de “Khazzoom-Brookes Postulası”nın temelinde yatan sezgiler, çok iyi bilinen tarihsel bir örnek göz önüne alınarak incelenmektedir. Sanayi Devrimi'nin öncesinde enerji kullanımında odun ve diğer yenilenebilir kaynaklar baskındı; fosil yakıtlar, bu yakıtları kullanmak için etkin teknolojilerin olmadığı bir durumda, ekonomik olarak önemsizdi. Ancak yeniliklerin kademeli olarak artmasından sonra kömür yakıtlı buhar makinelerinin ısı etkinliği önemli bir şekilde yükseldi ve çelik üretimi enerji gereksinimini azalttı. Bu etkinlik gelişmeleri kömürün kullanım efektif maliyetini düşürdü ve üretim yönteminde ve ekonominin yapısında geniş kapsamlı değişimlere neden oldu. Bu değişimlerin sonucu olarak kömür kullanımı 19. yy'nin sonunda patlayıcı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir.

Saunders'a göre mikro seviyedeki enerji etkinliği gelişmeleri bu tür gelişmelerin olmadığı duruma göre makro düzeyde daha yüksek enerji tüketimine neden olmaktadır (Herring, 1998: 1). Khazzoom-Brookes Postulası “reel enerji fiyatlarının sabit varsayıldığı bir durumda, enerji etkinliği kazançlarının enerji tüketimini, bu kazançların olmadığı durumdakinin üzerinde yükselteceğini” ileri sürmektedir. Saunders (1992)'de Khazzoom-Brooke Postulası neoklasik büyüme modeli kapsamında etkinlik kazançların dahil edildiği durumda incelenmiştir. Saunders (1992)'ye göre Khazzoom'un rebound etkisi ile ilgili açıklaması fiyat esnekliği koşullarının dahil edildiği daha sınırlayıcı bir açıklamadır. Büyüme

modelinde etkinlik kazançları, teknik ilerleme trendi olarak tanımlanmaktadır. Teknik ilerleme üretim fonksiyonuna bir takım yollarla girebilmektedir. Üç faktörlü bir üretim fonksiyonunda (sermaye K; emek L; enerji E; reel ekonomik çıktıyı Y, üretmektedir) teknik ilerleme sermaye-artırıcı (capital augmenting), emek-artırıcı (labor-augmenting), enerji-artırıcı (energy-augmenting) ya da nötr olabilir (Saunders, 1992: 135).

Matematiksel olarak bu şekilde ifade edilmektedir;

$$Y = \tau_N F(\tau_K K, \tau_L L, \tau_E E) \quad (3.8)$$

$\tau_N = e^{\lambda_N t}$ = nötr teknik gelişme

$\tau_K = e^{\lambda_K t}$ = sermaye-artırıcı teknik ilerleme

$\tau_L = e^{\lambda_L t}$ = emek-artırıcı teknik ilerleme

$\tau_E = e^{\lambda_E t}$ = enerji-artırıcı teknik ilerleme

Enerji etkinliğini geliştiren teknolojiler, genelde tüm bu teknik ilerleme biçimlerinin kompleks bileşimden oluşacaktır. Enerji-artırıcı teknik ilerleme “saf enerji etkinliği kazançları” şeklinde adlandırılabilir. Khazzoom- Brookes postulasında büyüme teorisi temelleri için üretim fonksiyonuna yönelik varsayımlar gerekmektedir. Bunun için Cobb-Douglas üretim fonksiyonu ve Bütünleşmiş CES üretim fonksiyonu kullanılmıştır (Saunders, 1992: 135-136).

3.3.2.1. Cobb-Douglas Üretim Fonksiyonu

Analizlerde en sıklıkla kullanılan üretim fonksiyonu Cobb-Douglas üretim fonksiyonudur. Saunders (1992)’de Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun kullanıldığı örnek için, enerji fiyatlarının sabit olduğu bir durumda, teknik ilerlemenin tüm biçimleri için şu sonuçlar elde edilmiştir:

a) Enerji (E), sermaye (K) ve reel çıktı (Y) aynı oranda büyümektedir ve büyüme oranları emeğin büyüme oranından (L)’den daha fazladır.

b) E/Y oranı dengelenmektedir ve enerji yoğunluğu sabit kalmaktadır.

c) Sermayenin reel getirisi, reel enerji fiyatları gibi sabit hale gelmektedir ancak reel ücretler yükselmektedir.

d) İşçi başına reel tüketim büyümektedir.

e) Enerji tüketimi teknik gelişmenin olmadığı durumdan daha hızlı ve daha fazla büyümektedir

f) Reel çıktı (Y) teknik gelişmenin olmadığından daha hızlı büyümektedir.

Böylece, enerji etkinliği kazançlarının da dahil olduğu etkinlik kazançları, enerji tüketimini yükseltmektedir (Saunders, 1992: 136).

Tüm teknik ilerleme biçimleri işçi başına tüketimi yükseltmektedir: emeğin getirisi, teknolojik ilerlemenin emeği görel olarak kıt hale getirmesi ve diğer faktörlerin kullanımının yükselmesi aracılığıyla yükselmektedir. Böylece tüm teknik ilerleme biçimlerinin, enerji kullanımını daha etkili hale getirmesi ile ekonomik refahı yükselttiği söylenebilir. Ancak bunlar aynı zamanda daha fazla enerji gerektirmektedir. Tüm teknik ilerleme biçimleri enerji tüketiminin mutlak seviyesini yükseltmektedir. Burada Khazzoom-Brookes postulası ile ilgili olarak dikkat çeken nokta ise, enerji-artırıcı teknik gelişmenin (saf enerji etkinlik kazançlarının), tek başına enerji kullanımını yükseltmesidir. Teknik ilerlemenin daha az girdi kullanımı ile çıktı üretilmesine imkan sağlamasının bu girdilerin kullanımı yükseltebileceği şaşırtıcı olarak gözükülebilmektedir. Ancak enerji örneğini değerlendirdiğimizde enerji kullanımı iki nedenden dolayı hızlı büyümektedir: 1) enerji efektif olarak ucuz hale gelmekte ve böylece emekle ikame edilmektedir 2) teknik ilerleme kaynaklı yükselen ekonomik büyüme enerji kullanımını yukarı doğru çekmektedir. Saunders (1992)' de, bu nedenle eğer Cobb-Douglas üretim fonksiyonunun geçerliliği kabul ediliyorsa, büyüme teorisinin Khazzoom-Brookes postulasını kabul etmesi gerektiği belirtilmektedir (Saunders, 1992: 138).

3.3.2.2. Bütünleştirilmiş CES Üretim Fonksiyonu

Bütünleştirilmiş-iç içe geçmiş CES fonksiyonu, üç faktör için Cobb-Douglas fonksiyonu ile iç içe geçmiş durumdadır. Bu üretim fonksiyonunu şu şekilde gösterebiliriz (Saunders, 1992: 139):

$$Y = \tau_N \{ a [(\tau_K K)^\beta (\tau_L L)^{1-\beta}]^\rho + b (\tau_E E)^\rho \}^{1/\rho} \quad (3.9)$$

$\tau_N = e^{\lambda_N t}$ = nötr teknik gelişme

$\tau_K = e^{\lambda_K t}$ = sermaye-artırıcı tekniksel ilerleme

$\tau_L = e^{\lambda_L t}$ = emek-artırıcı tekniksel ilerleme

$\tau_E = e^{\lambda_E t}$ = enerji-artırıcı tekniksel ilerleme

$\rho = \sigma - 1/\sigma$ σ enerji ikame esnekliğini göstermektedir.

Saunders (1992)'de CES fonksiyonunda, Cobb-Douglas örneğinde olduğu gibi sermaye ve emek etkinlik kazançları (sermaye artırıcı ve emek artırıcı ilerleme) enerji tüketiminde yükselişe neden olmaktadır. Bu üretim fonksiyonunda da enerji tüketimindeki yükselişler; enerjinin daha ucuz görülmesi nedeniyle enerjinin emek yerine ikame edilmesi ve yükselen ekonomik büyümenin enerji tüketimini yukarı çekmesinden oluşan etkilerin bileşiminden kaynaklanmaktadır. Bu durum Khazzom-Brookes Postulası ile tutarlıdır. Nötür etkinlik kazançları ise enerji ikame esnekliğine (σ) bağlı olmaktadır. Eğer enerji ikame esnekliği birden (unity) büyükse nötür etkinlik kazançları, sermaye ve emek etkinlik kazançlarının sebep olduğu gibi, enerji tüketiminde yükselişe neden olmaktadır. Eğer enerji ikame esnekliği birden (unity) daha azsa, nötür etkinlik kazançları enerji yoğunluğunun düşmesine (enerji ekonomik çıktıdan daha yavaş oranda büyümektedir) neden olmaktadır (Saunders, 1992: 139).

Enerji daha etkili kullanımına rağmen, enerjinin toplu kullanımı enerji kazançlarının olmadığı duruma göre daha yüksektir. Bu durum da Khazzom-Brookes postulası ile tutarlıdır. Ancak enerji etkinliği kazançları, Khazzom-Brookes postulası ile tutarlı olmayan durum da gösterebilmektedir. Belirli durumlarda, saf enerji etkinliği kazançlarının tüketim üzerindeki etkisi enerji ikame esnekliği varsayımına bağlı olmaktadır. Bu sonucun gerçekleşmesi için, enerji fiyat esnekliğinin birden büyük olması gerekliliğini açıklamasına ekleyen Khazzomun, Khazzom-Brookes postulası ile tutarlıdır. Fiyat esnekliği ve ikame esnekliği aynı

şeyler olmamakla birlikte, yakından ilişkilidir. Eğer enerji fiyat esnekliği bir birimden büyük olursa, Khazzoom-Brookes postulası hem bütünleştirilmiş CES hem de neoklasik büyüme modeli tarafından geçerli olmaktadır. Buradan elde edilen önemli bir sonuç yüksek ikame esnekliğinin, enerji etkinliği kazançları kaynaklı enerji tüketiminde patlamaya neden olmasıdır. Bu ise global ısınma sorunlarını yükselmesi anlamına gelmektedir (Saunders, 1992: 140-141).

Khazzoom-Brookes postulası, enerji etkinliğindeki gelişmelerin enerji tüketiminde düşüşe değil yükselmeye neden olabileceğini belirtmektedir. Neoklasik büyüme teorisine başvurularak yapılan Khazzoom-Brookes postulasının incelemesi sonucu Saunders (1992)'de şu sonuçlara ulaşılmıştır (Saunders, 1992: 143-144):

- Etkinlik kazançları yokluğunda, enerji fiyatlarının sabit kabul edildiği varsayımı altında, enerji kullanımı ekonomik büyüme ile birlikte birbirini yakın adımda izleyecek şekilde büyüyecektir.
- Enerji etkinlik kazançlarının enerji tüketimini yükseltmesi iki yolla olabilmektedir: ilki enerjiyi efektif olarak diğer girdilerden daha ucuz hale getirmek ikinci olarak ekonomik büyümenin yükselmesi ile birlikte enerji kullanımının yukarı çekilmesi ile.
- Cobb-Douglas üretim fonksiyonu analizinde, Khazzoom-Brookes postulası ile tutarlı bir şekilde enerji etkinlik kazançları enerji tüketimini yükseltmektedir.
- Cobb-Douglas üretim fonksiyonunda, üretim faktörlerindeki herhangi birindeki etkinlik kazancı da enerji tüketimini yükseltmektedir.
- Daha çok tercih edilen iç içe geçmiş CES üretim fonksiyonu kullanılarak yapılan değerlendirme sonucunda ise, saf enerji etkinlik kazançlarının enerji tüketimini, eğer enerji ikame esnekliği bir birimden büyükse yükselttiği sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte saf enerji etkinlik kazançları, eğer enerji ikame esnekliği bir birimden daha küçükse enerji tüketimini

düşürmektedir. Bu durum Khazzoom tarafından daraltılmış Khazzoom-Brookes postulası ile tutarlıdır.

- Üretim fonksiyonu Cobb-Douglas ya da bütünleştirilmiş CES olup olmadığına bakılmaksızın, sermaye, emek ve nötr etkinlik kazançları enerji tüketimini yükseltmektedir. Bu durum sadece enerji etkinlik kazançlarının değil herhangi bir tekniksel ilerlemenin enerji tüketimini yükseltebileceğini göstermektedir.
- Hogan ve Jorgenson tarafından daha genel üretim fonksiyonu türü kullanılarak geliştirilen ampirik sonuçlara göre, ABD ekonomisi için Khazzoom-Brookes postulasını destekleyecek koşullar mevcuttur.

3.3.2.3. Saunders'ın Rebound Etkisi Yaklaşımı Değerlendirmeleri

Saunders (2000a)'de rebound etkisi yaklaşımı şu şekilde özetlenmiştir: Burada yakıt terimi, fiziksel yakıtı enerji hizmetlerinden ayırmak amacıyla, enerji kavramı yerine kullanılmaktadır (Saunders, 2000a: 439):

1) Rebound kavramı teoriksel olarak güçlü temellere sahiptir, bununla birlikte rebound etkisinin boyutu ve önemi ampiriksel bir sorudur: Neoklasik büyüme teorisi rebound etkisini ortaya koymaktadır ($R > 0$). Ancak bu olgu üretim fonksiyonu hakkındaki tanımlamalar ve parametre değerlerine göre farklılık göstermektedir. Neoklasik büyüme analizlerine dayanan rebound etkisinin iki kaynağı vardır. İlk olarak yakıt etkinliği kazançları, üretimde ihtiyaç duyulan diğer girdilere göre yakıtın görece çekiciliğini yükseltmektedir. Üretim fonksiyonu açısından yakıtın etkinlik kazançları yakıtın marjinal verimliliğini yükseltmektedir ve böylece yakıtın kullanımını teşvik etmektedir. Maliyet fonksiyonu açısından, enerji tüketiminin artması yakıtın maliyetini azaltarak gerçekleşmektedir. İkinci olarak yakıt etkinliği kazançları tüm ekonomik çıktıyı, Y , yükseltmektedir. Ekonomik faaliyetlerin yükselmesi, yakıt kullanımını artırmaktadır. Eş değer olarak yakıt maliyetindeki bir azalma çıktının genel fiyatını düşürmekte, sabit bir ekonomi geneli harcama seviyesinde çıktıyı yükseltmekte ve böylece yakıt kullanımını artırmaktadır. Bu

etkinin gerçek olmadığı şüphelerine yönelik teorik bir sebep yoktur. Ampirik olarak, R'nin boyutu, ekonominin performansı tarafından belirlenmektedir (Saunders, 2000a: 441).

2) Backfire kavramı teoriksel tartışmalar tarafından reddedilmemekle birlikte, gerçek dünyada belirli örneklerde oluşabilmektedir. Uygulamada kullanılan üretim fonksiyon tanımlamaları, $R > 1$ 'in olduğu, backfire yaratmaktadır. Bu durum backfire'ın imkansız olduğunu idda eden argümanlara zıt bir durum oluşturmaktadır (Saunders, 2000a: 441). Örneğin Lovins (1998)'de, prensip olarak reboundun, özellikle alan (ısıtma-soğutma vs) işlemlerinde reboundun net tasarrufları sıfırdan daha az hale getiremeyeceği vurgulanmaktadır. Ancak seçilmiş bazı örneklerde backfire durumuna yönelik ampirik sonuçlara ulaşılmıştır (Saunders, 2000a: 441).

3) Saunders'a göre teorik modellerdeki backfire, yakıt ve enerji hizmetleri arasında ayırım yapmada başarısızlığa neden olmamaktadır. Bazılarına göre teoriksel modellerde görülen, backfire fiziksel yakıt ve enerji hizmetleri ayırımını yapmada başarısızlığa neden olmaktadır. Buradaki temel tartışma konusu, enerji hizmetlerinin çıktı üretiminde ham bir yakıt değil gerçek bir girdi olmasıdır. Saunders'a göre teorik modellerdeki backfire'ın kaynağı yakıt ve enerji hizmetleri arasındaki ayırımdan kaynaklanmamaktadır (Saunders, 2000a: 441).

4) Teoriksel olarak, backfire varlığı karşısında dahi enerji/GSYİH oranının düşmesi mümkündür: Rebound etkisini değerlendirirken, enerji/ GSYİH oranına güvenilmemesinin arkasındaki neden backfire oluşurken, enerji/GSYİH oranının hala düşüyor olabileceği olmasıdır. Teori buna izin vermektedir. CES (Solow) üretim fonksiyonunda, yakıt ikame esnekliğinin bir birimden büyük olduğu durumda, yakıt etkinliğindeki pozitif eğilim, çıktının Y, bu pozitif eğilim olmadığı duruma göre daha hızlı yükselmesine neden olmaktadır. Ancak yakıt (F) tüketimi daha hızlı büyürse (backfire), yakıt/GSYİH (kabaca enerji/GSYİH) oranında düşüşe neden olmaktadır. Ancak bu olgunun gerçek dünyada gözlemleneceği kesin değildir. Çünkü CES üretim fonksiyonu diğer üretim fonksiyonları arasında özel bir durumdur ve

neoklasik büyüme teorisi gerçek dünyada olabilecek ya da olmayacak bir çok varsayım yapmaktadır (Saunders, 2000a: 442):

5) Yakıt korumalarına yakıt arz kaynağı gibi davranmak yanlış anlaşılmalara neden olmaktadır: Sıklıkla yakıt etkinlik teknolojileri, diğer bir yakıt kaynağı gibi algılanmaktadır. Ancak etkinlik teknolojileri gerçek bir yakıt kaynağı değildir. Özellikle backfire örneğinde bu durum daha kesindir. Örneğin bu olgunun bir koruma “arz” eğrisinde nasıl gösterilebileceği açık değildir. Benzer bir durum backfire’ın olmadığı ancak reboundun geçerli olduğu bir durum için de söz konusudur. Yakıt arz kaynağı olarak görülen yakıt koruma işleminde, yakıtın bir birimi için bir birim ikame iması bulunmaktadır. Bu imaya göre korumadan sağlanan her bir varil kazançları yakıt kullanımını bir varil azaltmaktadır. Ancak rebound nedeniyle koruma-etkinlik işlemleri bir birim için bir birim şeklinde işlemeyecektir (Saunders, 2000a: 443).

6) Rebound etkisinin seviyesi yakıt ikame esnekliğine güçlü bir şekilde bağlı olmaktadır: Yakıtın diğer üretim faktörleri yerine ikame edilebilirlik kolaylığı, rebound etkisi büyüklüğü üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Faktörler arasında ikame kolaylığının büyük olması daha büyük rebounda, R 'ye neden olacaktır. Bu sonuç iki analizden kaynaklanmaktadır. Bunlardan biri CES (Solow) üretim fonksiyonu analizidir. Bu analizde yakıt etkinliği kazancındaki (τ_F) pozitif eğilim, yakıt ikame esnekliğine (σ) bağlı olarak farklı değerlerde reboundla (R) ile sonuçlanmaktadır. Göreli olarak düşük ikame esnekliği ($\sigma < 1$), düşük rebounda ($R < 1$)'a neden olmaktadır. Göreli yüksek ikame esneklik oranı ($\sigma > 1$), backfire oluşturabilecek kadar büyük rebounda neden olmaktadır ($R > 1$). İkinci bir analiz Cobb-Douglass üretim fonksiyonu kullanılarak yapılan analizdir. Bu analize göre ise, göreli olarak küçük bir rebound backfire dönüşebilmektedir (Saunders, 2000a: 443).

7) Yakıt etkinliği teknolojileri yakıt-dışı diğer faktörleri etkileyerek önemli ölçüde rebound hatta backfire yaratmaktadır: Diğer yakıt-dışı faktörlerdeki etkinlik kazançları büyük boyutlarda rebound, R , çoğu kez backfire ($R > 1$) yaratmaktadır. Neoklasik büyüme modellerinde yakıt-dışı faktörlerin etkinlikleri yükseldiği zaman,

ceteris paribus, yakıt kullanımı genellikle yükselecektir. Buradaki temel öngörü, sermaye gibi kıt bir faktördeki artış, sermayenin yakıt tüketen yeni çıktı üretim faaliyetlerinde kullanımına izin vermektedir. Bu nedenle yükselen sermaye etkinliğinin, örneğin çelik sanayinde, ekonomi genelinde yakıt kullanımını yükseltmesi beklenebilir hatta yakıt etkinliği kazançlarını tamamen dengeleyebilir. Hem sermaye hem de emek etkinliği kazançları, ekonomi genelinde önemli yakıt yükselmesi etkisine sahip olabilmektedir (Saunders, 2000a: 444).

8) Üretim fonksiyonunun seçilmesi hem teorik hemde ampirik olarak sonuçta önem arz etmektedir: Neoklasik büyüme modellerindeki rebound davranışı, üretim fonksiyonu seçimine bağlı olmaktadır. Bazı üretim fonksiyonları her zaman backfire yaratırken, bazı üretim fonksiyonlarında backfire görülmemektedir. Bu nedenle uygulamacılar makroekonomik etkileri ölçerken özel fonksiyon biçimleri kullanmaktadır (Saunders, 2000a: 446).

Saunders'ın genel değerlendirmelerine dayanarak etkinlik ilerlemelerinin rebound etkisi aracılığıyla yakıt tüketimini yükselteceği hatta bazı durumlarda backfire olgusuna neden olacağı görülmektedir.

Aşağıdaki alt bölümde Rebound Etkisi sınıflandırmasına yer verilmiştir. Rebound etkisi doğrudan, dolaylı ve ekonomi geneli olmak üzere sınıflandırılmıştır. Ayrıca üreticiler ve tüketiciler açısından doğrudan ve dolaylı rebound etkisi açıklanmıştır.

3.4. Geri Tepme Etkisi Sınıflandırılması

Bu olgu literatürde “rebound” (geri besleme (feedback); geri alma (take back-snap-back)) olarak adlandırılmaktadır (Alcott, 2005: 10). Enerji etkinliğindeki değişmelere piyasaların vermiş oldukları tepkiler dikkate alındığında hem mikro ve hem de makro kapsamında rebound etkisinin çeşitli sınıflandırmaları bulunmaktadır. Literatürde genel olarak, mikroekonomi ve makroekonomi perspektifi üç tip rebound etkisini kapsamaktadır. Bu sınıflama doğrudan rebound

etkisi, dolaylı rebound etkisi ve ekonomi genelinde rebound etkisidir . Ancak bu etki ile ilgili farklı sınıflandırmalar da yer almaktadır.

Rebound etkisi kavramını ifade etmek amacıyla rebound kavramının yanısıra rebound etkisi alt kavramları da kullanılmaktadır. Örneğin “dolaylı etki” ya da “ikincil-dereceden etki”, “Khazzoom-Brookes Etkisi” (Khazzoom 1980, Brookes 1979: 1990), “backfire” ve “Jevon’s Paradoksu” gibi. Backfire ve Jevon’s paradoksu özellikle %100 ya da daha çok rebound (enerji korumalarının en sonunda daha çok enerji tüketimine neden olacağı) anlamında kullanılmaktadır (Van den Bergh, 2011: 46; Herring, 2008: 1). Diğer araştırma alanlarında ise örneğin iklim değişikliği ile ilgili olan alanlarda, “rebound” kavramı “karbon kaçağı ” ya da “yeşil paradoks” kavramları ile özdeş kullanılabilir. Yaygın olarak rebound etkisi kavramı kabul edilmekle ve kesin olarak tanımlanmakla birlikte, iktisatçılar arasında “genel denge”, “ekonomi genelinde” ve “makro ekonomik” etkiler kavramları da tercih edilmektedir (Van den Bergh, 2011: 46).

Rebound ile ilgili ölçülebilir bir ayırım, daha etkin üretilen mallar için ‘doğrudan, “mikro”, “öz ” rebound etkisi ifadelerinin kullanılması ve diğer tüm mal ve hizmetlerle ilgili rebound etkisi için “dolaylı”, “ikincil”, “ekonomi genelinde”, “denge” Rebound Etkisi ifadelerinin kullanılması şeklindedir (Alcott, 2005: 10). Berkhout vd. (2000)’de rebound etkisi; mikro seviyede birinci dereceden etki ve ikinci dereceden etki; makro düzeyde üst seviye etkisi olarak ayrıştırılmaktadır (Berkhout vd., 2000: 431). Rebound kavramı, yakıt etkinlik kazançları ve yakıt kullanım azalmaları arasındaki ilişkide, bir birim için birden daha küçük durumu ifade etmek için kullanılmaktadır. Backfire kavramı ise reboundun ekstra bir durumu olup yakıt etkinlik kazançlarının yakıt kullanımını fiilen yükselttiği durumu tanımlamak için kullanılmaktadır (Saunders, 2000a: 439).

Greening vd (2000)’de Rebound Etkisi şu şekilde sınıflandırılmıştır. Yapılan bu sınıflama yakıt talebinden daha çok enerji hizmetlerinde kullanılmaktadır (Greening vd., 2000: 390):

1) Doğrudan Rebound Etkisi : Maliyet ya da fiyat düşüşlerinin talep üzerindeki etkisi,

2) İkincil Yakıt Kullanım Etkinliği Etkisi: Yeniden harcamalar aracılığıyla diğer piyasalar üzerindeki etki,

3) Ekonomi Genelinde Etki : Piyasayı temizleyen fiyat ve miktar uyumları ile tanımlanmakta,

4) Dönüşümsel Etki: Teknolojik değişmeye uyarlanmış tercih değişmesi,

Gottron (2001)'de ise Rebound Etkisi'nin doğrudan, dolaylı ve makroekonomik etkilerden oluştuğu kabul edilmektedir (Gottron, 2001: 2). Makro ekonomik rebound etkisi dolaylı ve ekonomi genelindeki rebound etkisinin birleşiminden oluşmaktadır (Barker vd, 2009: 411). Sorrel (2007b)'de, rebound etkisi doğrudan rebound etkisi, dolaylı rebound etkisi ve ekonomi genelinde olarak üçlü bir sınıflamaya tabi tutulmaktadır. Aşağıdaki tabloda rebound etkisinin sınıflandırılması Sorrell (2007b) esas alınarak verilmiştir (Sorrell, 2007b: 1):

Tablo 3-1: Sorrell Tarafından Rebound Etkisinin Sınıflandırılması

"Mühendislik" Enerji Tasarrufu Hesaplamaları	Fiili Enerji Tasarrufları		
	3)Ekonomi Genelinde Rebound Etkisi (1+2)	1)Doğrudan Rebound Etkisi	1) İkame Etkisi
	2)Dolaylı Rebound Etkisi		1) İkincil Etki (secondary)
			2) Oluşum Enerjisi

Kaynak: Sorrell, 2007b, 1.

Herring (2008)'de, rebound etkisinin geniş bir şekilde ölçülebilir bir olgu olan fiyat esnekliğinin bir tamamlayıcısı olan ikame esnekliği ile de yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir. Enerji hizmetlerinde gözlemlenen yüksek fiyat esnekliği daha yüksek rebound etkisi anlamına gelmektedir. Herring (2008)'de, daha yüksek enerji etkinliği (fiyat esnekliği) nedeniyle enerji hizmetleri efektif fiyatlarının azalması sonucu enerji hizmetleri kullanımındaki yükselme ile ilgili olarak rebound etkisi, beş kategoriye ayrılmaktadır. Bu kategoriler şu şekildedir (Herring, 2008: 1):

Tablo 3-2: Herring Tarafından Rebound Etkisi Sınıflaması

1) Doğrudan Etki	Düşük fiyatından dolayı tüketicilerin herhangi bir malı daha çok kullanmasından kaynaklanan etki
2) Gelir- İlişkili Etki	Daha düşük enerji fiyatları sonucu, daha yüksek gelirin enerjiye yönelik harcanmasının mümkün olması,
3) Ürün- İkame Etkisi	Enerji hizmetleri diğer nihai mallardan daha ucuz hale geldiğinde, enerji hizmetlerinin diğer nihai tüketim malları yerine ikame edilme eğilimi,
4) Faktör İkame Etkisi	Nihai malların üretiminde enerjinin diğer üretim faktörleri yerine ikame edilmesi (sermaye, emek, hammadde, zaman vb.)
5) Dönüşümsel Etki	Teknoloji, tüketici tercihleri, hatta sosyal kurumların üretimdeki diğer faktörler yerine enerjiyi ikame etmesinden kaynaklanan değişimler nedeniyle ekonomideki uzun dönemli değişikliklerin etkisidir
*Tablo tarafımızca oluşturulmuştur	

Kaynak: Herring, 2008: 1.

Berkhout vd. (2000)'de rebound etkisi üçlü bir sınıflamaya tabi tutulmuştur.

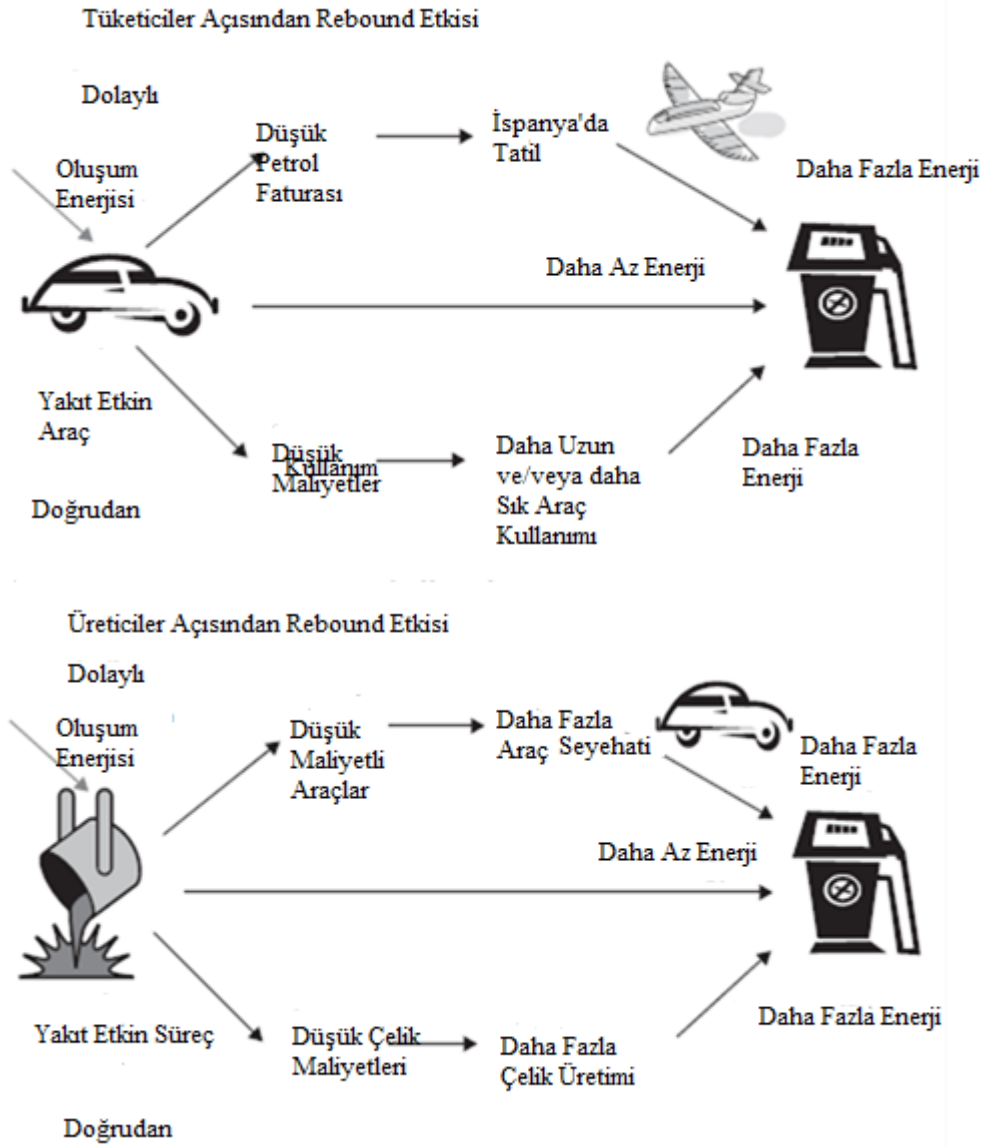
Tablo 3-3: Berkhout vd. Tarafından Rebound Etkisi Sınıflaması

1) Kendi Fiyat Etkisi	Eğer bir soğutucunun kullanım maliyeti düşerse, kişiler soğutucu hizmetlerini daha fazla kullanacaklardır. Bir kişi soğutucuyu daha düşük ısıya getirebilirken, diğer bir kişi yaz tatili için soğutucuyu kapamamayı tercih edebilecektir. Bu birinci dereceden etki (kendi-fiyat etkisi) kesin olarak negatif ve etkinlik yararını azaltacaktır.
2) Dolaylı Etki	Azalan enerji faturaları satın alma gücünü genişletmektedir. Bu ise, enerji kullanımı gereksinimi olan diğer mallara yönelik daha fazla harcamaya neden olmaktadır. Daha etkin soğutucu kullanımı, aydınlatma, yemek pişirme ya da araba kullanmaya yönelik daha fazla enerji talebi yaratabilmektedir. Bu birinci dereceden etki de büyük olasılıkla negatiftir.
3) Yapısal etki	Üçüncü bir etkinin makro düzeyde olması beklenebilir. Bu etki yapısal etki olarak adlandırılabilir. Birinci dereceden etkiler hanehalkı ve firmaların harcama kalıplarındaki değişim, üretim sektöründeki satış kalıplarında değişime neden olmaktadır. Yapısal etkinin enerji talebine yönelik sonuçları olmaktadır. Net etki pozitif olabileceği gibi negatif de olabilmektedir. Tüm bu etkiler rebound etkisini göstermektedir

Kaynak: Berkhout vd., 2000: 425.

Aşağıdaki şekilde doğrudan ve dolaylı rebound etkisi şekil yardımıyla açıklanmıştır

Şekil 3-5: Tüketiciler ve Üreticiler Açısından Rebound Etkisi



Kaynak: Sorrell ve Herring 2009: 6.

Aşağıdaki alt bölümde rebound etkisi Greening vd. (2000) ve Sorrel (2007b) referans alınarak doğrudan etki, dolaylı etki ve ekonomi genelinde etki olarak sınıflandırmaya tabi tutularak incelenmiştir. Ayrıca rebound etkisi tüketiciler ve üreticiler açısından doğrudan ve dolaylı etki ayrımı dikkate alınarak açıklanmıştır.

3.4.1. Doğrudan Rebound Etkisi

Doğrudan rebound etkisi ilk olarak Khazzoom (1980)'de, enerji kullanımında teknik gelişmelerin sonucu olarak enerji hizmetlerinin talebindeki yükselme şeklinde tanımlanmıştır. Doğrudan rebound etkisi, ısıtma, aydınlatma, soğutma gibi bireysel enerji hizmetleri ile ilişkili olup sadece bu hizmetlerin sağlanması için gerekli enerji ile sınırlanmaktadır. Bu etki, belirli bir enerji hizmetinde enerji etkinliği gelişmeleri bu hizmetin efektif maliyetini düşürdüğü zaman oluşmaktadır. Bu efektif maliyetlerdeki düşüş daha sonra tüketimin yükselmesine neden olmaktadır. Bu ise kısmi olarak ya da tamamen enerji tüketiminde beklenen azalmaları dengelemektedir (Dimitropoulos ve Sorrell, 2006: 2; Sorrell ve Dimitropoulos, 2005: 6; Sorrell, 2009: 23; Barker vd., 2009: 412; Gonzalez, 2010: 2309). Khazzoom (1980)'ni takiben Greenin vd. (2000)'de doğrudan rebound etkisi mikro seviye ile sınırlandırılmıştır. Bu mikro seviyede yeni bir teknoloji enerji etkinliğini yükseltebilmekte enerji etkinliğindeki yükselme sonucu enerji hizmet fiyatları düşmekte ve bu fiyat düşüşleri neticesinde o hizmete olan enerji talebi yükselmektedir. Ya da yakıt tüketimindeki teknolojik bir gelişme, ceteris paribus, enerji hizmetinin fiyatını, ilk olarak bu hizmeti üretmek için gerekli yakıt miktarını azaltarak ve daha sonra bu hizmetin arzında yükselişe neden olarak azaltmaktadır. Fiyat düşüşleri talebi canlandırmakta ya da talep eğrisi boyunca kaymaya neden olmaktadır. Bu “doğrudan etki” ya da “saf fiyat etkisi” olarak adlandırılmaktadır (Greening vd., 2000: 390).

Doğrudan etki durumunda tüketiciler enerji tasarrufu gerçekleştirmek yerine daha fazla kaynak kullanmayı tercih edebilmektedir. Örneğin etkin ısıtma sistemine sahip olan bir kişi, termostat ayarını yükseltebilmektedir. Ancak bu etkinin oluşabilmesi kişinin daha yüksek ısı ayarlamasını tercih etmesi ile sınırlıdır (Gottron, 2001: 2). Enerji etkinliği tarafından gerçekleştirilecek beklenen enerji tüketimindeki azalmalar bu sayede dengelenmiş olmaktadır. Diğer bir örnek ise tüketiciler yakıt etkin araba satın almalarını takiben kilometre başına işlem maliyetlerinin düşmesi sonucu daha uzun ve/veya daha sık araba sürmeyi seçebilmektedir (Bessec ve Meritet, 2007: 123; Gottron, 2001: 2; Sorrell, 2009: 23). Çünkü kilometre başına

kullanım maliyeti düşmektedir. Benzer şekilde tüketiciler çatı katı yalıtımı kurulduktan sonra, evlerini daha uzun süre ısıtmayı ve/veya daha yüksek derecelerde ısıtmayı seçebilmektedirler. Çünkü metre kare başına enerji kullanım maliyeti düşmektedir. Bu durum bir enerji hizmetinden diğerine ya da bir zamandan diğerine genişletilebilmektedir. Ancak tüm bu örneklerde belirtildiği gibi enerji hizmetleri tüketimindeki herhangi bir yükseliş, enerji etkinliği gelişmeleri tarafından ulaşılmayı hedeflenen “enerji tasarruflarını” düşürecektir. Hatta bazı durumlarda tamamen enerji tasarruflarını dengeleyecektir (backfire) (Sorrell, 2009: 23).

Aşağıdaki alt bölümde doğrudan rebound etkisi ilk olarak tüketiciler açısından ikame ve gelir esneklikleri dikkate alınarak, daha sonra doğrudan rebound etkisi üreticiler açısından ikame ve çıktı etkisi dikkate alınarak incelenmiştir. Tüketiciler açısından doğrudan rebound etkisi ikame ve gelir etkisi olarak ikiye ayrılabilir. Üreticiler açısından ise doğrudan rebound etkisi, ikame ve çıktı etkisi olarak sınıflandırılabilir (Dimitropoulos ve Sorrell: 2006, 2; Sorrell ve Dimitropoulos, 2005: 6; Sorrel, 2007b: 1).

3.4.1.1. Tüketiciler Açısından Doğrudan Rebound Etkisi

Tüketiciler açısından enerji etkinliği gelişmelerini anlamak amacıyla doğrudan rebound etkisini ikame etkisi ve gelir etkisi olarak ayrıştırmak faydalı olmaktadır. (Greening vd., 2000: 390; Sorrell, 2007b: 1).

a) İkame Etkisi: “Fayda-kullanım” seviyesinin ya da tüketici memnuniyetinin sabit kabul edildiği durumda, ucuz enerji hizmetleri tüketimi diğer mal ve hizmetler tüketimi yerine ikame edilmektedir.

b) Gelir Etkisi: Enerji etkinliği gelişmelerine ulaşılması sonucu reel gelirdeki yükselişler, enerji hizmetlerinin de dahil olduğu tüm mal ve hizmetlerin tüketimini yükselterek daha yüksek fayda-kullanım seviyesinin sağlanmasına imkan vermektedir.

Tüketiciler açısından doğrudan rebound etkisini; basit neoklasik çerçevede dahilinde tüketicilerin tam bilgiye sahip olduğu, tam olarak rasyonel ve faydasını maksimumlaştırmaya çalıştığı varsayımları ile açıklamamız mümkündür. Fayda mal

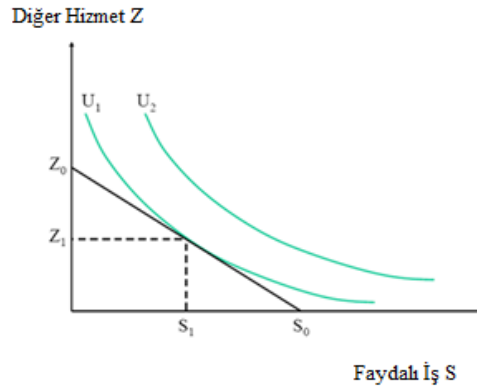
ve hizmetlerin tüketiminden sağlanmaktadır. Bu hizmetler, ısı kalitesi, soğutma ve motive güç gibi enerji hizmetlerini (ES-enerji hizmetleri) içermektedir. Tüketicilerin faydayı, enerji mallarını doğrudan tüketmekten ziyade enerji hizmetlerini tüketmekten elde ettiği varsayılmaktadır. Uygulamada bazı hizmetler diğer hizmetlere göre toplam maliyetleri içinde daha küçük oranda enerji içerse de, tüm hizmetler birtakım formlarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır (Sorrell, 2007b: 1). Enerji hizmetlerinin temel özelliği, termodinamik ya da fiziksel göstergelerle ölçülebilen faydalı işleri (S) sağlamasıdır. Örneğin yolcu taşıma araçlarından sağlanan faydalı işler araç kilometresinden ya da yolcu kilometresinden ölçülebilir. Ancak enerji hizmetleri çeşitli yollarla faydalı işler ile bütünleşen geniş özelliklere de (A- gelişmiş özellikler) sahip olabilmektedir. Örneğin tüm arabalar yolcu taşıma sağlarlar, ancak arabalar hız, konfor, hızlanma ve prestij gibi çeşitli özelliklerde farklılaşabilirler. Bu özelliklerle (A) bütünleşen faydalı işlerin, enerji hizmetlerinin tümünü sağladığı göz önüne alınabilir: $ES=f(S,A)$ (Sorrell, 2007b: 1).

Enerji hizmetleri ile ilgili enerji etkinliği (ϵ), faydalı işler çıktısının enerji girdisine oranı ile gösterilmektedir ($\epsilon=S/E$). Faydalı işlerin enerji maliyeti P_s ise; $P_s=P_E/\epsilon$ ile gösterilmektedir. Burada P_E enerjinin birim fiyatını yansıtmaktadır. Enerjinin birim fiyatı genel faydalı işlerin maliyetinin (P_G) sadece bir bileşenidir. Genel faydalı işler maliyeti aynı zamanda yıllık sermaye maliyetleri, bakım-onarım maliyetleri ve zaman maliyetleri gibi diğer maliyetleri içermektedir. Enerji etkinliğindeki gelişmeler faydalı işlerin enerji maliyetini azaltmaktadır ve aynı zamanda diğer maliyetleri de etkileyebilmektedir. Ancak bu diğer maliyetlerin enerji hizmetleri özellikleri (A) ile birlikte değişmediği varsayılmaktadır. Sistemdeki enerji etkinliğindeki bir gelişme, faydalı işlerin enerji maliyetinde P_s ve bundan dolayı faydalı işlerin efektif fiyatlarında azalmaya neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak faydalı işlerin tüketiminde artış olması beklenebilmektedir. Bu fiyatlardaki azalmaya gösterilen tepki, farksızlık eğrileri kullanılarak açıklanabilmektedir (Sorrell, 2007b: 1).

Şekil 3.6'da U_1 ve U_2 , belirli bir enerji hizmeti için faydalı iş tüketimini (S) ve diğer mal ve hizmet tüketimini (Z) yansıtan farksızlık eğrileridir. Örneğin faydalı iş

özel arabalarda yolcu taşıma kilometresi, diğer hizmet ise restoran yemekleri olabilir (Sorrell, 2007b: 8).

Şekil 3-6: Faydalı İş ve Diğer Hizmet Tüketimi Arasındaki Değiş-Tokuş



Kaynak: Sorrell, 2007b: 8.

Başlangıçta tüketicinin tüm gelirini Y , S ve Z 'ye harcadığı ve enerji hizmetlerinde enerji dışı maliyetlerin sıfır olduğu varsayılmaktadır. S_0 - Z_0 tüketicinin bütçe kısıtını (Y) göstermektedir. Eğer P_S faydalı işin birim başına enerji maliyetini, P_Z diğer hizmetin birim fiyatını gösterirse, bütçe kısıtı $Y \geq P_S S_0 + P_Z Z_0$ olarak yazılabilir. Bütçe eğrisinin eğimi (P_S/P_Z)'ye eşit olacaktır. Uç bir örnek olarak, tüketici sadece faydalı işleri (S_0) tüketmeyi seçebilmekte ve diğer hizmeti tüketmeyi seçmemekte, ya da diğer bir uç örnek tüketici diğer hizmet Z_0 'ı tüketebilmekte ve faydalı işi tüketmemektedir. Optimal tüketim bileşimi ise bütçe kısıtının farksızlık eğrisi U_1 'e teğet olduğu (S_1, Z_1)'de verilmektedir. Bu noktada fayda maksimize edilmiş ve S ile Z arasındaki marjinal ikame oranı fiyatlar arasındaki orana (P_S/P_Z)'ye eşittir (Sorrell, 2007b: 8).

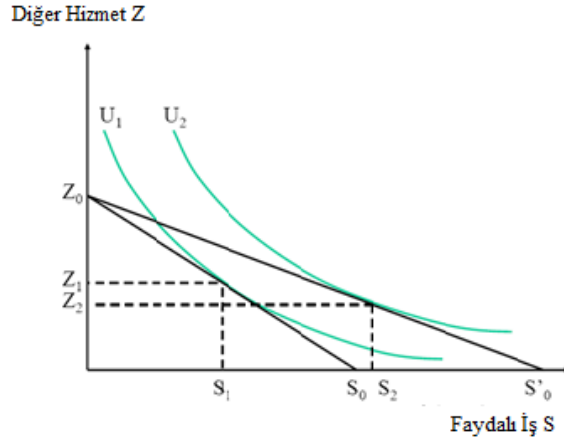
$E(S)$, S miktarındaki faydalı iş tüketimi ile ilgili enerji tüketimini göstermektedir. Başlangıçtaki enerji tüketim seviyesi $E(S_1)$ olarak verilmektedir. Şimdi bu enerji hizmetleriyle ilgili dışsal bir enerji etkinliği gelişmesinin olduğunu varsayalım. Örneğin taşıt yakıt etkinliğinde bir gelişme olduğunu varsayalım. Basitleştirmek amacıyla bu teknik gelişme ile ilgili olan maliyetler dikkate alınmamakta ve enerji hizmetlerinin niteliklerinin-özelliklerinin değişmediği varsayılmaktadır. Bir miktar faydalı iş (S) tüketimi ile ilgili yeni enerji tüketimi $E^*(S_1)$ olarak verilmektedir ve $E^*(S_1) < E(S_1)$ 'dir (Sorrell, 2007b: 8). 'Mühendislik' hesaplamalarına göre bu yakıt etkinliğindeki gelişmeler (ENG) ile ilgili enerji tasarruflarının yüzdesi şu şekilde olacaktır (Sorrell, 2007b: 9):

$$ENG = \left[\frac{E(S_1) - E^*(S_1)}{E(S_1)} * 100\% \right] \quad (3.10)$$

Ancak bu ifade fiili enerji tasarruflarını aşırı tahmin etmektedir çünkü enerji etkinliği gelişmelerinden sonra faydalı işlerin (S) tüketiminin değişmediğini varsaymaktadır. Eğer enerji mallarının nominal fiyatları değişmiyorsa, enerji etkinliği gelişmeleri faydalı işlerin efektif fiyatını ($P'_s < P_s$) azaltacak ve böylece hem faydalı iş tüketimi hem de toplam fayda-kullanım yükselecektir (Sorrell, 2007b: 9).

Şekil 3.7'de gösterildiği gibi eğer tüketici bütün bütçesini faydalı işe harcarsa, daha fazla miktarda S_0 tüketme imkanına sahip olabilecektir. Bu durum bütçe doğrusunun Z_0-S_0 'dan Z_0-S_0 'a kayması ile gösterilebilmektedir. Geleneksel terminolojide, tüketicinin "reel geliri" nominal geliri (para) değişmediği halde yükselmektedir. Şimdi optimal tüketim bileşimi, yeni bütçe kısıntısının, U_2 farksızlık eğrisine teğet olduğu (S_2, Z_2) ' de gerçekleşmiştir. U_2 yeni reel geliri seviyesinde sağlanabilecek maksimum fayda-kullanım miktarını göstermektedir. Bundan ötürü, faydalı işin tüketimi ($S_2 > S_1$) yükselmekte, diğer hizmetin tüketimi azalmakta ($Z_2 < Z_1$) ve tüketici daha yüksek bir fayda-kullanım seviyesine ($U_2 > U_1$) ulaşmaktadır (Sorrell, 2007b: 9).

Şekil 3-7: Enerji Etkinliğinden Sonra Tüketimdeki Değişme



Kaynak: Sorrell , 2007b: 9

Enerji tüketimindeki fiili enerji tasarruf yüzdesi (ACT) şu şekilde verilmektedir:

$$ACT = \left[\frac{E(S_1) - E^*(S_2)}{E(S_1)} * 100\% \right] \quad (3.11)$$

$E^*(S_2) > E^*(S_1)$ olduğu için $ACT \leq ENG$ olmaktadır (Sorrell, 2007b: 9).

Enerji etkinliği sonrası faydalı işin birim başına enerji tüketimi azalmakta ($E^*(S)/E(S) < 1$), ancak faydalı işin tüketimi yükselmektedir ($S_2 > S_1$). ACT'nin işaretinin belirsiz olması sonucu bu iki etki birbirini dengelemektedir yani enerji etkinliğindeki teknik gelişmeler enerji hizmet tüketimini artırabilmekte ya da azaltabilmektedir (Sorrell, 2007b:10).

Bireysel enerji hizmeti için doğrudan rebound etkisi (REB_d) şu şekilde tanımlanabilir:

$$REB_d = \left[\frac{ENG - ACT}{ENG} * 100\% \right] \quad (3.12)$$

$$REB_d = \left[\frac{(E(S_1) - E^*(S_1)) - (E(S_1) - E^*(S_2))}{E(S_1) - E^*(S_1)} * 100\% \right] \quad (3.13)$$

ya da

$$REB_d = \left[\frac{E^*(S_2) - E^*(S_1)}{E(S_1) - E^*(S_1)} * 100\% \right] \quad (3.14)$$

Bundan dolayı, eğer fiili tasarruflar tahmin edilen tasarruflara eşitse doğrudan rebound etkisi sıfır olmaktadır. Eğer fiili tasarruflar sıfırsa doğrudan rebound etkisi %100 olmaktadır. Eğer enerji tüketimi yükselirse ($ACT < 0$), doğrudan rebound etkisi %100'den büyük olmakta ve literatürde bu olgu "backfire" olarak adlandırılmaktadır (Sorrell, 2007b:10).

3.4.1.1.1. Tüketiciler Açısından Doğrudan Rebound Etkisinin Ayrıştırılması

Doğrudan rebound etkisinin temel belirleyicisi tercihler sabitken; gelir, diğer mal ve hizmetlerin fiyatı, faydalı iş talebinin faydalı iş enerji maliyetlerindeki (P_S) değişmelere duyarlılığıdır. Bu kendi fiyat esnekliği şu şekilde tanımlanmaktadır (Sorrell, 2007b: 10):

$$\eta_{P_S}(S) = \Delta S / \Delta P_S \cdot P_S / S \quad (3.15)$$

Yüksek bir (düşük) esneklik, fiyatlardaki değişmelere karşı talep miktarında daha yüksek (düşük) değişimlere neden olmaktadır. Geleneksel olarak faydalı iş talebinin $\|\eta_{P_S}(S) \geq 1\|$ olduğu zaman esnek, $\|\eta_{P_S}(S) \leq 1\|$ olduğu zaman inelastik olduğu belirtilmektedir. Faydalı işin kendi fiyat esnekliği, ilgili enerji hizmeti için ikamenin mümkünlüğü dahilinde belirlenecektir. Örneğin, eğer kamu taşımacılığının alternatifi mevcutsa araba taşımacılığının talep esnekliğinin yüksek olması

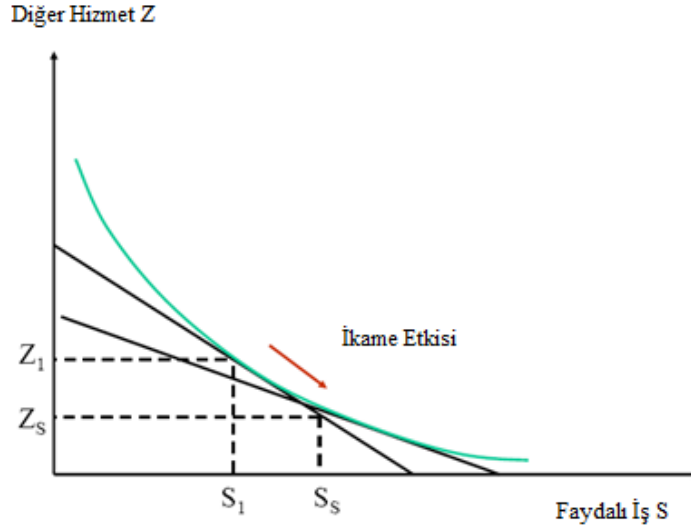
beklenebilir. Esneklik aynı zamanda zamana bağlı olacak ve uzun dönemde daha yüksek olacaktır çünkü tüketiciler uzun dönemde uyum için daha zamana sahip olmaktadır. Talepteki kısa dönem değişiklikler daha çok araç kullanımındaki değişikliklerin sonucudur, uzun dönemde ise araçlar değiştirilecektir ve bu araçların sayılarında, kapasitelerinde ve niteliklerinde değişimler olabilmektedir (Sorrell, 2007b: 10)

Standart mikroekonomi uygulamasını izleyerek, faydalı işin kendi fiyat esnekliği ikame etkisi ve gelir etkisi olarak ayrıştırılabilir (Sorrell, 2007b: 11).

- İkame Etkisi: Faydalı işin arz fiyatındaki bir düşüş, tüketicilerin faydalı iş tüketimini diğer mal ve hizmet tüketimiyle değiştirdiği oranın yükseldiği anlamına gelmektedir. Sonuç olarak faydalı iş tüketimi, diğer mal ve hizmetlerin tüketimi yerine ikame edilecektir. İkame etkisi, eğer gelir kullanımı sabit tutacak şekilde ayarlanırsa, görelî fiyatlardaki değişme sonucu meydana gelen tüketimdeki değişim olarak tanımlanmaktadır
- Gelir Etkisi: Faydalı işlerin ucuz hale gelmesinden dolayı tüketicinin toplam satınalma gücü ya da “reel geliri” yükselmektedir. Bu ise bir farksızlık eğrisinden diğerine geçilmesine izin vermektedir. Gelir etkisi, diğer fiyatlar ve parasal gelirin sabit tutulduğu bir durumda reel gelirdeki bu değişme sonucu tüketimdeki değişim olarak tanımlanabilir (Sorrell, 2007b: 11).

Bu ayrıştırma teoriktir, bu iki etkinin sadece toplamı ancak ampirik olarak gözlenebilmekle birlikte, bu ayrıştırma fiyat tepkilerinin doğasını anlamada yardımcı olmaktadır. Aşağıdaki şekilde faydalı işin enerji maliyetinin düştüğü ve kullanım düzeyini aynı seviyede tutacak şekilde gelirin sabit olduğu kabul edilmektedir. Burada bütçe kısıtının eğimi görelî fiyatlardaki değişimin sonucu değişmektedir, ancak bütçe kısıtının konumu faydanın (U_1) değişmesine izin vermeyecek şekilde sınırlandırılmıştır. Diğer hizmetin tüketimi Z_1 'den Z_S 'e düşerken, faydalı iş tüketimi S_1 'den S_S 'e yükselmektedir (Sorrell, 2007b: 11)

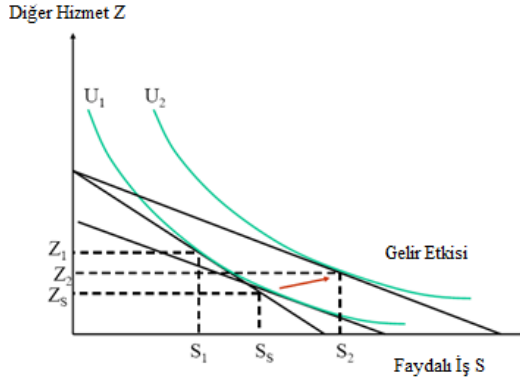
Şekil 3-8: Faydalı İşin Enerji Maliyetin Bir Düşme Sonrası İkame Etkisi



Kaynak: Sorrell, 2007b: 11.

Gelir etkisi ise aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Burada bütçe kısıtı reel gelirdeki artışı yansıtmak amacıyla sağa doğru kaymaktadır. Faydalı iş tüketimi S_s (sadece ikame etkisi)'den S_2 'ye (toplam etki=ikame etkisi+gelir etkisi) yükselmektedir. Aynı zamanda diğer hizmetin tüketimi Z_s 'den Z_2 'ye ve fayda U_1 'den U_2 'ye yükselmektedir (Sorrell, 2007b: 11).

Şekil 3-9: Faydalı İşin Enerji Maliyetinde Bir Düşme Sonrası Gelir Etkisi



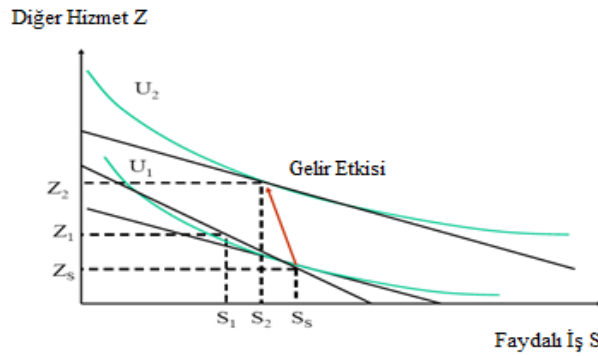
Kaynak: Sorrell, 2007b: 11.

İkame etkisi, her zaman enerji etkinliğindeki gelişmeleri takiben faydalı iş tüketiminde yükselişe neden olmaktadır. İkame etkisinin büyüklüğü, faydalı iş ve diğer hizmet arasındaki ikame derecesine bağlı olmaktadır. Eğer aralarında sınırlı ikame varsa, ikame etkisi değeri sıfıra yaklaşabilmektedir. Bununla birlikte gelir etkisi, bu enerji hizmeti için faydalı işin “normal” ya da “düşük” mal olmasına göre faydalı iş tüketimini yükseltebileceği gibi düşürebilmektedir (Binswanger, 2001). Normal mal (ya da hizmet) talebi, reel gelirdeki bir artışı takiben yükselirken, düşük mal talebi reel gelirdeki artışı takiben düşecektir. Örneğin otobüs seyahatinin düşük mal olması nedeniyle gelirin belirli bir seviyesi üzerinde talebinde düşüş gerçekleşebilmektedir (Sorrell, 2007b:12).

Bu enerji hizmeti için faydalı işin düşük (inferior) bir mal olması durumunda gelir etkisi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Burada gelir etkisi faydalı işin tüketiminin S_1 'den S_2 'ye azalmasına neden olmaktadır. Ancak bu durum ikame etkisini yok etmede yeterli değildir. Bu nedenle hala faydalı iş tüketiminde S_1 'den S_2 'ye net yükseliş gerçekleşmektedir. Bu örnekte diğer hizmet için nihai talep Z_1 'den Z_2 'ye yükselmektedir. Teorik olarak düşük enerji hizmeti için negatif gelir etkisinin ikame etkisinden ağır basması mümkündür. Bu durumda enerji etkinliği

gelişmelerini takiben faydalı iş enerji maliyetlerindeki düşüş, faydalı iş talebinde net bir düşüğe neden olacaktır. Ancak uygulamada bunun olması olası gözükmemektedir (Sorrell, 2007b: 12).

Şekil 3-10: Faydalı İşin Düşük Mal Olması Durumunda Gelir Etkisi



Kaynak: Sorrell, 2007b: 12.

İkame ve gelir etkisi ayrıştırması “Slutsky Eşitliği’nde” formülize edilmektedir. Bu eşitlik; bir mal için talep fiyat esnekliğinin, sabit bir kullanımda fiyat esnekliği eksi talebin gelir esnekliği ve genel bütçedeki malın payı çarpımına eşit olduğunu göstermektedir (Sorrell, 2007b: 13)

Toplam Etki= İkame Etkisi- Gelir Etkisi

$$\eta_{P_S}(S) = \eta_{P_S}^C(S) - \eta_Y(S) \left(\frac{P_S S}{Y} \right) \quad (3.16)$$

$$\eta_{P_S}(S) = \eta_{P_S}^C(S) - \eta_Y(S) C_S \quad (3.17)$$

$\eta_{P_S}(S)$ = faydalı işin talep kendi fiyat esnekliği

$\eta_{P_S}^C(S)$ = telafi edilmiş gelir talep kendi fiyat esnekliği

$(D_Y(S)) =$ faydalı işin gelir esnekliği

$Y =$ toplam gelir

$C_S =$ Faydalı işin toplam harcama içindeki payıdır.

İkame etkisi negatiftir, çünkü malın fiyatındaki bir yükseliş (düşüş), talebin düşmesine (yükselmesine) neden olmaktadır. Normal mallar için gelir etkisi pozitifdir çünkü reel gelirdeki bir yükseliş (düşüş), talepte yükselişe (düşüşe) neden olmaktadır. Buna karşılık düşük mallar için gelir etkisi negatiftir. Normal bir mal için ikame etkisi ve gelir etkisi birbirini kuvvetlendirirken, düşük mallarda ise birbirlerinin etkisini azaltmaktadır. İkame etkisi, faydalı işler (S) eğer diğer mal ve hizmetlerle (Z) iyi bir ikameye sahipse daha büyük olurken; gelir etkisi ise eğer faydalı işler genel bütçe içinde geniş bir paya sahipse daha büyük olmaktadır (Sorrell, 2007b: 13).

3.4.1.2. Üreticiler Açısından Doğrudan Rebound Etkisi

Rebound etkisi hem üreticiler hem de tüketiciler ile ilgili bir konudur. Üreticiler açısından enerji, sermaye ve emekle birlikte önemli bir faktördür. Örneğin sermayenin enerji etkinliğindeki gelişmeler, uzun dönemde üretim faktör bileşiminde değişim ve piyasa gücüne bağlı olarak birim üretim maliyetini azaltma olmak üzere iki etki içermektedir. Üretici açısından rebound etkisini üretim fonksiyonunun şekline, faktör fiyatlarına ve potansiyel rebounda bağlı olarak gözlemleyebiliriz. Çünkü düşük satış fiyatları ilave talep yaratabilmektedir (Berkhout vd., 2000: 426).

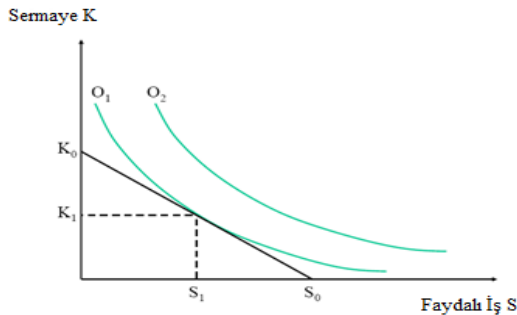
Enerji hizmetleri maliyetlerinde teknolojik olarak uyarılmış azalmalar, firmaların yakıt talebi üzerinde tüketiciler de olduğu gibi benzer etkide bulunmaktadır. Kısa dönem maliyet minimizasyon davranışı varsayımı altında, eğer enerji hizmetleri efektif fiyatları düşerse, firma enerji hizmetlerini diğer faktör girdileri yerine ikame etmektedir. Ayrıca firmanın çıktısı, enerji hizmet fiyatının diğer girdilere oranındaki toplam değişimler nedeniyle yükselmektedir. Enerji

hizmetlerinin kullanımını yükselten azalan getiri sağlanmasıyla, enerji hizmetlerinde girdi ikamesi oluşacak ve daha çok yakıt tüketilecektir. Ancak bu davranışlar, kısa dönem üretim davranışlarında sermaye ve yakıtın ikame edilip edilmemesi ile sınırlı olmaktadır. Daha büyük ikame ve çıktı maksimizasyon davranışlarının varsayıldığı uzun dönemde ise, enerji hizmetleri fiyatlarındaki bir azalma yakıt talebinin yükselmesi ile sonuçlanacaktır (Greening vd., 2000: 390-391).

Üreticiler açısından rebound etkisi basit neoklasik çerçevede açıklanabilir. Bu analiz de tüketiciler açısından doğrudan rebound etkisi analizlerine benzer olmasına rağmen bazı yönlerden farklılıklar içermektedir. İlk olarak üreticilerin rekabetçi üretim piyasalarında olduğu durum analiz edilmektedir. Üreticilerin tam bilgiye sahip olduğu, tamamen rasyonel olduğu ve girdi bileşimini ve çıktı seviyesini kârlarını maksimumlaştıracak şekilde seçtiği varsayılmaktadır. Açıklamayı basitleştirmek amacıyla faydalı işler (enerji malları ve enerji dönüşüm araç-gereçlerinin bileşiminden oluşmaktadır) ve sermaye olmak üzere iki üretim faktörü olduğu varsayılmaktadır (Sorrell, 2007b: 16).

Şekil 3.11’de Q_1 ve Q_2 eşürün eğrileri olarak adlandırılmaktadır ve belirli bir çıktı (Q) seviyesini veren belirli tipteki sermaye (K) ve belirli tipteki faydalı işin (S) tüm olası bileşimlerini yansıtmaktadır. Kısa dönemde ikame derecesi sınırlı olsa da, girdilerin sürekli değişken ve gösterilen oranda ikame edilebilir olduğu varsayılmaktadır. Uzun dönemde ikame derecesi sınırlandırılabilir de tüm girdi faktörlerinin değişken olduğu kabul edilmektedir (Sorrell, 2007b: 16).

Şekil 3-11: Bir Malın Üretiminde Faydalı İş (S) ve Sermaye (K) Arasındaki Değişim

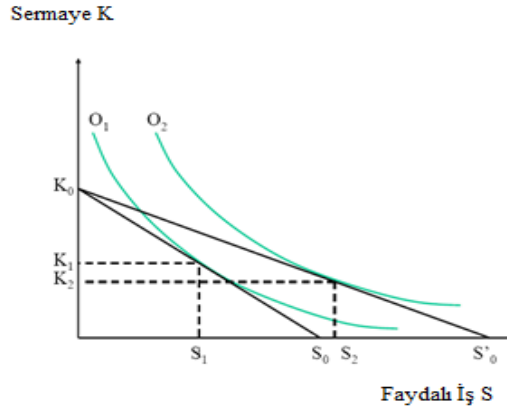


Kaynak: Sorrell, 2007b:16.

S_0-K_0 doğrusu K ve S girdileri için eş maliyet doğrusudur. P_S faydalı işin (S) birim maliyetini ve P_K sermayenin (K) birim maliyetini yansıtmaktadır. Toplam maliyet C , sermayenin K miktarı ve faydalı işin S miktarı kullanılarak $C=P_KK+P_SS$ elde edilir. Eş maliyet doğrusunun eğimi $-P_S/P_K$ 'ya eşittir ve $K= C/P_K- (P_S/P_K)S$ şeklinde gösterilir. K ve L 'nin optimal bileşimi (S_1, K_1), eş maliyet doğrusunun Q_1 eşürün eğrisine teğet olduğu noktada gerçekleşmektedir. Bu noktada sabit harcama seviyesinde çıktı maksimum seviyededir ve “marjinal teknik ikame oranı” K ile S fiyatları oranına eşittir. Daha önce belirtildiği gibi $E(s)$; faydalı işin (S), s miktar tüketimi ile ilgili enerji tüketimini yansıtmaktadır. Bu durumda başlangıçtaki enerji tüketimi $E(S_1)$ olmaktadır. Şimdi bu enerji hizmetlerinin sağlanmasında dışsal bir enerji etkinliği gelişmesinin olduğunu varsayalım. Bu teknik gelişme ile ilgili maliyeti dikkate almayalım ve enerji hizmetlerinin özelliklerinin değişmediğini varsayalım. Şimdi $E^*(s)$, faydalı işin s miktar tüketimi ile ilgili yeni enerji tüketimini yansıtmaktadır (Sorrell, 2007b: 16-17).

Enerji mallarının nominal fiyatları değişmezse, enerji etkinliği gelişmeleri faydalı işin efektif fiyatını ($P'_S < P_S$) azaltacaktır. Şekil 3-12'de bu durum eş maliyet doğrusunun K_0-S_0 'ya doğru yön değiştirmesi ile gösterilmiştir. Eğer girdilerin toplam harcaması C 'de sabitse, yeni optimal girdi bileşimi (K_2, S_2) ile elde edilmektedir. (K_2, S_2)'ye doğru bir kayış, faydalı işin tüketiminde ($S_2 > S_1$) bir yükselişe, sermaye kullanımında bir azalışa ($K_2 < K_1$) ve daha yüksek bir çıktı seviyesine ($Q_2 > Q_1$) neden olmaktadır (Sorrell, 2007b: 18).

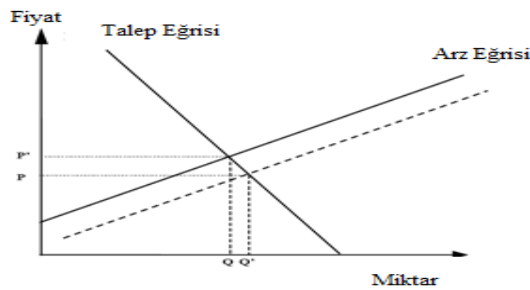
Şekil 3-12: Enerji Etkinliği Gelişiminden Sonra Girdi Bileşimi ve Çıktıdaki İlk Değişim



Kaynak: Sorrell, 2007b:18.

Ancak tüketicilerin durumunun aksine, bireysel firma tarafından ayarlama-uyum burada durmayabilir. Firmaya göre (S_2, K_2) tarafından gösterilen denge, ancak girdi bileşimi $C = P_K \cdot K + P_S \cdot S$ ile gösterilen girdi harcama seviyesi ile uygun olduğunda optimaldir. Çünkü firmanın amacı çıktı maksimizasyonu yerine kârlarını maksimize etmek olabilmektedir. Enerji etkinliği gelişmeleri üreticiye aynı çıktı seviyesini daha düşük fiyattan üretme imkanı sağlamaktadır. Mükemmel bir piyasada bir fiyat savaşı gelişecek ve uzun dönemde uzun dönem ortalama üretim maliyetlerinin düşmesine neden olacaktır. Üretim açısından toplam arz eğrisi sağa kayacak, mal fiyatları düşecek ve talep ve arz edilen miktarlar yükselecektir (Sorrell, 2007b: 19).

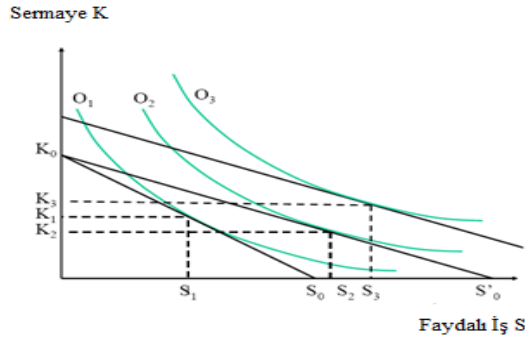
Şekil 3-13: Enerji Etkinliği Gelişmelerinden Sonra Toplam Arzın Yükselmesi



Kaynak: Sorrell, 2007b: 19.

Bundan dolayı bireysel üreticiler için çıktının ilerde, Q_2 'den Q_3 'e yükselmesi beklenebilir. Bu ileriki kâr maksimizasyonuna uyum (K_3, S_3) ile gösterilen nihai bir dengeyi vermektedir (Sorrell, 2007b:19).

Şekil 3-14: Enerji Etkinliği Gelişiminden Sonra Kar Maksimizasyonu



Kaynak: Sorrell, 2007b: 19.

Faydalı işin tüketimindeki yükseliş, enerji etkinliği gelişmeleri kaynaklı enerji tüketimindeki potansiyel azalmayı dengeleyecektir. Bireysel üretici için doğrudan rebound etkisi şu şekilde gösterilebilir (Sorrell, 2007b: 19).

$$REB_d = \left[\frac{E^*(S_3) - E^*(S_1)}{E(S_1) - E^*(S_1)} 100\% \right] \quad (3.18)$$

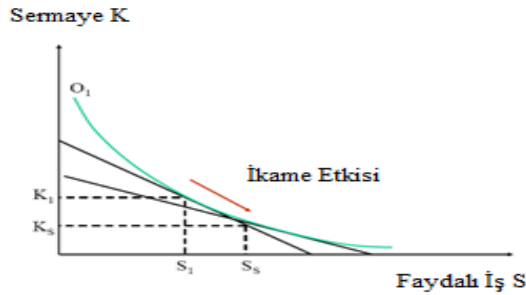
3.4.1.2.1. Üreticiler Açısından Doğrudan Rebound Etkisinin Ayrıştırılması

Üreticilerin enerji etkinliği gelişmelerine verdiği tepki, girdi harcamalarının sabit tutulduğu bir durumda, ikame ve çıktı etkisi olarak ikiye ayrıştırılabilir. Ancak burada ilaveten kâr maksimizasyonunun hesaplamalarda dikkate alınması gerekmektedir (Sorrell, 2007b: 20).

- a) İkame Etkisi: Sabit bir çıktı seviyesi üretiminde, ucuz enerji hizmetleri, sermaye, emek ve diğer girdi kullanımı yerine ikame edilmektedir.
- b) Çıktı Etkisi : Enerji etkinliği gelişmelerinden sağlanan maliyet tasarrufları daha yüksek bir çıktı düzeyinin üretilmesine imkan vermekte ve bu sayede enerji hizmetlerinin de dahil olduğu tüm girdilerin tüketimi yükselmektedir.

İkame etkisi şekil 3-15’de gösterilmiştir. İkame etkisi, eğer çıktı Q_1 ’de sabit ise, görece fiyatlardaki değişimin sonucu, girdi bileşimindeki değişim olarak tanımlanmaktadır. Sermaye tüketimi K_1 ’den K_S ’e düşerken, faydalı iş tüketimi S_1 ’den S_2 ’ye yükselmektedir (Sorrell, 2007b: 20).

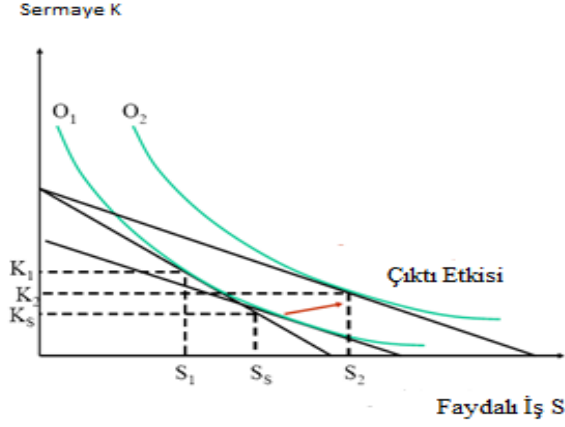
Şekil 3-15: Üreticiler Açısından İkame Etkisi



Kaynak: Sorrell, 2007b: 20.

Çıktı etkisi ise şekil 3-16’da gelir etkisine benzer biçimde izlenmektedir. Burada eş maliyet doğrusu orjinal girdi harcamalarına (C) karşılık gelecek şekilde sağa doğru kaymaktadır. Faydalı iş tüketimi S_S ’ten (sadece ikame etkisi) S_2 ’ye (ikame etkisi+çıktı etkisi) yükselmektedir. Sermaye tüketimi K_S ’ten K_2 ’ye yükselmekte, çıktı Q_1 ’den Q_2 ’ye yükselmektedir (Sorrell, 2007b: 20-21).

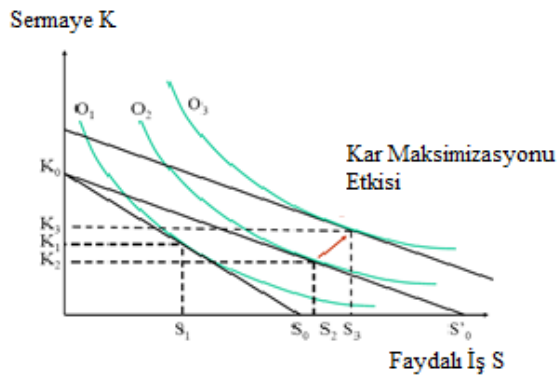
Şekil 3-16: Üreticiler Açısından Çıktı Etkisi



Kaynak: Sorrell, 2007b: 20-21.

Nihai kar maksimizasyonuna uyum ise şekil 3.17'de gösterilmiştir. Nihai dengede, hem sermaye ($K_3 > K_1$) hem de faydalı iş ($S_3 > S_1$) tüketimi yükselmiştir (Sorrell, 2007b: 21).

Şekil 3-17: Üretici Kar Maksimizasyonu Etkisi



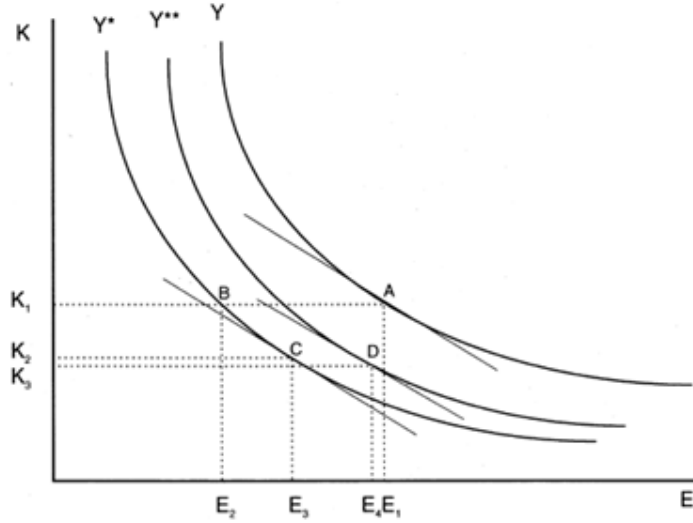
Kaynak: Sorrell, 2007b: 21.

Tüketiciler ilgili analizde olduğu gibi, üreticiler açısından da ikame etkisi her zaman faydalı iş talebini yükseltecektir. Çıktı ve kâr maksimizasyon etkisi ise, faydalı işin “normal” ya da “düşük” üretim faktörü olmasına göre faydalı iş talebini yükselteceği gibi düşürebilecektir. Normal bir faktörün talebi, girdi harcamalarındaki (C) bir yükselişi takiben yükselirken, düşük faktörün talebi düşecektir. Eğer faydalı iş düşük faktör ise, çıktı ve kâr maksimizasyonu etkileri faydalı iş tüketimini azaltacaktır. Bu azalmanın ikame etkisi kaynaklı faydalı iş tüketimindeki yükselişi dengelemede yeterli olup olmadığı ampirik sonuçlara göre belirlenmektedir. Bununla birlikte çıktı ve kar maksimizasyonu etkilerini her zaman bu yolla ayırmak mümkün olmamaktadır. Birçok durumda bu iki etkinin bileşimi çıktı etkisi olarak ele alınmaktadır (Sorrell, 2007b: 21-22).

3.4.1.2.2. Üreticiler Açısından Doğrudan Rebound Etkisinin Ayırıştırılmasına Alternatif Yaklaşım

Şekil 3.18’de Y , eş ürün eğrisini ya da etkili bir şekilde ulaşılan çıktı seviyesini veren E (enerji) ve K (enerji kullanma sermayesi) üretim faktörleri kombinasyonunu vermektedir. Sabit faktör fiyatlarında üretici maliyetlerini A bileşiminde ya da E_1 ve K_1 bileşiminde minimize etmektedir. Teknolojik ilerleme sermayeyi daha enerji etkin hale getirmektedir. Bunun anlamı, aynı miktar fiziksel sermaye ile, başlangıçtaki çıktıyı üretmek için daha az enerjiye ihtiyaç olduğudur. Bu durumda eşürün eğrisi sola kaymaktadır. Y ’yi üretmedeki (K , E) kombinasyonu bu durumda Y^* eşürün eğrisi ile gösterilmektedir. Mühendisler üreticilere, B seviyesinde, E_1 ’den E_2 ’ye enerji koruma potansiyelini vaat etmektedirler. Ancak bu rasyonel üretici açısından optimal nokta değildir. Çünkü C noktasında, K_2 sermaye ve E_3 enerji kullanımı ile maliyetleri minimize etmektedir. B noktasına göre üretici sermayeyi enerji ile değiştirecektir çünkü enerji daha ucuz hale gelmiştir. Rebound etkisi E_3 - E_2 ’ye eşittir. (Berkhout vd., 2000. 427).

Şekil 3-18: Üreticiler Açısından Doğrudan Rebound Etkisinin Ayrıştırılması



Kaynak: Berkhout vd., 2000. 427.

Piyasa davranışını olarak satış kesiminde ikinci bir rebound etkisi gözlemlenmektedir. Çünkü birim maliyetler düşmekte, birim satış fiyatı ve birim maliyeti arasında bir marj oluşmakta, bu ise daha fazla kâr anlamına gelmektedir. Eğer kâr durumu piyasa biçimine-davranışına bağlı olursa şu durumlar oluşabilmektedir. Bunlardan biri tam rekabet durumunda fiyatların sabit olduğu durum, diğeri ise üreticinin fiyatları oluşturacak monopolistik güce sahip olduğu durumdur. Tam rekabet piyasasında fiyat savaşının oluşması satış fiyatlarının düşmesine neden olmaktadır. Yeni denge noktasında fiyatlar düşmekte, karlar ilk seviyesine geri dönmektedir. İkinci rebound etkisinin boyutu ürünün talep fiyat esnekliğine bağlı olmaktadır. Eğer talebin fiyatı inelastikse, satışlarda yükseliş oluşmamaktadır, yani rebound etkisi önemsizdir. Eğer talep elastikse- esnekse mallara yönelik talep ve böylece enerji kullanımı yükselecektir. Esnek talep durumunda, üreticiler üretimlerini Y^* 'den Y^{**} 'ye yükselteceklerdir. Yeni optimum noktası D, faktör bileşimi de (E_4, K_3) olacaktır. $E_4 \rightarrow E_1$ 'in olması ya da yeni denge

noktasındaki enerji kullanımının ilk durumdan daha yüksek olması bile muhtemeldir. Enerji etkinlik ilerlemeleri, teoride enerji kullanımının yükselmesine neden olabilmektedir. Ancak bu durumun gerçekleşmesi üretim fonksiyonunun şekline (Re=1: E_3-E_2) ve talebin fiyat esnekliğine (Re=2: E_4-E_3) bağlı olmaktadır. Açık bir şekilde görülmektedir ki fiyat esnekliği reboundun anlamlılığı ve boyutu açısından önemlidir. Yukarıdaki durum tam rekabet piyasası için açıklanmıştır. Eğer üretici monopolist ise, fiyatları değişmeden olduğu gibi bırakabilir, sermayesinin enerji etkinlik gelişmelerinin tüm kazancını elde nakit olarak tutabilir. Ekstra kârlar harcanmadığı sürece ikinci rebound etkisi sıfır olmaktadır (Berkhout vd., 2000: 427).

3.4.2. Dolaylı Rebound Etkisi

Dolaylı rebound etkisi, diğer mal ve hizmetlerin sağlanması için gerekli enerji ve enerji etkinliği gelişmelerden etkilenen tüketimle ilgilidir (Sorrell, 2007b: 1). Tüketiciler açısından, enerji hizmetlerinin düşük efektif fiyatları diğer mal ve hizmetlerin talebinde değişikliğe neden olacaktır. Daha ileri bir aşamada bu mal ve hizmetlerin karşılanmasında gerekli olan enerji toplam enerji tüketimi üzerinde dolaylı etkide bulunacaktır (Greening vd., 2000; Barker vd., 2009: 412). Dolaylı rebound etkisi, enerji hizmetleri efektif maliyetlerindeki düşüşün diğer mal ve hizmetler talebinde değişime neden olduğu ve bu hizmetlerin üretilmesinde de enerji gereksinimi olduğu imasından oluşmaktadır (Gonzalez, 2010: 2309). Bentzen (2004), Greening vd. (2000)'de de dolaylı etki ikincil etki olarak ifade edilmektedir. İkincil etki diğer mal ve hizmetler talebini etkileyen daha ileri boyutlu bir etkidir (Bentzen, 2004: 124). Tüketicilerin reel gelirlerinin yükselmesi ve firmaların çıktı maliyetlerinin düşmesi, enerji hizmetlerine yönelik anlık talebin yükselmesinin ötesinde etkilere sahiptir. Dolaylı/ İkincil etki sonucu talep yükselmesi yakıt tüketimini yükseltebilmekle birlikte, ekonomik büyümeye de neden olmaktadır (Greening vd., 2000: 391).

Dolaylı rebound etkisinin olduğu durumda, enerji etkinliği gelişmeleri tasarruflara yol açabilmekte ve bu tasarruflar ilave enerji kullanımını yaratabilecek

diğer üretim ya da hizmetlere harcanabilmektedir (Blok, 2007: 249; Bessec and Meritet : 2007, 123). Dolaylı etki durumunda tüketici, enerji etkinliği gelişmeleri sonucu tasarruf edilen parayla aynı enerji kaynaklarını kullanan diğer malları satın almayı seçebilmektedir. Örneğin daha etkin klimaya sahip olan bir kişi elektrik fiyatlarındaki düşüşlerden tasarruf ettiği parayı daha fazla elektronik mal satın almada kullanabilmektedir (Gottron, 2001: 2). Ya da motor yakıt tüketiminden sağlanan maliyet tasarrufları enerji gereksinimi olan diğer mal ve hizmetlere yönelebilmektedir. Örneğin yakıt etkin arabalardan elde edilen tasarruflar, sürücüler tarafından deniz aşırı uçuşlar gibi diğer enerji yoğun mallara ve hizmetlere yöneltilebilmektedir (Sorrell, 2007a: 1; Herring ve Sorrell, 2009: 3). Ya da dolaylı etki firmalar için bu etkin üretim sürecinde diğer (yakıt olmayan) faktör girdileri kullanımındaki artış şeklinde kendini gösterebilmektedir (Bentzen, 2004: 124).

Doğrudan rebound etkisi olmasa dahi (tüketiciler yakıt etkin arabalarını daha fazla sürmeyi tercih etmese de), belirli enerji hizmetlerinde, ekonomi genelinde enerji tüketimindeki azalmanın basit hesaplamaların öne sürdüğünden daha düşük olması dolaylı etkiler nedeniyle mümkün olabilmektedir (Herring ve Sorrell, 2009: 4).

Aşağıdaki tabloda dolaylı rebound etkisine neden olabilecek faktörler özetlenmiştir (Sorrell ve Herring, 2009: 5):

Tablo 3-4: Dolaylı Rebound Etkisi

<ul style="list-style-type: none"> • Enerji etkinliğini geliştirmek için kullanılan araç gereçlerin (örneğin ısı yalıtımı), imal edilmesi ve kurulması için enerjiye gereksinim vardır. Bu “oluşum (embodied) enerjisi” tüketimi amaçlanan enerji tasarrufunun bir kısmını dengeleyecektir.
<ul style="list-style-type: none"> • Tüketiciler enerji etkinliği gelişmelerinden sağladıkları maliyet tasarruflarını yine enerji gereksinimi olan diğer mal ve hizmetlerin satın alınmasında kullanabilir. Örneğin daha enerji verimli merkezi ısıtma sistemlerinden sağlanan maliyet tasarrufları deniz aşırı tatillerde kullanılabilir.
<ul style="list-style-type: none"> • Üreticiler enerji etkinliği gelişmelerinden sağladıkları maliyet tasarruflarını çıktıyı artırmak için kullanabilirler ve dolayısıyla temini için enerji gereken sermaye, emek ve girdilerin tüketimi yükselbilmektedir. Eğer enerji etkinliği gelişmeleri sektör genelinde ise, daha düşük üretim-ürün fiyatlarına, ilgili ürünlerin tüketiminin yükselmesine ve ilerde enerji tüketiminin yükselmesine neden olabilmektedir.
<ul style="list-style-type: none"> • Maliyet-etkin enerji etkinliği gelişmeleri ekonominin toplam verimliliğini yükseltecektir ve böyle ekonomik büyümeyi teşvik edecektir. Mal ve hizmetlerin tüketimlerinin yükselmesi enerji tüketimini yukarı doğru çekebilmektedir.
<ul style="list-style-type: none"> • Enerji talebindeki büyük ölçekli azalmalar daha düşük enerji fiyatları aracılığıyla enerji tüketiminin yükselmesini teşvik edecektir. Enerji fiyatlarındaki azalma aynı zamanda reel geliri yükseltecek ve böylece yatırımları teşvik edecek ve toplam çıktı ve enerji kullanımında ekstra bir güdü yaratacaktır.
<ul style="list-style-type: none"> • Hem enerji etkinliğindeki gelişmeler hem de ilgili enerji fiyatlarındaki azalmalar enerji-yoğun mal ve hizmetlerin maliyetlerini enerji- yoğun olmaya mallara göre daha çok azaltacak ve böylece tüketici talebini enerji-yoğun mal yönüne kaydıracaktır.

Kaynak: Sorrell ve Herring , 2009: 5.

Dolaylı rebound etkisini tüketiciler ve üreticiler açısından değerlendirmemiz mümkündür. Tüketiciler açısından enerji hizmetlerinin düşük efektif-etkin fiyatları diğer mal ve hizmetlerin talebinde değişikliklere neden olmaktadır. Bu mal ve hizmetlerin hazırlanması için gereksinim duyulan enerjinin, toplam enerji tüketimi üzerinde dolaylı etkisi olacaktır. Örneğin daha etkin ısıtma sisteminden sağlanan maliyet tasarrufları denizaşırı tatillerde kullanılabilir. Üreticiler açısından ise dolaylı etkiyi değerlendirdiğimizde, etkinlik gelişmeleri diğer üretim faktörlerine olan talebi değiştirmektedir. Aynı zamanda bir sektördeki düşük çıktı maliyeti ile diğer sektördeki girdi maliyeti düşebilmekte ve böylece ekonomi genelinde hem üretim hem de tüketim yükselmektedir. Örneğin çelik üretimindeki enerji etkinliği

gelişmeleri sonucu çeliğin fiyatının düşmesi ile sırasıyla araba fiyatları azaltmakta, araba talebi yükselmekte ve böylece benzin talebi yükselmektedir (Dimitropoulos ve Sorrell, 2006: 2; Sorrell ve Dimitropoulos, 2005: 6, Sorrell, 2007b: 1).

Dolaylı rebound etkisini iki gruba ayırmamız mümkündür (Sorrell , 2007b: 1):

- a) Oluşum-İçerilmiş Enerji ya da Dolaylı Enerji Tüketimi; enerji etkinliği gelişmelerinin sağlanması için gerekli olan enerji tüketimidir (örneğin termik-ısı yalıtımının üretimi ve kurulumu için gerekli olan enerji).
- b) İkincil Etki: Enerji etkinliği gelişmelerinin sonucu olarak gerçekleşen etkidir. Örneğin diğer mal ve hizmetler tüketimindeki artış ile ilgili olan enerji ile ilgili olan etkidir.

3.4.2.1. Tüketiciler Açısından Dolaylı Rebound Etkisi

Doğrudan rebound etkisi analizi, tüketicilerin sadece S ve Z gibi iki mal/hizmet arasında seçim yaptığı bir durumla sınırlandırılmıştır. Uygulamada ise, faydalı işin enerji maliyetindeki değişim çoklu mallar ve hizmetlerin (Z_k) talebini değiştirecektir. Bu malların ve hizmetlerin bazılarının tüketimi, enerji etkinliği gelişmelerini takiben düşebilmekte ya da bazılarının tüketimi yükselebilmektedir. Eğer ilk durum geçerli ise, S ve Z_i 'nin ikame olduğu, ikinci durum geçerli ise S ve Z_i 'nin tamamlayıcı olduğu söylenmektedir. Bu diğer malları ve hizmetleri genellikle tedarik için enerjiye gereksinim duyacaklardır ve enerji etkinliğindeki gelişmeler, doğrudan etkiye ilaveten toplam enerji talebi üzerinde dolaylı etkiye sahip olacaktır (Sorrell, 2007b: 14).

Tüketiciler açısından ikincil etkinin boyutu, toplam gelir ya da toplam harcamalar içinde enerji hizmetlerine harcanan paya bağlı olmaktadır. Eğer enerjinin bireysel tüketicilerin toplam harcamalarındaki görece payı küçükse, ikincil etki muhtemel olarak anlamsız olabilecektir. Enerji hizmetleri maliyetlerindeki düşüş sonucu, diğer mal ve hizmetlerin toplam harcamalarındaki görece yükseliş, enerji hizmetlerinin bütçedeki payının fiyat düşüşleri ile çarpımına eşittir. Bu nedenle ikincil yakıt kullanımındaki yükseliş (ikincil etki) kabaca; enerji hizmetlerinin

bütçedeki payı, enerji fiyatlarının düşen fiyatı, diğer mal ve hizmetlerin yakıt içeriğinin çarpımına eşittir (Greening vd., 2000: 391). Dolaylı rebound etkisinin temel belirleyicisi, gelir ve diğer fiyatlar sabitken, faydalı iş enerji maliyetindeki (P_s) oransal değişimi takiben, diğer mal ve hizmetler tüketimindeki (Z) oransal değişim oranıdır. Bu “çapraz fiyat esnekliği” şu şekilde tanımlanmaktadır (Sorrell, 2007b: 14):

$$\eta_{P_s}(Z) = \frac{\partial Z}{\partial P_s} \frac{P_s}{Z} \quad (3.19)$$

Yüksek bir (düşük) esneklik, fiyattaki değişime tepki olarak talepte büyük (düşük) değişikliğe neden olmaktadır. Geleneksel olarak, eğer çapraz fiyat esnekliği pozitifse mallar/hizmetlerin ikame mallar, eğer çapraz fiyat esnekliği negatifse mallar/hizmetlerin tamamlayıcı mal oldukları söylenir. Örneğin kamu taşımacılığı araba taşımacılığıyla doğrudan ikame iken, kamu taşımacılığı restoran yemeği ile doğrudan ikame değildir. Bundan dolayı çapraz fiyat esnekliğinin ilk durumda ikincisine göre daha yüksek olması beklenir (Sorrell, 2007b: 14).

$E(z)$, belirli bir hizmetteki Z_k (örneğin restoran yemeği) z miktarındaki tüketimle ilgili enerji tüketimini yansıtmaktadır. Bu durumda, enerji etkinliği gelişmelerini takiben, Z_k hizmeti ile ilgili enerji tüketimindeki dolaylı değişim şu şekilde verilmektedir (Sorrell, 2007b:14):

$$IND = E(Z_{k1}) - E(Z_{k2}) \quad (3.20)$$

Enerji tüketimindeki doğrudan değişimle birlikte enerji etkinliği gelişmelerini takiben enerji tüketimindeki dolaylı değişim pozitif olabileceği gibi negatif de olabilir. Ancak, doğrudan değişimin aksine, dolaylı değişimin işareti sadece Z talebinin yükselmesine ya da düşmesine bağlı olmaktadır. Z_k 'nin enerji yoğunluğunun değişmediği varsayılmaktadır.

Toplam rebound etkisi (REB_{id}), hem enerji hizmetleri için enerji tüketimindeki doğrudan değişimlerin hem de diğer hizmetlerdeki enerji tüketiminde dolaylı değişimlerin hesaba katılması ile şu şekilde verilmektedir (Sorrell, 2007b: 14)

$$REB = \frac{(E(S_1) - E^*(S_1)) - [(E(S_1) - E^*(S_2)) + E(Z_{k2}) - E(Z_{k1})]}{E(S_1) - E^*(S_1)} * \% 100 \quad (3.21)$$

$$REB = \frac{(E^*(S_2) - E^*(S_1)) + E(Z_{k2}) - E(Z_{k1})}{E(S_1) - E^*(S_1)} * \% 100 \quad (3.22)$$

Daha önceden elde edilen doğrudan rebound etkisi ile karşılaştırıldığında, bu eşitliğin payında ilave bir terim mevcuttur. Eğer $E(Z_{k2}) > E(Z_{k1})$ ise, enerji etkinliği gelişmelerinden sağlanan enerji tasarrufları azalacak ve “doğrudan+ dolaylı rebound etkisi” “doğrudan rebound etkisi”nden daha büyük olacaktır. Diğer taraftan $E(Z_{k2}) < E(Z_{k1})$ ise, enerji etkinliğindeki gelişmelerden sağlanan enerji tasarrufları yükselecek ve “doğrudan+dolaylı rebound etkisi” “doğrudan etki”den küçük olacaktır. Eğer Z_k talebi yükselirse ($Z_{k2} > Z_{k1}$), doğrudan rebound etkisi dolaylı rebound etkisi tarafından artırılabilecektir. Eğer Z_k talebi düşerse ($Z_{k2} < Z_{k1}$) doğrudan rebound etkisi dolaylı rebound etkisi tarafından dengelenecektir. Z_k talebi ikame etkisinin sonucunda her zaman düşecektir. Z_k talebinin yükseleceği tek durum, Z_k için gelir etkisinin ikame etkisini dengeleyecek kadar büyük olmasıdır (Sorrell, 2007b: 15).

Belirli bir enerji hizmetinde sağlanan enerji etkinliğindeki gelişmelerin diğer mal ve hizmetlerin talebini etkilemesi beklenebilmektedir. Eğer toplamda K hizmet varsa, rebound etkisi; hem S enerji hizmetinin enerji tüketimindeki doğrudan değişim hem de tüm diğer hizmetlerin Z_k (REB_{id}) enerji tüketimindeki dolaylı değişimlerinin hesaplanması ile elde edilir ve şu şekilde ifade edilmektedir (Sorrell, 2007b: 15):

$$REB_{td} = \frac{(E^*(S_2) - E^*(S_1)) + [\sum_{k=1}^K E(Z_{k2}) - E(Z_{k1})]}{E(S_1) - E^*(S_1)} * \% 100 \quad (3.23)$$

Her bir bireysel hizmet Z_k için, talepteki değişme ($Z_{k2}-Z_{k1}$) çapraz fiyat esnekliği tarafından belirlenirken; enerji tüketimindeki dolaylı etki, çapraz fiyat esnekliği ve ilgili enerji yoğunluğu ($E(Z)$) bileşimi tarafından belirlenecektir. Ancak bu verilerin sağlanması zor olabilmektedir. Sonuç olarak toplam rebound etkisi bireysel durumlara göre özeldir ve ampirik olarak tahmin edilmesi oldukça zor görülmektedir (Sorrell, 2007b: 15).

3.4.3. Ekonomi Genelinde Rebound Etkisi

Ekonomi genelinde rebound etkisi hem tüketici hem de üreticiyi etkileyen ve ekonominin diğer piyasalardaki ileri adaptasyonlar ile ilgili olan etkidir (Bentzen, 2004: 125). Greening vd (2000)'de ekonomi genelinde etki aynı zamanda fiyat ve miktar uyumları olarak nitelendirilmektedir. Ekonomi genelindeki etki hem doğrudan hem de ikincil etkinin, teknolojiye uyarlanmış değişimlerin etkili olduğu yakıt birimi başına efektif fiyatlara tepki vermesidir (Greening vd., 2000: 391). Enerji etkinliği gelişmeleri aynı zamanda enerji tüketimini yükselterek ekonomik büyümeye neden olabilmektedir (Greening vd., 2000; Barker vd., 2009: 412).

Bireysel enerji etkinliği gelişmelerinden kaynaklanan dolaylı rebound etkisi görece olarak küçük olabilmektedir. Ancak ekonomi genelinde çeşitli sayıdaki enerji etkinliği gelişmelerinin kümülatif etkisi daha büyük olabilmektedir (Sorrell ve Dimitropoulos, 2005: 6) Enerji hizmetlerinde reel fiyatlardaki düşüşler, enerji yoğun mallardaki bir dizi fiyat ve miktar uyumları ve daha az enerji yoğun mal harcamalarından dolayı sektörlerin elde ettiği kazançlar aracılığıyla ekonomi genelinde ara ve nihai mal fiyatlarında azalmalara neden olabilmektedir. Enerji etkinliğindeki gelişmeler aynı zamanda enerji fiyatlarını düşürebilmekte ve enerji tüketimini artıracak olan ekonomik büyümeyi yükseltebilmektedir. Uygulamada enerji etkinliği gelişmelerinin enerji fiyatlarını azaltması beklenebilir ve bu sırasıyla toplam talebi ve enerji tüketimini yükseltebilir (Dimitropoulos ve Sorrell, 2006: 2; Sorrell ve Dimitropoulos, 2005: 6).

Sorrell (2007)'de ekonomi genelinde rebound etkisi doğrudan ve dolaylı rebound etkisinin toplamı olarak ifade edilmekte ve enerji etkinliği gelişmelerinden

kaynaklanan beklenen enerji tasarruflarının yüzdesi olarak belirtilmektedir. Bundan dolayı ekonomi genelinde rebound etkisinin %20 olması, potansiyel enerji tasarruflarının %20'sinin, belirtilen etkilerden bir ya da daha fazlası tarafından “geri alınacağı” anlamına gelmektedir. Rebound etkisinin %100 olması, beklenen enerji tasarruflarının tamamıyla dengelendiği, net tasarrufların sıfır olduğu anlamına gelmektedir (Sorrell, 2007b: 1; Sorrell, 2007a: 1 ; Herring ve Sorrell, 2009: 4). Fiyatlardaki efektif düşüşlerin sonucu yakıt etkinliğinde ve yakıt tüketiminde yükselişlere tepki olarak brüt çıktıdaki yükselişler, ekonomi genelindeki seviyede rebound olgusunun ölçülmesinde gösterge olarak kullanılmaktadır (Greening vd., 2000: 390).

3.4.4. Dönüşümsel Etki

Enerji hizmetlerinin düşük maliyetlerinin uzun dönemdeki en büyük etkisi, ekonomide yenilik ve teknolojik değişimin yönü ve hızı üzerine olmaktadır. Düşük enerji olanaklarının hesaba katılması ile birlikte yeni mal ve hizmetler gündeme gelmekte ve etkinlik gelişmeleri tarafından satın alınan işlem maliyetlerindeki devam eden düşüş ile daha büyük piyasalar yaratılmaktadır (Herring, 2008: 1). Teknolojik değişimler; tüketici tercihlerini değiştirme, sosyal kurumlarda değişiklik yapma, üretim organizasyonunda yeniden düzenleme yapma gibi etkilere sahiptirler (Greening vd., 2000: 391).

Teknik değişme nedeniyle enerji tüketiminde ve enerji etkinliğindeki geniş çapta yükselişlere verilebilecek bir örnek 1920-1995 döneminde Büyük Britanya’da kamu aydınlatması örneğidir. İstatistikler, kamu aydınlatması elektrik tüketiminde yaklaşık 30 kat, ampul etkinliğinde 20 kat yükselme göstermektedir. Tüketimdeki ve etkinlikteki bu yükselmenin net sonucu, 1920’den beri, mil başına lümen terimiyle aydınlatma yoğunluğunun 400 kat ve 1960’tan beri 4 kat yükselmesidir. Aynı dönem boyunca, enerji yoğunluğu 1960’tan beri %250’lik yükselmeyle 25 kat yükselmiştir. Bu sonuçlardan görülmektedir ki ampul etkinliğindeki muazzam yükselme, daha düşük enerji tüketimi formuna dönmemiş, daha yüksek hizmetler formuna dönmüştür. 1960’dan 1980’e kadar tüketimdeki hızlı bir büyümeye ve

ampul etkinliğinde %50 yükselişe rağmen, 1990'lı yıllarda hem tüketim hem de etkinlik yatay bir seyir almıştır. Bu tekniksel değişim sürecine, tüketici maliyetlerini düşürmek ve yeni kitlesel piyasalar yaratmak amacıyla sürekli enerji etkinliği gelişimlerini arayan imalatçılar destek olmuştur. 20yy.'de en büyük tüketim genişlemesi (elektrik), elektrik fiyatlarındaki sürekli düşüş tarafından yükselmiş, üretim etkinliğindeki yaklaşık 10 kat yükseliş yeni elektrikli malların ve hizmetlerin (1900'larda elektrik aydınlatması, 1930'larda yurt içi dondurucular, 1950'lilerde TV, 1980'lerde mikrodalga ve videolar, 1990'larda bilgisayar ve internet) gelişimini teşvik etmiştir (Herring, 2008: 1).

Greening vd. (2000)'de potansiyel etkiler, dönüşümsel etkiler olarak nitelendirilmektedir. Ancak Greening vd. (2000)'e göre bu etkilerin, hangisinin daha az ya da daha çok enerji tüketimi ile sonuçlanacağı tahmin edilmesi için geniş kapsamlı bir teori mevcut değildir. Yakıt etkinliğindeki gelişmeler değişmektedir ve insan faaliyetlerini değiştirmeye devam etmektedir. Bir çok teknolojik ilerleme, yakıt etkinliğindeki gelişmelere ilaveten zaman bölüşümünde de değişmelerle sonuçlanmaktadır. Bu ise emek gücü katılım oranlarında ve iş yapısında değişimler olarak yansımaktadır. Bu etkilerin belirlenmesi ve hesaplanması, sıklıkla yakıt ve dayanıklı mal tüketimi, demografik ayrıntılar, zaman kullanımı ve harcama günlükleri ile ilgili zaman serisi veri eksikliği nedeniyle zor olmaktadır (Greening vd., 2000: 391).

Yukarıda açıklamaya çalıştığımız gibi rebound etkisi farklı biçimlerde oluşabilmektedir. Bu nedenle Rebound Etkisi kolay bir şekilde fark edilemeyebilmektedir. Rebound Etkisi'ne yönelik literatür farklı terminolojilerle Rebound Etkisi'nin çeşitli sınıflandırmalarını sunmaktadır. Aşağıdaki tabloda rebound mekanizması bir bütün halinde özetlenmeye çalışılmıştır (Van den Bergh, 2011: 46-47):

Tablo 3-5: Rebound Etkisi Mekanizmasının Geçiş Yolları

1) Daha yüksek enerji etkinliği sonucu düşük efektif enerji maliyetleri nedeniyle cari tüketiciler tarafından enerji-tüketim araçlarının daha yoğun kullanılması, (Sorrell (2007) tarafından bu etki doğrudan etki olarak adlandırılmaktadır).
2) Daha büyük birimlerde ya da daha fazla fonksiyon/hizmet birimlerinin satın alınması ve bunun sonucu daha fazla enerji kullanılması (örneğin klimalı arabalar vs)
3) Enerji koruma kaynaklı finansal tasarrufların diğer enerji yoğun mal ve hizmetlere tekrar harcanması (gelir etkisi)
4) Göreli enerji yoğun mallara hem mevcut hem de yeni kullanıcılar tarafından ekstra bir talebin oluşması. Eğer ilk enerji tasarrufları çok geniş olursa enerji fiyatları ve enerji yoğun malların fiyatları düşer. Aletlerin enerji etkinliği gelişmeleri kalite gelişimi ile birlikte devam edebilmektedir ve bu tüketicilerin ya da üreticilerin satın alma kararlarını etkileyebilmektedir.
5) Üretim zinciri ya da hayat döngüsü evresinin bir sürecindeki değişim (ham madde çıkarımı, üretim/ imalat, ürün kullanımı, atık işleme ve yeniden dönüşüm), daha sonraki bir evredeki enerji kullanımını ve daha sonra tüm zincirdeki enerji kullanımını etkileyebilmektedir.
6) Yüksek enerji etkinliği üretimdeki girdi bileşiminde, (enerji, sermaye, emek, hammadde), ikame ve/veya tamamlayıcılık nedeniyle değişikliğe neden olabilmektedir
7) Yükselen enerji etkinliği nedeniyle toplam verimlilik ve üretim çıktısında bir yükselme. Bu sırasıyla daha fazla talep, yatırım ve taşımacılık talebi yaratacaktır ve daha fazla (dolaylı) enerji kullanımına neden olmaktadır. Schurr (1985), enerji etkinliği gelişmelerinden kaynaklanan verimlilik yükselişleri etkisinin, bazen daha yüksek kaliteli yakıtta doğru değişim ile birlikte devam ettiğini vurgulamaktadır (özellikle elektrik ve petrol ve gaz gibi akar yakıt).
8) Etkinlik ve bunun sonucu efektif enerji fiyatlarındaki değişim nedeniyle ürün, faktör ve finansal piyasalar arasında bütünleşme. Sonuç olarak üretim ve tüketim, navlun ve yolcu taşımacılığı ve yatırımların kompozisyonu, enerji kullanımı açısından etkilenecektir. Bu durum tipik olarak genel denge ya da makroekonomik etki olarak görülebilir.
9) Uluslararası ticaret, etkinlik değişimlerinin yeniden yerleşmesi ve enerjinin efektif fiyatları, bunlar ticari malların göreli fiyatlarını değiştirerek sırasıyla karşılaştırmalı üstünlükleri etkilemektedir. Yeniden tahsis taşımacılık akımlarını değiştirmekte ve eskilerin yıkımına, yeni tesislerin ve altyapıların yapımına neden olmaktadır. Tüm bunlar enerji kullanımını ima etmektedir.
10) Sermaye yatırımlarının ve enerji maliyetlerinde kümülatif değişim etkileri; üretim çıktıları ve verimlilik üzerinde enerji kullanımını etkileyecek uzun dönemli etkiler anlamına gelmektedir.
11) Enerji maliyetlerindeki değişime tepki olarak öğrenme ve ar-ge yatırımları aracılığıyla teknolojik yenilik ve yayılma etkileri oluşacaktır. Bu ise uzun dönemde enerji kullanımı anlamına gelen, farklı enerji kullanım özellikleri ile işlem ve üretimin

mümkün spektrumunu değiştirecektir.
12) Enerji maliyetlerindeki değişimler ve teknolojiadaki, ürünlerdeki ve hizmetlerdeki değişimler (4. 8. ve 11. mekanizmalar), tercihlerde değişimi teşvik edebilir. Bu sırayla talebi ve böylece enerji kullanımını etkileyecektir.
13) Tüketici ya da üretici tarafından daha etkin aygıt kullanma ve satın almayı içeren herhangi bir enerji koruma stratejisi, bu aygıtlarda oluşum enerjisi aracılığıyla dolaylı enerji kullanım etkisi yaratacaktır (örneğin bu aygıtı üretmek için doğrudan ve dolaylı ihtiyaç duyulan tüm enerji)
14) Tekniksel araçların enerji etkinliği gelişmeleri ile birlikte devam eden zaman tasarrufları, bireylerin daha fazla uygun zamana sahip olacakları ve bu zamanı enerji kullanan faaliyetler üzerinde harcayacakları anlamına gelebilmektedir.

Kaynak: Van den Bergh, 2011: 47-48.

3.5. Khazzoom-Brookes Önermesi

Khazzoom- Brookes önermesi ilk olarak 1992 yılında Harry Saunders tarafından öne sürülmüştür. Enerji etkinliğinin daha yüksek enerji tüketimine neden olacağı, Harry Saunders (1992) tarafından Khazzom- Brookes Önermesi olarak adlandırılmıştır. Çünkü bu soru ilk olarak Len Brookes (1979) ve Daniel Khazzoom (1980) tarafından tartışılmaya başlanmıştır.

Hanehalkı araç-gereçleri ile ilgili olarak ve pozitif talep fiyat esnekliği varsayımı altında Khazzoom's “ ...araç-gereç etkinliğindeki değişmelerin fiyat içeriği olduğunu...etkinlik yükselmeleri ile birlikte malların efektif fiyatlarında bir düşüş meydana geldiğini, talebin hareketsiz kalmadığı.., yükselme eğiliminde olduğu” vurgulanmaktadır. Örneğin daha yakıt etkin araba, kişilerin daha fazla araba sürmesine olanak sağlamaktadır (Khazzoom, 1980: 22-23)

Khazzoom (1980)'de geri besleme sorununa yer verilmektedir. Yüksek araç-gereç etkinliği etkilerinin tahmini Khazzoom'a göre mekaniksel olmaktadır. Bu tahminlere göre, araç-gereç etkinliğinin iki kat yükselmesi o alandaki nihai kullanım için elektrik talebini yarıya, etkinliğin üç katına çıkması o alandaki nihai kullanım talebini üçte bir düşürecektir. Bu durumun doğru olduğu varsayıldığında, örneğin araba etkinliği üç katına çıktığında, eski seyahat talebini karşılamak için gerekli yakıt miktarı eski durumda kullanılanın üçte birine düşmektedir. Bu sayede bir fiyatına üç

mil daha seyahat edilebilmektedir. Bu ise yakıtın fiyatının eski fiyatının üçte birine düştüğü anlamına gelmektedir. Talep fiyat esnekliği sıfır olmadığı müddetçe düşük yakıt fiyatları, üstü kapalı olarak yüksek araba etkinliği, seyahat talebi üzerinde yukarı doğru bir baskı ortaya koyacaktır. Bu baskı kısmi olarak, tam olarak ya da daha fazla olarak, gelişen araba etkinliği mühendislik etkisinden kaynaklanan yakıt tasarrufunu dengeleyebilmektedir. Tüm bunlar fiyat esnekliğinin boyutuna bağlı olmaktadır. Khazzoom (1980)'e göre etkinlik gelişmelerinin mühendislik etkisi (yakıt tüketiminin eski kullanımının üçte birine düşmesi), daha etkin araba kullanılır kullanılmaz meydana gelirken, geri besleme etkisi kaynaklı tasarrufların aşınması, fiyat etkisinin uzun zamana dağılması nedeniyle kademeli olarak gerçekleşmektedir. Genel olarak talep azalması tahminlerinin geri besleme etkisini dikkate almadığı söylenebilir (Khazzoom, 1980; Khazzoom, 1987: 86). Etkinlik yükselmesi hizmetin (ya da mal) efektif fiyatını düşürmektedir. Düşük efektif fiyatlar sonucu talep yükselecektir. Araç-gereç etkinlik gelişmelerinin etkisi de benzer şekilde analiz edilmektedir. Doğrusal ve çarpımsal talep fonksiyonunun geçerli olduğu durumda;

$$e \geq \eta - 1 \quad (3.24)$$

burada “e”, araç-gereç etkinliği ile ilgili elektirik talep esnekliğini göstermektedir. “ η ”, talep kendi fiyat esnekliğinin mutlak değerini göstermektedir. Uygulamada en çok doğrusal ve çarpımsal talep fonksiyonu ile karşılaşılmaktadır. (3.24) nolu ifade e ve η arasındaki en genel ilişkiyi ifade etmektedir. Khazzoom tarafından \geq ifadesinden ziyade = ifadesi kullanımda tercih edilmektedir. η 'in sıfır olduğunu varsaydığımız durumda $e = -1$ olur. Bu durumda hiçbir geri besleme etkisi oluşmamaktadır ve sonuç olarak araç-gereç etkinliğinden tam fayda elde edilmektedir (Khazzoom, 1987: 87).

3.5.1. Temel Khazzoom Eşitliği

Khazzoom'un orjinal rebound etkisi yaklaşımı tek bir mal örneği için çıkarılmaktadır (Khazzoom, 1980). Tek bir mal ise enerji hizmetidir. P enerji hizmeti fiyatını göstermektedir. Fiyat P, P_E/ε 'ye eşittir. P_E enerji fiyatını, ε ise araç-gerecin enerji etkinliğini göstermektedir. Bu talep eğrisinde gelir ve diğer malların fiyatları

dikkate alınmamaktadır (Berkhout vd., 2000: 428). Belirli bir enerji hizmeti için doğrudan rebound etkisinin ölçülmesinde en genel kullanılan tanımlama şu şekildedir (Khazzoom, 1980: 31; Berkhout vd., 2000: 429; Dimitropoulos ve Sorrell 2006; Sorrell, 2007; Gonzales, 2010: 2311):

$$\Omega_e(E) = \Omega_e(S) - 1 \quad (3.25)$$

$\Omega_e(E)$ enerji talebi etkinlik esnekliği; $\Omega_e(S)$ ise enerji hizmetleri için faydalı işler talep enerji etkinlik esnekliğini göstermektedir. Enerji hizmetleri için faydalı işler talep enerji etkinlik esnekliği sadece sıfır olduğunda ($\Omega_e(S)=0$), enerji etkinliği gelişmelerinden kaynaklı enerji tasarrufları matematiksel modellere dayanarak tahmin edilecektir. Bu durumda enerji talep etkinlik esnekliği -1'e eşit olmak zorundadır ($\Omega_e(E)=-1$). $\Omega_e(S)>0$ pozitif bir rebound etkisi ve bu ise $|\Omega_e(E)|<1$ anlamına gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında $\Omega_e(S)>1$ olduğu bir durumda talep esnek ve "backfire" durumuna örnektir (Saunders, 1992; Gonzales, 2010: 2311-2312). Bazı enerji hizmetlerinde, enerji talebinin ve enerji hizmetleri talebinin enerji etkinliği değişmelerine verdiği tepki doğrudan ölçülemeyebilmektedir. Ancak rebound etkisi tablo 3-6'da verilen bir ya da daha fazla fiyat esneklikleri ile dolaylı olarak ölçülebilmektedir. Etkinlik esnekliği ve fiyat esnekliği arasındaki ilişki ilk olarak Khazzoom (1980) tarafından elde edilmiştir. Bu ilişkinin belirli bir özelliği, rebound etkisi ile ilgili ampirik bazı tahminlerin bu ilişkiye dayandırılmasıdır (UKERCH, 2007: 1):

Tablo 3-6: Rebound Etkisinin Tahmini ile İlgili Fiyat Esneklikleri Ölçümü

*Enerji hizmetlerinin birim maliyeti (P_S) ile ilgili enerji hizmetleri talep (S) esnekliği ;
$\eta_{P_S}(S) = \frac{\partial S}{\partial P_S} \frac{P_S}{S}$
*Enerji fiyatları (P_E) ile ilgili enerji hizmetleri talep (S) esnekliği ;
$\eta_{P_E}(S) = \frac{\partial S}{\partial P_E} \frac{P_E}{S}$
*Enerji hizmetleri birim maliyeti (P_S) ile ilgili enerji talep (E) esnekliği;
$\eta_{P_S}(E) = \frac{\partial E}{\partial P_S} \frac{P_S}{E}$
*Enerji fiyatları (P_E) ile ilgili enerji talep (E) esnekliği;
$\eta_{P_E}(E) = \frac{\partial E}{\partial P_E} \frac{P_E}{E}$

Kaynak: UKERCH, 2007 : 1.

Khazzoom (1980), etkinlikle ilgili enerji talep esnekliği ($\eta_\varepsilon(E)$) ve enerji hizmetinin birim maliyeti ile ilgili enerji hizmeti talep esnekliği ($\eta_{P_S}(S)$) arasında ilişki elde etmiştir. Bu ilişkide iki önemli basitleyici varsayım gerçekleştirilmiştir (UKERCH, 2007: 2): Bu varsayımlardan ilki ilgili dönüşüm araç –grecin sermaye maliyeti, araç-gereçlerin enerji etkinliğine bağlı olmamaktadır ($\partial K/\partial P_E = 0$); ikinci varsayım ilgili dönüşüm araç grecinin enerji etkinliği enerji fiyatlarına bağlı olmamaktadır ($\partial \varepsilon/\partial P_E = 0$). Bu varsayımlar dahilinde enerji hizmetinin toplam maliyeti (P_S), enerji hizmetlerinin enerji maliyeti aracılığıyla sadece enerji etkinliği ile ilişkili hale gelmektedir ve (P_E/ε) ile ifade edilmektedir (UKERCH, 2007: 2):

$$E = \frac{S(P_S)}{\varepsilon} \text{ olduğunu hatırlarsak} \quad (3.26)$$

Etkinlikle ilgili enerji talebi esnekliği $\eta_\varepsilon(E)$; $\left(\frac{\partial E}{\partial \varepsilon} \frac{\varepsilon}{E}\right)$ şu şekilde elde edilebilir (UKERCH, 2007: 2):

$$\frac{\partial E}{\partial \varepsilon} \frac{\varepsilon}{E} = \frac{\varepsilon}{E} \left[-\frac{S(P_S)}{\varepsilon^2} + \frac{\partial S(P_S)}{\partial P_S} \frac{\partial P_S}{\partial \varepsilon} \right] \quad (3.27)$$

$$= \frac{\varepsilon}{E} \left[-\frac{S(P_S)}{\varepsilon^2} - \frac{1}{\varepsilon} \frac{P_E}{\varepsilon^2} \frac{\partial S(P_S)}{\partial P_S} \right] \quad (3.28)$$

$$= -\frac{S(P_S)}{\varepsilon E} - \frac{P_E}{\varepsilon^2 E} \frac{\partial S(P_S)}{\partial P_S} \quad (3.29)$$

$$= -1 - \frac{P_E / \varepsilon}{\varepsilon E} \frac{\partial S(P_S)}{\partial P_S} = -1 - \frac{P_S}{S} \frac{\partial S(P_S)}{\partial P_S} \quad (3.30)$$

$$\text{Ya da } \eta_\varepsilon (E) = -\eta_{P_S} (S) - 1 \quad (3.31)$$

Bu eşitlik “Khazzoom Eşitliği” olarak adlandırılmaktadır. Eşitliğe göre, *etkinlikle ilgili enerji talep esnekliği, eksi enerji hizmetlerinin birim maliyeti ile ilgili enerji hizmet talep esnekliği eksi birdir.* Diğer bir ifadeyle Khazzom eşitliği, bize enerjinin talep etkinlik esnekliğinin, eksi enerji hizmetleri talep fiyat esnekliği eksi bire eşit olduğunu ifade etmektedir. Eksi bir mühendisler tarafından tahmin edilen enerji koruma potansiyeline karşılık gelmektedir. Bunun bir kısmı, normal koşullar altında negatif olacak enerji hizmetleri talep fiyat esnekliği tarafından dengelenmektedir (Berkhout vd., 2000: 429) . 3.31 nolu tanımlama iki varsayıma dayanmaktadır 1) Simetri: Tüketiciler, enerji fiyatlarındaki düşüşle, enerji etkinliği gelişmelerine aynı şekilde tepki vermektedir 2) Dışsallık: Enerji etkinliği gelişmeleri enerji fiyatlarındaki değişim tarafından etkilenmemektedir ($\mathcal{N}_{PE}(\varepsilon)=0$). Simetri varsayımı, doğrudan rebound etkisinin fiyat esneklikleri yoluyla tahmin etmede temel varsayımdır. Fiyatlardaki doğrudan değişim etkinlik gelişmeleri etkisinden daha kavranabilir ve anlaşılabilir (Gonzales, 2010: 2312).

$\eta_{P_S} (S) < 0$ 'nin olduğu beklenebilir, böylece hizmetlerin birim fiyatı yükseldiği zaman enerji hizmetlerinin talebi düşmektedir. $\eta_{P_S} (S)$ sıfırdan farklı olduğu sürece etkinlik gelişmelerinden sağlanan enerji tasarrufları beklenen mühendislik

hesaplamalarından düşük olacaktır ($\eta_e(E) > -1$). Tipik olarak, $0 > \eta_{P_s}(S) > -1$ 'dir. Eğer $\eta_{P_s}(S) < -1$ ise backfire oluşmaktadır. Khazzoom eşitliği enerji hizmetleri fiyatlarıyla ilgili enerji hizmetler talep esnekliğini, enerji verimliliği ile ilgili enerji hizmetleri talep esnekliğinin yerine kullanmaktadır (UKERCH, 2007: 2-3).

Khazzoom eşitliği rebound etkisi ile ilgili çok sayıda ampirik çalışmaya temel sağlamaktadır. Örneğin, Greene (1992)'de ABD'nin yolcu taşıması için rebound etkisini; ABD araba grubu tarafından seyahat edilen yıllık araç mili (S bağımlı değişken) verisi ile mil başına yakıt maliyeti (P_s bağımsız değişken) verisini bütünleştirerek tahmin etmiştir. Yolcu taşıma örneklerinde araç kilometre sürülme mesafesi, hizmet talebinin ölçüsü olarak alınabilmektedir. Bu örnekte, Khazzoom eşitliği, araç yakıt verimliliği ile ilgili benzin talep esnekliği, eksi kilometre başına toplam maliyet ile ilgili araç kilometre esnekliği eksi bire eşittir. Bu hesaplamalar araç kilometresi (S) ve kilometre başına maliyet (P_s) arasındaki ilişki ile ilgili verilerle elde edilebilmekte ve sırasıyla benzin fiyatlarına ve araçların yakıt etkinliğine (P_E/ϵ) bağlı olmaktadır (UKERCH, 2007: 3). Aygıt etkinliği ve enerji fiyatlarına odaklanıldığında şu sonuç çıkartılabilir: “ kendi aygıt etkinliği ile ilgili nihai-kullanım enerji talep esnekliği, 1 ile enerji fiyatları ile ilgili nihai kullanım enerji talep esnekliğinin toplamının negatifine eşittir”. Örneğin belirli bir nihai-kullanımının elektrik talebi, -0.7 fiyat esnekliğine sahip olduğu zaman, bu aygıt verimliliği ile ilgili nihai-kullanım talep esnekliği $-(-0.7+1)=-0.3$ 'tür. Benzer şekilde nihai-kullanım talebinin fiyat esnekliği -1.2 ise, bu aygıtın kendi verimlilik ile ilgili nihai-kullanım enerji talep esnekliği $-(-1.2+1)=+0.2$ 'dir. Bu nihai-kullanım için aygıt verimliliğindeki bir yükselişin, verimlilik gelişmelerinin olmadığı bir duruma göre, talepte net bir yükselişe neden olacağı anlamına gelmektedir (Khazzomm, 1980: 31).

Araba için gaz-benzin fiyat esnekliğinin -0.10 olduğunu varsayalım, bu durumda eğer arabanın etkinliği %1 oranında geliştirilirse, yakıt talebi %0.9 düşmektedir. Rebound etkisi %10 eşittir. Ancak, eğer esneklik -1.10 ise, bu durumda verimlilik gelişmeleri enerji talebinde %0.1'lik yükselişe neden olmaktadır. Toplam

enerji kullanımının düşmesi ya da yükselmesi tüketicilerin tercihlerine ve ikame ve tamamlayıcı malların enerji yoğunluklarına bağlı olmaktadır. Khazoom'un eşitliğine göre rebound etkisi ve fiyat esneklikleri yakından ilişkili olmaktadır. Yüksek fiyat esneklikleri geniş bir rebound etkisine karşılık gelmektedir (Berkhout vd., 2000: 429; UKERCH, 2007: 3).

3.6. Lovins'in Khazoom'a Yönelik Eleştirisi

Lovins (1988)'de Khazoom (1980,1987, 1989)'a yönelik eleştiriler yer almaktadır. Lovins (1985)'de Lovins'in talepte yer alan rebound hakkındaki genel sonuçları “ prensip olarak... muhafazakar olmayan bir kaynak olabilir, ancak genelde anlamlı bir durum değildir ... ve genellikle nihai kullanım talebindeki belirsizliklerden daha küçüktür” şeklinde ifade edilmektedir. Temel bir sayısal örnek, teoriksel bir maksimum reboundun olasılıkla “sadece yaklaşık %2 olduğu- net elektrik tasarruflarının yaklaşık %98 brüt tasarruflar gibi büyük olacağını” göstermektedir (Lovins, 1988: 155).

Lovins (1988)'de Rebound Etkisine yönelik eleştiriler konusunda ilk olarak fiziksel doymuşluk üzerinde durulmuştur. İnsanlar gün içerisinde uyanık kalma sürelerinden daha fazla saat/süre TV izleme, temiz olan çamaşırları ve bulaşıkları yeniden yıkama, 68 derecede komfora sahipken yazın termostatı 50 F⁰ kurma, ev konforu klima olmadan sağlanıyorsa klima alma ihtimalleri yoktur. Normal koşullarda insanlar tasarruftan elde ettikleri daha fazla parayı limit olmadan daha fazla elektririk satın alacak şekilde kullanmaları durumu ya da evlerin konforsuz, ofislerin çok karanlık ya da fabrikaların güçsüz olduğu durumlarda değildir (Lovins, 1988: 156). Goldstein ve Watson'a göre tüketicilerin buzdolapları daha etkin diye daha çok enerji kullanacaklarını tartışmak güçtür. Buzdolabında enerji tüketiminin yükselmesinin tek yolu depolama sıcaklığının düşürülmesi ya da kapısının daha sık açılmasıdır. Tüketici daha büyük ve daha fazla enerji tüketen araç da satın alabilir. Ancak,...ilk maliyet esnekliği, Khazoom'un dikkate almadığı, reboundu etkisini altına alacaktır. Bu rebound etkisi aynı zamanda tüketicilerin daha büyük araç-gereci tercih edeceği ve daha büyük birimin daha fazla enerji tüketeceği

varsayımına bağlı olmaktadır (Lovins, 1988: 157). İkinci bir husus hanehalkının, enerji tasarrufuna neden olan araç-gereç ayrımını yapabilmesi ve/veya yapamamasıdır. İnsanlar genel olarak sadece termal konfor için ya da termal konfor sağlayacak elektrik kullanımı için fatura ödememektedir. Bunun yerine ayın sonunda toplam elektrik tüketimleri için fatura ödemektedirler. Tüketicilerin faturalarını bireysel bileşenlerine ayırma ve mevcut araç-gereç hizmetleri seviyelerini sağlayan gerçek maliyetleri bilme gibi bir imkanları mevcut değildir. Piyasa teorileri mükemmel bilgi varsayımında çalışmaktadır. Ancak bu durumda tüketiciler yaklaşık olarak sıfır bilgiye sahiptirler . Lovins (1988)'de Rebound Etkisi'nin fiyat etkisinden daha çok tepki seviyesinin şiddetli bir şekilde düşüşüne neden olacak gelir etkisi olduğu belirtilmektedir (Lovins, 1988: 157-158). Diğer bir husus Lovins'e göre Khazzoom tartışmasının özündeki çifte-hesaplama durumudur. Bu durum Lovins (1985)'te şu şekilde özetlenmiştir “mühendislik hesaplamalarından tahmin edilen tasarruflar ve hedeflenen fiili tasarruflar arasındaki fark uzun dönemle ilişkilidir. Gözlemlenen elektrik talep fiyat esnekliği fiili elektrik fiyatlarına ve tüketimine dayanmakta ve tüketim verileri zaten bazı etkilerden (rebound) oluşmaktadır. Büyük mutlak değerli elektririk talep kendi fiyat esnekliği uzun dönemli gözlemleri, rebound etkisinin büyük olduğu iddalarını çürütmektedir (Aktaran: Lovins, 1988: 158). Diğer bir husus, “take-back”’in etkinlik gelişmeleri olmadan da potansiyel olarak var olabileceği yönündedir. Enerji etkinliğinin olmadığı evlerde yaşayan insanlarda, daha etkin evlerde yaşayanlar gibi termostat ayarlarını daha yüksek konfora ayarlayabilirler. Lovin's (1988)'e göre, aygıt etkinliğindeki, (buzdolabı, televizyon, araba) güçlü ve sürekli gelişmeler enerji kullanımlarındaki büyük azalmalarla ilişkilidir. Örneğin 1971-1983 döneminde yeni çamaşır makinalarının, bulaşık makinalarının, buzdolaplarının ve dondurucuların ortalama verimliliği yaklaşık %54-%66 gelişmiştir ve her bir nihai-kullanım modelleri alanlarında geçerli, birim tüketimlerinde sabit ya da düşen durumlar göstermiştir (Lovins, 1988: 160).

Khazzoom (1989)'da Lovins (1988)'de yapılan eleştirilere cevap verilmiştir. İlk olarak 1972-1983 yıllarında yeni çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, buzdolabı, dondurucu gibi araç-gereçlerin ortalama verimliliklerinin %54-%66 yükseldiği ve

tüketim biriminin sabit kaldığı ya da düştüğü konusunda Khazzoom (1989), tüketim birimi başına sabit kalmanın anlamını, ceteris paribus, geri besleme etkisinin çok büyük olması nedeniyle etkinlik gelişmelerinden sağlanan tasarrufların tümünün yok edildiği şeklinde belirtmektedir. İkinci olarak Lovins (1988)'de “geri alınma”nın etkinlik gelişmeleri olmadan da potansiyel olarak varolabileceği konusunda Khazzoom (1989)'da, evlerini yalıtım yaptırmayan kişilerin faaliyetlerinin, gelişmiş yalıtımla ilgili geri besleme etkisinin olup olmaması ile ilişkili olmadığını belirtmektedir. “Take-back” etkisi sadece evlerini yalıtım yaptıran örneklerde uygulanabilmektedir (Khazzoom, 1989: 160). Lovins (1988)'de “etkinlikte uzun süreli güçlü gelişmelerin, yakıtın reel fiyatlarındaki hareketlere bakılmaksızın, araba başına mil kullanımını azalttığı” gözlemlenmiştir. Bu ise geri besleme etkisinin önemsiz olduğunu ima etmektedir. Bu durum seyahat talebinde yukarı bir baskı olmasının yerine, Lovins'e göre seyahat talebinde azalmaya neden olmaktadır. Khazzoom (1989)'da bu duruma iki açıdan yorum getirilmiştir. İlk olarak seyahat talebi reel yakıt fiyatı, araba etkinliği, alternatif taşıma modlarının maliyeti ve diğer faktörlerden etkilenmektedir. Lovins (1988)'de güçlü uzun süreli araba etkinliği gelişmelerinin araba başına sürülen mil mesafesinde aşağı yönde baskı trendi ile birlikte gerçekleştiği belirtilmektedir. Mümkün veriler, 1974- 1986 zaman döneminde araba etkinliğinde güçlü uzun süreli gelişmelerin olduğunu göstermektedir. Veriler aynı zamanda bu süreçte, yolcu başına seyahat edilen mil mesafesinin 1974 yılında 9606 milden 1986'da 9625 mile yükseldiğini göstermiştir. Aynı dönemde tüm motorlu taşıtlar için taşıt başına ortalama seyahat 9493'ten 10131'e yükselmiştir (Khazzoom, 1989: 161).

Rebound Etkisi ile ilgili yapılan genel değerlendirmeler sonucu Rebound Etkisi'nin var olup olmadığı hakkında bir tartışma yoktur. Rebound Etkisi ile ilgili temel tartışma konusu bu etkinin boyutu ve önemi hakkındadır. Bir takım iktisatçılar ve enerji uzmanlarına göre ilk olarak Rebound Etkisi'nin kesin tahminin yapmak oldukça zordur. İkinci olarak bir çok ampirik çalışma sonucu elde edilen tahminler, yukarı doğru sapmaları aşağı doğru sapmalardan daha önemli görmekte ve reel etkilere daha az değer biçmektedir. Diğer bir grup iktisatçı ve enerji uzmanına göre ise Rebound Etkisi'nin boyutu enerji etkinliği gelişmelerinden sağlanan tasarrufları

azaltacak ve/veya dengeleyecek kadar önemlidir. Hatta bazı durumlarda enerji etkinliği gelişmeleri sonucu enerji tüketimi ykselebilecekir.

4. BÖLÜM

REBOUND ETKİSİ'NİN EKONOMETRİK İNCELEMESİ:

TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Rebound Etkisi'nin elde edilmesinde kullanılan yöntemleri; değerlendirme çalışmaları, ekonometrik çalışmalar, ikame esnekliği çalışmaları, hesaplanabilir genel denge modelleri, enerji- verimlilik- ekonomik büyüme çalışmaları olarak beş grupta toplamak mümkündür. Ampirik çalışmalarda yoğunlukla esneklik tahminleri kullanılmaktadır.

Bu bölümde ilk olarak Rebound Etkisi'nin hesaplanma yöntemlerine yer verilmiştir. Daha sonra bu konu ile ilgili olarak yapılan ampirik çalışmalar sistematik olarak ele alınmıştır. En son olarak Türkiye için konut sektöründe Rebound Etkisi'nin boyutu ARDL modeli kullanılarak tahmin edilmiştir.

4.1. Rebound Etkisinin Tahmin Yöntemi

Rebound etkisi en genel ve en basit şekilde aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir (Hass ve Biermayr, 2000).

$$\text{Rebound Etkisi} = \%100 \frac{\text{Hesaplanan Tasarruflar (kWh)} - \text{Fiili Tasarruflar (kWh)}}{\text{Hesaplanan Tasarruflar (kWh)}} \quad (4.1)$$

Kısmi olarak rebound etkisinin 0 olması enerji kullanımının azaltılması hedeflerinde tam başarı anlamına gelirken, bu etkinin %100 olması enerji kullanımının azaltılmasında tamamen başarısızlık anlamına gelmektedir (Jin, 2007: 5623). Rebound etkisinin %100 olması beklenen enerji tasarruflarının tamamen dengelendiği net tasarrufların sıfır olduğu anlamına gelmektedir. Rebound etkisinin %100 aşması ise “backfire” kavramı ile tanımlanmakta ve enerji tüketiminin yükselmesi anlamına gelmektedir (Herring ve Sorrell, 2009 : 1). Van den Bergh (2009)'da Rebound Etkisi'nin boyutu hakkında; %0-%20 aralığı küçük, %20-%50

aralığı anlamlı, %50'den daha fazla ise büyük ve kaygı verici, %100'den daha fazla ise "backfire" ters etkisi –zarar verici sınıflaması yapılmaktadır. Herring (2008)'de, Rebound Etkisi küçükse (%100'den küçükse) enerji etkinliği gelişmelerinin daha düşük enerji tüketimine neden olacağı, eğer Rebound Etkisi büyükse (%100'den büyükse) enerji tüketiminin yükseleceği belirtilmektedir (Herring, 2008: 1).

4.1.1. Doğrudan Rebound Etkisinin Tahmini

Doğrudan rebound etkisinin tahmininde genel bir yaklaşım, enerji talebi, faydalı işler ve /veya enerji etkinliği bilgilerini içeren ikincil veri kaynaklarının ekonometrik analizlerle kullanılması yaklaşımıdır. Bu veriler bir takım formlarda olabilmekte (yatay kesit, zaman serisi, panel) ve farklı seviyeler (hanehalkı, bölge, ülke) için başvurulabilmektedir. Bu çalışmalar genel olarak esneklikleri tahmin etmektedir. Eğer zaman serisi verileri mümkünse, tahminler kısa dönemli esneklikler yoluyla ve/veya uzun dönemli esnekliklerle yapılabilmektedir. Verilerin elde edilebilirliğine göre, doğrudan rebound etkisi iki enerji etkinliği esnekliklerinden biri ile tahmin edilebilmektedir. $\eta_{\epsilon}(E)$, enerji etkinliği (ϵ) ile ilgili enerji (E) talep esnekliğini; $\eta_{\epsilon}(S)$ enerji etkinliği ($S = \epsilon \cdot E$) ile ilgili faydalı işler (S) talep esnekliğini ifade etmektedir (Sorrell, 2009: 29).

$\eta_{\epsilon}(S)$; genellikle doğrudan rebound etkisinin doğrudan ölçümü olarak alınmaktadır. Belirli varsayımlar altında, bu ifade $\eta_{\epsilon}(E) = \eta_{\epsilon}(S) - 1$ şeklinde gösterilebilir. Böylece faydalı işler talebi enerji etkinliği gelişmelerini takiben aynı kaldığı sürece ($\eta_{\epsilon}(S) = 0$), enerji tüketimindeki fiili tasarruflar mühendislik hesaplamaları ile tahmin edilen tasarruflara eşit olmaktadır. Bu durumda enerji etkinliğindeki %x gelişme, enerji tüketiminde %x azalmaya neden olmaktadır ($\eta_{\epsilon}(E) = -1$) (Sorrell, 2009: 30). Eğer enerji hizmetlerinin enerji talebi inelastikse ($0 < \eta_{\epsilon}(S) < 1$), enerji etkinliğindeki gelişmelerin enerji talebini azaltması gerekir ($0 > \eta_{\epsilon}(E) > -1$). Ancak eğer enerji hizmetleri talebi elastikse $\eta_{\epsilon}(S) > 1$, enerji

etkinliğindeki gelişmeler gerçekte enerji tüketimini yükseltecektir. Bu sonuç literatürde “backfire” olarak adlandırılmaktadır (Dimitropoulos ve Sorrell, 2006: 7).

Belirli varsayımlar altında $\eta_\epsilon(S)$ yerine negatif $\eta_{Ps}(S)$ ya da $\eta_{PE}(S)$ ya da $\eta_{PE}(E)$ doğrudan rebound etkisinin ölçümünde kullanılmaktadır. Bir çok çalışmada $\eta_\epsilon(E)$ ve $\eta_\epsilon(S)$ kullanmak yerine rebound etkisi $P_S=P_E/\epsilon$ olarak kabul edilen fiyat esnekliğinden biri ile tahmin edilmektedir. $\eta_{Ps}(S)$ faydalı işlerin enerji maliyeti (P_S) ile ilgili faydalı işler talep esnekliğini, $\eta_{PE}(S)$ enerji fiyatları (P_E) ile ilgili faydalı işler talep esnekliğini, $\eta_{PE}(E)$ enerji fiyatları (P_E) ile ilgili enerji talep esnekliğini ifade etmektedir (Sorrell, 2009: 30).

$$\eta_\epsilon(E) = -\eta_{Ps}(S) - 1 \quad (4.2)$$

Bu varsayım altında enerji talebinin esneklik etkinliği ($\eta_\epsilon(E)$), faydalı işler için talep enerji maliyet esnekliği ($\eta_{Ps}(S)$) eksi bire eşit olmaktadır. Uygulamada, faydalı iş için negatif enerji maliyet esnekliği ($\eta_{Ps}(S)$), faydalı işin ($\eta_\epsilon(S)$)’ün esneklik etkinliği yerine kullanılmaktadır. Eğer faydalı iş normal bir malsa, $\eta_{Ps}(S) \leq 0$ olacağını bekleriz. Örneğin kilometre başına enerji maliyeti (P_S) ile ilgili araç km (S) esnekliği, -0.10 olarak tahmin edildiğinde, tanımlama 4.2’ye göre yakıt etkinliği ile ilgili benzin talebinin esnekliği -0.90 olarak tahmin edilebilir. Bu ise araç yakıt etkinliğinde %10 oranında gelişmenin, benzin talebini sadece %9 düşereceğini ifade etmektedir. Ya da alternatif olarak bu benzin tüketiminde potansiyel %10 oranındaki tasarrufların araç kullanımındaki artışlar tarafından geri alınacağını “taken back” ifade etmektedir. Bu açıklamanın yorumu Khazzoom, Berkhout ve diğerleri, Binswanger ve Greene ve diğerleri tarafından türetilmiştir ve genel olarak Rebound Etkisi’nin uygulamalı tahmininde tercih edilmektedir. Tanımlama 4.2’de ise diğerlerinden farklı olarak bağımsız değişkenler (P_S) konusunda daha fazla veri sağlanabilmektedir. Çünkü bu tanımlama hem enerji etkinliğindeki çeşitliliği hem de enerji fiyatlarındaki çeşitliliği yansıtmaktadır (Dimitropoulos ve Sorrell, 2006: 8-9).

Tanımlama 4.2 Rebound Etkisi’nin ilgili enerji hizmetlerinin enerji kendi fiyat talep esnekliği ile tahmin edilebileceğini gösterebilmektedir. Bu tanımlama

sadece tek bir enerji hizmetleri ile ilgili enerji talebi araştırıldığında anlamlı olmaktadır (Örneğin soğutma, aydınlatma). Uygulamada sıklıkla enerji talebinin ölçülmesinde enerji hizmetlerinin toplamına başvurulmaktadır (örneğin hane elektrik kullanımı). Bu genel tahmini izleyerek, bir çok yazar yeni ya da var olan enerji talebinin kendi fiyat esnekliği tahminlerini Rebound Etkisi miktarının tahmini göstergesi olarak kullanmaktadır. Birçok çalışma enerji talebinin nispeten inelastik olduğunu ve uzun dönemde -0.3 ile -0.4 arasında değer aldığını ileri sürmektedir. Tanımlama 4.3'e başvurarak enerji etkinliği gelişmelerinden sağlanan bir takım %30- %40 enerji tasarruflarının doğrudan rebound etkisi ile geri alınabileceğini ileri sürmektedir. Ancak esneklik tahminleri enerji malları, nihai kullanım, sektörler, ülkeler ve toplam seviye arasında farklılaşmaktadır; uzun dönemde kısa döneme göre daha geniş olmakta ve fiyat seviyesi ile orantılı olarak yükselmektedir (Dimitropoulos ve Sorrell, 2006: 10).

4.1.2. Makroekonomik Rebound Etkisi Tahmini

Makroekonomik seviyede, enerji talebi teorisi, çoğunlukla ekonomi-genelindeki üretim fonksiyonuna ya da çift yönlü maliyet fonksiyonu denkliğine dayanmaktadır. Saunders (2000)'de, Rebound Etkisi'nin tanımlanmasında mantıksal çerçevenin oluşturulmasında neoklasik büyüme modeli kullanılmaktadır. Aşağıdaki formülasyonda, özel olarak, yakıt etkinliği kazançları, τ_F parametresi ile ifade edilmektedir (Saunders, 2000a: 440).

$$Y = f(K, L, \tau_F F) \quad (4.3)$$

Burada K sermayeyi, L emeği, F yakıtı, Y reel ekonomik çıktıyı (kabaca GSYİH) ve f ekonomi-genelindeki üretim fonksiyonunu göstermektedir.

τ_F , aynı zamanda şu eşitlikle tanımlanabilmektedir:

$$C = g(p_K, p_L, 1/\tau_F p_F) \quad (4.4)$$

Bu eşitlikte p_K sermayenin fiyatı, p_L emeğin fiyatı, p_F yakıtın fiyatı, C ekonomik çıktının fiyatı (kabaca GSYİH deflatörü), g ekonomi-genelinde maliyet

fonksiyonunu ifade etmektedir. Bu formülasyon, dinamik bir yatırım eşitliği ve f fonksiyonu ile ilgili bir dizi standart varsayımlar ile bütünleştirildiği zaman, Solow (1956), neoklasik büyüme modelinin temelidir. Neoklasik büyüme modelinde, yakıt etkinlik kazancı τ_F , “yakıt-artırıcı tekniksel ilerleme” olarak ifade edilmektedir. Yakıt etkinlik kazancı, yakıtın üretim fonksiyonuna dahil edilmesi ile birlikte, etkinlikteki yükselmeyi (ya da maliyet fonksiyonunda yakıt maliyetinin düşüşünü) göstermektedir (Saunders, 2000a: 440).

Yakıt koruma, bu parametrenin yakıt kullanımı üzerindeki etkisidir. Özel olarak, yakıt koruma, τ_F 'deki değişmelerle ilgili yakıt kullanım esnekliği olarak tanımlanabilir.

$$\Omega^F_{\tau_F} = d \ln F / d \ln \tau_F \quad (4.5)$$

Rebound etkisi, R miktarı ile tanımlanmaktadır:

$$R = 1 + \Omega^F_{\tau_F} \quad (4.6)$$

Tanımlama 4 ifade edilen bu miktar reboundun yüzde ölçümüdür. Eğer F’de, $\Omega^F_{\tau_F}$ nedeniyle bire bir azalma varsa $\Omega^F_{\tau_F} = -1$ olur ve sonuçta $R=0$ (rebound yok) olur; eğer yakıt (F), yakıt verimlilik kazançlarının yarısı kadar azalırsa $R=0.5$ (%50 rebound) olur; eğer yakıt kullanımı yakıt verimlilik kazançları ile birlikte değişmiyorsa $R=1$ (%100 rebound) ifade etmektedir. Backfire, yakıt verimlilik kazançları nedeniyle, yakıt kullanımının *yükselmesi* durumunda oluşmaktadır ve $R>1$ ile ifade edilmektedir (%100’den daha büyüktür) (Saunders, 2000a: 440).

Aşağıdaki alt bölümde rebound etkisi ile ilgili ampirik literatüre yer verilmiştir.

4.2. Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür

Rebound için kullanılan tanımlamalara göre bu etkinin boyutu anlamsız olabileceği gibi yakıt tüketiminde bir artış ile de sonuçlanabilmektedir. Rebound Etkisi’nin üst sınır tahminleri, enerji etkinliği gelişmelerinin enerji kullanımını azaltmayacağı, hatta enerji kullanımını yükselteceğini öne sürmektedir (Greening vd, 2000: 389). Diğer bir grup kesime göre ise, Rebound Etkisi’nin büyüklüğü

hakkında ampirik kanıtlar, kesin bir sonuç çizemeyecek kadar zayıftır. Schipper ve Grubb 2000; Greening vd., 2000; gibi bazı çalışmalarda %10-%20 aralığında boyutu küçük rebound etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Lovins (1998), Schipper and Grubb(2000)'a göre Rebound Etkisi'nin enerji hizmetlerindeki önemi küçüktür çünkü bu tür hizmetlere olan talep birçok örnekte inelastiktir ve enerji bu hizmetlerin toplam maliyeti içinde küçük bir paya sahiptir. Lovin (1998)'de tüketiciler tarafından enerji etkinliği kazançlarında “rebound” ya da “takeback” etkisinin düşük düzeyde olduğu ileri sürülmektedir. Oysa Khoazzoom'a göre Lovin'sin analizleri yanlıştır çünkü analizlerinde enerji etkinliği gelişmelerinden kaynaklanan enerji fiyatlarındaki değişmelerin makroekonomik tepkilerini dikkate almamaktadır (Herring, 1999: 1). Diğer bir grup ise, Brookes (2000), Herring (2008), rebound etkisinin enerji etkinliği gelişmelerinden sağlanan enerji tasarruflarını dengeleyecek kadar önemli olduğunu belirtmektedir.

Gottron (2001)'e göre belirli koşullar altında, Rebound Etkisi, etkinlikteki yükselme talepteki bir yükselmeye dönüşebilecektir. Ancak böyle bir durum sadece bazı gelişmekte olan ülkelerde ya da 1800'lerin ortasındaki kömür piyasaları gibi yeni piyasalarda, ya da 1900'ların başındaki elektrik piyasaları gibi çok özel örneklerde olabilmektedir. Ancak olgun piyasalarda bu etkinin sınırlı olduğu kabul edilmektedir. Fiili Rebound Etkisi, belirli kaynakların dahil olması, belirli araç-gereçler ve kaynak piyasalarının nasıl geliştiği ve ekonominin geneli gibi çeşitli değişkenlere bağlı olmaktadır (Gottron, 2001: 1). Genel olarak değerlendirildiğinde rebound etkileri belirli koşullarla olan ilişkiler, dikkate alınarak incelenmelidir. Örneğin bu etkinin zaman çerçevesi (örneğin kısa, orta ve uzun dönem) ve enerji tüketimi ile ilgili (örneğin hanehalkı, firma, sektör, ulusal ekonomi) sistem sınırları dahilinde belirlenmesi gerekmektedir (Sorrell ve Herring, 2009: 6-7). Çünkü Rebound Etkisi kaynakların fiyat değişiklikleri ve tüketim değişmeleri ile ilgili olan ikame ve gelir esnekliklerinden kaynaklanmaktadır (Bessec and Meritet : 2007, 123).

Aşağıdaki alt bölümde ilk olarak doğrudan rebound etkisi daha sonra backfire etkisi ile ilgili ilgili ampirik literatür ele alınmıştır.

4.2.1. Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür

Doğrudan Rebound Etkisi, Ekonomi Genelinde Rebound Etkisi'nin bir bileşeni olarak etkisi en çok bilinen ve en geniş olarak çalışılan etkidir. Doğrudan Rebound Etkisi ile ilgili olarak Khazzoom (1980) çalışması ile başlayan ve farklı sektörlerde Doğrudan Rebound Etkisi'nin boyutunu tahmin etmiş bir takım çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmalar tanımlama, metodolojik yaklaşım ve kullanılan veriler açısından farklılık göstermektedir. Çalışmalar yoğunlukla kişisel araba taşımacılığı ve hanehalkı ısıtma gibi enerji hizmetleri üzerine odaklanmıştır. Bunun en önemli nedeni bu enerji hizmetleri ile ilgili verilerin daha kolay elde edilebilir olmasıdır (Sorrell, 2009: 23). Ampirik çalışmalarda Doğrudan Rebound Etkisi tüketiciler açısından ikame ya da gelir etkisi olarak ayrıştırılabilmektedir. Ayrıca ampirik tahminlerin büyük çoğunluğu kısa döneme dayanmaktadır. Çünkü uzun dönemde sermaye maliyetindeki değişmelerin etkileri sınırlanmamaktadır (Greening vd., 2000: 390). Farklı türdeki çalışmalar (örnek olaylar, anketler, gelir/fiyat esneklik çalışmaları, istatistiksel-ekonometrik çalışmalar, genel denge modellemeleri vs) Rebound Etkisi'nin tahmininde farklılıkları ve mümkün tamamlayıcı açıları önermektedir (Van den Bergh, 2011: 50).

Aşağıdaki tabloda ilgili alanda yapılan çalışma sayısı ve Rebound Etkisi'nin boyutu yaklaşık olarak özetlenmiştir (Gottron, 2001: 1):

Tablo 4-1: Çeşitli Donanımlar Üzerine Rebound Etkisi Ölçümleri

Donanımlar	Reboundun Boyutu	Yapılan Çalışma Sayısı
Alan Isıtma	% 10-%30	26
Alan Soğutma	%0-%50	9
Su Isıtma	% 10-%40	5
Mekansal Aydınlatma	%5-%12	4
Ev Araç-gereçleri	%0	2
Otomobiller	% 10-%30	23

Kaynak: Gottron, 2001: 1.

Aşağıdaki tabloda doğrudan rebound etkisi ile ilgili Sorrell ve Dimitropoulos tarafından yapılan Doğrudan Rebound Etkisi ekonometrik tahminlerinin özeti verilmiştir. Metodolojik farklılıklara karşın bireysel enerji hizmet sonuçları birbiri ile karşılaştırılabilmektedir. Çalışma sonuçlarına göre, OECD üyesi ülkelerde kişisel otomobil taşımacılığı, hanehalkı ısıtması ve hanehalkı soğutmasına yönelik uzun dönem doğrudan rebound etkisi ortalama yaklaşık %30 ya da daha az olmaktadır. Ayrıca bu tahminlerin gelecekte, talep doyması ve gelir yükselmesi gibi nedenlerle düşmesi beklenebilir (Sorrell , 2009: 38).

Tablo 4-2: OECD Ülkeleri Tüketici Enerji Hizmetleri Uzun Dönemli Doğrudan Rebound Etkisi Ekonometrik Tahminleri

Nihai Kullanım	Bulgu Değer Aralığı (%)	En İyi Tahminler (%)	Çalışma Sayısı	Güven Düzeyi
Bireysel otomobil taşımacılığı	3-87	10-30	17	Yüksek
Alan ısıtması	0.6-60	10-30	9	Orta
Alan soğutması	1-26	1-26	2	Düşük
Diğer tüketici enerji hizmetleri	0-41	<20	3	Düşük

Kaynak: Sorrell, 2009: 38.

Dumagan and Mount (1993)'te, New York Eyaleti'nin 1960-1987 dönemi, etkinlik gelişmelerinin mekânsal elektrik talebi üzerindeki etkisi genelleştirilmiş logit modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda geri tepme etkisinin sayısal olarak önemsiz olduğu bulgusu elde edilmiştir. Berkhout vd. (2000)'de ampirik tahminlerle elde edilen fiyat elastikyetleri Hollanda için Rebound Etkisi'nin göstergesi olarak kullanılmış ve sonuçta bu etkinin 0 ile %30 arasında olduğu bulgusu elde etmiştir. Bu sonuçlar yeni teknolojilerden önemli bir kısım enerji tasarruf potansiyeli elde edildiğini göstermektedir. Ancak tüketicilerle ilgili olarak, enerji hizmetlerine olan talebin artması nedeniyle tasarruf potansiyeli bazı seviyelerde etkisiz kalmaktadır.

Musters (1995)'te Hollanda için Rebound Etkisi'nin olası tüm etkisi, kapsamlı simülasyon modeli kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada enerji kullanımı, ulusal ısı kullanımı ve efektif fiyatlarla ilgili veriler aşağıdan-yukarı yaklaşımı kullanılarak

incelenmiştir. Daha sonra tüketici davranışları üzerindeki etkileri göstermek amacıyla makro-ekonomik modeller kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda çalışmada kullanılan ekonomik fiyat esnekliğine dayalı tahminlerin anlamsız olduğu bulgusu elde edilmiştir. Bu çalışmanın diğer bir önemi makro-ekonomik geri beslemelerin analize dahil edilmiş olmasıdır. Diğer bir bütüncül etkileri ölçen çalışma Van Es vd. (1998)'dir. Hollanda için sektörel bir Sayısal Genel Denge (Computational General Equilibrium-CES) modeli kullanılmıştır. Çalışmada Hollanda resmi enerji koruma programı uygulamasının tüm ekonomi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda uzun dönemli makro ekonomik rebound etkisinin yaklaşık %15 olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Wirl (1997) etkinlik gelişmelerinden kaynaklı reboundun elektrik talebi üzerinde hizmet talebinin yükselmesine neden olduğunu gözlemlemiştir. Uygulamada ise, bazı geri beslemeler hizmetler talebinin fiziksel olarak genişlemesine neden olmayabilmekte ancak daha üst bir düzeye neden olabilmektedir. Örneğin arabalarda daha fazla özellikler ve daha fazla güç ya da daha fazla hız gibi. Rebound etkisinin değerlendirmesinde bu etkinin doyma seviyesine yakın ve düşük marjinal maliyetli olan enerji hizmetlerinde düşük (hi-fi, ya da TV gibi), ancak alan ısıtma, klima, taşımacılık ve aydınlatma gibi marjinal maliyetlerin önemli olduğu sektörlerde yüksek olduğu ileri sürülmektedir. Ayrıca tüketiciler nihai kullanımda, yüksek enerji maliyetine sahip olduklarında, daha duyarlı davranmaktadırlar. Wirl'e göre rebound etkisi, anlamlı bir koruma potansiyeli olan hizmetler için önemli iken, kWhs cinsinden küçük koruma potansiyeline sahip olan hizmetler için önemsiz gözükmektedir (Aktaran: Herring, 2008: 1).

Barker vd (2009)'da ekonomide taşımacılık, mesken binaları, hizmet binaları ve sanayi sektörleri dikkate alınarak 2012 yılından sonraki 2013-2030 dönemi için politikalar analiz edilmiştir. Çalışmada E3MG olarak adlandırılan model kullanılmıştır. Bu model global ekonomiye yönelik dinamik makroekonomik bir model olup iklim ve enerji politikaları opsiyonlarını değerlendiren ve enerji-çevre-ekonomi (E3) üçlemesinin etkileşimine izin veren bir modeldir. Modelde 20 bölge, 12 enerji taşıyıcı, 19 enerji kullanıcısı, 28 enerji teknolojisi, 14 atmosferik emisyon

ve 41 üretim sektörü kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda doğrudan rebound etkisinin, literatürde belirtildiği gibi global düzeyde yaklaşık %10 olduğu bulgusu elde edilmiştir. Çalışmaya konu olan makroekonomik etki; dolaylı etki ve ekonomi genelinde etkinin toplamından oluşmaktadır. Toplam etki doğrudan etki ile 1) düşük enerji maliyetlerinin üç sektördeki talep üzerindeki etkisi 2) daha yüksek gelir nedeniyle ekstra tüketici harcamaları etkisi 3) ekstra enerji verimli yatırımların etkilerini kapsamaktadır. Toplam rebound etkisinin ise 2020 yılında %31'den 2030 yılında %52'ye yükselineceği öngörülmektedir.

Gonzalez (2010)'da, hanehalkı elektrik tüketimi, evsel elektrik fiyatları, evsel doğal gaz fiyatları, hanehalkı harcanabilir geliri, sıcak gün derecesi verileri kullanılarak Catalonia (İspanya) için doğrudan rebound etkisi incelenmiştir. Çalışmada sabit etki modeli, genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ve hata düzeltme modeli kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda hanehalkında tüm enerji hizmetleri için kullanılan elektrik kullanımının kısa dönem rebound etkisinin %35 ve uzun dönem rebound etkisinin %49 olduğu tahmin edilmiştir.

Genel olarak rebound etkisi ile ilgili tahminler 0 ile %30 arasında değişmektedir. Berkhout vd (2000)'e göre ise, rebound etkisinin sıfırdan farklı olduğu bu mallarda, toplam enerji kullanımını içinde enerji kullanımının payı, politika yapımcıların enerji koruma politikaları sonucu oluşacak rebound etkisini sorun etmeyecekleri kadar küçüktür. Teknolojik ilerlemenin etkisi çok zor olarak davranışsal tepkiler tarafından dengelenmektedir (Berkhout vd., 2000: 431).

4.2.1.1. Mesken Sektörüne Yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür

Khazzomm (1980) çalışması, 1980 ve 1990'lı yıllar boyunca Rebound Etkisi'ne yönelik bir çok ampirik çalışmayı teşvik etmiştir. Özellikle 1980'li yıllarda yüksek petrol ve gaz fiyatları nedeniyle bir çok enerji tasarrufu aygıt yatırımlarının teşvik edilmesi, Rebound Etkisi'ni çok tartışılan bir konu haline getirmiştir. Rebound Etkisi üzerine yapılan bir çok çalışma enerji fiyatlarının zaman serisi verilerini kullanarak yapılan regresyonlara dayanmaktadır. Aşağıdaki tabloda 1980'li ve

1990'lı yıllarda tekil-hizmet modeline dayanılarak yapılan temel ampirik çalışmaların sonuçları özetlenmiştir. Bu çalışmalarda, daha etkin ısıtma sistemleri, havalandırma sistemlerinin enerji kullanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ya da regresyon modelleri kullanılarak araba kullanımında Rebound Etkisi'nin boyutu elde edilmeye çalışılmıştır. Taşımacılık ve mesken sektörü enerji etkinliği gelişmelerinin incelenmesine yönelik ampirik çalışmaların yapıldığı iki alandır. Genel olarak ampirik çalışmalar rebound etkisinin ampirik gerçekliğini ileri sürmekte ancak rebound etkisinin boyutunun çalışmada kullanılan yöntem ve verilere bağlı olduğu ileri sürülmektedir. Genel olarak Rebound Etkisi %5 ila %50 arasında görülmektedir. Bu ise, enerji tasarrufu teknolojilerinin enerji tüketiminde azalmaya neden olacağı ancak tasarruf potansiyelinin bir kısmının hizmet talebindeki yükselme nedeniyle kaybolacağı anlamına gelmektedir (Binswanger, 2001: 123).

Tablo 4-3: 1980-1990 Dönemi Tekil-hizmet Modeline Dayalı Rebound Etkisi Ampirik Çalışmalar

Çalışmalar	Örnekler	Sonuçlar
Blair vd., (1984)	1967-1976 dönemi Florida için araç mil seyahati aylık verileri kullanılmıştır	Rebound Etkisi %21
Khazoom (1986)	Çalışmada Sekramento'daki evlerin elektriksel ısısı incelenmiştir.	Uzun dönem Rebound Etkisi %65
Dubin vd., (1986)	Ev ısıtması verimlilik gelişmeleri programına dahil olan 214 hanehalkını içermektedir.	Rebound Etkisi %8- %13 arasındadır.
Dinan (1987)	Çalışmada soğuğa karşı izolasyonu sağlanan mesken 252 hanehalkı incelenmiştir.	Rebound Etkisi istatistiksel olarak anlamlı ama çok küçüktür
Hirst (1987)	Çalışma Pasifik Kuzey-Batı boyunca mesken soğuğa karşı izolasyon programı değerlendirmelerine dayanmaktadır. Çalışmada programa katılan evler ve katılmayan evler arasındaki davranış karşılaştırılmıştır.	Rebound Etkisi %5 ile %25 arasındadır.
Leung ve Vesenska (1987)	1967-1980 Havai'de yıllık araç mil seyahat verileri kullanılmıştır.	Rebound Etkisi %25 olarak bulunmuştur.
Mayo and Mathis(1988)	1958-1984 ABD'de yıllık araç mil seyahat verileri kullanılmıştır.	İstatistiksel olarak anlamsız olmakla birlikte, kısa dönem Rebound eEtkisi %22 ve uzun dönem Rebound Etkisi %26 olarak hesaplanmıştır.
Weinblatt (1989)	1966-1985 ABD'de yıllık araç mil seyahat verileri kullanılmıştır.	Rebound Etkisi %10'un altındadır.

Gately (1990)	1966-1988 ABD'de yıllık araç mil seyahat verileri kullanılmıştır.	Rebound Etkisi %9 olarak hesaplanmıştır
Greene (1992)	1966-1989 ABD'de yıllık araç mil seyahat verileri kullanılmıştır.	Rebound Etkisi modele bağlı olarak %5 ile %19 arasında gerçekleşmiştir.
Jones (1993)	1966-1990 ABD'de yıllık araç mil seyahat verileri kullanılmıştır.	Kısa dönem Rebound Etkisi %13 ve uzun dönem Rebound Etkisi %30 olarak bulunmuştur.
Walker and Wirl (1993)	Çalışmada 1961-1985 yılları Fransa, Almanya ve İtalya yol taşımacılığı; taşımacılık hizmetleri talebi, yıllık teknolojik yakıt verimliliği serisi (km/yakıtın) kullanılarak incelenmiştir.	Uzun dönem Rebound Etkisi %32 (Almanya) ve %51 (İtalya) arasında hesaplanmıştır.
Haughton ve Sarker (1996)	1970-1991 ABD'de 50 eyaletin yıllık araç mil seyahat verileri kullanılmıştır.	Uzun dönem Rebound Etkisi %22 olarak hesaplanmıştır.
Greene vd.,(1999)	1974-1994 dönemi ABD'de 3'er yıllık arayla 15 yıllık dönem için hanehalkı anketi analiz edilmiştir	Uzun dönemli Rebound Etkisi yaklaşık %20 olarak bulunmuştur.

Kaynak: Binswanger: 2001: 124.

4.2.1.2. Alan Isıtması- Soğutması ve Aydınlatmaya Yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür

Alan ısıtmasına yönelik yapılan Doğrudan Rebound Etkisi ile ilgili çalışmalardan bazıları şu şekildedir. Tüm çalışmalarda Doğrudan Rebound Etkisi anlamlı ve %100'den daha küçüktür. Ancak tahminler arasında büyük bir dağılım farklılığı mevcuttur (Gonzalez, 2010: 2310).

Tablo 4-4: Yurtiçi ısıtma-Evsel Isıtma Rebound Etkisi Tahminleri

Çalışmalar	Ülke	Tahmin Edilen Rebound Etkisi
Khazoom (1986)	ABD (Sakremento)	%65
Dubin vd. (1986)	ABD	%8-%13
Dinan (1987)	ABD	Küçük ama istatistiksel olarak anlamlı
Hsueh ve Gerner (1993)	ABD	Elektrik için %35, doğal gaz için %58
Schwartz ve Taylor (1995)	ABD	%1.4-%3.4 uzun dönemde
Hirst (1987)	ABD	%5-%25
Nesbakken (2001)	Norveç	%15-%55 (ortalama %21)
Guertian vd (2003)	Kanada	%29-%47 uzun dönemde

Kaynak: Gonzalez, 2010: 2310.

Baughman ve Joskow (1974) ile Lin vd., (1976)'da, sadece aygıt stokları (sermaye) ile ilgili yakıt fiyat esneklik sonuçları verilmiştir. Su ısıtma, alan ısıtma ve yemek pişirme alanlarındaki kullanımlarda yakıt fiyat esnekliklerinin 1'i ve 2'yi aştığı bulgusu elde edilmiştir. Çünkü talep fiyat esnekliği, ilave stok fiyat esnekliği ve kullanım oranı esnekliğinin toplamıdır. Bu iki çalışma alan ısıtması enerji talebinin fiyat esnekliğinin elastik olduğunu kanıtlamaktadır. Nihai kullanım talep esnekliği 1'i aşarsa, (aygıt sahiplik–kendi sahiplik esnekliği ve kullanım oranı esnekliği toplamı), kendi aygıt etkinliği ile ilgili enerji talep esnekliği pozitif olacaktır. Bu nedenle aygıt etkinliği gelişmeleri, nihai kullanım enerji talebini düşürme değil yükseltme eğiliminde olacaktır. Ampirik sonuçlar, en azından bazı nihai-kullanım alanlarında göstermektedir ki enerji korumaları etkinlik gelişmelerine hizmet etmeyecektir. Tam tersine bu nihai-kullanımlar için enerji talebi yükselme eğiliminde olmaktadır (Aktaran: Khazzoom, 1980: 33).

Khazzoom (1986)'da, hizmet alanına yönelik hanehalkı elektrik talebi tahmin edilmiştir. Modele araç-gereç etkinlik indeksi ve mesken yalıtım seviyesi dahil edilmiştir. Modelin sonuçları konu ile uygunluk göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, elektrikle ısıtılan evlerde, etkinlik artışından kaynaklı ilk tasarrufların yaklaşık 2/3'ünün geri besleme etkisi nedeniyle yok olduğu bulgusu elde edilmiştir. Gazla ısıtılan evlerde de benzer bir sonuç elde edilmiştir, ancak bu evlerdeki tasarrufların aşınması elektrikli evlerdeki aşınmaya göre daha az gerçekleşmektedir. Çünkü kendi fiyat talep esnekliği gazla ısıtılan evlerde elektrikle ısıtılan evlere göre daha düşüktür. Sakramento'da elektrikle ısıtılan evlerdeki elektrik talebinin incelendiği çalışmanın sonucunda net kazancın geribesleme etkisinden sonra ilk kazanca göre %35 düştüğü sonucuna ulaşmışlardır (Aktaran: Khazzoom, 1987: 89; Khazzomm, 1989: 159).

Taylor vd. (1977) elektrik ve doğal-gaz kullanan aygıtlar için sistematik tahminlerin yapıldığı bir çalışmadır. Khazzoom (1980)'de, bu çalışmanın sonucu olan elektrik fiyatları ile ilgili elektrik-kullanan seçilmiş aygıt stoklarının esneklikleri özetlenmiştir. Bu çalışma sonucunda tüm aygıtların kullanım oranlarının kısa dönem fiyat esneklikleri -0.54 olarak rapor edilmiştir. Aşağıdaki tabloda

aygıtların doymuşluk fiyat esneklikleri, bireysel nihai-kullanım aygıtları toplam stok esnekliğini göstermektedir. Merkezi ısıtma ve merkezi havalandırma için uzun dönem stok fiyat esneklikleri verilmiştir ve değerleri görece olarak yüksektir. Bu aygıtların kullanım oranı fiyat esnekliği stok fiyat esnekliğine ilave edildiği zaman, toplam uzun dönem fiyat talep esnekliğinin 1'i aşması muhtemeldir. Yapılan tahminlerde klasik yıkayıcıların uzun dönem fiyat esnekliğinin 1'i aştığı sonucuna ulaşılmıştır. Taylor vd. (1977)'de, toplam uzun dönem kullanım oranı fiyat esnekliğinin -0.90 olduğu bulgusu elde edilmiştir (Aktaran: Khazzoom, 1980: 32-33).

Tablo 4-5: Elektrik Marjinal Fiyatları ile İlgili Aygıt Doygunluk Esnekliği

	Kısa Dönem	Uzun Dönem
Oda Klima Tesisatı	-0.17	-0.42
Klasik Yıkayıcılar	-0.44	-1.15
Merkezi Isıtma	-0.06	-0.87
Merkezi Klima Tesisatı	-0.06	-0.56

Kaynak: Khazzoom, 1980: 32.

Scott (1980)'de enerji etkinliği gelişmelerinin mekânsal alan ısıtması üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Örnekte tüketicilerin enerji maliyetlerini evlerinin bölümlerini sınırlandırarak baskı altında tutmalarının, konforlu iç sıcaklık, bina dış cephe iyileştirmeleri, ilgili verimlilik önlemleri ile birlikte sürdürülmesinin enerji hizmetleri seviyesini yükseltmede güçlü bir güdü sağlayabildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu olgu daha çok ev piyasasının küçük bir bölümü olan- düşük enerji etkinliği ve yüksek enerji maliyetleri ile karakterize edilen düşük-gelirli mesken örnekleriyle ilgili olmaktadır (Aktaran: Howarth, 1997: 2).

Hollanda ekonomik politika analizi (CPB) çalışma sonuçlarına göre ayrıca, fiyat seviyesinin fiyat esnekliğini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Görece düşük fiyat seviyesinde, küçük bir fiyat yükselişi enerji talebini sadece küçük oranda düşürmektedir. Görece olarak yüksek fiyat seviyesinde ise enerji talebi daha elastik olmaktadır. CBP tarafından yapılan enerji fiyat esneklikleri tahminlerine göre, uzun dönem fiyat esneklikleri genellikle kısa dönem fiyat esnekliklerini aşmaktadır. Uzun

dönemli yakıt fiyat esneklikleri -0.10 ila -0.50 arasında değişirken, uzun dönemli elektrik fiyat esneklikleri -0.10 ila -0.30 arasında değişmektedir. Toplam makro ekonomik fiyat esnekliği ise -0.27 olarak tahmin edilmiştir (Berkout vd., 2000: 430). Berkout vd. (2000)'de, Hollanda'nın fiyat esneklikleri tahminlerine dayanan çalışmalarının sonuçları özetlenmiştir. Birçok yazar enerji talep fiyat esnekliğini gösteren tek bir sonuç olmadığı konusunda hem fikirdir. Esneklik, her bir enerji taşıyıcısına, her bir kullanıcı grubuna, uzun ve kısa dönem olmasına göre değişiklik göstermektedir. Aynı zamanda fiyat esnekliği simetrik değildir, zamanla değişmektedir ve fiyat seviyesine göre farklılaşmaktadır. Yüksek fiyat seviyesinde yüksek fiyat esnekliği görülmektedir. Genel olarak makro ekonomik rebound etkisi %0.15 ve %0.27 arasında değişmektedir (Berkout vd., 2000: 431).

Tablo 4-6: Hollanda'da Kısa ve Uzun Dönem Fiyat Esneklikleri

		Hanehalkı	Firmalar	Taşımacılık
Kısa dönem	Elektrik	0 ile -0.25 arası	0 ile -0.20 arası	
	Yakıt			-0.20 ile -0.30 arası
	Doğal Gaz	-0.05 ile -0.15 arası		
Uzun dönem	Elektrik	-0.30 ile -0.45 arası	-0.10 ile -0.35 arası	
	Yakıt	-0.20 ile -0.30 arası	-0.10 ile -0.20 arası	-0.35 ile -0.60 arası
	Doğal Gaz	-0.10 ile -0.60 arası		

Kaynak: Berkhout vd., 2000: 431.

Sommerville ve Sorrell (2007)'de hanehalkı ısıtmasına yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile ilgili 15 yarı-deneysel çalışma gözden geçirilmiştir. Çalışmanın sonucunda standart mühendislik modellerinin enerji tasarruflarını yaklaşık yarıya yakın aşırı tahmin edebildiği ve düşük gelirli hanehalkı için de enerji tasarruflarının aşırı tahmin edilebildiği sonucuna ulaşılmıştır. Hseuh ve Gerner (1993)'de, 1981 yılına kadar ABD'de 1,281 tekil aile hanehalkı karşılaştırabilir verileri kullanılmıştır. Veri seti, ekonometrik modelleri ve mühendislik modelleri bütünleştiren, araç-gereç mülkiyeti ve demografik özellikleri içeren geniş kapsamlı verileri içermektedir. Esneklikler tahmin edilerek yapılan çalışma sonucunda, elektrikle ısıtılan evlerde kısa dönemli rebound etkisi yüzde %35, gazla ısıtılan evlerde kısa dönem rebound etkisi %58 olarak tahmin edilmiştir (Aktaran: Sorrell , 2009: 35-36).

Alan soğutmasına yönelik Doğrudan Rebound Etkisi'ne üzerine yapılan çalışmaların sayısı çok azdır. Alan soğutmasında kullanılan enerji tüketimi diğer alanlarda kullanılan enerji tüketimine göre daha düşük olmakla birlikte son dönemlerde önemli büyüme kaydetmiştir. Hausman (1979) ve Dubin vd. (1986) bu alanda potansiyel rebound etkisine yönelik en iyi ölçümleri gerçekleştirmişlerdir. Ancak her iki çalışmada da küçük örneklem ve enerji fiyatlarının yükseldiği dönem sonrası incelenmiştir. Hausman (1979)'da Doğrudan Rebound Etkisi kısa dönem için %4, uzun dönem için %26.5 olarak bulunmuştur. Dubin vd. (1986)'da ise, Doğrudan Rebound Etkisi'nin %1-%26 arasında olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Dubin vd. (1986)'da, Florida'da, ev ısıtma etkinlik gelişmeleri programına katılan 214 hanekalkının ev ısıtma ve soğutma durumu incelenmiştir. Çalışmada hem özgün kullanım deneylerinden elde edilen ekonomik teknikler hem de mühendislik-termal yükleme modeli kullanılmıştır. Kışın, alan ısıtmasındaki elektrik kullanım talep esnekliği görece olarak yüksek bulunmuştur. Tahminler -0.52 ila -0.81 arasında değişmektedir. Bu fiyat esneklikleri tahmini, hanehalkı sahiplerinin, konfor efektif fiyatları daha düşük olduğunda klima ve ısıtmayı daha yoğun kullanacaklarını doğrulamaktadır. Bu sonuca dayanarak saf mühendislik yaklaşımlarının çeşitli koruma stratejilerinin potansiyelini aşırı tahmin ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın sonucunda fiili korumaların, yaz dışındaki aylarda soğutma alanında mühendislik tahminlerinin %13 altında, en tepe yaz aylarında ise mühendislik tahminlerinin %1-%2 altında gerçekleştiği; fiili korumaların ısıtmada ise mühendislik tahminlerinin %8-12 altında gerçekleştiği bulgusu elde edilmiştir. Soğutma alanında aylar arasındaki farklılığın nedeni düşük fiyat esnekliklerinden kaynaklanmaktadır. Bu sonuçlar, termal gelişmeler ve araç-gereç etkinliği gelişmeleri kaynaklı fiili enerji tasarrufların, mühendislik modelleri tahminlerinin altında gerçekleşeceğini göstermektedir.

Dinan (1987)'de 252 hanehalkının konutlarının soğuğa karşı izole edilmesi örneğinde geri besleme etkisi incelenmiştir. Çalışma sonuçları izolasyondan sonraki ilk dört ay için sınırlı tutulmuştur. Çalışma sonucunda, hane başına gerçekleşen fiili tasarrufların (2600kWh), mühendislik hesaplarına dayanan ve ulaşılması tahmin

edilen enerji tasarruflarının (6100 kWh), ancak %43'ü olduğu tespit edilmiştir. Dinan (1987)'de Rebound Etkisi'nin istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte sayısal olarak küçük olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Aktaran: Khazzoom, 1989: 159).

Genel olarak hanehalkı ile ilgili yapılan çalışmalar arasında Doğrudan Rebound Etkisi'nin tanımlanması arasında tutarsızlıklar ve davranışsal tepkiler arasındaki çeşitli farklılıklar mevcuttur. Ancak ekonometrik çalışmaya dayanan kanıtlar, yarı-deneysel çalışmaların sonuçlarını destekler niteliktedir. Hanehalkı ısıtmasına yönelik Doğrudan Rebound Etkisi'nin yaklaşık %30 civarlarında ortalama bir değere sahip olduğunu göstermektedir. Bu konuya yönelik su ısıtması ile ilgili az sayıda çalışma olduğu bulunmuştur (Sorrell , 2009: 36).

Nadel (1993) ABD'nin altyapısı ile ilgili yapmış olduğu değerlendirme çalışmalarının sonucu aydınlatma sisteminde Doğrudan Rebound Etkisi'nin %10 ve daha az; su ısıtmasında sıfır ve soğutma sistemleri için anlamsız olduğu bulgularını elde etmiştir. Ayrıca değerlendirme çalışmalarına göre standart mühendislik modelleri enerji etkinliği gelişmelerindeki enerji tasarruflarını ev ısıtma sistemlerinde iki kat daha fazla tahmin etmektedir. Yapılan çalışma sonucu ısıtma hizmetlerinde Doğrudan Rebound Etkisi'nin %30'dan daha az olduğu bulgusu elde edilmiştir (Aktaran: Sorrell, 2009: 36).

Roy (2000)'de Hindistan'ın hanehalkı, taşımacılık ve sanayi sektörlerinde teknik enerji etkinliği kazançlarının enerji kullanımını azaltması üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada ilk olarak kırsal alan hanehalkı için uygulanan etkin aydınlatma programı ile ilgili Rebound Etkisi incelenmiştir. Çalışma elektriği olmayan köyler (yaklaşık Hindistan'ın %24'ü elektriğe sahip değildir) dikkate alınmıştır. Yeni Yenilenebilir Enerji Bakanlığı kırsal Hindistan alanlarında kullanılan düşük etkin gazyağı lambalarını görece etkin yenilenebilir aydınlatma teknolojisi olan solar lantern ile değiştirmeyi amaçlamaktadır. Hesaplanan tasarruflar haftada 2.50 litre, fiili tasarruflar 1,25 litre olarak tespit edilmiş ve rebound etkisi %50 olarak bazı evlerde ise %80 olarak hesaplanmıştır. Rebound Etkisi'nin %50 ya da %80 çıkması artan faaliyetlerden sağlanan kazançların %50'sinin veya %80'nin

geri alındığı anlamına gelmektedir. Yazarlara göre bu kadar yüksek düzeyde Rebound Etkisi'nin arkasında programın yapısına dayanan bazı temel nedenler yer almaktadır (Roy, 2000: 434-435).

Diğer nihai evsel kullanım ile ilgili Doğrudan Rebound Etkisi'nin tahminine yönelik sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu nihai kullanım hizmetleri su ısıtma, elektronik aygıtlar, dondurucu, çamaşır ve bulaşık makineleri gibi bazı araç-gereçlerdir. Bu hizmetlere yönelik enerji talebini belirlemek ve ölçmek elde edilebilir veri azlığından dolayı oldukça zordur. Hartman (1984)'de hanehalkı su ısıtmasında Rebound Etkisi %10-%40 arası bulunmuştur (Aktaran: Gonzalez, 2010: 2311). Guertian vd. (2003)'de su ısıtmasında uzun dönem Rebound Etkisi %32-%38 arası, aydınlatma ve elektronik aygıtların dahil olduğu diğer enerji hizmetlerine yönelik uzun dönemli Rebound Etkisi %32-%49 arasında bulunmuştur. Kıyafet yıkaması ile ilgili Doğrudan Rebound Etkisi ile ilgili yapılan çalışma sonucunda, teorinin ileri sürdüğü gibi, "küçük" enerji hizmetleri için, Doğrudan Rebound Etkisi'nin, görece olarak küçük olacağı (örneğin %5'ten daha az) önerilmektedir (Sorrell, 2009: 36).

Elektrik nihai gereçleri için gerçekleşen Rebound Etkisi ölçümleri 0 ile %40 arasında bulunmuştur. Örneğin ev araçlarındaki (beyaz eşya) etkinlik yükselişlerinde ölçülebilir bir Rebound Etkisi görülmemiştir. Bununla birlikte alan ısıtmaları ya da soğutma birimlerine karşılaşılan Rebound Etkisi %0'dan %50'ye dağılmaktadır. Aynı zamanda yükselen otomobil yakıt ekonomisinde rebound etkisi birçok çalışmaya konu olmuştur. Otomobil yakıt ekonomisinde görülen etkinlik yükselişlerinde Rebound Etkisi'nin %10 ve %30 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, ABD yurt içi elektrik piyasası ve gaz piyasasında Rebound Etkisi'nin, hangi cihazın geliştirildiğine bağlı olarak %10-%40'ı geçmeyeceği öngörülmektedir. Gerçekleşen Rebound Etkisi, belirgin kaynaklar, belirgin düzenler, kaynak piyasasının nasıl geliştiği ve ekonomin genel durumu gibi çeşitli değişkenlere bağlıdır (Gottron, 2001: 1).

Davis (2007)'de ABD'de devlet-sponsorlu 98 katılımcının dahil olduğu yüksek etkin çamaşır makinelerinin denendiği hanehalkı kıyafet yıkamasına yönelik

Doğrudan Rebound Etkisi incelenmiştir. Bu yüksek verimli makinalar, standart makinalara göre makine başına %48 daha az enerji ve %41 daha az su harcamaktadır. Denemeye katılım gönüllü olarak sağlanmış, yeni makineler kurulmadan iki ay öncesi dönem için mevcut makinaların enerji ve su tüketimi gözlemlenmiştir. Çalışmada bu marjinal maliyet, kg/günlük temiz çamaşır talebinde (faydalı işler) bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Davis, yeni makinelerin kabulünden sonra temiz çamaşır talebinin %5.6 yükseldiği sonucunu elde etmiştir. Bu ise, enerji verimli çamaşır makinelerinden sağlanan kazançların küçük bir kısmının yükselen kullanım ile dengeleneceğini önermektedir (Davis, 2007: 2).

4.2.1.3. Ulaşım Sektörüne Yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür

Blair vd. (1984)'de Florida'nın 1967-1976 yılları aylık verileri kullanılarak fiyat, gelir ve mil cinsinden katedilen mesafenin esnekliği, en küçük kareler ve genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada yakıt-gaz tüketim miktarı, yakıt fiyatı, araçların mil seyahati, toplam kişisel gelir ve nüfus verileri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen kısa dönem yakıt talep esnekliği ya da yakıt talep mil esnekliği değerlendirmesinde, araçların mil performanslarında %10 oranında bir gelişmenin yakıt tüketiminde %7 azalmaya neden olacağı bulgusu elde edilmiştir. Potansiyel azalmaların anlamlı bir kısmı (%30), verilen mil cinsinden katedilen mesafe gelişmeleri ile ilgili olarak seyahat marjinal maliyetlerindeki azalmaya tepki olarak seyahat miktarının yükselmesi ile dengelenmektedir.

Doğrudan Rebound Etkisi'nin boyutu ile ilgili bir çok ampirik çalışma ABD taşımacılık sektörü ile ilgili çalışmalardır. Çalışmalarda genel olarak araç başına seyahat edilen mil ve petrol tüketimi verileri kullanılmaktadır. Çalışmaların sonucunda yakıt etkinliğindeki gelişmelerin bir sonucu seyahat edilen araçların mil miktarı %10 ve %30 arasında yükselmektedir (ya da rebound). Ancak uzun dönemli fiyat esnekliklerinin, tüketicilerin fiyat değişikliklerine daha yüksek oranda tepki verme kabiliyetlerine göre daha yüksek olması göz önünde tutulmalıdır. Örneğin

Avrupa’da özel taşımacılıkta Rebound Etkisi (ya da uzun dönemli fiyat esnekliği) %30-%50 olarak tahmin edilmektedir. Hizmet talebinin genişlemesi, daha yüksek kaliteye, konfora ve performansa yönelik tüketici tercihleri biçiminde de olabilmektedir (Herring, 2008: 1). Rebound Etkisi ve fiyat esneklikleri çok yakından ilişkili olduğundan, fiyat esneklikleri tahminleri Rebound Etkisi boyutunun ampirik olarak en yakın gösterilimini sağlamaktadır. Hollanda için yapılan bir çok çalışmada, fiyat esneklikleri kullanılarak enerji talebi üzerinde enerji fiyatlarının etkileri tahmin edilmiştir. 1992 yılında özel yönetim komitesi, enerji vergi regülasyonlarına girişim etkilerini rapor etmiştir. Raporda fiyat esneklikleri farklı beş çalışmadan alınmıştır. Esneklik çalışmaları ile ilgili genel sonuçlar şu şekilde özetlenmiştir (Berkout vd., 2000: 430). Evlerde enerji tasarrufu üzerinde odaklanan çalışmalarda, esneklikler -0.20’den -0.30’e doğru bir aralık etrafındadır. Elektrik talep fiyat esnekliği genel olarak doğal gazı göre daha düşüktür. Gaz talep esnekliği kira sektöründe, sahibi kendileri olan evlere göre daha düşüktür. Tahminler yatay kesit panel verilerine dayanmaktadır. 2) Taşımacılık sektörü için yapılan kısa dönem esneklik miktar tahminlerine göre, diğer tüketim sektörlerine benzer olarak, -0.20 ila -0.30 aralığında değişmektedir. Uzun dönemde yüksek değerlerle dikkat çeken iki sektör, taşımacılık sektörü (-0.8 ila -1.9) ve navlun (-0.6) sektörüdür. Bu sektörlerin yüksek fiyatlara gösterdiği tepki daha yakıt etkin araçların satın alınması şeklinde oluşmaktadır. Tahminler genellikle yatay kesit örneklerine dayanmaktadır. 3) Üretim sektörü için tahmin edilen esneklikler ise -0.05 ila -0.25 arasında değişmektedir.

Roy (2000)’de 1973-1974’den 1989-1990 dönemini zaman serisi verileri kullanarak taşımacılık sektörü için Rebound Etkisi analiz edilmiştir. Çalışmada taşımacılık sektöründe kullanılan yakıtların ayrı ayrı ayrımı yapılarak, hava taşımacılığı için uçuş ve türbin yakıtı-ATF; özel sektör hafif yolcu taşımacılığı için benzin; ağır taşıtlar, yolcu arabaları, otobüsler, ticari araçlar, demiryolu için dizel petrol verileri dikkate alınmıştır. Bu veriler kullanılarak Hindistan için taşımacılık sektöründeki kısa ve uzun dönem fiyat ve gelir esneklikleri tahmin edilmiştir. Çalışmada araçlarda görülen enerji etkinliği gelişmelerinin efektif fiyatlarla tüketicilere yansıtıldığı varsayılmaktadır. Çalışma sonucunda fiyat elastikiyetlerinin

düşük ve istatistiksel olarak anlamsız olmakla birlikte gelir etkisinin oldukça yüksek olduğu bulgusu elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda Hindistan için nihai enerji faaliyetlerindeki kırsal enerji talebi ve taşımacılık yakıt talebi gibi talebin doymadığı alanlarda geniş bir Rebound Etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle yazarlara göre yakıt etkin arabalar ve yakıt etkin ev araçları arzının artmasını teşvik eden politikalar gerçek maliyetleri yansıtan doğru fiyat politikaları ile ilişkilendirilmediği sürece, etkinlik gelişmeleri aracılığıyla sağlanan koruma politikalarının faydaları başarısız olacaktır (Roy, 2000: 437).

Tablo 4-7: Taşımacılık Yakıtlarında Fiyat ve Gelir Esneklik Tahminleri

Ürün	Kısa dönem		Uzun dönem	
	Fiyat elastikiyeti	Gelir elastikiyeti	Fiyat elastikiyeti	Gelir elastikiyeti
Motor yakıt	-0.241	0.487	-0.50	1.01
Yüksek-hızdizel yakıt	-0.019	0.335	-0.03	0.59
Uçuş ve türbin yakıtı	0.030	0.304	0.09	0.95

Kaynak: Roy, 2000: 437.

Small ve Van Dender (2005)'te araç sayısı, yakıt etkinliği, gaz-yakıtı tüketimi, seyahat edilen araç mili toplam verileri kullanılarak, 50 ABD eyaleti ve Kolombiya bölgesinin 1961-2001 dönemi incelenmiştir. Small ve Van Dender ABD için kısa dönem Doğrudan Rebound Etkisi'ni %4.5 ve uzun dönem etkisini %22 olarak tahmin etmişlerdir. Kısa dönemli etki literatürdeki sonuçlardan düşük çıkmasına karşın uzun dönemli etki literatürdeki sonuçlara yakın çıkmıştır. ABD'nin 1997-2001 dönemi ortalama gelir, kentleşme ve yakıt fiyatlarını kullandıkları çalışmada Doğrudan Rebound Etkisi'ni kısa dönemde %2.2, uzun dönemde %10.7 olarak tahmin etmişlerdir. Kişisel otomobil taşımacılığı ile ilgili 17 ekonometrik çalışmanın sonucunda uzun dönem Doğrudan Rebound Etkisi'nin %10 ile %30 arasında olduğu sonucuna varılmıştır (Aktaran: Sorrell , 2009: 35).

4.2.1.4. Sanayi Sektörüne Yönelik Doğrudan Rebound Etkisi ile İlgili Ampirik Literatür

Schipper ve Grubb (2000)'de IEA ülkelerinde farklı sektörlerde enerji kullanımı, enerji etkinliği ve fiyat değişkenleri dikkate alınarak Rebound Etkisi

belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmanın başlangıç dönemi olarak 1970 yılı seçilmiştir. İncelenen dönem içindeki faaliyetlerde temel ölçümlerin (araba kullanımı, imalat sanayi çıktısı, yapısı, ev alanı, vs) enerji fiyatlarındaki ve etkinliğindeki değişmelere çok az bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada 1970 ve 1980 dönemlerinde dolaylı etkilerin çok küçük olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Schipper ve Grubb, 2000: 367).

Grepperud ve Rasmussen (2004)'de Norveç ekonomisi için Rebound Etkisi genel denge modeli kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada farklı 6 sektördeki elektrik ve petrole yaşanan enerji etkinlik gelişmeleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda hem enerji kullanımında hem de sera gazı oluşumunda sektörler arasında farklı ve anlamlı bulgular elde edilmiştir. İmalat sektöründe anlamlı bir Rebound Etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer sektörlerde ise, Rebound Etkisi çok zayıf ya da yoktur. Kağıt hamuru ve kağıt için yıllık ortalama faktör verimliliğinin iki kat arttığı varsayımları altında uzun dönemde (2050 yılına kadar) elektrik talebi yaklaşık %17.7 oranında azalmaktadır. Metal sanayinde ise elektrik talebi yaklaşık %18 oranında yükselmektedir ve güçlü bir Rebound Etkisini önermektedir. Bununla birlikte bu sektörde büyümenin yaklaşık %32 oranında olacağı tahmin edilirken petrol tüketimindeki artışın %87,5 olacağı bulgusu elde edilmiştir. Kimya ve mineral sanayinde elektrik etkinliği gelişmeleri elektrik talebini yaklaşık %6 oranında azaltırken petrol talebini yaklaşık %1 oranında düşüreceği tahmin edilmektedir. Finans ve bankacılık sektöründe elektrik talebi %36,1 oranında düşerken petrol tüketimi 51,8 oranında yükselecektir (Grepperud ve Rasmussen, 2004: 272-2778).

Tablo 4-8: Elektrik Etkinlik Gelişmeleri (%)

Sektörler	Elektrik Tüketimi	Petrol Tüketimi
Kağıt Hamuru ve Kağıt İmalat Sanayi	-17.7	-29.9
Metal Sanayi	17.8	87.5
Kimya ve Mineral sanayi	-5.7	-1.2
Finans ve Sigortacılık	-36.1	1.8
Balıkçılık	-	-84.0
Yol Taşımacılık	0.8	-15.0

Kaynak: Grepperud ve Rasmussen, 2004: 272-2778.

Bentzen (2004)'de ABD'nin 1949-1999 dönemi zaman serisi verileri kullanılarak imalat sanayindeki potansiyel Rebound Etkisi tahmin edilmiştir. Çalışmada dinamik OLS metodu kullanılmıştır. Model tahminin izin verdiği asimetrik fiyat etkileri çerçevesinde ABD imalat sektörü için Rebound Etkisi'nin yaklaşık %24 oranında olduğu bulunmuştur. Bu sonuç firmalarla ilgili yapılan diğer ampirik çalışmalarla karşılaştırıldığında yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni enerji tüketimini etkileyen yapısal değişimlerin ve kullanılan toplam verilerin muhtemel olarak etkili olmasıdır. Bu nedenle Rebound Etkisi'nin gerçek değerinin %24 oranından daha düşük olabileceği belirtilmektedir.

Roy (2000)'de sanayi sektörü ve taşımacılık sektörü için Rebound Etkisi incelenmiştir. Değişken fonksiyonel form kullanılarak ikame esnekliği seçilen enerji yoğun sanayiler için tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda çeşitli sektörlerdeki (aliminyum, çimento, gübre, demir ve çelik cam, kağıt) fiyat elastikiyetleri -0.5681 ve -0.0398 arasında bulunurken, toplam sanayi dikkate alındığında fiyat elastikiyeti -0.0179 gibi düşük bir seviyede bulunmuştur. Firmaların geri besleme seviyesinin, yakıtın diğer faktör girdileri ile ikame edebilirliğine bağlı olduğu görülmüştür. Geri besleme olabilirliği çimento ve aliminyum sanayileri dışında düşük çıkmıştır (Roy, 2000: 436).

Tablo 4-9: Sanayi Sektörü Enerji Fiyat Elastikiyetleri

	Aliminyum	Çimento	Gübre	Demir ve Çelik Cam	Kağıt	Toplam Sanayi
Esneklik	-0.3891	-0.5681	- 0.1322	-0.0398	-0.2378	-0.0179

Kaynak: Roy, 2000: 436.

Sanayi sektöründeki enerji tüketim faaliyetleri yer almaktadır. Potansiyel Rebound Etkisi'nin değerlendirilmesinde önemli özellikler, enerji/toplam maliyet oranı, Doğrudan Rebound Etkisi (cari-mevcut araçların daha yoğun kullanımı), verimlilik etkisi (ya da diğer üretim faktörleri üzerindeki etki) ve teknolojik difüzyon etkisi. Tablodan görüldüğü gibi sanayi sektöründe Rebound Etkisi'nin büyük bir kısmının sanayisel işlem ve taşımacılık/logistikle ilgili olduğu görülmektedir (Van den Bergh vd., 2009: 51).

Tablo 4-10: Sanayi Sektörü Enerji-Tüketim Faaliyetleri ve Rebound Etkisi

Sanayisel Enerji Tüketim Faaliyetleri	Enerji Oranı	Enerji Kullanım	Enerji Korumaları (etkinlik gelişmeleri ve enerji etkinliği gelişmeleri) olmadan Enerji/toplam maliyet oranı	Enerji Etkinlik Gelişmeleri		
				Mevcut araçların daha yoğun kullanımı (doğrudan rebound etkisi)	Etkinlik Etkisi (diğer üretim faktörleri üzerindeki etki)	Teknolojik difüzyon etkisi (genel teknoloji amacı)
Sanayisel aydınlatma	Küçük	Küçük	Küçük	Orta	Küçük	Yok
Soğutma	Orta	Küçük	Küçük	Küçük	Küçük	Yok
Havalandırma	Orta	Orta	Orta	Küçük	Küçük	Küçük
Alan ısıtması	Orta	Büyük	Büyük	Küçük	Küçük	Yok
Su ısıtması	Orta	Küçük	Küçük	Küçük	Küçük	Yok
Sanayisel süreç	Büyük	Büyük	Büyük	Orta	Büyük	Orta
Taşımacılık ve lojistik	Büyük	Büyük	Büyük	Büyük	Orta	Orta

Kaynak: Van den Berg, 2011: 51

Van den Berg (2011)'de Rebound Etkisi ile ilgili çalışmaların daha çok gelişmiş ülkelere yönelik olduğu, gelişmekte olan ülkeler için daha yüksek Rebound Etkisi ve mekanizmalarının olabileceği vurgulanmaktadır. Bunun en temel nedeni olarak, toplam maliyetler ya da gelirle karşılaştırıldığında enerji maliyetlerinin geniş olduğu durumlarda, Rebound Etkisi'nin daha büyük olabileceği yer almaktadır. Diğer bir neden ise Rebound Etkisi'nin teknolojiler, sektörler hatta ülkeler arasında (gelişmiş ülkelere karşı gelişmekte olan ülkeler) enerji/toplam maliyet oranları ilişkisi kapsamında farklılaşacağı yönündedir. Diğer bir ifadeyle, üretim faktörü olarak enerjinin görece önemi olan sektörler ve hizmetler, enerji koruma çabalarına tepki olarak, ceteris paribus, daha yüksek Rebound Etkisi gösterebilirler. Ülkeler dikkate alındığında, enerji hizmetleri ile ilgili karşılanmayan talep gelişmekte olan ülkelere daha yüksek rebound potansiyeline neden olabilmektedir.

Sorrell (2007)'de OECD ülkelerinde bireysel ev ısıtma, ev soğutma ve kişisel otomobil taşımacılığında Doğrudan Rebound Etkisi'nin %30'dan daha az, taşımacılıkta ise Rebound Etkisi'nin %10'lara yaklaştığı bulgusu elde edilmiştir. Gelecekte bu enerji hizmetleri talebinde yaşanan doyumla birlikte Doğrudan Rebound Etkisi'nin düşeceği beklenmektedir. Ekonometrik çalışmalara dayanan gelişmiş ülkelerdeki otomobil taşımacılık ve ev ısıtma sistemlerinde Doğrudan Rebound Etkisi'nin güçlü olduğu, diğer tüketici enerji hizmetleri için Doğrudan Rebound Etkisi'nin daha zayıf olduğu bulgusu elde edilmiştir. Teorik tartışmalar Doğrudan Rebound Etkisi'nin gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksek olacağını belirtirken uygulamada gelişmekte olan ülkelere enerji etkinliği gelişmelerin belirli şekilde zayıf olduğu yönündedir.

Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre kesin bir rebound büyüklüğü konusunda belirsizlik olmakla birlikte, uygun kanıtlar göstermiştir ki belirli Rebound Etkisi ya da mekanizmaları sektörler ve teknolojiler arasında geniş ölçüde farklılaşmaktadır. Doğrudan Rebound Etkisi'nin genellikle dolaylı rebound etkisinden daha büyük ya da daha küçük olacağını söylemek imkansızdır. Doğrudan rebound etkisinin bazı hanehalkı ısıtma ve soğutma örneklerinde yaklaşık %30 civarında olabilmekte, taşımacılık için daha düşük olabilmekte, hatta bazı çalışmalarda bireysel örneklerde daha yüksek rebound oranları gerçekleşebilmektedir. Dolaylı ya da ekonomi genelinde rebound etkisi %10 civarlarında ve/veya sıklıkla yüksek olmaktadır. Sorrell tarafından, genel denge analizlerine başvuran çalışmalarda, dolaylı etkinin %50'den daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2. Backfire Etkisi ile İlgili Ampirik Çalışmalar

Saunders (1992)'de, toplam üretimin emek, sermaye ve enerji girdilerinden oluştuğu genelleştirilmiş bir ekonomik büyüme modeli göz önüne alınmıştır. Eğer enerji üretiminin ve tüketiminin birim maliyeti zaman içinde sabitse, Saunders enerji- artırıcı teknolojik değişimin uzun dönem enerji kullanımı üzerindeki net etkisinin, emek ve sermaye girdilerinin toplam bir indeksi ile enerji arasındaki ikame esnekliğine bağlı olduğunu belirlemiştir. Eğer bu esneklik birden küçükse, enerji

etkinliği gelişmeleri enerji kullanımında azalmaya neden olmaktadır. Eğer esneklik bir ya da birden büyükse enerji kullanımı enerji etkinliği ile birlikte yükselmektedir. Toplam üretim fonksiyonunda enerji ve diğer faktörlerin ikame seviyesinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bir çok çalışmada enerji ve emeğin ikame, enerji ve sermayenin değiş tokuşunun karma olduğu sonucu bulunmuştur. Zaman serisi çalışmalarında enerji ve sermayenin tamamlayıcı, kesitsel çalışmalarda ve uluslararası karşılaştırmalarda ikame oldukları tespit edilmiştir. Saunders (1992) analizinde enerji kullanımı ve enerji hizmetleri arasında ayırım yapılmamış, enerjinin direkt olarak üretim fonksiyonuna girdiği varsayılmıştır (Howart, 2007: 2). Saunders (1992)'de makroekonomik yaklaşım dikkate alınarak neo-klasik büyüme teorisi kapsamında Rebound Etkisi incelenmiştir. Neoklasik büyüme teorisi, faktör kullanımını, faktör verimliliğini, faktör büyüme dinamiklerini toplam seviyede, sektörler arasında ve birkaç 10 yıl gibi uzun dönemde incelemektedir. Çalışmanın sonuçları Khazzoom-Brookes postulasını önemli ölçüde destekler niteliktedir (Saunders, 1992: 132). Hanley vd. (2009)' da hesaplanabilir genel denge modeli (CGE) kullanılarak İskoçya üretim sektöründeki Rebound Etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda enerji etkinliği gelişmelerinin ilk olarak Rebound Etkisi yarattığını, bunun daha sonra Backfire olgusunu yarattığı bulgusu elde edilmiştir.

Saunders (2005) ve Howarth (1997) neo-klasik büyüme modelini kullanarak "backfire (%100'den büyük Rebound Etkisi) hangi durumlarda saptandığını araştırmışlardır. Sonuçlar seçilen üretim fonksiyonuna ve enerji ile diğer faktörler arasındaki ikame esnekliğine yönelik yapılan varsayımlara dayanan bazı fonksiyonlara göre duyarlılık göstermektedir. Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanımı ve ikame esnekliğinin 1 olduğu varsayımı altında KB postulası geçerli olmaktadır. Buna karşılık Howart ikame esnekliğinin sıfır olduğu varsayımı altında Leontieff üretim fonksiyonunu kullandığı çalışmasında, enerji etkinliği gelişmelerinin makul olmayan varsayımlar dışında enerji kullanımında yükselmeye neden olamayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Howart (1997)'de, üretim faaliyetlerinde enerji ve enerji hizmetleri ayırımı yapılarak, enerji etkinliğindeki maliyet etkin gelişmelerin uzun dönemde,

teknolojinin sabit olarak kabul edildiği bir dünyaya göre enerji kullanımında ve enerji talebinde yükselişe neden olabileceği hipotezi incelenmiştir. Çalışmada 1929-1970 yılları ABD'nin verileri Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılarak analiz edilmiştir. Modelde iki durum dışında enerji etkinliği gelişmelerinin yükselen enerji kullanımına neden olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumlar i) enerji hizmetleri toplam maliyetleri içinde enerji maliyetlerinin baskın olması ii) enerji hizmetlerine yönelik harcamaların ekonomik faaliyetler içindeki payının büyük olması. Bu varsayımların ampirik olarak makullüğü ortaya konulmadığı müddetçe, enerji etkinliği gelişmelerinin modelde kullanılan varsayımlar altında uzun dönemde enerji kullanımını azaltacağı bulgusu elde edilmiştir.

Saunders (2000b)'de, Cobb-Douglas üretim fonksiyonu kullanılarak, Backfire Etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, enerji etkinliği kazançlarının ekonomi genelindeki yakıt kullanımında kesin yükselişlere (backfire) neden olduğu bulgusu elde edilmiştir. Binswanger (2001)'de, etkinlik yükselmeleri tarafından dikkate alınmayan davranışsal tepkilerin enerji kullanımı üzerinde geniş etkileri olabileceği, enerji kullanımını etkileyen çeşitli geri beslemeler dikkate alınarak incelenmiştir. Bu çalışmada özellikle zaman tasarrufu sağlayan teknolojik değişmelerin enerji kullanımı üzerinde büyük etkisi olduğu çünkü bir çok zaman-tasarrufu sağlayan araç-gerecin (taşımacılıkta hızlı modlar), yüksek enerji kullanımı gereksinimi olduğu vurgulanmaktadır. Bu tarz bir etki güçlü bir Rebound Etkisi ile desteklenmekle birlikte buradaki durum enerjiden daha ziyade zamanla ilgili olmaktadır. Bu tarz "zamanla ilgili rebound etkisi", özellikle ücretler yüksek ve aynı zamanda fiyatlar düşük olduğunda yüksek olacaktır. Bu örnek bir çok sanayileşmiş ülke de görülmektedir. Zamanın fırsat maliyetini yansıtan yüksek ücretler, düşük fiyatlarla birleşince zaman-tasarrufu yükselmektedir, insanlara zaman tasarrufu sağlamaya çalışırken ancak enerji-yoğun aygıtlar enerji kullanımında toplam bir yükselmeye neden olmaktadır (Binswanger, 2001:121).

Saunders (2005)'te yeni ya da muhtemel enerji etkin teknolojilerin ekonomi genelinde ya da sektörel enerji kullanımı etkilerini hesaplamaya izin veren, CECANT, yöntemi kullanılmıştır. CECANT yöntemi ile kullanıcının belirli bir yeni

teknolojinin tasarlanacağı bir durumda bu sektörel düzeyde, ekonomi genelinde ve global düzeyde teknolojinin enerji tüketimini nasıl etkileyeceği incelenmektedir. Bu araç aynı zamanda, hangi tür farazi teknolojilerin, hangi sektörlerde en fazla enerji azalmasını sağlayacağını araştırılması amacıyla kullanılabilir. Yöntem bazı basitleştirici varsayımlara dayanmaktadır. Bu varsayımlar ölçeğe göre sabit getiri, her bir ekonominin (sektörün) sermaye ve emeğin teknolojik değişmelere karşı aynen sabit kaldığı, enerjinin sabit fiyatlarla sağlandığı ve tüketici tercihlerinin Cobb-Douglas fayda fonksiyonu ile tanımlandığıdır. Bu sınırlamalarla CECANT yöntemi daha karmaşık genel denge modelleri ile örtüşmektedir. Yakıt etkinlik teknolojilerinin yakıt talebi üzerindeki etkisinin karmaşık olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Diğer önemli bir analiz Hogan ve Jorgenson (1991) tarafından yüksek derecede genelleştirilmiş üretim fonksiyonu kullanılarak yapılmıştır. Bu ampirik analizde ABD ekonomisi için teknolojik trendin 35 sektördeki 20 yıllık süreyi kapsayan verileri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda sabit enerji fiyatlarında, enerji kullanım değerinin yükselen bir trend gösterdiği bulgusu elde edilmiştir. Bu durum ABD ekonomisi için Khazzoom-Brookes postulasını, enerji-artırıcı tekniksel gelişmenin (saf enerji etkinliği ilerlemelerinin) enerji tüketiminde yükselişe neden olacağını destekler niteliktedir (Aktaran: Saunders, 1992: 142).

Wirl (1997) “Koruma Programlarının Ekonomisi” kitabında Rebound Etkisi'nin %100'den büyük olabileceği durumları incelemiştir. Daha etkin araç-gereçlerin hizmet talebini yükseltmedeki büyüklüğünün, hizmetler talebinin esnekliğine bağlı olduğunu belirtmektedir. “En önemli sonuç (ceteris paribus) daha etkin bir araç-gereç, hizmetler talebini yükseltmektedir, öyleki fiili tasarruflar mühendislik etkinlik karşılaştırmalarının gerisinde kalmaktadır. Eğer hizmetler talebi elastikse, enerji etkinliği gelişmeleri kapsamında “koruma ” enerji talebini yükseltebilecektir”. Wirl yüksek fiyatların net bir şekilde talebi düşürdüğünü, etkinlik etkilerinin belirsiz olduğunu ve etkinlik gelişmelerin daha düşük tüketim anlamına gelmediğini göstermiştir. Bu durumun hariç tutulmasındaki gerekli ve yeterli koşul ise hizmetler talebinin inelastik olması durumudur. Bu durum marjinal

faydanın esnekliğinin -1'den daha az olması gereksinimi ile eşdeğerdir. Wirl, fiyat-inelastik hizmet talebi gerekli olduğu koruma paradoksunun dışında, fiyat-elastik hizmetlerde %1'lik etkinlik gelişmelerinin, hizmetlerin maliyetlerini %1 düşüreceğini ve bunun da %1'in üzerinde hizmet genişlemesine neden olacağı sonucuna ulaşmıştır. Hizmetlerin genişlemesi, enerji etkinlik kaynaklı korumalardan daha ağır basmaktadır (Aktaran: Herring, 2008).

4.3. Uygulamada Kullanılan Ekonometrik Yönteme İlişkin Teorik Açıklamalar

Aşağıdaki alt bölümde ilk olarak uygulamada kullanılan veriler tanımlanmış, daha sonra uygulamada kullanılacak yöntemlerle ilgili metodolojik açıklamaya yer verilmiştir. En son olarak uygulama sonuçları tablolar ile gösterilmiştir.

4.3.1. Uygulamada Kullanılan Verilerin Tanımlanması

Türkiye'nin mesken elektrik talebi Holtedahl ve Joutz (2004) dikkate alınarak aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

$$\ln EC_t = a_0 + a_1 \ln P_t + a_2 \ln Y_t + a_3 \ln U_t + \varepsilon_t \quad (4.7)$$

EC_t = Mesken elektrik tüketimini (kWh)

P_t = Mesken reel elektrik fiyat indeksi (TL/kWh)

Y_t = Reel gayrisafi yurtiçi hasıla (1998 sabit fiyatları ile milyon TL)

U_t = Nüfusu 1 milyondan fazla olan kentlerde yaşayan toplam nüfus

Çalışmamızda Türkiye'nin 1964-2009 dönemi yıllık zaman serisi verileri kullanılmıştır. Esneklik yorumlarının yapılabilmesi ve değişen varyans sorununu gidermek amacıyla tüm serilerinin logaritmaları alınmıştır. EC_t Türkiye'de toplam mesken elektrik tüketimini (kWh), P_t elektrik (ısı ve aydınlatmada kullanılan) fiyat indeksini (TL/kWh), Y_t gayrisafi yurtiçi hasılayı, U_t nüfusu bir milyondan fazla olan kentlerde yaşayan toplam nüfusu, ε_t hata terimini göstermektedir. Mesken elektrik

fiyatları ve hanehalkı harcanabilir gelir verileri 1964-2009 dönemini kapsayan yıllar için temin edilmesi mümkün olmadığı için bu verilerin yerine elektrik fiyat indeksi ve gayri safiyurtiçi hasıla verileri kullanılmıştır. Bu değişkenler 1998 sabit fiyatları ile reel hale getirilmiştir. Ekonomik teoriye göre elektrik tüketiminde görelî ikame ve tamamlayıcı mal fiyatları elektrik talebinde etkili olmaktadır. Ancak çalışmamızda uzun dönemi kapsayacak şekilde elektriğin ikamesi ve/veya tamamlayıcısı malların petrolün ve doğal gazın fiyatları elde edilemediği için analize dahil edilmemiştir. Çalışmamızda elektrik fiyatları Halıcıoğlu (2007) ve Hondroyiannis (2004) çalışmalarına benzer şekilde indeks şeklinde kullanılmıştır.

Elektrik fiyatlarındaki bir yükselme talep miktarında düşmeye (vice versa) neden olacaktır. Bu nedenle a_1 'in sıfırdan küçük $a_1 < 0$ olması beklenir. Elektrik normal bir mal (hizmet) olduğu için, hanehalkı gelirin ve/veya harcamasının yükselmesinin ise uzun ve kısa dönemde ekonomik faaliyetlerin ve elektrik kullanan araç-gereçlerin satın alımlarını yükselterek tüketimde yükselişe neden olması beklenir. Bu nedenle $a_2 > 0$ olması beklenir. Kentleşme ise hem elektrik kullanımına erişimin artması hem de kentlerde elektrik kullanan araç-gereçlerin daha çok tüketilmesine imkan vermesi dikkate alındığında elektrik tüketiminin yükselmesi beklenir. Bu nedenle $a_3 > 0$ olmasını bekleyebiliriz (Holtedahl ve Joutz, 2004: 204-205).

Çalışmamızda kullanılan elektrik tüketimi, gayrisafiyurtiçi hasıla ve kent nüfusu verileri Dünya Bankası veri sisteminden, elektrik fiyatı verileri İTO kaynaklarından temin edilmiştir.

4.3.2. Durağanlık Kavramı

Zaman serilerinde durağanlık kavramı Gujarati (1999)'da "*ortalamasıyla varyansı zaman içinde değişmeyen ve iki dönem arasındaki ortak varyansı bu ortak varyansın hesaplandığı döneme değil de yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa bağlı olan olasılıklı bir süreç*" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım çerçevesinde durağanlık sürecini şu şekilde ifade etmemiz mümkündür (Gujarati, 1999: 713):

$$\text{Ortalama: } E(Y_t) = \mu \quad (4.8)$$

$$\text{Varyans : } \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \quad (4.9)$$

$$\text{Ortak varyans: } \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)] \quad (4.10)$$

Yukarıda belirtmiş olduğumuz tanımlamalar kapsamında eğer bir zaman serisi durağanlık koşullarını sağlıyorsa, bu zaman serisinin ortalaması, varyansı ve ortak varyansı zamanla değişmez, ne zaman ölçülürse ölçülsün aynı kalır. Eğer zaman serisi yukarıda belirtilen koşulları sağlamıyorsa yani zaman serisi durağan değilse bu zaman serisi durağan olmayan zaman serisi olarak tanımlanır. Zaman serilerinin durağan olmaması, serilerin trend içermesine neden olmaktadır. Eğer zaman serileri durağan değilse, stokastik ya da deterministik trend içermektedir. Bu durumda serilerinin kullanılacağı öngörümleme ve regresyon denklemlerinde sahte regresyon durumu ortaya çıkmaktadır.

4.3.3. Birim Kök Testleri

Birim kök testleri zaman serilerinde birim kök olup olmadıklarının anlaşılmasında kullanılan testlerdir. En yaygın olarak kullanılan birim kök testleri DF birim kök testi, ADF birim kök testi, Phillips-Perron birim kök testi, KPSS birim kök testi ve Ng-Perron birim kök testidir. Bu birim kök testini kullanmayı tercih etmemizin nedeni diğer birim kök testlerinin genellikle H_0 hipotezini reddetme eğilimi göstermeleridir. Aşağıdaki alt bölümde uygulamamızda kullanılan KPSS birim kök testi açıklanmıştır

4.3.3.1. KPSS Birim Kök Testi

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (1992) tarafın ileri sürülen KPSS birim kök testinde de temel amaç diğer birim kök testlerinde olduğu gibi serilerinin trendden arındırılarak analiz edilmesidir (Aktaran: Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 247). Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin tarafından önerilen KPSS testi, artıkların uzun dönem varyansının nonparametrik tahmincisine dayanmaktadır. Diğer birim kök testlerinden farklı olarak temel hipotez birim kök yoktur iken alternatif

hipotez birim kök vardır. Hipotezler $H_0:\rho < 1$ ve $H_1:\rho = 1$ olarak kurulmaktadır. LM test istatistiği KPSS(1992) kritik değerleri ile karşılaştırılmaktadır (Aktaran: Çağlayan ve Saçaklı, 2006: 125).

KPSS durağanlık testi lineer bir regresyon modelinden hareket etmektedir (Yavuz, t.y: 242-244):

$$y_t = r_t + \beta t + \epsilon_t \quad t=1, \dots, T \quad (4.11)$$

$$r_t = r_{t-1} + u_t \quad (4.12)$$

r_t otonom parametresi rassal yürüyüşü, y_t gözlemlenmiş seriyi, βt deterministik trendi, ϵ_t durağan hata terimini göstermektedir. y_t , trend durağan (I(0)) ise, rassal yürüyüş denklemi önem arz etmektedir. Denklemdaki u_t değişkeni, sıfır ortalama [$E(u_t)=0$] ve sabit varyans [$E(u_t^2) = \sigma_u^2$] ile normal dağılıma [$u_t \sim ND(0, \sigma_u^2)$] sahiptir. ϵ_t ve u_t arasında korelasyon yoktur. Temel hipoteze göre stokastik süreç (y_t), sabit etrafında ($\beta=0$) durağan veya trend durağandır ($\beta \neq 0$).

KPSS testinde ilk olarak y_t serisinin kesme ve trend üzerine regresyonundan elde edilen hata terimleri temel alınmaktadır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 247).

$$S_t = \sum_{i=1}^T e_i \quad t=1,2,3,\dots,T \text{ için} \quad (4.13)$$

Daha sonra LM testi aşağıda belirtilmiş formülle hesaplanır:

$$LM = \sum_{t=1}^T S_t^2 / s^2(l) \quad (4.14)$$

$$s^2 \hat{C} = T^{-1} \sum_{t=1}^T e_t^2 + 2 T^{-1} \sum_{s=1}^l w(s,l) \sum_{t=s+l}^T e_t e_{t-s} \quad (4.15)$$

olarak tanımlanır. $s^2 \hat{C}$ 'nin tutarlı tahminini $l \rightarrow \infty$ giderken $T \rightarrow \infty$ için $l=O(T^{1/2})$ oranıyla hesaplamak mümkündür.

En son olarak KPSS test istatistiğini aşağıdaki formülle göstermemiz mümkündür (Yavuz, t.y.: 242-244):

$$\hat{\eta} = T^{-2} \sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{s^2(L)} \quad (4.16)$$

$\hat{\eta}$ normal dağılım göstermemektedir. KPSS testinde H_0 ve H_1 hipotezleri aşağıdaki şekildedir:

$$H_0: \sigma_u^2 = 0 \quad H_1: \sigma_u^2 > 0 \quad (4.17)$$

Temel hipotez birim kök olmadığını gösterirken, alternatif hipotez y_t 'nin birim köke sahip olduğunu ileri sürmektedir. LM testi kullanılarak hesaplanan $\hat{\eta}$ değeri, kritik değerden büyükse, y_t 'nin durağan olduğunu ileri süren temel hipotez reddedilir. Eğer $\hat{\eta}$ değeri, kritik değerden küçük ise stokastik sürecin durağan olduğunu gösteren temel hipotez kabul edilir.

4.3.4. ARDL Modeli

Pesaran ve diğ. (2001) tarafından geliştirilen otoregresif dağıtılmış gecikme (ARDL) sınır testi ile farklı dereceden bütünleşik değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisini test etmek mümkündür. Bu yaklaşıma göre serilerin $I(0)$ veya $I(1)$ olmalarına bakılmaksızın değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı araştırılabilmektedir. ARDL sınır testi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı araştırılmaktadır. Bunun için önce hata düzeltme modelindeki gecikmeli düzey değişkenlerinin anlamlılığı F- testi ile test edilmektedir. Diğer bir ifadeyle, eşbütünleşme ilişkisinin varlığını test etmek için bağımlı ve bağımsız değişkenlerin birinci dönem gecikmelerine F testi yapılmaktadır.

Aşağıda belirtilmiş olan hata düzeltme modeli uygulamamızda kullanacağımız değişkenlere göre uyarlanmıştır (UECM modeli-kısıtlanmamış hata düzeltme modeli) (Aksu ve Başar, 2009: 9).

$$\Delta LEC_t = a_0 + a_1 LEC_{t-1} + a_2 LRP_{t-1} + a_3 LRY_{t-1} + a_4 LUR_t$$

$$+ \sum_{i=1}^m a_{6i} \Delta LEC_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{7i} \Delta LRP_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{8i} \Delta LRY_{t-i} + \sum_{i=0}^m a_{9i} \Delta LUR_{t-i} + \varepsilon_t$$

(4.18)

Hesaplanan değer, Pesaran ve diğ. (2001) tarafından oluşturulan kritik değerler tablosu ile karşılaştırılmaktadır. Pesaran ve diğ. (2001) tarafından oluşturulan bu tabloda, bir grup tüm değişkenlerin I(0) oldukları ve diğer grup tüm değişkenlerin I(1) oldukları göz önüne alınarak her bir durum için iki kritik değer içermektedir. Eğer hesaplanan değer, F-değerinin üst sınır değerini aşıyorsa değişkenler arasında eş-bütünleşme ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılır. Eğer hesaplanan değer, F-değeri alt sınır değerinden küçükse değişkenler arasında eş- bütünleşme olmadığına karar verilir. Hesaplanan değer F- değeri alt ve üst sınırının arasında kalıyorsa test sonuçsuz kalmaktadır (Karagöz ve Deniz, 1698).

Uzun dönemli ilişkinin varlığının belirlenmesinden sonra seviye değerlerinin yer aldığı ARDL modeli EKK yöntemi ile tahmin edilerek aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Aksu ve Başar, 2009: 9):

$$LEC_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} LEC_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{2i} LRP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{3i} LRY_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_{4i} LUR_{t-i} + \beta_5 t + v_t \quad (4.19)$$

Değişkenler arasındaki kısa dönemli ilişkinin araştırılması için ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modeli ise aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur. HDT hata düzeltme terimini ifade etmektedir (Aksu ve Başar, 2009: 10):

$$\Delta LEC_t = \delta_0 + \sum_{i=1}^m \delta_{1i} \Delta LEC_{t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{2i} \Delta LRP_{t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{3i} \Delta LRY_{t-i} + \sum_{i=0}^m \delta_{4i} \Delta LUR_{t-i} + \delta_5 HDT_{t-1} + \delta_6 TREND$$

(4.20)

4.4. Ekonometrik Modelin Sonuçları

Aşağıdaki alt bölümde ilk olarak KPSS birim kök sonuçlarına yer verilmiştir. Çalışmamızda KPSS birim kök testinin kullanılmasının amacı diğer birim kök testlerinin genel olarak birim kök vardır olan H_0 hipotezini reddetme eğiliminde olmalarıdır. Birim kök testi yapıldıktan sonrası yıllık veriler kullanılarak ARDL modeli ile tahmin edilen uzun dönem ve kısa dönem ilişkiler incelenmiştir.

4.4.1. KPSS Birim Kök Test Sonucu

Aşağıdaki tabloda KPSS Birim kök test sonuçları özetlenmiştir

Tablo 4-11: KPSS Birim Kök Test Sonuçları

Seviye Düzeyde	Değişken	Sabit ve Trend		Sabit		Sonuç
		LM ist.	%5 Kritik Değer	LM ist.	%5 Kritik Değer	
	LEC	0.209124	0.146000	0.870440	0.463000	Durağan değil
	LRP	0.037738	0.146000	0.833742	0.463000	Durağan değil ^a
	LRY	0.116900	0.146000	0.877754	0.463000	Durağan I(0) ^(*)
	LUR	0.226150	0.146000	0.870096	0.463000	Durağan değil ^(*)
		Sabitli ve Trend		Sabit		Sonuç
	Değişken	LM ist.	%5 Kritik Değer	LM ist.	%5 Kritik Değer	
Birinci Farkında	DLEC	0.041155	0.146000	0.712973	0.463000	Durağan I(1) ^a
	DLRP	0.163473	0.146000	0.163650	0.463000	Durağan I(1) ^b
	DLRY					Durağan I(0)
	DLUR	0.107483	0.146000	0.789313	0.463000	Durağan I(1) ^(*)

a, sabitli ve trendli modelde durağan; b sabitli modelde durağan. *Trendli kullanmak anlamlı, **Trendli kullanmak anlamsız

Yıllık serilere uygulanan KPSS birim kök testi sonuçları, ampirik analizde kullanılacak değişkenlerden sadece gayrisafiyurtiçi hasıla (ry) değişkeninin seviyede durağan I(0) olduğunu, lec, lrp ve lur değişkenlerinin ise birinci farklarında I(1) durağan hale geldiklerini göstermektedir.

4.4.2. ARDL Modeli Tahmin Sonuçları

Çalışmamızda yapılan birim kök testi sonuçlarına göre bazı değişkenlerimizin düzeyde durağan, bazı değişkenlerimizin birinci farkında durağan olması nedeniyle

ARDL modeli tercih edilmiştir. İncelediğimiz veri seti yıllık olduğu için maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak alınmış ve Akaike kriterine göre gecikme sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Daha sonra tahmin edilen modelde otokorelasyon sorunu olup olmadığını araştırmak amacıyla LM testi yapılmıştır.

Tablo 4-12: Breush-Godfrey Otokorelasyon LM Test İstatistiği

Fist.	0.496568	Prob(1,20)	0.4891*
Obs R ²	1.017530	Prob Ki-kare(1)	0.3131*
Fist.	0.118187	Prob(4,17)	0.9742*
Obs R ²	1.136366	Prob Ki-kare(4)	0.8885*
Gecikme sayısı 4'e göre belirlenen modelde 1 ve 4 gecikmeye göre otokorelasyon bulunmamaktadır. *%5 anlamlılık düzeyine göre otokorelasyon olmadığını göstermektedir.			

Gecikme sayısı belirlendikten sonra seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesi amacıyla sınır testi araştırılmıştır.

Tablo 4-13: Sınır Testi Sonuçları

k	F istatistiği	%5 anlamlılık Düzeyinde Kritik Değer	
		Alt Sınır	Üst Sınır
3	4.68	3.38	4.23
k modelimizdeki bağımsız değişken sayısıdır. Kritik değerler Pesaran vd. (2001:301) 'deki Tablo CI(iv)'den alınmıştır.			

Kaynak: Pesaran vd., 200: 301.

Hesaplanan F istatistiği sonucu %5 anlamlılık düzeyindeki kritik değerinden büyük olduğu için Ho hipotezi kabul edilir. Yani değişkenler arasında eşbütünleme ilişkisi vardır.

4.4.2.1. ARDL Modeli Sonuçları

Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin incelenmesine yönelik tahmin edilen ARDL modelinin sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 4-14: ARDL Modelinin Tahmin Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	T İstatistiği	Prob. Değeri
LEC(-1)	0.403	3.235	0.002**
LEC(-2)	-0.108	-0.710	0.482
LEC(-3)	0.126	0.863	0.394
LEC(-4)	0.221	2.154	0.038**
LRP	-0.065	-2.321	0.026**
LRY	0.718	8.297	0.000**
LUR	-1.500	-1.910	0.065***
LUR(-1)	1.863	2.247	0.031**
C	-13.142	-7.230	0.000**
t	-0.015	-4.473	0.000**
Tanısal Denetim Sonuçları			
R ²	0.999783		
Adjust. R ²	0.999722		
D-W	1.935909		
X ² _{BG(4)}	2.95[0.564]		
X ² _{JARGUE-BERA}	2.553[0.278]		
X ² _{BREUSH_PAGAN_GODFREY}	6.717[0.666]		
X ² _{ARCH(4)}	2.570[0.631]		
%5, *%10'da anlamlılığı göstermektedir.			
X ² _{BG(4)} , X ² _{JARGUE-BERA} , X ² _{BREUSH_PAGAN_GODFREY} ve X ² _{ARCH(4)} sırasıyla otokorelasyon, normallik ve değişen varyans sınaması istatistikleridir. Bu istatistikler sonucu modelimizde otokorelasyon ve değişen varyans sorunu olmadığı ve normal dağılım gösterdiği kabul edilmektedir.			

Tahmin edilen ARDL modeline göre elektrik tüketiminin 2. ve 3. gecikmesi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Diğer değişkenler ise %5 ve %10'da istatistiksel olarak anlamlıdır.

4.4.2.2. ARDL Modelinde Uzun Dönemli İlişki

Tahmin edilen sonuçlara göre elektrik fiyatı değişkeninin katsayısı negatif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Gelir ve kentleşme değişkenlerinin katsayısı ise pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Bu sonuçlar teorik olarak beklenen sonuçlarla ve daha önce yapılmış olan çalışmalarla uyumluluk göstermektedir.

Tablo 4-15: ARDL modelinden Elde Edilen Uzun Dönem Katsayıları

Değişkenler	Katsayı	T İstatistiği	Prob. Değeri
LRP	-0.182	-2.021	0.0496 ^{**}
LRY	2.010	4.270	0.0001 [*]
LUR	1.016	4.364	0.0001 [*]
c	-36.77	-4.477	0.0001 [*]

*%1, **%5, ***%10'da anlamlılığı göstermektedir.

4.4.2.3. ARDL Modelinde Kısa Dönemli İlişki

Değişkenler arasında kısa dönemli ilişkinin araştırılmasında ARDL modeline dayalı hata düzeltme modeli kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda kısa dönemli ilişkiyi gösteren değişkenlerin katsayıları verilmiştir. Burada HDD_{t-1} hata düzeltme terimidir. Hata düzeltme katsayısı kısa dönemdeki dengesizliğin ne kadarının uzun dönemde düzeleceğini göstermektedir. Bu değişkenin katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı çıkması kısa dönem dengesizliklerin uzun dönemde dengeye geleceği anlamına gelmektedir (Karagöl vd., 2007: 78).

Tablo 4-16: ARDL Modeline Dayalı Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	T İstatistiği	Prob. Değeri
DLEC(-1)	-0.228	-1.870	0.0693 ^{***}
DLEC(-2)	-0.336	-3.269	0.0025 ^{**}
DLEC(-3)	-0.213	-2.073	0.0456 ^{**}
DLRP	-0.060	-2.400	0.0220 ^{**}
DLRY	0.724	10.827	0.0000 ^{**}
DLUR	-1.449	-3.184	0.0031 ^{**}
C	-0.015	-1.637	0.1107
HDD(-1)	-0.349	-5.991	0.0000 ^{**}

*%1, **%5, ***%10'da anlamlılığı göstermektedir.

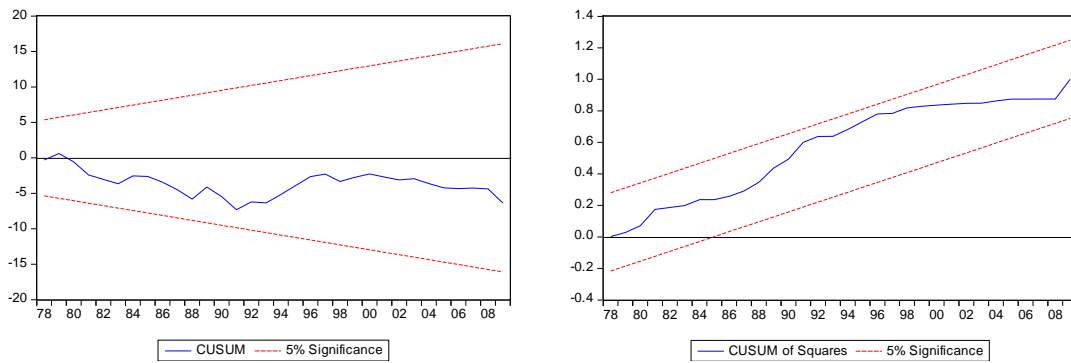
ARDL yaklaşımına dayalı hata düzeltme modeline göre değişkenler istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Kısa dönemde elektrik fiyatının işareti negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Benzer şekilde gelir değişkenin katsayısı beklenen yönde ve istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Kısa dönemde elektrik fiyatlarındaki bir yükselme elektrik tüketimini azaltırken, gelirdeki bir artış elektrik tüketimi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olmaktadır. Kısa dönemde değişkenlerin katsayısı uzun dönemli değerlerinden daha düşüktür ve yaklaşık yarısına gelmektedir. Bu durum

daha önce yapılmış olan çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. Kısa dönemde kentleşme değişkenin katsayısı ise negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Hata düzeltme değişkenin katsayısı negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum modelimizde meydana gelen kısa dönem dengesizliklerin uzun dönemde düzeleceğinin önemli bir göstergesidir. Ayrıca hata düzeltme katsayısının istatistiksel olarak anlamlı çıkması nedenselliğe işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle çalışmamızda elektrik fiyatları, gayrisafi yurtiçi hasıla ve kentleşmeden elektrik tüketimine doğru bir nedensellik mevcuttur.

4.4.2.4. CUSUM ve CUSUMQ İstikrarlılık Testleri

CUSUM ve CUSUMQ testleri tahmin edilen uzun dönem katsayıların kararlı olup olmadığını ölçen testlerdir. Tahmin edilen katsayıların kararlı olması diğer bir ifadeyle zaman içinde değişmemesi test sonuçlarının güvenilir olduğunu göstermektedir. CUSUM testi ilk n tane gözlem kullanılarak sürekli tekrarlanan tahminlerden elde edilen hata terimlerinin kümülatif toplamına dayanırken, CUSUMQ testi de kümülatif hata terimlerinin kareleri toplamına dayanmaktadır. CUSUM ve CUSUMQ grafiklerinden elde edilen eğri %5 anlamlılığı gösteren kritik değerler arasında ise tahmin edilen katsayıların uzun dönemde istikrarlı olduğu söylenebilmektedir (Altıntaş, 2008: 37; Akçağlayan, 2007: 7).

Şekil 4-1: CUSUM ve CUSUMQ Test Sonuçları



CUSUM ve CUSUMQ istatistik değerlerinden elde edilen eğriler elektrik tüketimi talebi fonksiyonunda %5 anlamlılık düzeyinde istikrarı gösteren kritik

sınırlar içinde yer almaktadır. Bu bize tahmin edilen modelin parametrelerinin kararlı-istikrarlı olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle Türkiye’de elektrik talebinin istikrarlı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

4.4.2.5. Ampirik Çalışmanın Bulguları

Türkiye’de elektrik tüketiminde mesken elektrik tüketiminin payı yıllar itibariyle yükseliş göstermektedir. Bu nedenle enerji planlarında önemli bir yere sahip olmaktadır. Tahmin edilen uzun dönem katsayıları dikkate alındığında Türkiye’nin elektrik talebinde gelirin ve kentleşmenin önemli belirleyiciler olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Gelirin kısa dönem ve uzun dönem esnekliği sırasıyla 0.72 ve 2.01 iken, fiyatın kısa dönem ve uzun dönem esnekliği -0.06 ve - 0.18’dir. Talep gelir esnekliği pozitif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç gelirdeki yükselişin araç-gereç elektrik kullanımını yükselteceği ve enerji yoğun mal ve hizmetlerin talebini yükselteceği ile tutarlıdır. Diğer bir ifadeyle reel gelir değişimleri elektrik tüketimi üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir.

Kentleşme değişkenin uzun dönem katsayısı ise istatistiksel olarak anlamlı ve 1.06 olarak elde edilmiştir. Çalışmamızda Halıcıoğlu (2007)’de belirtildiği gibi kentleşmenin Türkiye’nin enerji tüketiminde önemli bir değişken olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda kısa dönem gelir ve fiyat esneklikleri uzun dönem gelir ve fiyat esnekliklerinden daha düşük, yaklaşık yarı yarıya olduğu bulgusu elde edilmiştir. Kısa dönemde hanehalkı araç-gerçlerinin sabit olması ve mesken elektrik talebinin doğası gereği, fiyatlardaki ve gelirdeki kısa dönem değişmelerin etkisi uzun döneme göre sınırlı olmaktadır. Uzun dönemde ise hanehalkı araç-gereç değiştirme imkanına sahip olmaktadır. Bu ise gelir ve fiyat esnekliklerinin uzun dönemde daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Elde etmiş olduğumuz bu bulgu daha önceki çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. Bu bulgu politika yapıcıları açısından politika uygulamalarında göz önünde tutulmalı ve gelir ve fiyat politikaları uygulanırken uzun dönemli etkinin daha ağırlıklı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

SONUÇ

Enerji kavramı insanoğlunun yaşamında çok boyutlu bir özellik göstermektedir. Hem ekonomik yaşamın hem de sosyal yaşamın vazgeçilmez belki de en önemli girdisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkelerin ekonomik büyüme ve gelişmelerini gerçekleştirmelerinde, insanların sosyal ve günlük hayatlarını devam ettirmelerinde enerji en temel ihtiyaç olmaktadır. Ancak iktisat teorisinde belirtildiği gibi ihtiyaçlar sınırsız kaynaklar kıttır. Dünya geneline bakıldığında enerji kaynakları da kıt kaynaklardır. Geçmiş ve günümüzde ülkeler enerji gereksinimlerini karşılamada petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlara bağımlı durumdadır. Yapılan tahminler gelecekte de enerji tüketiminde bu fosil kaynaklara bağımlılığın süreceğini göstermektedir.

Ülkelerin enerji tüketim ve üretim değerlerine bakıldığında enerji üreten ve tüketen ülkelerin farklı bölgelerdeki farklı ülkeler olduğu dikkatleri çekmektedir. Enerji üreten ülkeler arasında OPEC ülkeleri, Orta Doğu, Rusya gibi ülkeler gelirken, enerji tüketen ülkelerin başında Amerika başta olmak üzere gelişmiş ülkeler gelmektedir. Özellikle son dönemlerde hızlı bir ekonomik büyüme gerçekleştiren Çin ve Hindistan enerji tüketiminde ilk sırada gelen ülkeler arasındadır. IEA ve EIA ve OECD tarafından yapılan öngörülerde, gelecekte Çin ve Hindistan başta olmak üzere enerji tüketiminde Asya ülkelerinin enerji tüketimlerinin diğer bölgelere göre daha yüksek olacağı, OECD üyesi ülkelerin enerji tüketimindeki paylarının düşeceği tahmin edilmektedir. Enerji üretiminde Orta Doğu ve OPEC üyesi ülkelerin ağırlıklarının devam edeceği beklenmektedir.

Enerji ekonomik gelişmişliğin yanısıra ülkeler açısından sosyal gelişmişliğin de bir göstergesidir. Enerji talebi dünya nüfusundan daha hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri karşılaştırılırken kişi başına düşen enerji tüketimi önemli bir gösterge olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya genelinde enerji tüketimi farklılık göstermektedir. 20. yy'nin sonunda dünya genelinde ortalama kişi başına enerji kullanımı yaklaşık 65 Gj olarak hesaplanmıştır. Sanayileşmiş ülkelerde kişi başına enerji tüketim seviyesi yaklaşık 150 Gj iken, ABD ve Kanada gibi bazı ülkelerde kişi başına enerji tüketimi 300Gj olarak

gerçekleşmiştir. Birçok gelişmekte olan ülkede ise kişi başına enerji tüketimi dünya ortalamasının altındadır. Örneğin Çin ve Brezilya'da kişi başına enerji tüketimi yaklaşık 30-40 Gj iken, Hindistan ve birçok Afrika ülkesinde kişi başına enerji tüketimi 10 Gj civarındadır. Günümüzde yaklaşık 6.5 milyar olan dünya nüfusunun 4.5 milyarının dünya ortalamasından daha düşük enerji tükettiği, 2.4 milyar nüfusun hala odun, bitki-hayvan artıkları gibi ticari olmayan enerji kaynaklarını kullandığı, 1.6 milyar nüfusa henüz elektriğin ulaşmadığı bilinmektedir. Ayrıca gelişmiş ülkelerdeki kişi başına enerji tüketimi gelişmekte olan ülkelere göre yaklaşık 7 kat daha fazladır.

Enerji kavramının sürdürülebilir kalkınma ve çevre ile yakından ilişkisi vardır. Fosil yakıtların enerji üretim ve tüketiminde kullanılması bir takım çevresel etkilere neden olmaktadır. Bu çevresel etkileri; iklim değişikliği ve hava kirliliği olarak özetlememiz mümkündür. Enerji üretimi ve kullanımı ile ilgili en önemli çevre sorunu iklim değişikliğidir. Fosil yakıtların yanması sonucu çeşitli zararlı gazlar oluşmaktadır. Karbondioksit, su buharı, ozan, metan gibi gazlar sera etkisine neden olmaktadır. Fosil yakıtların yanması insan sağlığına zararlı ve hava kirliliğine neden olan, sülfür dioksit, karbon monoksit, ozon gibi bir takım emisyonlara neden olmaktadır. Bu nedenle ülkeler fosil yakıtların çevre ve insana vermiş oldukları olumsuzlukları azaltmak amacıyla enerji politikalarında sürdürülebilir kalkınmaya dayalı çevre dostu politikalar uygulamaya başlamışlardır.

Günümüzde enerji güvenliği kavramı ülkeler açısından üzerinde önemle durdukları bir konudur. Çünkü ülkeler açısından enerjinin temin edilmesinin yanısıra, temin edilen enerjinin sürekli, güvenli, düşük maliyetli ve temiz bir şekilde elde edilmesi gerekmektedir. Bu ise enerjiyi jeopolitik anlamda stratejik bir hale getirmektedir. 1974 Petrol Krizi ile birlikte hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler fosil kaynaklara olan bağımlılıklarını fark etmişlerdir. Ancak bu kaynakların sınırlı miktarda bulunması ve doğada tekrar yenilenme imkanının olmaması, başta petrol olmak üzere yükselen enerji fiyatları, fosil yakıtların çevreye vermiş olduğu zararlar enerji tüketimleri hızlı bir şekilde yükselen gelişmiş ülkeleri alternatif enerji kaynakları bulmaya yöneltmiştir. Bu alternatif kaynaklar arasında yenilenebilir enerji, nükleer enerji ve enerji verimliliği en sıklıkla üzerinde durulan alternatiflerdir.

Birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülke enerji konusunda dışa bağımlı durumdadır. Son dönemlerde dışa bağımlılığı azaltmak, çevreye zarar vermemek ve enerji talebini karşılamak amacıyla özellikle gelişmiş ülkeler enerji verimliliği politikaları uygulamaya başlamışlardır. Enerji verimliliği uygulamaları sonucu gelişmiş ülkelerin enerji yoğunluklarının düştüğü gözlemlenmiştir. Ancak Çin, Hindistan gibi hızlı bir ekonomik büyüme gerçekleştiren ve ülkemiz de dahil olma üzere gelişmekte olan ülkelerde enerji yoğunluğunun hala dünya ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. Bu ise enerjinin verimli kullanılmadığı anlamına gelmektedir.

Enerji verimliliği politikaları arz ve talep yönlü olarak ikili bir sınıflamaya tabi tutulabilir. Enerji verimliliği alanında arz yönlü politikalar genel olarak sübvansiyonlar, vergiler ve ar-ge teşvikleri şeklinde uygulanmaktadır. Talep yanlı uygulamalar ise daha çok üretici ve tüketiciye yönelik enerji verimliliği bilincinin oluşturulmasına yöneliktir. Özellikle talep kısmında enerji tüketimi ile ilgili tüketici tüketim kalıplarındaki değişim odaklı yöntemler üzerinde durulmaktadır. Nihai kullanım etkinlik faaliyetlerine yönelik politika uygulamalarını genel olarak talep-yanlı yönetim, enerji koruma merkezleri, standartlar ve etiketlendirmeler, ticari bina kodları, bilgilendirme programları olarak sınıflandırmamız mümkündür. Enerji verimliliği programları sanayi sektörüne, bina sektörüne ve ulaşım sektörüne yönelik olmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler enerji verimliliğine yönelik programlarda Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşlardan finansal destek sağlayabilmektedir. Ayrıca gelişmiş ülkeler gelişmekte olan ülkelere eğitimler, kurslar, değerlendirmeler konusunda bilgi desteği de sağlamaktadır. Gelişmiş ülke deneyimleri enerji verimliliği uygulamalarında tek bir uygulama yerine çeşitli uygulamaların bütünleştirildiği programların daha başarılı olduğunu göstermektedir.

Dünya genelinde enerji etkinliği gelişmesine yönelik teşviklere rağmen bazı engeller aktörlerin (firma, kurum, hanehalkı, birey) enerji etkinliğini sürdürmesini kısıtlamaktadır. Bu bariyerleri teknik bariyerler, bilgi bariyerleri, ekonomik bariyerler, organizasyonel bariyerler, ev sahibi-kiracı bariyerleri, ilgi eksikliği; karar

oluşturma süreci, yüksek dönüşüm maliyetleri ya da sınırlı sermayeye erişimi olarak belirtmemiz mümkündür.

Ülkelemizde enerji verimliliği politikaları ile sürdürülebilir, çevre dostu ve rekabetçi bir yapı oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bu amaçları geliştirmek amacıyla 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu ilan edilmiştir. Ayrıca bina, sanayi ve ulaşım sektöründe enerji verimliliğini geliştirmek amacıyla çeşitli yönetmenlikler, mevzuatlar ve genelgeler çıkarılmıştır. Türkiye’de enerji verimliliğinin artırmaya yönelik etüt ve eğitim hizmetleri verilmeye başlanmış, Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu (EVKK) ve Ulusal Enerji Bilgi Yönetim Merkezi (UEBYM) gibi kuruluşlar faaliyete girmiştir. Kamu ve özel sektör arasında enerji verimliliğini artırmaya yönelik gönüllü anlaşmalar sağlanmış, enerji verimliliği ilgili tanıtım ve bilinçlendirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu tanıtım ve bilinçlendirme faaliyetleri kapsamında ülkemizde her yıl Ocak ayında “Enerji Verimliliği Haftası” düzenlenmektedir. Enerji Verimliliği Haftası etkinlikleri ile üniversite, sanayi ve kamu kurumları arasında enerji alanında bilgi ve deneyim paylaşımı amaçlanmaktadır.

Ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili sağlanan tüm bu gelişmelere karşın uygulama sonuçları enerji verimliliği konusunda istenilen düzeye gelemediğimizi göstermektedir. Enerji verimliliğini geliştirmek ve tüketici bilincini artırmak yönünde yapılan tüm gelişmelere rağmen ülkemizde enerji verimliliği konusunda tüketicilerin çok bilinçli olmadığı görülmektedir. Enerji verimliliği uygulamalarında ülkemiz yapması gerekenlerin ancak %10’unu gerçekleştirebilmiştir.

1980’lerden beri hanehalkının enerji tüketimi ve etkinlik gelişmeleri arasındaki ilişki enerji ekonomistleri arasında büyük bir ilgi konusu olmuştur. Enerji etkinliği gelişmelerinin enerji talebini azaltmada varsayıldığı gibi etkili olup olmadığı yönünde tartışmalar oluşmuştur. Geri Tepme Etkisi (Rebound Etkisi) kavramı enerji etkinliği gelişmelerinin sonucu meydana gelen “enerji tasarrufları”nın boyutunu azaltan birtakım mekanizmalara verilen şemsiye bir terimdir. Enerji etkinliği yükselmeleri nedeniyle enerji hizmetlerinin düşen maliyetlerinin, hem bireysel hem

de ulusal düzeyde tüketici davranışları üzerindeki etkilerini tanımlamakta kullanılmaktadır . Mikro ya da makro seviyede etkinlik yatırımları sonucu sağlanan enerji tasarruflarının ne kadarının tüketicilerin yüksek tüketim davranışları, daha fazla kullanım ya da daha kaliteli enerji hizmetleri kullanımını sonucu geri alındığı-kaybedildiği ya da dengelendiği ile ilgili bir kavramdır.

Bir grup iktisatçı ve enerji analistine göre Rebound Etkisi ve/veya Rebound Etkileri olarak adlandırılan mekanizmalar ulaşılması hedeflenen “enerji tasarrufları”nın miktarını azaltmada anlamlı etkilere sahiptir. Hatta uzun dönemde enerji talebinde yükselişe bile neden olabileceği tartışılmaktadır. Khazzoom (1980,1987,1989) , Brookes (1990, 2000), Saunders (1992, 2000) göre enerji etkinliği gelişmeleri enerji tüketimini azaltmaktan ziyade yükseltebilmektedir. Khazzoom (1980,1987,1989)’de daha fazla enerji etkinliğinin enerji talebini düşürmeyeceği enerji talebini yükseltebileceği vurgulanmaktadır. Diğer bir gruba göre ise bu etkinin boyutu analizlerde değerlendirmeye alınmayacak kadar önemsizdir. Lovins (1988), Schipper and Grubb (2000)’e göre, bir çok enerji hizmetinde rebound etkisi küçük bir öneme sahiptir ve bu etkinin sektörlere göre anlamlılığı çok küçük olabileceği gibi bazı sektörlerde anlamsız olmaktadır.

Rebound etkisi ile ilgili temel politika konusu, enerji kullanımını azaltmada kullanılacak araçlar olarak etkin teknolojik etkinlik gelişmeleri politikalarının mı yoksa enerji fiyat düzenlemeleri ve/veya vergi politikaların mı uygulanacağı yönündedir. Burada politikacılar açısından önemli olan enerji etkinliğini geliştirmek amacıyla enerji etkinliğini geliştirici politikaların ne yönde etkili olacaktır. Eğer rebound etkisi büyük ise, teknolojik etkinlik gelişmelerinin artması ve emisyonlardaki düşüşlerden sağlanan kazançlar, bu etkinin büyüklüğüne bağlı olarak talepte yükseliş aracılığıyla geri kaybedilecektir. Ancak politikacılar açısından süreci daha karmaşık hale getiren bir durum enerji etkinlik gelişmeleri sonucu nihai tüketicilerin davranış tepkilerinin derecesidir. Eğer teknik etkinlik gelişmelerinden sağlanan kazançların büyük kısmı davranış tepkisi değişkeni nedeniyle geri alınıyorsa o zaman fosil yakıt tüketiminin azaltılmasında teknolojik çözümler tek başına yeterli olmayacaktır ve fiyat düzenlemelerine ya da gelir politikalarına ihtiyaç

duyulacaktır. Eğer rebound etkileri anlamlı ise, bu hem enerji hem de iklim politikaları açısından geniş kapsamlı imalar içermektedir. Enerji etkinliğinde maliyet etkin gelişmeler refah ve ekonomik çıktıyı yükseltmesi gerekirken, rebound etkisinin büyük olduğu durumlarda etkin olmayan sonuçlar ve iklim değişikliğinde ters etkiler anlamına gelebilmektedir.

Rebound etkisi kavramı çevre ve iklim değişikleri ile yakından ilgili bir kavramdır. Bu konu, enerji talebindeki büyümeye bağlı olarak çevre politikalarının önemli bir bileşeni haline gelmiştir. İklim değişikleri ve çevre ile ilgili uygulamalarda göz önüne alınması gerekmektedir. Enerji etkinliğindeki gelişmeler ilave negatif çevresel etkilere neden olabilmektedir. Çünkü daha fazla enerji kullanımı ile birlikte daha çok madde, toksit madde, daha çok taşımacılık ve bununla birlikte riskler ve gürültü gibi sorunlar gündeme gelebilecektir. Böyle bir durumda ekonomik alandan çevre alanına doğru bir “çevresel rebound” kayması görülebilecektir. Yüksek rebound tahminleri, teknoloji politikalarının yüksek enerji fiyatları ile desteklenmesi gerektiğini, aksi takdirde teknolojik olarak ulaşılmayı hedeflenen karbon ve enerji tasarruflarının gerçekleştirilemeyeceğini ima etmektedir.

Rebound etkisi ile ilgili yapılan teorik ve ampirik çalışmalar rebound etkisinin miktarının uygulanan yöntem, sektöre, enerji hizmetlerine, zaman faktörüne ve gelişmişlik düzeyine göre farklılık gösterebildiğini göstermiştir. Bu nedenle rebound etkisi ile ilgili çalışmalarda; kullanılan yöntemin, ısınma, aydınlatma, taşımacılık gibi enerji hizmetleri tanımlamalarının, firma, sektör, ekonomi gibi ayrımların, kısa, orta ve uzun gibi zaman boyutunun, ülkenin gelişmiş ya da gelişmekte olan bir ülke olmasının net bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir. Bu konu ile ilgili yapılan ampirik çalışmalarda farklı ülkelerde farklı sektörlerde farklı miktarlarda rebound etkisi elde edilmiştir. Genel olarak rebound etkisinin %20 ila %50 arasında olduğu bulgusu elde edilmiştir. Ancak bu sonuçlar kullanılan yöntemlere, sektörler ve ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre değişmektedir. Rebound etkisi tüm faktörler (enerji, sermaye, emek, hammadde), arasındaki ikame farklılıklarından güçlü bir şekilde etkilenmektedir ve bu ikame farklılıkları zamanla değişim göstermektedir. Enerji dışındaki diğer faktörleri genişleten enerji etkin teknolojilerin de ilave

rebound etkisi yaratmasının muhtemel olması yapılan çalışmalarda göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızda 1964-2009 dönemi yıllık veriler kullanarak yapmış olduğumuz uygulamada uzun dönem fiyat esnekliği inelastiktir ve -0.18 olarak bulunmuştur. Ülkemizde fiyat esnekliğine dayalı yapılan tahminler sonucu konut sektöründe rebound etkisinin çok yüksek olmadığı bulgusu elde edilmiştir. Türkiye’de konut elektrik tüketiminde rebound etkisi %18 düzeyindedir. Khazzoom (1980) çalışmasını takiben yapılan fiyat esnekliklerine dayalı değerlendirmelere göre Türkiye’de enerji etkinliği gelişmeleri sonucu elde edilen tasarrufların %18’si tüketici davranışlarında meydana gelen değişimler sonucu geri alınacaktır. Enerji etkinliği gelişmeleri sonucu enerji tüketiminden %82 oranında kazanç elde edilecektir. Bu sonuç daha önce yapılmış olan çalışmalarla tutarlıdır. Türkiye’de rebound etkisinin boyutunun çok yüksek çıkmaması enerji politikalarında enerji etkinliğini geliştirici politikaların teşvik edilmesi gerektiğini ve fiyat düzenlemelerine yönelik politikaların çok etkili olmayacağını ima etmektedir.

Gelirin kısa dönem ve uzun dönem esnekliği sırasıyla 0.72 ve 2.01’dir. Talep gelir esnekliği pozitif işaretli ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç gelirdeki yükselişin araç-gereç elektrik kullanımını yükselteceği ve enerji yoğun mal ve hizmetlerin talebini yükselteceği ile tutarlıdır. Diğer bir ifadeyle reel gelir değişimleri elektrik tüketimi üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre gelir etkisi fiyat etkisine göre daha yüksektir. Bu durum ise Lovins’in rebound etkisinde fiyat etkisinden ziyade gelir etkisinin etkili olduğu düşüncesini desteklemektedir.

Kentleşme değişkeninin uzun dönem katsayısı ise istatistiksel olarak anlamlı ve 1.06 olarak elde edilmiştir. Çalışmamızda Halıcıoğlu (2007)’de belirtildiği gibi kentleşmenin Türkiye’nin enerji tüketiminde önemli bir değişken olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kısa dönem gelir ve fiyat esneklikleri uzun dönem gelir ve fiyat esnekliklerinden daha düşük, yaklaşık yarı yarıya olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Gelir ve fiyat esneklikleri uzun dönemde daha yüksek olmaktadır. Elde etmiş olduğumuz bu bulgu daha önceki çalışmalarla tutarlılık göstermektedir. Bu bulgu politika yapıcıları açısından politika uygulamalarında göz önünde tutulmalı ve gelir ve fiyat politikaları uygulanırken uzun dönemli etkinin daha ağırlıklı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca elde etmiş olduğumuz sonuçlara göre enerji tüketimine yönelik politikalarda enerji tüketimini artırma ve/veya azaltmada gelir politikalarının fiyat politikalarından daha etkili olduğunu söyleyebiliriz. Benzer şekilde enerji talebine yönelik uygulamalarda kentleşme politikalarının da değerlendirilmesi gerekmektedir.

Rebound etkisi teorik ve ampirik literatürde yerleşmiş olmakla birlikte bazı alanlarda geliştirmeye ihtiyaç vardır. Rebound etkisi özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından sanayi, ulaşım ve konut sektörü ve ekonomi geneli dikkate alınarak analiz edilmesi gerekmektedir. Özellikle iklim değişikliği politikalarında çeşitli bölge ve sektörler için rebound etkisinin uygulamalı kanıtlarına ihtiyacı vardır. Örneğin sanayi seviyesinde enerji verimliliğinin yükseltilmesi bu seviyede enerji kullanımını azaltmakla birlikte enerji tüketiminin ulusal düzeydeki etkisinin ne olacağı tartışma konusudur.

KAYNAKÇA

Makaleler

Aksu, Hayati ve Başar, Selim (2009). Türkiye için ikiz açıklar hipotezi'nin tahmini: bir sınır testi yaklaşımı. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 64(3), 2-4.

Alcott, Blake (2005). Jevons' paradox. *Ecological Economics*, 54, 9-21.

Altıntaş, Halil (2008). Türkiye'de para talebinin istikrarı ve sınır testi yaklaşımıyla öngörülmesi: 1985-2006. *Erciyes Üniversitesi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30,15-46.

Barker, Terry, Dagoumas, Athanasios and Rubin, Jonathan (2009). The macroeconomic rebound effect and the world economy. *Energy Efficiency*, 2, 411-427.

Baughman, M and Joskow, P. (1974). The effects of fuel prices on residential appliance choice in the United States. *Land Economics*.

Bentzen, Jan and Engsted, Tom (1993). Short and long run elasticities in energy demand. *Energy Economics*, 15, 9-16.

Bentzen, Jan (2004). Estimating the rebound effect in US manufacturing energy consumption. *Energy Economics*, 26, 123-134.

Berkhout, P.H.G., Muskens, J.C and Velthuisen, J.W. (2000). Defining the rebound effect. *Energy Policy*, 28, 425-432.

Binswanger, M. (2001). Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect?. *Ecological Economics*, 36, 119-132.

Birol, F. and Kepler, J.H. (2000) . Prices, technology development and the rebound effect. *Energy Policy*, 28, 437-469.

Blair, Roger D., Kaserman, David L. and Tepel, Richard C. (1984). The impact of improved mileage on gasoline consumption. *Economic Inquiry*, XXII, 209-217.

Brookes, Leonard (1979). A low energy strategy for UK, A review and reply. *Atom*, (269), 3-8.

Brookes, Leonard (1990). Communication the greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution. *Energy Policy*, 18(2) 199-201.

Brookes, Leonard (1992). Energy efficiency and economic fallacies: a reply. *Energy Policy*, 20(5), 390-392.

Brookes, Leonard (1993). Energy efficiency fallacies: the debate concluded. *Energy Policy*, 21(4), 346-347.

Brookes, Leonard (2000). Energy efficiency fallacies revisited. *Energy Policy*, 28, 355-366.

Çağlayan, Ebru ve Saçaklı, İrem (2006). Satın alma gücü paritesinin geçerliliğinin sıfır frekansta spektrum tahmincisine dayanan birim kök testleri ile incelenmesi. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 243-265.

Davis, L. W. (2007). Durable goods and residential demand for energy and water: evidence from a field trial. *Working Paper*, 1-31.

Dimitropoulos, J. and Sorrell, S. (2006). The rebound effect: microeconomic definitions, extensions and limitation. *UKERCH Working Paper*, 1-29.

Domar, Evsey D.(1962). On total productivity and all that. *Journal of Political Economy*, 70 (6), 597-608.

Dubin, Jeffery A., Miedema, Allen K. and Chandran, Ram V. (1986), Price effects of energy-efficient technologies: a study of residential demand for heating and cooling. *Rand Journal of Economics*, 17(3), 310-325.

Dumagan, Jesus C., and D. Mount, Timothy (1993). Welfare effects of improving end-use efficiency: theory and application to residential electricity demand. *Resource and Energy Economics*, 15, 175-201.

EİE. (2007). Neden enerji verimliliği. *EMOENERJİ*, (2), 49-59.

Goldamberg, Jose , Thomas B., and Johansson, Reddy vd., (1994). Energy efficiency from the perspective of developing countries. *Energy for Sustainable Development*, I(2), 28-34.

Gonzalez, Jaume Freire (2010). Empirical evidence of direct rebound effect in catalonia. *Energy Policy*, 38, 2309-2314.

Gottron, Frank (2001). Energy efficiency and the rebound effect : does increasing efficiency decrease demand. *CRS Report for Congress*, (No: RS20981), 1-4.

Greening, L.A, Grene, D.L. and Difiglio, C. (2000). Energy efficiency and consumption- the rebound effect- a survey. *Energy Policy*, 28, 389-401.

Grepperud S. and Rasmussen, I. (2004). A general equilibrium assessment of rebound effects. *Energy Economics*, 26, 261-282.

Halıcioğlu, Ferda (2007). Residential electricity demand dynamics in Turkey. *Energy Economics*, 29, 199-210.

- Hanley Nick, McGregor, Peter G., Swales, J. Kim and Turner, Karen (2009). Do increases in energy efficiency improve environmental quality and sustainability. *Ecological Economics*, 68, 692-709.
- Hartman, R. S. (1984). Self-selection bias in the evaluation of voluntary energy conservation programs. *The Review of Economics and Statistics*, 70(3), 448-458.
- Hausman, J.A. (1979). Individual discount rates and the purchase and utilization of energy-using durables. *Bell Journal of Economics*, 10(1), 33-54.
- Hsueh, L.-M. and Gerner, J. L. (1993). Effect of thermal improvements in housing on residential energy demand. *Journal of Consumer Affairs*, 27(1): 87-105.
- Herring, Horace (1999). Does energy efficiency save energy? the debate and its consequence. *Applied Energy*, 63, 209-213.
- Herring Horace and Roy, Robin (2006). Technological innovatin energy efficient design and the rebound effect. *Technovation*, 1-20.
- Hogan, William and Jorgenson, Dale W. (1991). Productivity trends and the cost of reducing CO₂ emission. *The Energy Journal* 12(1), 67-85.
- Holtedahl, Pernille and Joutz, Frederick L. (2004). Residential electricity demand in Taiwan. *Energy Economics*, 26, 201-224.
- Hondroyiannis, George (2004). Estimating residential demand for electricity in Greece. *Energy Economics*, 26, 319-334.
- Hotelling, Harold (1931). The Economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137-175.
- Howarth, Richard B. (1997). Energy efficiency and economic growth. *Contemporary Policy*, XV, 1-9.
- Inhaber, Herbert and Saunders, Harry (1994). Road to nowhere: energy conservation often backfires and leads to increased consumption. *The Sciences*, 34(6), 20-28.
- İşcan, İsmail Hakkı (2007). Türkiye Avrupa Birliği ilişkilerinin geleceği açısından Avrupa Birliği enerji güvenliği sorunu. *Uluslararası Ekonomi ve Dış Ticaret Politikaları*, 1(2), 113-168.
- Jin S-H. (2007). The effectiveness of energy efficiency improvement in a developing country : rebound effect of residential electricity use in South Korea. *Energy Policy*. 35, 5622-5629.
- Khazzoom, J. Daniel (1980). Economic implications of mandated efficiency in standarts for household appliances. *The Energy Journal*, 1(4), 21-40.

Khazzoom, J. Daniel and Miller, Sanford (1982). Response to Besen and Johnson's comment on "economic implications of mandated efficiency standards for household appliances. *The Energy Journal*, 3(1), 117-124.

Khazzoom, J. Daniel (1987). Energy saving resulting from the adoption of more efficient appliances. *The Energy Journal*, 8(4), 85-89.

Khazzoom, J. Daniel (1989). Energy saving from more efficient appliances: A rejoinder. *The Energy Journal*, 10(1), 157-165.

Kwiatkowski, D., Phillips, P.C.B., Schmidt, P and Shin Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54, 159-178.

Lovins, Amory B. (1985). Least-cost electricity strategies for Wisconsin. *Wisconsin PSC*, 33, 4.

Lovins, Amory B. (1988). Energy saving resulting from the adoption of more efficient appliances: another view. *The Energy Journal*, 9(2), 155-162.

Lovins, Amory B. (1998). Further comments on Red Herrings. *Letter to New Science* (No: 2152).

Nadel, S. (1993) . The take-back effect: fact or fiction, U933, ACEEE.

Oliver, Terry, Lew, Debra , Redlinger, Robert and Prijanonda, Chainuwat (2001). Global energy efficiency and renewable energy policy options and initiatives. *Energy for Sustainable Development*, V(2), 15-25.

Roy, Joyashree (2000). The rebound effect some empirical evidence from India. *Energy Policy*, 28, 433-438.

Sarkar, Ashok and Singh, Jash (2010). Financing energy efficiency in developing countries-lessons learned and remaining challenges. *Energy Policy*, 38, 5560-5571.

Saunders, H. (1992). The Khazzoom-Brookes Postulate and neoclassical growth. *Energy Journal*, 13(4), 130-148.

Saunders, H. (2000a). A view from the macro side: rebound, backfire and Khazzoom-Brookes. *Energy Policy*, 28, 439-449.

Saunders, H. (2000b). Does predicted rebound depend on distinguishing between energy and energy services?. *Energy Policy*, 28, 497-500.

Saunders, Harry D. (2005). A Calculator for energy consumption changes arising from new Technologies. *Topics in Economic Analysis & Policy*, 5(1), 1-37.

Sevüktekin, Mustafa ve Nargeleçekenler, Mehmet (2011). İstanbul menkul kıymetler borsasında getiri volatilitésinin modellenmesi ve ön raporlanması. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 61(4), 243-265.

Schipper L. and Grubb, M. (2000). On the rebound? Feedback between energy intensities and energy uses in IEA countries. *Energy Policy*, 28, 367-388.

Scott, A. (1980). The economics of house heating. *Energy Economics*, 2(1), 130-141.

Sorrell, Steve, (2007a). The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. *UKERC Working Paper*, 1-23.

Sorrell, Steve, (2007b). UKERC review of evidence for the rebound effect: supplementary note: graphical illustrations of rebound effects. *REF UKERCH Working Paper*, 1-24.

Pesaran, M. Hashem, Shin, Yongcheol, Smith, Richard J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16, 289-326.

Patterson, Murray G. (1996). What is energy efficiency? concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy*, 24(5), 377-390.

Van den Bergh, Jeroen C. J. M. (2011). Energy conservation more effective with rebound policy. *Environ Resource Econ*, 48, 43-58.

Woolf, Tim and Lutz, Ellen Derosé (1993). Energy efficiency in Britain creating profitable alternatives. *Utilities Policy*, 233-242.

Kitaplar

Anderson, Victor (1993). *Energy Efficiency Policies*, Newyork: Routledge.

Ayres, U. Robert and Warr, Benjamin (2009), Energy efficiency and economic growth: the 'rebound effect' as a driver. (Edited by Horace Herring and Steve Sorrell). *Energy Efficiency and Sustainable Consumption. The Rebound Effect*. Palgrave Macmillan, 119-134.

Bessec, Marie and Meritet, Sophie (2007). The causality link between energy prices, technology and energy intensity. (Edited By: Jan Horst Keppler and Regis Bourbonnais and Jacques Girod). *The Econometrics of Energy Systems*, Newyork: Palgrave Macmillan, 1-266.

Blok, Kornelis (2007). *Introduction to Energy Analysis (1thEdition)*, Amsterdam-The Netherlands: Techne Press.

Dinan, T.M. (1987). *An Analysis of the Impact of Residential Retrofit on Indoor Temperature Choice*. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory.

Ertürk, Ferruh (2006). Türkiye'nin alternatif enerji üretim imkanları ve fırsatları. (Editör: Atilla Sandıklı ve Hasret Dikici Bilgin). *Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*. İstanbul:Tasam Yayınları, 1-160.

Gujarati, Damodar N. (1999), *Temel Ekonometri* (Birinci Basım). İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Jaccard, Mark (2006). *Sustainable Fossil Fuels The Unusual Suspect in the Quest for Clean and Enduring Energy*. ABD: Cambridge University Press.

Jevons, W Stanley (1866). *The Coal Question: An Inquiry Concerning The Progress of The Nation and The Probable Exhaustion of Our Coal-Mines* (2th Edition). London: Macmillan and CO.

Karadoğan, Haluk (2006). (Editör: Atilla Sandıklı ve Hasret Dikici Bilgin). *Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*. İstanbul:Tasam Yayınları. 1-160.

Khazzoom, J. Daniel (1986). *An Econometric Model Integrating Conservation Measures in the Estimation of the Residential Demand for Electricity*. Greenwich, Conn.: JAI Press.

Lin, W., Hirst, E. And Cohn, S. (1979). *Equipment Choices in the Household Sector*. Oak Ridge, Tenn: Oak Ridge National Laboratory, Energy Division.

Nersesian, Roy L. (2010). *Energy for the 21st Century A Comprehensive Guide to Conventional and Alternative Sources* (2th Edition). America: M.E Sharpe.

Satman, Abdurrahman (2006). Dünya'da Enerji Kaynakları. *Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*. İstanbul: Tasam Yayınları, 47-57.

Sorrell, Steve and Horace Herring (2009). Introduction. (Edited By: Horace Herring and Steve Sorrell). *Energy Efficiency and Sustainable Consumption. The Rebound Effect*. Palgrave Macmillan, 1-19.

Sorrell, Steve (2009).The Evidence for Direct Rebound Effects. (Edited By: Horace Herring and Steve Sorrell). *Energy Efficiency and Sustainable Consumption. The Rebound Effect*. Palgrave Macmillan, 23-47.

Şahin, Adem (2006). Türkiye'nin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri İçerisinde Enerjinin Yeri ve Önemi. (Editör: Atilla Sandıklı ve Hasret Dikici Bilgin). *Türkiye'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*. İstanbul: Tasam Yayınları, 89-98.

Taylor, Lester D., Blattenberg, Gail R. And Verleger, Philip K., Jr. (1977). *The Residential Demand for Energy*. EA-235. Palo Alto, Calif.: Electric Power Research Institute.

Yalçın, Şenay (2006). Dünyada Enerji. (Editör Atilla Sandıklı ve Hasret Dikici Bilgin). *Türkiye 'de Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*. İstanbul: Tasam Yayınları, 41-45.

Basılı Kaynaklar ve Elektronik Kaynaklar

İnternet Adresleri

Akçağlayan, Anıl (2007) . *2001 Krizi ve Sonrasında Uygulanan Para Politikasının Döviz Kuru Üzerindeki Etkisi*, 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi, 1-12. www.sbe.ibu.edu.tr/dergi/sayi_onalti.pdf, Erişim Tarihi: 05.04.2012.

BP (British Petrol). (2009). *BP Statistical Review of World Energy*. <http://www.scribd.com/doc/16304689/BPs-Statistical-Review-of-World-Energy-Full-Report-2009>, Erişim Tarihi: 06.04.2010.

DPT(Devlet Planlanma Teşkilatı). (2008). *Enerji Verimliliği Kanunu*, Resmi Gazete Sayı 26510. <http://mevzuat.dpt.gov.tr/kanun/5627.htm>, Erişim Tarihi:15.07.2008.

EIA (Energy Information Agency). (2008). *International Energy Outlook 2008*, DOE/EIA-0484, 1-250. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/emissions.pdf>, Erişim Tarihi: 04.03.2009.

EIA (Energy Information Agency). (2008a). *International Energy Outlook 2008*. pp.1. www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html, Erişim Tarihi: 27.02.2009.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010a). *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi*. http://www.eie.gov.tr/duyurular/EVStrateji_Belgesi/Enver_Strateji_Belgesi-nihai01.pdf, Erişim Tarihi: 23.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010c). *Enerji Yönetici Kursu*. http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/enerji_yon_kurslari.html , Erişim Tarihi: 25.03.2010

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010d). *Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik*. http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/95_yonetmelik.doc, Erişim Tarihi: 25.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010e). *Sanayide Enerji Verimliliği Etüd Çalışmaları*.

http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/enerji_tas_etudd.html, Erişim Tarihi: 25.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010f). *Enerji Verimliliği Eğitim Aracı programı (EVEA)*.

http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/enerji_otobus_prg.html, Erişim Tarihi: 25.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010g). *Uluslararası Projeler*.

http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/Uluslararası%20projeler_EC_09.03.2005.doc, Erişim Tarihi: 25.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 h). *Gönüllü Anlaşmalar Yoluyla Türk Sanayisinde Enerji Verimliliğinin Artırılması Projesi*.

http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/gonullu_anlasma.html, Erişim Tarihi: 25.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 ı). *Enerji Verimliliğinin Artırılmasına Dair AB Twinning (Eşleştirme) Projesi*

<http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/twinning/twinning.html>, Erişim Tarihi: 26.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010i). *Veri Tabanı Çalışmaları*.

http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/veri_tabani.html, Erişim Tarihi: 26.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 l). *Binalarda Enerji Verimliliği Çalışmaları*.

http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/bina_ulas.html, Erişim Tarihi: 26.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 m). *Enerji Verimliliği Mevzuatı*.

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/EV_mevzuat.html, Erişim Tarihi: 27.03.2010

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 n). *Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik*.

<http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/yonetmelik.pdf>, Erişim Tarihi: 27.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 o). *Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği*.

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Binalarda_Enerji_Performansi_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 27.03.2010

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 p). *Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği*.

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Binalarda_Isi_Yalitim_Yonetmeligi.doc, Erişim tarihi: 27.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 r). *Merkezi Isıtma Ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma Ve Sıhhi Sıcak Su Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik*

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Merkezi_Isitma_Sihhi_Sicak_Su_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 27.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 s). *Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik*.

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Ulasimda_Enerji_Verimliliği_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 t). *Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Destekleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*.

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/KOSGEB_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 u). *Millî Eğitim Bakanlığına Bağlı Okullarda Enerji Yöneticisi Görevlendirilmesine İlişkin Yönetmelik*.

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/MEB_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010ü). *Tanıtma Ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik*.

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Tanitma_Kullanma_Klavuzu_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010

EİE(Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010v). *Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklere Dair Yönetmelik*

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Sicaksu_Kazanlarinin_Verimlilik_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 y). *Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik*

http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Evtipi_Klimalarin_Enerji_Etiketlemesi_Yonetmelikdegisikligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 z). *Ev Tipi Klimalarin Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelik*.
http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Evtipi_Klimalarin_Enerji_Etiketlemesi_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 aa). *Ev Tipi Elektrikli Buzdolapları, Dondurucular Ve Kombinasyonlarının Enerji Verimlilik Şartları İle İlgili Yönetmelik*.
http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Evtipi_Elektrikli_Buzdolaplar_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 bb). *Florasana Aydınlatma Balastlarının Enerji Verimliliğı İle İlgili Yönetmelik*.
http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Yonetmelik/Florasana_Aydinlatma_Balastlar_Yonetmeligi.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 cc). *2008 Enerji Verimliliğı Yılı İle İlgili Genelge (2008-2)*.
http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Genelge/2008_2-Genelge.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 dd). *Kamuda Akkor Lambaların Değıştirilmesi İle İlgili Genelge (2008-19)*.
http://www.eie.gov.tr/duyurular/EV/mevzuat/Genelge/2008_19-Genelge.doc, Erişim Tarihi: 29.03.2010.

EİE (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü). (2010 ee). *Enerjini Boşa Harcama*, 1-28.
http://www.eie.gov.tr/duyurular/tanbil_subesi/cocuklarda_enver_bilinci/enerji_verimliliğı_kitabi.pdf, Erişim Tarihi: 05.04.2010.

ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). *Enerji*.

<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerji&bn=11&hn=12&nm=384&id=384>, Erişim Tarihi: 19.03.2009

ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2009a).

<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=enerjiverimliliğı&bn=217&hn=&id=587>, Erişim Tarihi: 01.06.2009.

ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). (2009). *Kamuda Verimli Aydınlatmaya Geçiş*.

http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/KVAG_Raporu.pdf, Erişim Tarihi: 07.09.2009.

ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı). (2010). *Stratejik Plan 2010-2014*.

http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/ETKB_2010_2014_Stratejik_Plan.pdf, Erişim Tarihi: 30.03.2010.

Eurostat (European Community Statistical Office). (2011).

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>, Erişim Tarihi: 16.04.2011.

Guertin, C., Kumbhakar, S. and Duraiappah, A. (2003). *Determining Demand for Energy Services: Investigating Income-driven Behaviours. International Institute for Sustainable Development*.

http://www.iisd.org/pdf/2003/energy_determining_demand.pdf, Erişim Tarihi: 02.06.2011.

Güner, Sıtkı ve Albostan, Ayhan. *Türkiye'nin Enerji Politikaları*. 47-49.

http://www.emo.org.tr/resimler/ekler/ac04853f8058f61_ek.doc, Erişim Tarihi: 20.08.2008.

Hekimler, Alpay (2007). *Global Gelişmeler Işığında Türkiye'de Enerji ve Çevre Politikalarının Geleceği- İktisadi Bakış Açısıyla Fütürist Bir Analiz*.

<http://www.ifmc.org.tr/UserFiles/alpayhekimlerIktHafYayinVersionu.doc>, Erişim Tarihi: 17.03.2009.

Herring, Horace. (1998). *Does Energy Efficiency Save : The Implications of Accepting the Khazzoom-Brookes Postulate*.

<http://www.euractiv.com/energy/energy-plan-lead-energy-use/article-158900> , Erişim Tarihi: 29.07.2009.

Herring, Horace (2008). *Rebound Effect*.

http://www.eoearth.org/article/Rebound_effect , Erişim Tarihi: 20.10.2011.

IEA (International Energy Agency). (2007). *World Energy Outlook 2007 China and India Insights*, 1-664.

http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/weo_2007.pdf, Erişim Tarihi: 16.06.2009.

IEA (International Energy Agency). (2008). *World Energy Outlook*.

http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008_es_english.pdf, Erişim Tarihi: 16.06.2009.

- IEA(International Energy Agency). (2009). *Key World Energy Statistics*. 1-82.
http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf, Erişim Tarihi: 11.12.2010.
- IEA (International Energy Agency). (2010). *Key World Energy Statistics*. 1-326
http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf Erişim Tarihi: 11.12.2010.
- IEA (International Energy Agency). (2010a). *World Energy Outlook 2010 Executive Summery*. 1-18.
http://www.iea.org/weo/docs/weo2010/WEO2010_ES_English.pdf, Erişim Tarihi: 28.10.2010.
- İBB (İstanbul Büyük Şehir Belediyesi). (2008). *Enerji Verimliliği*.
<http://www.ibb.gov.tr/sites/aydinlatmaenerji/Pages/EnerjiVerimliliği.aspx>, Erişim Tarihi: 20.08.2008.
- İTÜ (İstanbul Teknik Üniversitesi). (2007). *Türkiye’de Enerji ve Geleceği İTÜ Görüşü*, 1-173.
www.energy.itu.edu.tr/iTUOnerileri.pdf - e.t, Erişim Tarihi: 08.10.2009
- Karagöz, Kadir ve Deniz, Naim. *Devalüasyonların Kısa ve Uzun Dönemli Etkinliği: Türkiye İçin Ampirik Bir Analiz*, 1694-1703.
<http://web.inonu.edu.tr/~ozal.congress/pdf/100.pdf>, Erişim Tarihi: 08.05.2012.
- Keskin, Tülin (2006). *Avrupa Birliği’nde ve Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Enerji Sektöründe Beklenen Etkileri*.
http://enerji2023.org/index.php?option=com_content&view=article&id=101:enerji-verimlili&catid=7:goerueler&Itemid=18, Erişim Tarihi: 27.03.2009.
- Najam, Adil and Cleveland ,Cutter J. (2003). *Energy and Sustainable Development At Global Environmental Summits: An Evolving Agenda*, 117-138.
<http://www.climate-talks.net/2007-ENVRE130/PDF/Najam-Energy%20&%20SD-Najam-Cleveland.pdf>, Erişim Tarihi: 23.01.2011.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) .(2010). *Factbook Economic, Environmental and Social Statistics*.
<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/fulltext/3010061ec036.pdf>, Erişim Tarihi: 19.10.2010.
- Özgür, Niyazi, (2008). *Enerji Verimliliği ve Suyun Verimli Kullanılması*.

Pamir, Necdet (2003). *Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları*.

http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi134/d134_73100.pdf Erişim Tarihi: 02.07.2008.

Sanal(a)

<http://tr.wikipedia.org/wiki/Enerji>, Erişim Tarihi 16.04.2010.

Sanal (b). *Konutlarda Enerji Tasarrufu*.

http://www.tuketicihaklari.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=63, Erişim tarihi: 09.09.2008.

Sanal(c).

<http://www.abvizyonu.com/ab/eie-adina-ab-finansman-destegiyle-yurutulen-enveripab-projesi-kapsamieie-turkiyenin-enerji-verimliliği-portresini-cikardi.html>, Erişim Tarihi: 27.03.2010.

Selvitop, Öztürk (2007). *Türkiye’nin Enerji Politikalarına Genel Bakış*.

http://www.emo.org.tr/ekler/f44ebfabbb70378_ek.pdf, Erişim Tarihi: 02.05.2008.

Sorrell, Steve and Dimitropoulos, John (2005) . *An Assessment of Evidence for a ‘Rebound Effect’ from Improvements in Energy Efficiency’*.

<http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/08/Rebprotocol.pdf>, Erişim Tarihi: 29.08.2008

TMMOB (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (2005). *Enerjinin Etkin ve Verimli Kullanılması*, 1-30.

<http://www.tmmob.org.tr>, Erişim Tarihi: 09.09.2008.

TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu). (1997). *Enerji Etkin Kullanımı ve Enerji Tasarrufu*, Tübitak TTGV Bilim Teknolojisi Sanayi Tartışmaları, 1-38.

UKERCH (UK Energy Research Center) (2007a). *The Khozzoom Equation*, 1-11.

http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/R/Rebound_Annex_2.pdf 20.08.2008, Erişim Tarihi: 20.08.2008.

WDI (World Development Indicators). (2012).

http://databank.worldbank.org/ddp/home.do?Step=2&id=4&hActiveDimensionId=WDI_Seriesi, Erişim Tarihi: 12.03.2012.

Wirl, Franz (1997). *The Economics of Conservation Programs*. Kluwer Academic.

Wojtaszek, E.L. (1993). Promoting energy efficiency in developing countries: the role of nGOs. *SWE national Convention & Student Conference*, Washington DC.

Worrell, Ernst and Price, Lynn (2007). *Barriers and Opportunities: A review of Selected Successful Energy-Efficiency Program*.

<http://www.osti.gov/bridge/purl.cover.jsp;jsessionid=F8C84BF3AC046880A0B018426984D83A?purl=/790406-ciC0jX/native/>, Erişim Tarihi: 08.04.2011.

Yavuz, Nilgün Çil, *Durağanlığın Belirlenmesinde KPSS ve ADF Testleri: IMKB Ulusal-100 Endeksi ile Bir Uygulama*, 241-247. <http://www.iudergi.com/tr/index.php/iktisatmeczua/article/view/7209/6724>, Erişim Tarihi: 04.05.2012.

Raporlar

DEK-TMK (Dünya Enerji konseyi Türk Milli Komitesi) .(2007). *2005-2006 Türkiye Enerji Raporu* (Yayın No: 0004/2007). Ankara: DEK-TMK.

Galitsky, Christina, Price, Lynn and Worrell, Ernst (2004). *Energy Efficiency Programs and Policies in the Industrial Sector in Industrialized Countries*. (LBNL-54068).

MÜSİAD (Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği) . (2006). Türkiye'nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği, *Araştırma Raporları* (49), 1-122.

<http://www.musiad.org.tr/detayArYay.aspx?id=201>, Erişim Tarihi: 03.09.2009

Small, K. A. and Van Dender, K. (2005) . *A Study To Evaluate the Effect of Reduced Greenhouse Gas Emissions On Vehicle Miles Travelled* (Final Report ARB Contract Number: 02-336). Irvine, California: Prepared for the State of California Air Resources Board, the California Environment Protection Agency and the California Energy Commission.

Sommerville, M. And Sorrell (2007). *UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect: Technical Report 1: Evaluation Studies*, London: UK Energy Research Centre

Sorrell, Steve and Dimitropoulos, John (2007). *UK ERC Review of Evidence for The Rebound Effect*. (Technical Report 3). London: UK Energy Research Centre.

TEVEM (Türkiye Enerji Verimliliği Meclisi). (2010). *Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu- Yeşil Ekonomiye Geçiş*.

http://www.enver.org.tr/modules/mastop_publish/files/files_4caeccbad1161.pdf

Erişim Tarihi: 12.06.2011.

TMMOB (Türk Mühendis ve Mimmar Odaları Birliği). (2009). *Dünya'da ve Türkiyede Enerji Verimliliği Oda Raporu*. Makine Mühendisleri Odası, 1-60.

http://www.mmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=6179&tipi=4&sube=0, Erişim

Tarihi: 04.11.2009

TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu). (2003). *Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Projesi Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Raporu*. Ankara: TÜBİTAK. 1-56.

[http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/edk/enerji_son_surum.p](http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/edk/enerji_son_surum.pdf)

df Erişim Tarihi: 10.06.2011.

Tezler

Karadaş, Fevziye (2008). *Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Türkiye'de Enerji Sektörü ve Politikalar*. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.

Kavak, Kubilay (2005). *Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Enerji ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, DPT Uzmanlık Tezi (No:2689), DPT, Ankara.

Musters, A.P.A. (1995). *The Energy –Economy- Environmental Interaction and The Rebound Effect*, Doctoraalscriptie (ECN-I-94-053), Petten.

Şahbaz, Ahmet (2009). *Gelişmekte Olan Ülkelerde Kur Değişmelerinin Toplam Çıktı Üzerine Etkileri: Türkiye Üzerine Bir Uygulama*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

EKLER**EK-1: 1990-1999 Dönemi Bazı Ülkelerin Enerji Yoğunlukları (Kilogram petrol eşdeğeri/ 1000 Euro)**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
AB27	-	-	-	-	-	208.45	211.97	204.43	200.40	193.10
AB25	-	-	-	239.89	231.34	201.01	204.59	197.82	194.42	187.99
AB15	-	215.92	211.18	211.79	206.76	181.33	184.86	179.02	177.34	172.30
Belçika	246.51	253.19	253.90	250.91	261.20	250.76	260.28	256.09	255.81	251.11
Bulgaristan	-	2145.81	2135.02	2306.38	2192.47	1633.38	1792.32	1664.74	1586.84	1400.53
Çek. Cum.	1173.3	1208.21	1218.94	1150.03	1086.11	727.36	720.84	724.73	703.65	649.37
Danimarka	133.20	145.74	136.71	141.25	141.25	134.52	146.73	132.87	126.98	119.77
Almanya	-	198.64	190.36	190.90	184.42	182.32	186.33	181.06	177.00	170.55
Estonya	-	-	-	1262.96	1337.39	1237.23	1239.91	1092.57	955.99	891.27
İrlanda	253.31	245.16	229.35	233.09	230.16	164.02	162.64	152.03	149.84	143.50
Yunanistan	264.39	258.44	264.20	263.52	269.30	208.11	213.79	208.00	211.41	203.51
İspanya	191.62	197.22	197.03	191.86	199.19	199.74	191.97	194.45	196.66	197.35
Fransa	191.51	199.78	196.38	199.79	188.16	191.57	200.73	190.81	190.02	183.60
İtalya	150.79	152.14	150.42	151.03	146.46	150.02	148.58	147.87	150.06	150.21
Kıbrıs	280.73	291.16	299.55	308.21	335.78	236.05	248.97	237.76	242.63	236.83
Letonya	654.75	708.52	853.58	833.36	737.79	706.68	674.15	603.56	562.77	498.07
Litvanya	1905.65	2118.16	1732.68	1713.04	1700.76	870.71	892.99	788.47	769.89	658.54
Lüksem.	312.61	305.74	301.61	293.14	275.91	204.54	205.40	191.11	175.37	169.94
Macaristan	-	821.38	766.89	776.61	746.26	611.49	615.30	577.60	545.03	521.06
Malta	-	245.73 ^(p)	240.47 ^(p)	277.38 ^(p)	255.37 ^(p)	266.96 ^(p)	247.67 ^(p)	285.60 ^(p)	243.15 ^(p)	241.29 ^(p)
Hollanda	222.14	226.97	222.97	222.97	216.20	218.07	218.34	206.64	199.42	188.45
Avusturya	156.20	161.10	151.94	152.28	148.76	151.06	157.44	153.94	150.54	146.26
Polanya	-	1074.98	1619.25	1615.21	1064.83	700.32	682.58	629.97	564.59	526.46
Portekiz	230.55	225.31	237.97	238.79	244.68	198.14	190.58	194.03	197.33	203.64

Romanya^(p)	-	1269.12	1234.02	1198.03	1087.14	1095.79	1078.84	1082.59	1039.09	929.92*
Slovenya	317.40	341.11	352.16	356.74	351.57	352.54	357.46	345.49	330.18	312.92
Slovakya	-	-	1162.80	1065.19	994.50	951.35	895.81	854.50	804.75	800.35
Finlandiya	269.49	288.35	287.43	287.43	307.25	278.25	287.23	286.41	276.91	262.23
İsveç	216.43	226.23	216.50	222.73	228.49	222.85	224.55	213.22	206.34	195.36
İngiltere	169.40	175.24	175.14	173.31	166.98	161.43	165.88	156.59	154.72	148.62
Norveç	170.11	168.25	165.79	170.99	160.48	155.77	145.01	144.80	147.38	151.29
İsviçre	101.32	103.15	104.20	102.15	102.39	100.86	102.15	102.43	101.21	99.78
Hırvatistan	-	-	-	-	-	359.44	347.69	349.87	353.30	355.22
Türkiye	258.92	260.93	253.15	248.02	257.17	262.40	266.65	261.22	258.17	262.31
ABD	250.05	252.69	249.33	246.68	241.44	238.62	235.15	227.52	219.91	215.54
Japonya	98.68	96.58	98.04	98.50	103.22	104.06	103.71	103.23	103.58	105.54
*(p) geçici kesin olmayan verileri temsil etmektedir. Veriler 25.03.2011 tarihinde güncellenmiştir.										

Kaynak: EUROSTAT, 2011.

EK-2: 2000-2008 Dönemi Bazı Ülkelerin Enerji Yoğunlukları (Kilogram petrol eşdeğeri/ 1000 Euro)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
AB27	187.34	187.80	185.10	187.18	184.78	181.28	175.73	169.09	167.11
AB25	182.35	182.92	180.19	182.16	180.10	176.66	171.12	164.71	162.89
AB15	167.59	168.07	165.61	167.28	165.82	162.79	157.31	151.52	149.98
Belçika	243.68	237.38	226.80	237.11	229.30	224.07	215.48	198.65	199.82
Bulgaristan	1362.36	1361.08	1276.39	1250.33	1139.26	1129.32	1090.96	1011.74	944.16
Çek Cum.	659.13	658.88	654.50	685.77	660.22	601.15	587.62	552.37	525.30
Danimarka	112.47	115.36	112.65	117.92	111.86	106.48	110.13	552.37	525.30
Almanya	165.99	169.18	165.51	167.18	166.12	163.37	159.19	151.96	151.12
Estonya	812.71	773.42	696.26	708.87	687.52	616.96	548.36	571.15	570.51
İrlanda	137.00	135.22	129.65	121.95	122.97	110.55	107.68	103.86	106.52
Yunanistan	204.57	202.21	200.83	192.43	186.75	186.09	178.96	171.44	169.95
İspanya	196.16	193.61	194.97	195.62	198.07	195.36	187.13	183.91	176.44
Fransa	179.10	181.36	179.71	180.75	179.36	176.46	170.66	165.02	166.74
İtalya	146.62	144.65	144.38	151.22	150.53	151.41	147.29	143.79	142.59
Kıbrıs	237.06	230.64	227.68	243.00	215.47	208.90	212.05	210.70	213.39
Letonya	441.00	445.74	411.45	409.36	387.02	356.70	327.28	306.50	308.74
Litvanya	571.22	615.79	611.91	577.19	547.40	478.30	433.95	428.10	417.54
Lüksemburg	165.32	167.83	169.94	176.49	185.63	179.64	170.12	157.80	154.61
Macaristan	487.54	477.06	464.69	465.02	435.32	443.92	423.95	407.54	401.35

Malta	191.27	218.64	194.55	214.42	217.38	212.07	194.76	197.78	194.88
Hollanda	184.82	186.64	186.91	191.48	191.56	184.83	174.62	178.92	171.58
Avusturya	140.32	147.61	146.80	152.96	151.71	153.99	147.64	140.82	138.06
Polonya	488.67	483.51	469.48	463.75	442.13	432.06	427.01	398.80	383.54
Portekiz	197.45	194.81	201.38	198.63	201.25	204.50	188.89	189.15	181.53
Romanya	913.36	858.93	852.87	846.95	768.30	730.94	703.38	657.32	614.57
Slovenya	299.15	305.38	297.98	293.00	289.60	283.50	269.62	252.36	257.54
Slovakya	796.44	844.89	810.48	769.88	729.08	680.69	620.12	538.22	519.68
Finlandiya	246.34	245.93	256.46	266.01	257.39	231.39	241.32	228.12	217.79
İsveç	177.44	186.29	185.72	177.82	177.45	168.67	157.68	152.05	152.08
İngiltere	144.54	141.76	135.33	134.16	130.96	128.40	122.94	115.20	113.66
Norveç	143.07	142.11	127.74	142.88	142.34	130.94	130.30	127.31	136.88
İsviçre	95.45	99.82	96.21	96.72	95.35	93.06	93.74	86.68	88.54
Hırvatistan	338.71	332.03	326.36	332.97	319.98	309.58	296.49	293.42	278.97
Türkiye	267.73	261.91	259.99	259.87	245.39	235.64	244.48	250.47	245.32
ABD	212.78	206.43	205.41	200.78	197.87	193.06	186.26	185.54	180.60
Japonya	103.90	102.04	101.86	99.59	100.05	97.81	95.62	92.53	90.10

Kaynak: EUROSTAT, 2011.



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü



Özgeçmiş

Adı Soyadı:	Nurgün TOPALLI			
Doğum Yeri:	İncesu/KAYSERİ			
Doğum Tarihi:	21.06.1980			
Medeni Durumu:	Bekar			
Öğrenim Durumu				
Derece	Okulun Adı	Program	Yer	Yıl
İlköğretim	Ahmet Paşa		Kayseri	1986-1991
Ortaöğretim	Nuh Mehmet Küçük Çalık Anadolu Lisesi		Kayseri	1991-1995
Lise	Nuh Mehmet Küçük Çalık Anadolu Lisesi, Melikgazi Lisesi		Kayseri	1995-1997 1997-1998
Lisans	Uludağ Üniversitesi	Örgün	Bursa	1999-2003
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü		Kayseri	2003-2006
Becerileri:				
İlgi Alanları:	Uluslararası İktisat, Ekonomik Büyüme ve Gelişme			
İş Deneyimi:	2005 yılından beri araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.			
Aldığı Ödüller:	-			
Hakkımda bilgi almak için önerebileceğim şahıslar:	Prof. Dr. Abdülkadir Buluş			
Tel:	0354-2126094			
E-Posta:	nurgun.topalli@bozok.edu.tr			
Adres	Bozok Üniversitesi İ.İ.B.F İktisat Bölümü YOZGAT			