

T.C.  
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İKTİSAT ANABİLİM DALI

ÇEVRESEL ETKİNLİĞİN ÖLÇÜMÜ: MALMQUIST ENDEKS ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN  
BENGİSU FIRAT

TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. AYLİN ÇİĞDEM KÖNE

MAYIS, 2012  
MUĞLA

T.C.  
MUĞLA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İKTİSAT ANABİLİM DALI

ÇEVRESEL ETKİNLİĞİN ÖLÇÜMÜ: MALMQUIST ENDEKS ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

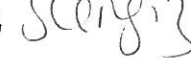
HAZIRLAYAN  
BENGİSU FIRAT

Sosyal Bilimler Enstitüsünde  
“Yüksek Lisans”  
Diploması Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24.04.2012

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 08.05.2012

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Aylin Çiğdem KÖNE 

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Sibel CENGİZ 

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. İlknur TÜRE 

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Namık Kemal ÖZTÜRK

MAYIS, 2012  
MUĞLA

## TUTANAK

Muğla Üniversitesi, **Sosyal Bilimler** Enstitüsü'nün 24./04/2012 tarih ve 550/5 sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 24. maddesine göre, İktisat Anabilim Dalı Yüksek lisans öğrencisi **Bengisu FIRAT**'ın "**Çevresel Etkinliğin Ölçümü: Malmquist Endeks Analizi**" adlı tezini incelemiş ve aday 08/05/2012 tarihinde saat 13.30'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra .....60..... dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin ..... kabul ..... olduğuna ..... ay birliği ..... ile karar verildi.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Aylin Çiğdem KÖNE



Üye

Doç. Dr. Sibel CENGİZ



Üye

Yrd. Doç. Dr. İlknur TÜRE



## YEMİN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Çevresel Etkinliğin Ölçümü: Malmquist Endeks Analizi” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.



24/04/2012  
Bengisu FIRAT

**YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ**  
**TEZ VERİ GİRİŞ FORMU**

**YAZARIN**

**MERKEZİMİZCE DOLDURULACAKTIR.**

**Soyadı :FIRAT**

**Adı : Bengisu**

**Kayıt No:**

**TEZİN ADI**

**Türkçe : Çevresel Etkinliğin Ölçümü: Malmquist Endeks Analizi**

**Y. Dil : Environmental Efficiency Measurement: Malmquist Index Analysis**

**TEZİN TÜRÜ: Yüksek Lisans**

**Doktora**

**Sanatta Yeterlilik**

●

○

○

**TEZİN KABUL EDİLDİĞİ**

**Üniversite :**

**Fakülte :**

**Enstitü :**

**Diğer Kuruluşlar:**

**Tarih :**

**TEZ YAYINLANMIŞSA**

**Yayınlayan :**

**Basım Yeri :**

**Basım Tarihi :**

**ISBN :**

**TEZ YÖNETİCİSİNİN**

**Soyadı, Adı : KÖNE, Aylin Çiğdem**

**Ünvanı : Doç. Dr.**

TEZİN KONUSU (KONULARI) :

1. Çevresel Etkinlik
2. Hava Kirliliği
3. Asit Yağmurları

TÜRKÇE ANAHTAR KELİMELER :

1. Veri Zarflama Analizi
2. Mamquist Endeks Analizi
3. AB-27
4. Türkiye

Başka vereceğiniz anahtar kelimeler varsa lütfen yazınız.

İNGİLİZCE ANAHTAR KELİMELER: Konunuzla ilgili yabancı indeks, abstract ve thesaurus'u kullanınız.

1. Data Envelopment Analysis
2. Malmquist Index Analysis
3. EU-27
4. Turkey

Başka vereceğiniz anahtar kelimeler varsa lütfen yazınız.

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1- Tezimden fotokopi yapılmasına izin vermiyorum                            | <input type="radio"/> |
| 2- Tezimden dipnot gösterilmek şartıyla bir bölümünün fotokopisi alınabilir | <input type="radio"/> |
| 3- Kaynak gösterilmek şartıyla tezimin tamamının fotokopisi alınabilir      | <input type="radio"/> |

Yazarın İmzası :

Tarih : 24/04/2012



## ÖNSÖZ

1970'li yıllardan başlayarak çevre sorunlarının ağırlaşması dünya ölçeğinde bu konunun artan biçimde fark edilmesine ve çevre bilincinin yükselmesine yol açmıştır. 1980'lerden itibaren enerji ve çevre arasındaki etkileşimi incelemek üzere yeni modelleme teknikleri geliştirilmiştir. Bu modelleme teknikleri arasında görece yeni olmasına karşın Veri Zarflama Analizi, parametrik olmayan bir etkinlik değerlendirme yöntemi olarak dikkat çekmektedir.

Bu çalışmanın amacı AB-27 üyesi ülkeler ve Türkiye'nin çevresel performansını hava kirletici emisyonlar üzerinden karşılaştırmalı olarak incelemektir. Çok sayıda hava kirletici emisyon arasından asit yağmuruna yol açan kirleticiler çalışmada çevre performansının göstergesi olarak kullanılmıştır.

Asit yağmurları, binaları, tarihi eserleri tahrip etmenin yanı sıra toprak ve su kirliliğine de yol açmakta; balık popülasyonu ve orman toprağı üzerinde negatif etki yaratmaktadır. Asit yağmurlarının yalnızca hava kirliliğine neden olan ülkeleri değil, diğer ülkeleri de etkilemesi uluslararası ölçekte incelenmesini gerektirmektedir. Çalışmada seçilen ülkelerin 2000-2007 dönemindeki çevre performansları DEAP bilgisayar programı kullanılarak Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Endeks Analizi ile incelenmiştir.

Bu çalışmayı hazırlarken danışmanlığımı üstlenen ve büyük bir sabırla bana yol gösteren sayın hocam Doç. Dr. A. Çiğdem KÖNE'ye; verileri derleme aşamasında beni yalnız bırakmayan sayın hocam Prof. Dr. Tayfun BÜKE'ye teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme ve dostlarıma teşekkürlerim sonsuzdur.

Bengisu FIRAT



## ÖZET

Sanayi devriminden günümüze, ekonomik büyüme artan miktarda enerji tüketimini gerektirmiştir. Fosil yakıtlara dayanan enerji kullanımı ile üretim ve ekonomik refah artarken, diğer taraftan ortaya çıkan çevre tahribatı gerçek refah düzeyini azaltmaktadır. Çevre sorunlarının yarattığı baskı mevcut büyüme odaklı ekonomik ölçütlerin gözden geçirilerek çevreye duyarlı yeni ölçütlerin oluşturulmasını gündeme getirmiştir. Bu alanda kullanılan yöntemlerden biri de Veri Zarflama Analizi (VZA)'dir. Bu çalışmanın amacı VZA yöntemi ve Malmquist Endeks yaklaşımını kullanarak ülkelerarası çevresel etkinliğin karşılaştırılmasıdır.

Çalışmada toplam enerji tüketimi ve toplam nüfus girdi olarak; gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) ile amonyak ( $\text{NH}_3$ ), azot oksitleri ( $\text{NO}_x$ ) ve kükürt oksitleri ( $\text{SO}_x$ ) ise çıktı olarak seçilmiştir. Seçilen emisyonlar asit yağmurlarına yol açmakta ve modelde çevresel baskıyı temsil etmektedir. Oluşturulan VZA modelinde AB-27 ülkeleri ve Türkiye'nin 2000-2007 yılları arasındaki çevresel performansları karşılaştırılmıştır. Ülkelerin çevresel performanslarının zaman içindeki değişimini inceleyebilmek amacıyla uygulanan Malmquist Endeksi analiz sonuçlarına göre çevre performansı açısından en başarılı ülkeler Letonya (1.104), Malta (1.067) ve Slovakya (1.059) olmuştur. İtalya ve Türkiye'nin ise sırasıyla 1.005 ve 1.009 değerleri ile en düşük performansları gösterdiği gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Veri Zarflama Analizi, Çevresel Etkinlik, Asit Yağmurları, AB-27, Türkiye



## ABSTRACT

Since Industrial Revolution, economic growth has required the progressively use of energy. While economic wealth which is based on fossil fuels has been increasing, environmental degradation has deteriorated real wealth level. The pressure caused by environmental problems has created a need for new methodologies and measurement of economic activities that are more sensitive to the environmental issues. Data Envelopment Analysis (DEA) is one of the methods used in this particular area. The aim of this study is to make a comparison between countries by their environmental efficiencies using DEA and Malmquist Index Analysis.

In this study total energy consumption and total population are used as inputs; gross domestic product (GDP) and ammonia ( $\text{NH}_3$ ), nitrogen oxides ( $\text{NO}_x$ ), sulphur dioxides ( $\text{SO}_x$ ) are chosen as outputs.  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  and ( $\text{SO}_x$ ) represent environmental pressure since they cause acid rains. The environmental performance of EU-27 countries and Turkey are compared for the period of 2000-2007 by using the proposed DEA model. In order to analyse the change in environmental performance during the period a Malmquist Index analysis is conducted. According to the results, Letonia (1.104), Malta (1.067) and Slovakia (1.059) are best performers while Italy (1.005) and Turkey (1.009) are ranked as the worst performers.

**Key Words:** Data Envelopment Analysis, Environmental Efficiency, Acid Rain, EU-27, Turkey.

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>I</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>II</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. EKONOMİ VE ÇEVRE İLİŞKİSİ</b> .....	<b>3</b>
2.1. İktisat Literatüründe Ekonomi ve Çevre İlişkisi .....	3
2.2. Ekonomik Büyüme ve Çevre .....	5
2.3. Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma .....	7
2.3.1. Doğal Sermaye (Kritik Doğal Sermaye) .....	8
2.3.2. Hava Kirliliği ve Asit Yağmurları .....	10
2.3.2.1. Nitrojen Oksit (NO <sub>x</sub> ) .....	12
2.3.2.2. Kükürt Oksit (SO <sub>x</sub> ) .....	13
2.3.2.3. Amonyak (NH <sub>3</sub> ) .....	14
2.4. Avrupa Birliği Çevre Politikası ve Türkiye .....	15
2.4.1. AB Çevre Politikaları .....	15
2.4.2. Türkiye'nin AB Çevre Mevzuatına Uyum Süreci .....	16
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>20</b>
3.1. Verimlilik Ölçüm Yöntemleri .....	20
3.1.1. Oran Analizi.....	20
3.1.2. Parametrelili Ölçüm Yöntemleri .....	21
3.1.3. Parametresiz Ölçüm Yöntemleri .....	22
3.2. Veri Zarflama Analizi .....	24
3.2.1. Grafikselle Gösterim- Sınır Analizi .....	28
3.2.2. Veri Zarflama Analizinde Matematiksel Programlama .....	31
3.2.3. Kesirli Veri Zarflama Programları .....	32
3.2.4. Veri Zarflama Analizinde Çıktı Maksimizasyonu, Girdi Minimizasyonu	34

3.2.5. Ölçeğe Göre Getiri ve Veri Zarflama Analizi .....	35
3.2.6. CCR Modeli .....	40
3.2.7. BCC Modeli .....	41
3.2.8. Teknik Etkinlik ve Ölçek Etkinliği .....	43
3.3. Malmquist Verimlilik Endeksi Yaklaşımı.....	43
3.4. Kaynak Özetleri .....	45
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>50</b>
4.1. Değişkenlerin Tanımı ve Veri Kaynakları .....	50
4.2. Teknik Etkinlik .....	51
4.3. Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme .....	53
<b>5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>57</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>61</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>69</b>

## TABLOLAR LİSTESİ

<b><u>Tablo No</u></b>		<b><u>Sayfa No</u></b>
<b>Tablo 3.1</b>	Tek Girdi ve Tek Çıktı Durumunda Dört Firmanın Performansı .....	25
<b>Tablo 3.2</b>	Firmaların Karşılaştırmalı Performansı .....	25
<b>Tablo 3.3.</b>	Firmaların Görelî Etkinlik Değerleri.....	26
<b>Tablo 3.4.</b>	Firmaların İki Girdi Bir Çıktıya Ait Veri Tablosu.....	27
<b>Tablo 3.5.</b>	Bir Çıktı ve İki Girdi Kullanan Firmaların Performansının Hesaplanması.....	27
<b>Tablo 3.6.</b>	Çevresel Etkinliğin Ölçümünde VZA Yöntemini Kullanan Çalışmalar.....	46
<b>Tablo 4.1.</b>	Ortalama Teknik Etkinlik Frekans Dağılımı.....	51
<b>Tablo 4.2.</b>	Ülkelerin 2000–2007 Dönemi Yıllık ve Ortalama Teknik Etkinlik Değerleri.....	52
<b>Tablo 4.3.</b>	Veri Zarflama Analizi ile Hesaplanan Malmquist Ülke Endeksleri.....	54

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1.	GSYH ve Çevresel Kaynakların Bozulma Derecesi Arasındaki İlişki .....	6
Şekil 3.1.	VZA Yöntemi Kullanılanak Etkin Sınırların Belirlenmesi .....	28
Şekil 3.2.	Üretim Fonksiyonları .....	36
Şekil 3.3.	A, B, C ve D Firmalarının CRS ve VRS Sınırları .....	38
Şekil 3.4.	VZA'ya Göre Ölçeğe Göre Artmayan Getiri Sınırı.....	39
Şekil 3.5.	VZA Ölçeğe Göre Azalmayan Getiri Sınırı .....	40
Şekil 3.6.	Malmquist Verimlilik Endeksi .....	45
Şekil 4.1.	Veri Zarflama Modelinde Girdi ve Çıktı Göstergeleri .....	50

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AÇA</b>	: Avrupa Çevre Ajansı
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>BCC</b>	: Banker-Charner-Cooper
<b>CCR</b>	: Charnes-Cooper- Rhodes
<b>CO</b>	: Karbon monoksit
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbon dioksit
<b>CRS</b>	: Ölçeğe Göre Sabit Getiri (Constant Returns to Scale)
<b>EMEP</b>	: Avrupa İzleme ve Değerlendirme Programı (European Monitoring and Evaluation Programme)
<b>EPA</b>	: Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)
<b>GSYH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>KOB</b>	: Katılım Ortaklığı Belgesi
<b>KVB</b>	: Karar Verme Birimleri
<b>NH<sub>3</sub></b>	: Amonyak
<b>NO<sub>x</sub></b>	: Nitrojen oksit
<b>NO<sub>2</sub></b>	: Nitrojen dioksit
<b>Pb</b>	: Kurşun
<b>PED</b>	: Pür (Saf) Etkinlikteki Değişme
<b>SED</b>	: Ölçek Etkinliğindeki Değişme
<b>SO<sub>x</sub></b>	: Sülfür oksit
<b>SO<sub>2</sub></b>	: Sülfür dioksit
<b>TD</b>	: Teknolojik Değişim
<b>TE</b>	: Teknik Etkinlik
<b>TED</b>	: Teknik Etkinlikteki Değişim
<b>TFV</b>	: Toplam Faktör Verimliliği
<b>TFVD</b>	: Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme
<b>VOC</b>	: Uçucu Organikler (Volatile Organics)
<b>VRS</b>	: Ölçeğe Göre Sabit Getiri (Variable Returns to Scale)
<b>VZA</b>	: Veri Zarflama Analizi
<b>WDI</b>	: Dünya Kalkınma Göstergeleri (World Development Indicators)

## 1. GİRİŞ

Çevresel tahribat, bir yandan doğal kaynakları tükenme noktasına getirirken diğer yandan atıklar çevre kalitesini düşürmekte; böylece ekosistem ve insanlığın yeryüzünde varoluşuna ilişkin bir tehdit oluşturmaktadır. 1970’li yıllardan başlayarak dünya ölçeğinde ağırlaşan çevre sorunları, çevre konusundaki farkındalığın artmasına ve çevre bilincinin yükselmesine yol açmıştır. Yaşanan bu gelişmelerin sonucu olarak, çevresel sürdürülebilirlik dünya çapında kritik öneme sahip bir hedef haline gelmiştir. Ancak burada temel sorunlardan biri çevresel sürdürülebilirliğin ölçülmesidir. Gerçekten de tüm ülkeler çevresel sürdürülebilirliği kendileri için hedef olarak belirlemekte, ancak bu hedefe ne kadar ulaşılabildiğini ölçme konusunda sorunlar yaşamaktadırlar.

Günümüzde çevre konusunda daha çok istatistiki bilgi, gösterge mevcut olsa da kirlilik kontrolü ve doğal kaynakların yönetiminde gereksinim duyulan sayısal ölçümler konusunda hükümetler halen zorluk çekmektedirler. Ayrıca, tüm dünya için bir sorun olan bütçe kısıtı nedeniyle kamuoyundan çevre yatırımlarının sayısal sonuçlarını göstermeleri konusunda da baskı görmektedirler (Anonim, 2010a). Dolayısıyla çevre politikalarının oluşturulmasında çok sayıdaki veriyi ayrı ayrı değerlendirmenin getirdiği zorluklardan kurtulmak ve çevresel performansı tek bir değer üzerinden ölçmek; böylece zaman içindeki değişimini belirlemek ya da diğer ülkelerle karşılaştırılmak amacıyla çevre performansını ölçen endeksler geliştirilmeye başlanmıştır (Anonim, 2010b).

Çevresel performans endeksleri, çevresel baskılar karşısındaki ülkelerin performanslarının karşılaştırılmasına izin verdikleri için tek tek ülkelerin ve dünyanın çevresel sürdürülebilirliğinin sağlanmasında kullanılacak güçlü bir araçtır. Belirli bir konuda performans analizi yapmak için politika kategorilerinin, denk grupların ve ülkelerin sahip olduğu çok sayıdaki değerlerden endeksler oluşturulmakta ve bunlara göre performanslar analiz edilmektedir. Böyle bir analiz, çevresel ilerlemeyi belirleyici faktörlerin anlaşılabilmesine ve hükümet yatırımlarının getirisinin maksimum olmasına yardımcı olabilmektedir.

Başlangıçta firmaların performans ölçümünü gerçekleştirmekte kullanılan Veri Zarflama Analizi (VZA), doğrusal programlamanın değişik uygulamalarına dayanan bir yöntemdir. Yöntem ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından, kamu kuruluşlarının teknik verimliliğini ölçmek ve karşılaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Yöntem, regresyon

teknikinin doğrudan uygulanamadığı çoklu girdi ve çoklu çıktılar içeren üretim ilişkilerinde, girdi ve çıktıların ağırlıklarını (görece önemlerini) belirleyerek, performans karşılaştırması yapılmasına olanak tanır (Aydemir, 2002: 45).

VZA, ölçeğe göre sabit getiri (CRS) ile ölçeğe göre değişen getiri (VRS) varsayımları altında iki farklı şekilde kullanılabilir. Yine, bu yöntem hem veri girdi ile en fazla çıktıyı elde etme (output-oriented) hem de veri çıktıyı en az girdi ile elde etme (input-oriented) yaklaşımlarına göre etkinlik ölçümünü yapmaktadır. Bu yaklaşımlardan veri çıktıyı en az girdi kullanımı ile elde etme yaklaşımı, veri üretim miktarlarını azaltmaksızın üretimde kullanılan girdi miktarlarının oransal olarak ne kadar azaltılabileceğini belirlemeye çalışmaktadır. Veri girdi ile en fazla çıktıyı elde etme yaklaşımı ise veri girdi setini değiştirmeksizin üretim miktarlarının oransal olarak ne kadar artırılabilirliği üzerinde durmaktadır. Ölçeğe göre sabit getiri kavramı, girdi ve çıktı miktarında aynı oranda artışın söz konusu olduğu durumda kullanılmaktadır (Yolalan, 1993: 13).

Çevresel performansın modellenmesi VZA'nın popüler uygulama alanlarından biridir. 1990 öncesinde bu konuda yapılmış çalışmaların sayısı oldukça azken, 1990'ların sonundan itibaren bu sayının hızla yükseldiği görülmektedir. Çevre sorunları ve sürdürülebilir kalkınma kavramının dünya ölçeğinde artan kabulü bu artışta rol oynamaktadır. VZA'nın standart ve toplulaştırılmış çevresel performans endeksi oluşturabilme yeteneği de akademik çalışmalarda tercih edilmesinin bir diğer nedenidir.

Malmquist endeksi, iki gözlemin toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ortak bir teknolojiye olan uzaklıkların oranı olarak ölçmektedir. Malmquist (1953) tarafından geliştirilen uzaklık fonksiyonlarına dayalı olarak ifade edilen bu endeks, her bir veri noktasının ortak teknolojiye göre nispi uzaklık oranlarını hesaplayarak, iki veri noktası arasındaki toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi (TFVD)'yi ölçmektedir (Ramanathan, 2003: 98).

Bu çalışmanın amacı AB-27 üyesi ülkeler ve Türkiye'nin çevresel performansının zaman içerisindeki değişimini hava kirletici emisyonlar üzerinden karşılaştırmalı olarak incelemektir. Çok sayıda hava kirletici emisyon arasından asit yağmuruna yol açan kirleticiler çalışmada çevresel performansın göstergesi olarak kullanılmıştır. Bu amaçla seçilen ülkelerin 2000-2007 dönemindeki çevre performansları Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist Endeks Analizi ile incelenmiştir.



## 2. EKONOMİ VE ÇEVRE İLİŞKİSİ

Fiziksel açıdan ele alındığında ekonomik faaliyet, enerji uygulanması ile maddenin değişim sürecidir. Termodinamiğin birinci yasası gereği madde ve enerji yok edilemez. Termodinamiğin birinci yasası, çevreden ekonomik sisteme akan maddelerin kısa dönemde ekonomik sistemde, uzun dönemde ise atık biçiminde çevrede birikeceğini anlatmaktadır. Ortaya çıkan bu atıklar doğanın massetme kapasitesini aştıklarında hem ekosisteme hem de insan sağlığına zarar vermektedir. İktisat yazınında, çevre ekonomisi ve ekoloji ekonomisinin gelişmesinden önceki dönemlerde, ekonomi ve çevre ilişkisi daha çok ekonomik büyüme çerçevesinde incelenmiştir. Aşağıda, klasik iktisatçılardan başlayarak iktisat teorisinde bu konudaki temel yaklaşımlar ele alınacaktır.

### 2.1. İktisat Literatüründe Ekonomi ve Çevre İlişkisi

Klasik iktisatçılardan Ricardo, Malthus ve Mill, çevre ve ekonomi arasındaki ilişkiye “ekonomik büyümenin sınırları” çerçevesinde değinmişlerdir. Malthus büyümenin sınırını kıtlık olgusuna dayandırmış, tarımda kullanılabilir alanı sabit olarak kabul ederek nüfus artışının sınırlandırılması gereğini vurgulamıştır. Malthus’un bu görüşleri 1970’li yıllarda bu konuda yapılan çalışmalarla yeniden gündeme gelmiştir. Ricardo, toprağın homojen olmadığından hareketle teorilerini azalan verimler üzerine dayandırmıştır. Ricardo’ya göre, artan nüfus daha az verimli olan alanları kullanmak zorunda kalacağından; hayat standartları belli bir süre sonra düşecek, nüfus artışı da duracaktır. Mill ise, bireysel sağduyu ve tutumluluğun sonucunda daha iyi bir refah dağılımının gerçekleşebileceğine inandığı için “durağan durum” konusunda Ricardo’ya göre daha iyimser bir görüşe sahiptir.

Özetle, klasik iktisatçıların ekonomi ve çevre arasındaki ilişkiye yaklaşımlarında tarımsal girdi olarak toprağın sınırlı olan miktarının kaçınılmaz olarak ekonomik büyümeyi de sınırlayacağı öngörüsü hâkim olmuştur.

1870’lerden itibaren neoklasik iktisadi düşünce “marjinal analizleri” kullanarak uzun dönemli etkiler üzerinde yoğunlaşmıştır. Temiz hava ve su, tüketimde rakipsiz ve çok özel niteliklere sahip kamu malları olarak görülmüş, hükümet düzenlemeleriyle sunulması gereken hizmetlerden sayılmıştır. Fiyat düzenlemeleri, negatif dışsallıklar durumunda etkinliği sağlayabilmek için başvurulabilecek en uygun kamu araçlarından biri olarak görülmüştür. Neoklasikler doğal sermayeyi, üretim sürecinde etkili olan girdilerin temel kaynağı olarak görmekle birlikte, ona gereken önemi göstermemişlerdir.

Bu yaklaşıma göre, etkin bir fiyat sistemi ile ekonomik kalkınmayı gerçekleştirmek mümkündür. Ancak bu durum bir taraftan teknik gelişmeleri teşvik ederken, diğer taraftan da kıtlık sorununu beraberinde getirir. Teknik gelişmeler, doğal maddelerin ikamesini ve yeniden işlenmesini kolaylaştırarak tüketimi azaltabilmektedir. Neo-klasiklere göre, teknolojik değişimlere bağlı olarak farklı sermaye türleri ve işgücü-sermaye ikamesi söz konusudur (Çetin, 2005: 3).

1960'lı yılların ikinci yarısından itibaren çevre sorunlarının gelişmiş Batı ülkelerinde insan yaşamını tehdit eden boyutlara gelmesi neoklasik iktisadın daha fazla sorgulanmasına yol açmıştır. Turner, Pearce ve Bateman (1994: 7) çevre sorunlarını gündeme getiren ilk çalışmaların bir özetini sunmaktadırlar. Buna göre Boulding 1966 yılında yayınlamış olduğu makalesi öncü çalışmalardan biridir. Boulding bu makalesinde, dünya üzerindeki kaynakların sınırlılığını vurgulamakta ve içinde bulunduğumuz dünyanın bir uzay gemisi dünyası olduğunu belirtmektedir. Dünyanın uzay gemisine benzetilmesi, dünyanın kırılganlığını ve dünya üzerindeki kaynakların sınırlılığını vurgulamaktadır. Aynes ve Knee (1969) ve Kneese vd. (1970) Boulding'in sentezini geliştirmiş; atıkların ekonomik sistem içerisinde yayıldığını ve çevreye bırakılan bu atıkların emisyonlarından kaçınılamayacağını ileri sürmüşlerdir. Çevreye yayılan bu kirliliğin kontrol altına alınması hukuk kuralları koyulması veya vergi gibi bazı ekonomik teşvik araçları ile gerçekleştirilebilir

1970'li yıllarda gelişmeye başlayan çevre ekonomisi neoklasik iktisadın marjinal analiz yöntemini benimseyerek çevre sorunlarının incelenmesinde "etkin kirlilik miktarı" ve "etkin kaynak kullanım miktarı"nın hesaplanmasına odaklanmıştır. Bu anlamda kaynak kullanımı, tüketimi, çevre kirliliği konularında refah ekonomisi çerçevesinde prensipler belirlenmeye çalışılmaktadır. Kaynakların topluma olan faydasını maksimize etmek en büyük hedefdir. Yenilenebilir kaynaklar çerçevesinde; kaynakların kullanım seviyesi, kaynakların yeniden oluşum seviyesini hiçbir zaman aşmamalıdır. Tükenebilir kaynaklar açısından, kaynakların optimal tüketim seviyesinin belirlenmesi gerekir. Bu yaklaşım; fiyatlar, kredi ve döviz kurları gibi ekonomik düzenlemeleri ve çevresel ilişkileri dikkate alan en iyi doğa yönetiminin gereğini vurgulamakta ve bu yönde politikaların uygulanmasını istemektedir.

Diğer taraftan ekoloji ekonomisi, sosyo-ekonomik sistemi ekolojik sistemin temel bir parçası olarak kabul ettiği için neoklasik iktisadın ve dolayısıyla çevre ekonomisinin görüşlerini reddeder. Bu yaklaşım bağlamında çevresel sorunlar yapısal nitelikte olup, dışsallık ve kaynak ikamesi olgularıyla bu kadar basit bir şekilde ele alınamaz. Doğal sermaye, beşeri sermaye ve üretim sermayesi birbirine bağlıdır ve bir dereceye kadar

birbirlerini tamamlamaktadır (Daly, 1992: 192). Disiplinlerarası bir dal olan ekoloji ekonomisinin iki temel amacı vardır. Bunlardan ilki insan aktivitelerinin ekolojik olarak sürdürülebilirliğini sağlamak, ikincisi ise çeşitli canlı türlerinin gelecek nesiller ve şu anki nesil arasında eşit ve optimal dağılımını sağlamaktır.

## 2.2. Ekonomik Büyüme ve Çevre

Ekonomi ve çevrenin kesiştiği yerde maddelerin dengesinin temeli olan kaynakların çıkarım süreci ekonomik faaliyet sürecinin başlangıcıdır. Ekonomik sistem içerisinde temelde kullanılan kaynaklar;

- Yenilenebilir kaynaklar (ormanlar, balıklar)
- Yenilenemez kaynaklar (kömür, doğal gaz, benzin vb.) olarak iki grupta ele alınabilir.

Eğer yenilenebilir kaynaklar sürdürülebilir şekilde tüketilirse, gelecek yıllarda da kullanımı sağlanabilir. Örneğin ağaçların kesimi sırasında bilinçli davranılması ile ormanların yok olmasının önüne geçilebilmektedir. Balıkların doğal ortamlarında yaşamaları onların popülasyonunda bir azalma olmamasını sağlayabilmektedir.

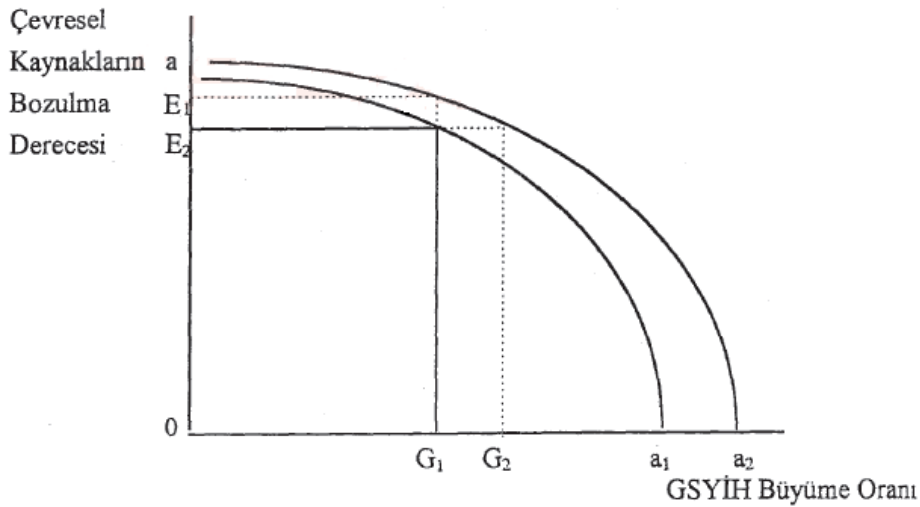
Yenilenebilir kaynakların optimal kullanım kuralı Gordon (1954) tarafından kapsamlı bir şekilde formüle edilmiştir. Ona göre yenilenebilir kaynak kullanımının optimal miktar kararı ve ne zaman kullanılacağı bağımsız verilen bir karardır.

Yenilenemez kaynakların yenilenebilir kaynaklardan farkı, kaynakların miktarının sınırlı olması ve tekrar üretimlerinin mümkün olmamasıdır. Yenilenemez kaynakların ekonomik temelleri Gray (1914) ve Hotelling (1931) tarafından oluşturulmuştur. Eğer ekonomik büyüme daha fazla petrol kullanmak anlamına geliyorsa, ekonomik büyümenin sınırı yeraltındaki mevcut petrol miktarı kadardır. Bu duruma 'büyümenin mevcut kaynak limiti' ismi verilmektedir.

Çevre ekonomisinin en önemli dalı olan doğal kaynak ekonomisi, optimal kaynak kullanımı ve tüketimi konularında refah ekonomisi prensipleri belirleyerek uygulamaya koyar. Kaynakların topluma faydasını maksimize etmek en büyük hedeftir. Yenilenebilir kaynaklar çerçevesinde; kaynakların kullanım seviyesi, kaynakların yeniden oluşum seviyesini hiçbir zaman aşmamalıdır. Yenilenemez kaynaklar açısından, kaynakların optimal tüketim seviyesinin belirlenmesi gerekir. Bu yaklaşım; fiyatlar, kredi ve döviz kurları gibi

ekonomik düzenlemeleri ve çevresel ilişkileri dikkate alan en iyi doğa yönetiminin gereğini vurgulamakta ve bu yönde politikaların uygulanmasını istemektedir. Onlara göre doğal sermaye; insan refahının en önemli destekleyicisi, en iyi atık emicisi, kaynak arzı sağlayan yaşam-destek sistemi, hoş ve konforlu bir hayatın temel kaynağıdır. Doğal sermayenin korunmasında temel kural, kaynak stoklarının zaman içerisinde sürekli olarak var olmasıdır. Yenilenebilir kaynak miktarı zaman içinde azalmamalı, yenilenemez kaynakların bitmesi durumunda yenilenebilir kaynaklar ve insan yapımı sermaye miktarı artırılmalı, bu şekilde tükenen kaynaklar telafi edilmelidir. Doğal kaynakların tükenmesinden başka, ekonomik faaliyetin üretim ve tüketim ile devam eden aşamalarında ortaya çıkan atıklar sorunu da ekonomik büyümenin çevre üzerindeki bir diğer etkisidir.

Şekil 2.1’de görüldüğü üzere, büyüme hızı ile çevresel kirlenme artış hızı arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Bu durumda büyüme oranında artış sağlanırken, çevresel kaynaklar da değişime uğrayacaktır (Kaya, 1997: 10). Büyüme sağlanırken çevresel baskının artması daha çok az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde gözlenmektedir.



**Şekil 2.1. GSYH ve Çevresel Kaynakların Bozulma Derecesi Arasındaki İlişki**

Ekonomik büyümenin geleneksel ölçüsü gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYH)'dır. GSYH'nın artışı ekonomik büyüme olarak adlandırılmaktadır. Ancak ekonomik büyümenin bu şekilde değerlendirilmesi, ne kaynakların tükenmesini ne de çevre kirliliğinin olumsuz etkilerini göz önüne almaz. Gerçekten de çevre kirliliğinin ya da tükenen kaynakların yol açtığı refah kayıpları, gerçek refahın GSYH ile ölçülenden daha düşük olmasına yol açar.

Bu endişeler, bugünkü refah düzeyini gerçekçi olarak ölçmek ve ekonomik büyümenin uzun dönemdeki etkilerini hesaba katmak için yeni kavram arayışlarına yol açmıştır. Bu kavramlardan en önemlisi sürdürülebilir kalkınmadır. Ekonomik büyümenin ekonomik sistemin meydana getirdiği atıkları doğal çevrenin, emme kapasitesinin dikkate alınması ve yenilenemez enerji kaynaklarının yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin kullanılması sürdürülebilir kalkınmanın temel şartlarıdır (Turner, Pearce ve Bateman, 1994: 5).

### **2.3. Sürdürülebilirlik ve Sürdürülebilir Kalkınma**

Sürdürülebilir kalkınma; “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin karşılamaktır”. Sürdürülebilir kalkınma ülkenin gelişme hedeflerine doğal, kültürel varlıklarını yitirmeden ve çevreyi bozmadan ulaşılmasına ilişkin tüm çabaları içeren bir kavram olarak da tanımlanabilmektedir (Kaya, 1997: 3).

Sürdürülebilir kalkınma, hem doğal kaynakların hem de insan kaynaklarının kalitesini iyileştirmeye ve bunların uzun yaşamasını sağlamaya çalışan bir yaklaşımdır. Bu anti-büyüme teorisi olmayıp, büyümenin sınırları olduğunu savunmaktadır. Bunlar çeşitli yönetimlerin uygulamalarına göre ve bölgeden bölgeye değişmektedir.

Sürdürülebilirlik, ekonomiye dahil edilen herhangi bir kaynağın miktarında azalma olmaksızın devamının sağlanabilmesidir. Ancak doğal olarak kalkınma sürdüğü sürece, hem doğal kaynakların hem de insan kaynaklarının miktar ve bileşiminde, artan nüfusun ihtiyaç ve beklentileri doğrultusunda değişimler meydana gelecektir. Bu durum fiziki ve beşeri sermayeye yapılan yatırımların değeri, kullanılan doğal kaynakların değerine en azından eşit olmalıdır ki kalkınma sürdürülebilir olsun.

Doğada zaten kıt olarak bulunan doğal kaynakların miktarlarında herhangi bir azalış meydana geldiği zaman bu kaynakların fiyatlarında bir artış olacaktır. Aynı zamanda, bu kaynakların korunması ya da ikamelerinin kullanılması yönünde yatırımlar da artacaktır. Ancak ikamenin de bir sınırı olması, aşılması gereken bir sınırı vardır. Örneğin kömürün ikamesi bulunabilse bile, yaşadığımız ortamdaki atmosferin ikamesini bulabilmek, en azından bugünün teknolojisiyle mümkün değildir (Kaya, 1997: 2).

Literatürde sürdürülebilir kalkınmanın nasıl ölçüleceği konusunda birçok görüş vardır. Birçok farklı görüşün olmasının sebebi ise geçmişten günümüze çevresel ideolojilerin farklılık göstermesidir.

Teknoloji odaklı perspektif, uzun dönemde gerçekleştirilen sürdürülebilir ekonomik kalkınma stratejilerini yatırım harcamalarına bağlamaktadır. Doğal sermaye yatırımının önemsiz olmadığı ancak tek başına yeterli olmadığını savunmaktadırlar. Ekonomik kalkınma GSYH; sermaye, veya malların ve hizmetlerin reel tüketimi ya da sermaye değerleri ile ölçülebilmektedir (Turner, Pearce ve Bateman, 1994: 54).

Bu yaklaşım ışığında sürdürülebilirlik, doğal sermaye dâhil tüm üretim faktörleri arasında tam ikame varsayımından yola çıkılarak değerlendirilebilir. Ekonomik kalkınma ancak tüm servet miktarının zaman içinde değişmemesi durumunda sürdürülebilir bir nitelik kazanır. Herhangi bir varlığın miktarı azaldığında bunu telafi edebilmek için bir diğer varlığın miktarının artırılması gerekir. Bu nedenle, bu durum “oldukça zayıf bir sürdürülebilirlik” olarak nitelendirilir (Turner, Pearce ve Bateman, 1994: 55).

Bu nedenle bu durum, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından “zayıf sürdürülebilirlik” olarak nitelendirilmektedir. Güçlü sürdürülebilirliğin savunucuları ölçek ekonomisinde değişimi savunmaktadır. Ancak güçlü sürdürülebilirlik içerisinde ölçek miktarının azalması tartışılan bir konudur. Güçlü sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı, doğal sermaye (kritik doğal sermaye) üzerine yoğunlaşarak doğanın ve onun kritik unsurlarının ekolojik, ekonomik, sosyo-kültürel önemi ve fonksiyonları üzerinde önemle durmaktadır. Bu bakış açısına göre toplumsal refahın sağlanması ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir bir nitelik taşımasında doğal sermaye (kritik doğal sermaye) olgusu ön plana çıkmaktadır.

### **2.3.1. Doğal Sermaye (Kritik Doğal Sermaye)**

Kritik doğal sermaye olgusu sürdürülebilir kalkınma yaklaşımları içerisinde özellikle de güçlü sürdürülebilirlik düşüncesinin doğması ve gelişmesinde önemli role sahiptir. Kritik doğal sermaye basitçe, kaynak stoku ve üretim-tüketim süreci için gerekli nadir bir girdi olarak tanımlanabilir (Ekins vd., 2003: 166).

Doğal sermaye ikame edilemez ve yeri doldurulamaz fonksiyonlara sahip doğal çevre unsuru olarak da nitelendirilmektedir. Bu kavram, temel canlı türleri ve süreçleri olarak belirtilen yaşam destek sistemleri, canlı çeşitliliği ve diğer önemli fonksiyonları gerçekleştiren hayati öneme sahip çevresel unsurları kapsar.

Kritik doğal sermayeye örnek olarak ozon tabakası, küresel atmosfer, biyolojik canlı çeşitliliği ve ekolojik dayanma kapasitesi verilebilir (Chiesura ve De Groot, 2003). Doğanın

kritik unsurları onun ekolojik ve ekonomik hizmetleriyle de yakından ilişkilidir (Çetin, 2005: 315).

Doğal süreçler, ekolojik sistemlerin canlı organizmalarını içeren unsurları ile kimyasal-fiziksel unsurları arasındaki karmaşık ilişkinin bir neticesidir. Bu etkileşimler ekolojik sistem dinamiklerinin temel özelliklerini yansıtır ve doğal sermaye özellikleri olarak nitelendirilirler. Bunlar (toprak, su, hava, yüzey ve canlı türlerinin özellikleri); sadece ekolojik sistemlerin bütünlüğünün, sağlığının temeli değil, aynı zamanda insan toplumlarına doğrudan ya da dolaylı doğal mal ve hizmet sunmanın da kaynağıdır. Ekolojik sistemin bütünlüğü ve esnekliği temelde bu niteliklere bağlıdır. Böylece bu nitelikler, doğal sermayenin bütünlüğünü değerlendirmede ekolojik kriterlerin temelini oluşturmaktadır (Ekins vd., 2003: 166). Doğal sermayenin ekolojik önemini belirleyen kriterler aşağıda sıralanmıştır (De Groot vd., 2003: 199):

- a. Doğallık/bütünlük: Ekolojik sistemin bu yönü fiziksel, kimyasal ya da biyolojik bozulma anlamında insanlığın durumunu yansıtır. Ekolojik ya da biyolojik bütünlüğün ölçülmesine yönelik farklı yollar geliştirilmiştir. Doğallığın ölçülmesinde kalitatif, kantitatif ve alansal yönlerin dikkate alınması gerekir.
- b. Canlı çeşitliliği: Ekolojik sistem içinde yer alan bitki, hayvan ve diğer organizmaların bir kompozisyonunu içermektedir.
- c. Eşsizlik (nadirlik): Ekolojik sistem ve canlı türlerinin yerel, ulusal ve küresel ölçekte nadir olmasını ifade eder.
- d. Ekolojik hassasiyet: Ekolojik sistemlerin insanlığın olumsuz faaliyetlerine karşı oldukça duyarlı olmasıdır.
- e. Yaşam destek değeri: Önemli ekolojik süreçler ve yaşam destek sistemlerinin sürdürülmesinin önemini yansıtır.
- f. Yenilenebilir olma: Ekolojik sistemlerin insan düzenlemelerine açık olması ve yenilenebilir olma ihtimallerini yansıtır.

Doğal sermayenin kritik olarak değerlendirilmesinde ekonomik kriterler de önemli bir paya sahiptir. İnsanlar doğaya birbirinden farklı ekonomik değerler atfetmiştir. Toplumda doğanın önemi genellikle parasal olarak belirlenmektedir. Doğal sermayenin kritik olarak değerlendirilmesinde ekonomik olarak önemli kriterler aşağıda sıralanmıştır (De Groot vd., 2003: 201):

- a. Üretime yönelik kullanım değeri: Doğal mal ve hizmetlerin piyasa kanalıyla ekonomik verimliliğe katkı sağlamasıdır.
- b. Tüketime yönelik kullanım değeri: Piyasa dışı faaliyetlerle doğal mal ve hizmetlerin katkısı olarak tanımlanabilmektedir.
- c. Çevresel sağlığın korunmasına doğal ekolojik sistemlerin katkısını yansıtır.
- d. Tercih maliyeti: Geleceğe yönelik potansiyel faydaları kapsar.

### 2.3.2. Hava Kirliliği ve Asit Yağmurları

Hava kirliliği çok sayıda kirletici emisyonun katkısıyla ortaya çıkan ekosistem ve insan sağlığı üzerinde yıkıcı etkileri olan bir olgudur. Her bir kirleticinin ekosistem ya da insanlar üzerindeki etkisi farklılaşmaktadır. Ayrıca hava kirletici emisyonlar atmosferde ya da yeryüzünde çeşitli kimyasal süreçlerden sonra farklı formlar da alabilmektedirler. Günümüzde kirleticiler ana etkilerine göre gruplandırılarak ele alınmaktadırlar.

Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde 1970'te yürürlüğe giren "Temiz Hava Yasası" altı kriter kirletici tanımlamıştır. Environmental Protection Agency (EPA) ise sonuncusu 1997 yılında olmak üzere orijinal ölçüm konsantrasyon limitleri ve yöntemlerini periyodik olarak revize etmiştir.

Hava kirletici emisyonları izlemekle görevli birimlerin EPA'ya verdiği raporda yer alan hava kirletici emisyonlar;

- Karbon monoksit (CO)
- Nitrojen dioksit (NO<sub>2</sub>)
- Ozon (O<sub>3</sub>)
- Sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>)
- Partikül madde (PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub>)
- Kurşun (Pb)'dur.

Karbon monoksit; her türlü yanma prosesi sonucu oluşmaktadır. Renksiz ve kokusuzdur. CO kirletici emisyonuna belli miktarda maruz kalınması vücut organlarının (kalp ve beyin gibi) ve dokularının oksijen solunumunu azaltarak sağlık üzerinde olumsuz etki yaratabilmektedir. Yüksek derecede CO emisyonuna maruz kalınması ölümlere yol



açabilmektedir. Ozon doğrudan yayılan bir kirletici değildir. Güneş ışığı aracılığı ile havadaki nitrojen oksit ile organik bileşiklerin oluşturduğu kimyasal formdur.  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  sırasıyla 10 ve 2,5 mikrometreden küçük partikül içeren partikül maddelerin kısaltmasıdır. Kurşun hem hava kirliliği kriteri hem de tehlikeli bir hava kirleticisidir. EPA kurşunu tehlikeli hava kirletici olarak izlemektedir. Geçmiş yıllarda kurşun emisyonuna en büyük katkıyı motorlu araçlar yapmaktaydı ancak son yirmi yılda yapılan yasal çevre düzenlemeleri ile motorlu kara araçlarının ortaya çıkardığı bu emisyon kaynağı azaltılmıştır.

Amonyak atmosferde nitrik ve sülfirik asitler reaksiyona girerek ince partikül maddeler meydana getirir. Bu nedenle EPA amonyak emisyonlarını da izlemektedir (Anonim, 2011).

EPA'nın belirlediği üç kritik hava kirletici emisyon;

- Karbon monoksit (CO)
- Sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>)
- Partikül madde ( $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$ )'dir.

EPA'ya göre hava kirliliğinin üç öncü kriteri ise

- Uçucu organik bileşikler (VOC)
- Nitrojen oksit (NO<sub>2</sub>)
- Amonyak (NH<sub>3</sub>)'tır.

Yerel ve bölgesel kirlilik arasındaki önemli farklılık ikisinin havadaki ulaşım mesafesidir. Yerel kirlilik sebebiyle meydana gelen hasar emisyon çevresinde meydana gelirken, bölgesel kirlilikte emisyon noktasının önemli ölçüde uzağında meydana gelebilir.

Kükürt oksitleri, nitrojen oksitleri, amonyak ve ozon gibi kirleticiler hem yerel hem de bölgesel hasara neden olmaktadır. Örneğin kükürt, nitrojen oksit ve amonyak kirletici emisyonları asit yağmurlarına neden olmakta ve bunların meydana getirdiği yağmur bulutları rüzgarla 200-600 mil mesafede hareket edebilir. Bu taşınma sırasında kirletici maddeler kimyasal tepkimeye uğrar. Kükürt ve nitrojen oksitleri sülfirik (kükürt içeren) ve nitrik (azot içeren) aside dönüşür. Nitrojen oksitleri ve uçucu organik bileşikler aynı zamanda güneş ışığının ozon üretme sürecinde kimyasal tepkimeye girmektedir.

Asit yağmurlarının en çok kullanılan tanımı; “asidik maddelerin atmosferde birikmesidir”. Ancak bu tanım hatalıdır. Asidik maddeler sadece yağmur bulutları ve nemli topraklarda birikmez aynı zamanda kuru partiküller halinde de oluşabilirler. Kuzeybatı

Amerika gibi dünyanın bazı bölgeleri kuru halde bulunan partiküllere göre daha fazla aside neden olmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin 10 yıllık çalışması olan "Ulusal Asit Yağmuru Yağış Değerlendirme Programı" asit yağmuruna neden olan etkiler ve bunun kontrolüne yönelik tavsiyeler içermektedir. Bu rapor asit yağmurunun ürünler, nehirler ve suda yaşayan canlılar üzerinde meydana getirdiği hasarla ilgilidir.

Belgelenen çalışmaların diğer örnekleri arasında, İsveç ve Norveç bulunmaktadır. İsveç 4.000'den fazla sayıda asitli göle sahipken; Kuzey Norveç göllerinin toplam yüz ölçümünün 13.000 km<sup>2</sup>'sinde balık bulunmamaktadır. Bunlara benzer durumlar Almanya, İskoçya ve Kanada için de belgelenmiştir.

Yapılan araştırmalar genellikle asit yağmurların ağaçları direk olarak öldürmediğini ancak, ağaçların yapraklarına zarar verip bitkilerin besin değerini düşürdüğünü göstermektedir. Bir diğer etkisi de asidik tortunun toprağa yavaş bir şekilde işleyerek toprağın verimliliğini düşürmesi şeklinde olmaktadır (Tietenberg ve Lewis, 2009: 414).

Gerçekten de asit yağmurları Avrupa ormanlarında büyümeyi yavaşlatıcı, zarar verici veya öldürücü etkiye sahiptir. Özellikle Almanya ormanları ve Amerika'daki ormanlarda asit yağmurlarının hasarı büyüktür. Asit yağmurları ormanların ve toprağın bozulmasına neden olmakta özellikle de ABD'nin doğusunda Maine'den Georgia'ya uzanan Appalochian Dağlarının yüksek yerlerinde bu etki daha sert olmaktadır.

Asit yağmurlarına yol açan üç temel kirletici nitrojen oksit, kükürt oksit ve amonyak olup bu kirletici emisyonların ortaya çıkma süreçleri ve etkileri aşağıda özetlenmiştir.

### **2.3.2.1. Nitrojen Oksit (NO<sub>x</sub>)**

Toplam nitrik oksitleri ve nitrojen dioksitlerinin ortak adına nitrojen oksit (NO<sub>x</sub>) denilmektedir. Nitrojenin diğer oksitleri, azotlu asit ve nitrik asit azot oksit ailesinin parçalarıdır. Nitrojen oksitleri (NO<sub>x</sub>) her türlü yanma prosesi sonucu oluşmaktadır.

NO<sub>x</sub> amonyak, su buharı ve diğer küçük partikül madde bileşenleri ile reaksiyona girmektedir. Bu küçük partiküller akciğerlerin hassas bölümlerine girmekte ve amfizem, bronşit gibi ciddi solunum yolu hastalıklarına neden olabilmektedir. Aynı zamanda mevcut kalp rahatsızlıklarının şiddetlenmesine ve prematüre ölümlere neden olabilmektedir (Anonim, 2011). Bilimsel çalışmalar 30 dakikadan 24 saate kadar NO<sub>x</sub> kirleticisine maruz kalınması sonucu, sağlıklı kişilerde solunum esnasında yanma problemine ve astım hastalarında

solunum güçlüğü belirtilerine rastlandığını ortaya koymuştur. Aynı zamanda bilimsel çalışmalar NO<sub>x</sub> konsantrasyonuna kısa dönemli maruz kalanların hastanelerin acil servis departmanlarına daha fazla geldiklerini ve özellikle astım rahatsızlığı sebebiyle giriş yaptıklarını kanıtlanmıştır.

NO<sub>x</sub>'in ekolojik etkileri şu şekilde sıralanabilir (Economic Commission for Europe, 2006).

- Neden olduğu asit yağmurları ile balık popülasyonunun azalması ve ormanların hasar görmesi.
- Çeşitli durgun sularda çözülmüş organik atıkların yol açtığı oksijen yetmezliği ile gelişen bitki türlerinin azalması ve aşırı yosun üremesi.
- Bölgesel sis/buhar oluşumu.

### 2.3.2.2. Kükürt Oksit (SO<sub>x</sub>)

Kükürt oksitleri de nitrojen oksitleri gibi her türlü yanma prosesi sonucu oluşmaktadır. Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) kükürt oksitleri olarak bilinen bir grup yüksek reaktif gazlardır. SO<sub>2</sub> sülfürik asit üretim sürecinde ortaya çıkan bir üründür. SO<sub>2</sub>'nin boğucu bir kokusu vardır ve bu kirletici, renksiz ve delici bir yapıya sahiptir. Suyun içerisinde sıvılaşıp asidik bir çözelti halini alır. Bu çözelti havadan ortalama 2.5 kat daha ağırdır (Anonim, 2011).

SO<sub>2</sub> emisyonuna neden olan en önemli kaynaklar enerji santrallerinde kullanılan fosil yakıtların yanması (%73) ve diğer endüstriyel tesisler (%20)'dir. Metalin cevherinden ayıklanması, yüksek kükürt içeren yakıtların yanması ve az da olsa büyük gemiler SO<sub>2</sub> emisyonu kaynağıdır.

SO<sub>x</sub> atmosferde diğer bileşikler ile reaksiyona girerek küçük parçacıklara dönüşür. Bu parçacıklar akciğerlerin hassas bölümlerine derin bir şekilde işler, amfizem ve bronşit gibi ciddi solunum yolu hastalıklarına, mevcut kalp rahatsızlıklarının şiddetlenmesine ve erken yaşta ölümlere yol açabilir.

Bilimsel deliller 5 dakikadan 24 saate kadar SO<sub>2</sub> kirleticisine maruz kalınması durumunda bronş lümeninin daralması ve astım semptomlarının artması gibi bir dizi olumsuz solunum rahatsızlığına neden olmaktadır. Bu etkiler özellikle sık nefes alıp verilmesi gereken durumlarda önemlidir. Yapılan çalışmalar SO<sub>x</sub> konsantrasyonuna kısa dönemli maruz kalan

kişilerin hastanelerin acil servis departmanlarına daha sık geldiklerini ve çocuklar ile yaşlı nüfusun yüksek risk grubunda olduğunu göstermektedir.

SO<sub>x</sub>' in ekolojik etkisi;

- Asit yağmurlarına neden olarak balık popülasyonunun azalmasına ve ormanların hasar görmesine neden olmaktadır (Economic Commission for Europe, 2006).

Genellikle SO<sub>x</sub> yi azaltmaya yönelik kontrol ölçümlerinin kişilerin tüm SO<sub>x</sub> gazlarına daha az maruz kalacağı beklentisi ile yapılmaktadır. Önemli bir sağlık tehdidi oluşturduğu için, ince sülfat parçacıkları oluşumunun azaltılması önemli bir ortak fayda sağlayabilir.

EPA ilk olarak 1971'de SO<sub>2</sub> için standartlar belirlemiştir. EPA sağlığı korumaya yönelik 24 saatlik 140 ppb öncelikli standart ve 30 ppb yıllık ortalama standart belirlemiştir. EPA halkın refahı için 3 saatlik 500 ppb değerinde ortalama ikincil standart belirlemiştir (Anonim, 2011). EPA'nın SO<sub>2</sub> Ulusal Hava Kalite Standardı, kükürt oksit kirletici emisyonlarına maruz kalmayı engellemek için tasarlanmıştır. SO<sub>3</sub> gibi diğer kükürt oksitlerin konsantrasyonları atmosferde SO<sub>2</sub> den daha azdır.

#### **2.1.4.3. Amonyak (NH<sub>3</sub>)**

Amonyak, NH<sub>3</sub> formülüne sahip, suda çözülebilen, renksiz, havadan daha hafif, keskin kokulu ve en çok azotlu organik maddelerin ayrışması sonucunda meydana gelen bir bileşiktir. NH<sub>3</sub> gübre depeloma ve nitrojenli suni gübre kullanımı sonucu meydana gelmektedir. Avrupa'da NH<sub>3</sub> emisyonlarının %94'ü tarım sektöründen kaynaklanmaktadır. Bu kirletici emisyon gıda maddeleri ve gübrelerin ana maddesi olarak, karada yaşayan organizmaların besin ihtiyaçlarına önemli katkıda bulunur. Ayrıca bu kirletici emisyon, hem doğrudan hem de dolaylı olarak bir çok ilacın sentezinde yapı bloğudur. Geniş kullanım alanına sahiptir ve tehlikelidir (Anonim, 2011).

NH<sub>3</sub> emisyonuna kısa süreli maruz kalınması durumunda göz ve üst solunum yolları tahrişi ve yüksek kan basıncı gibi sağlık problemleriyle karşılaşılabilir. Uzun süreli maruz kalınması durumunda ise, körlüğe, akciğer hasarına, kalp krizine ve ölümlere neden olabilmektedir.

NH<sub>3</sub>'ün ekolojik etkisi;

- Yüksek konsantrasyonları balıklar ve diğer suda yaşayan organizmalar için zehirleyici etkiye sahiptir.
- NO<sub>x</sub> ve SO<sub>x</sub> ile birleşerek asit yağmurlarına neden olabilmektedir (Economic Commission for Europe, 2006).

## 2.4. Avrupa Birliği Çevre Politikası ve Türkiye

Avrupa Birliği (AB) uluslararası ticari bir birliğin ötesinde aynı zamanda kültürel, siyasal ve ekonomik bir birliktir, dolayısıyla birlik olabilmenin gereği olarak üye devletlerin her alanda birbirleri ile tam bir uyum içerisinde bulunmaları gerekmektedir. Her türlü ekonomik, siyasal alanda üye ülkeler arasında bir sınırın olmamasının yanında çevre kirliliği sınırlarının da olmaması ve her geçen gün tehditkar pozisyonu artırması dolayısıyla gündemdeki konulardan biri olmuştur.

Çevre ve doğal kaynakların korunmasına ilişkin AB politikalarının önemi 1980'lerden bu yana giderek artmıştır. Çevreye yönelik tehditlerin kontrol altına alınması ve çevredeki bozulmanın engellenmesi amacıyla Avrupa düzeyinde bazı güçlü düzenlemelerin yapılması gerekmiştir. Çevrenin korunması Avrupa düzeyine ve uluslararası seviyeye taşınırken, AB'nin genişleme sürecinde, özellikle kirlilik problemleri çevre politikası kapsamında önemli hale gelmiştir. Maastricht anlaşması ile çevrenin korunması ilkesi ilk kez açık olarak AB hedefleri kapsamına alınmış, ekonomik çevreyle uyum içinde gerçekleşmesi gerektiği belirtilmiştir (Çokgezen, 2007: 95).

### 2.4.1. AB Çevre Politikaları

Avrupa Birliği'ni kuran Maastricht Anlaşması'nda çevreye saygı duyan sürdürülebilir bir gelişmenin desteklenmesi hedeflenmiştir. 1 Mayıs 1999 tarihinde yürürlüğe giren Amsterdam Anlaşması ise sürdürülebilir gelişmeyi Avrupa Topluluğu (AT) amaçlarından biri haline getirerek konuyu bir adım ileriye taşımıştır. Anlaşmanın 2. maddesi, tek Pazar ve para birliğine ilişkin tedbirler alınırken 'yüksek düzeyli çevre koruma ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi' konusu dikkate alınmaktadır.

Topluluk günümüze kadar özellikle atık yönetimi, su kalitesi ve hava kirliliği konularında minimum standartları oluşturarak kirliliği azaltmayı ve önlemeyi amaçlayan 300'e yakın yasa kabul etmiştir. 1999 çalışma programında ise Avrupa Komisyonu, çevrenin

korunması meselesini Avrupa Birliği'nin karşı karşıya bulunduğu en önemli tehditlerden biri olarak tanımlamıştır.

Amsterdam Anlaşması'nda belirtilen ilkeler;

**Bütünleyicilik İlkesi:** Çevrenin korunmasının Birlik politikalarının içine entegre edilmesi ilkesidir. AT Anlaşmasının da 6. maddesidir.

**Yüksek seviyede koruma ilkesi:** Bu ilke doğrultusunda, yasama yetkileri dahilinde tüm Avrupa Topluluğu kurumlarının, Topluluğun farklı bölgelerindeki çeşitli durumları da hesaba katarak yüksek seviyede çevre korumayı amaç edinmeleri gerekmektedir. AT Anlaşması'nın da 2. maddesidir.

**İhtiyat İlkesi:** Bu ilke ilk kez Maastricht Anlaşmasında dahil edilmiştir. Belli bir hareketin çevre açısından olumsuz ve zararlı sonuçlar doğuracağı hakkında ciddi bir şüphe mevcutsa, bilimsel kanıtın ortaya çıkmasına kadar beklemeden, yani çok geç olmadan önlem alınması anlamına gelmektedir.

**Önleme İlkesi:** Önleme ilkesi, zararın tam olarak ortaya çıkmasından önce, yani erken bir safhada, gerekli önlemlerin alınması gerektiğinin altını çizmektedir. Bu ilke yeni durumlar ortaya çıktığında tedbirlerin doğru bir şekilde alınması için önemlidir.

**Kaynakta Önleme İlkesi:** Topluluk çevre politikası çevresel zararın, öncelikle kaynağında önlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Topluluk mevzuatı bu ilkeyi özellikle su ve atık sektörlerine uygulanmakta olup atıkların mümkün olduğunca üretim yerine yakın bir yerde bertaraf edilmesi de bu ilke dahilindedir.

**Kirleten-öde İlkesi:** Bu ilke kirletenlere, sebep oldukları kirlilik ile mücadelenin bedelinin ödettirilmesi, onları kirliliği azaltmaya ve daha az kirleten ürünler ve teknolojiler bulmaya teşvik etmektedir (Çokgezen, 2007: 93).

#### 2.4.2. Türkiye'nin AB Çevre Mevzuatına Uyum Süreci

Türkiye çevre kirlenmesi ile ilgili kavramları 1970'li yıllarda AB'nin aynı yıllarda bu sorunla karşı karşıya kalmasıyla oluşturulmuştur. 2000 yılına kadar yapılan Kalkınma planlarında ise çevresel politikalarla zedelenebileceği ihtimaline dayalı olarak oluşturulmuştur. Türkiye'nin çevre politikasının şekillenmesinde hazırlanan Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Programının önemli yeri vardır. Bu programın hedefleri arasında kirliliğin

önlenmesi, çevre altyapı ve hizmetlerinde erişimin kolaylaştırılması, yenilenebilir kaynakların kullanımının teşvik edilmesi ve çevre ile ekonomiyi birlikte sürdürülebilir kılacak politikaların oluşturulması yer almaktadır (Yıldırım ve Budak, 2005: 197-199).

AB ile kurumsallaşmaya başlayan, birliğe üyeliği söz konusu olan ülkelerin yerine getirmeleri gereken kriterler 1993 Kopenhag Zirvesinde belirlenmiş ve Kopenhag Kriteri olarak isimlendirilmiştir. Ekonomik, siyasi ve AB hukuk sisteminin benimsenebilmesi olarak sınıflandırılan kriterlerden hukuk sistemi içerisinde yer alan 31 maddeden 22 tanesi ‘çevre’ başlığı altındadır. Aralık 1999’da AB Helsinki zirvesinde Türkiye’ye resmi olarak aday statüsü verilerek genişleme sürecine dahil edilmiştir. Türkiye’ye bu adaylık statüsü verilmesiyle AB hukuk sistemine uyum süreci başlamıştır. AB bu süreç içinde Türkiye’nin Kopenhag Kriterlerine uyumu ve AB mevzuatının üstlenilebilmesi için 2000 tarihinde Katılım Ortaklığı Belgesi (KOB) hazırlamıştır.

KOB’de çevre başlığı altında belirlenen hedefler şu şekilde sıralanabilir: Müktesebatın uyumu için direktifler özelinde ayrıntılı bir uyum programının benimsenmesi, çevresel etki değerlendirme direktifinin iç hukuka geçirilmesi ve yatırımları finanse etmek için her yıl için, gerçekçi kamu ve özel sektör finansman kaynakları ile uyum maliyeti tahminlerine dayanan direktifler özelinde bir plan geliştirilmesi. 2001 İlerleme Raporu’nda ise Türkiye’nin çevre ile ilgili durumu hakkında bilgi verilmektedir. Buna göre, Türkiye hava kalitesi, su kalitesi, doğanın korunması, endüstriyel kirlilik risk yönetimi, gürültü, nükleer güvenlik gibi konularda müktesebata uyum sürecinde önemli bir gelişme kaydetmemiştir. Tehlikeli kimyasallar yönetmeliğinde yapılan değişikliklerle bazı risk ve güvenlik tanımları, semboller yeniden düzenlenmiştir. Ancak özellikle hava kalitesinin korunması, atık yönetimi, su kalitesi ve yönetimi konularında ciddi sorunlar bulunmaktaydı. Türkiye’nin doğada biyolojik çeşitliliğin korunmasına önem verilmesi ve mevzuatını AB ile uyumlu hale getirmesi gerekmiştir. Endüstriyel kirlilik kontrolü ve risk yönetimi konusunda AB Mevzuatı doğrultusunda düzenleme yapılması gerekmiş. Nükleer güvenlik konusunda da uyumsuzluklar olması Türkiye Atom Enerji Kurumunun gerekli düzenlemeleri yapmasını gerektirmiştir.

Diğer yandan 14 Nisan 2003 tarihinde AB tarafından KOB çerçevesinde Türkiye’nin çevre alanındaki kısa ve orta vadeli öncelikleri yeniden belirlenmiş, 2002 yılı ilerleme raporunda belirlenen ilave çalışma gerektiren öncelik alanları ve öncelikleri uygulamasında yardımcı olacak mali imkanlar ve bunun şartları ortaya konmuştur. 25 Temmuz 2003 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Türkiye’nin AB müktesebatının

üstlenilmesine ilişkin gözden geçirilmiş ulusal programın çevre alanında gerçekleştirilen faaliyetleri aşağıda gösterilmektedir;

- Türkiye devam etmekte olan AB uyum sürecinde 2003 yılında Avrupa Çevre Ajansının (AÇA) üyesi olmuştur. AÇA'nın bir üyesi Çevre Orman Bakanlığı ulusal AÇA faaliyetlerinin verimli bir şekilde yürütmesi ve raporlamanın yapılması için bir taban oluşturmuştur.
- Türkiye Çevre Mevzuatının İncelenmesi Projesi 2002 yılında tamamlanmıştır. Proje kapsamında mevcut mevzuatının AB mevzuatı ile karşılaştırılması, eksikliklerinin saptanması ve yatırım maliyetlerinin hesaplanması çalışmaları yapılmıştır.
- Çevre Kanununda değişiklik yapılmasına ilişkin kanun tasarısında çevresel bilgiye erişim konusuna yer verilmiş, bunun için Çevre Alanında Kapasite Geliştirilmesi projesi kapsamında ele alınan çevresel bilgiye ulaşım için veri tabanının oluşturulması ve idari yapının geliştirilmesi için personel eğitimi çalışmaları yapılacaktır.
- Çevre mevzuatı kapsamında raporlamaya ilişkin düzenlemeler mevzuata uyum uygulama ve altyapı çalışmalarının başlaması sonrası ele alınacaktır.
- Ulusal programın öncelikleri arasında su kalitesinin iyileştirilmesi, atık yönetiminin etkinleştirilmesi, hava kalitesinin iyileştirilmesi, çevresel gürültü yönetimi, nükleer güvenlik, çevresel etki değerlendirme sürecinin güçlendirilerek etkinleştirilmesi ve Stratejik Çevresel Değerlendirme Direktifine uyum sağlanması konuları yer almaktadır (Çokgezen, 2007: 92-93).

Türkiye'de 2004 yılı için hazırlanan Katılım Yönünde İlerlemesi Hakkındaki Rapor'da ise çevre konusunda gelişmenin olduğu alanların başında çevresel etki değerlendirmesi ile yeni bir yönetmelik ile bilgiye erişim hakkını düzenleyen bir yasa ile yönetmeliğin kabulü gelmektedir. Raporda hava kalitesi, atık yönetimi ve doğanın korunması alanında sınırlı gelişmeler kaydedilmiştir. Nükleer güvenlik ve radyasyondan korunma konusunda da sınırlı gelişmeler söz konusudur. Öte yandan rapora göre endüstriyel kirlilik ve risk yönetimi alanında bir gelişme kaydedilmemiştir. Doğanın korunmasında da birçok yönetmeliğin kabulüne rağmen yasal uyumlaştırma çok düşük düzeyde kalmıştır.

Günümüzde ise çevre politikalarının uygulanması aşamasında en önemli sorun söz konusu politikaların maliyetinin bütçe üzerinde yaratacağı olumsuz etkilerdir. Özellikle Türkiye gibi yeterli sermaye birikiminin olmadığı ülkelerde kalkınmayı engellemeden çevreyi



korumak güçtür. Türkiye’de çevrenin korunması ile ilgili gelirler genel bütçeden ya da çeşitli fon kaynaklarından karşılanmaktadır. Türkiye’de çevre politikalarının finansmanı için kullanılan uluslar arası kaynaklar arasında Dünya Bankası, BM Kalkınma Fonu, Avrupa Yatırım Bankası gibi kurumlar yer almaktadır.

Ancak çevre maliyetlerinin yalnız uluslar arası finansman ile karşılanabilmesi imkansızdır; üretim ve tüketim alışkanlıklarının değiştirilip, çevre korumanın özendirilmesi gerekir. 1983 tarihli çevre yasasında ‘kirleten öder ilkesi’ açık bir şekilde yer almamasına rağmen, bu ilkenin hayata geçirilmesi için herhangi bir girişimde bulunulmamıştır. Türkiyede ya da AB’de çevre vergileri ‘yönlendirmek ve denetlemek’ amacı, ikinci aşamada ‘mali amaç’ gütmektedir. Türkiye’de de Çevre Temizlik Vergisi dışında bu türden bir vergi bulunmamaktadır (Ferhatoğlu, 2003: 5-6).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Verimlilik Ölçüm Yöntemleri

Verimlilik ve etkinlik ilişkili ancak aynı kavramlar değildir. Verimlilik, üretim sürecinde girdinin kullanımına bakmaksızın, çıktı miktarı ile ilişkilidir. Ülkelerin verimlilik artışları incelendiğinde bu iki kavram arasındaki fark üç farklı sürece ayrılmaktadır (Schreyer, 2004).

Birincisi, verimlilik artışı teknolojik yenilik gerçekleştirilerek sağlanabilmektedir. Bu durum küresel üretim olanakları eğrisini sağa doğru kaydırmaktadır. İkincisi, firmalar ürünlerini geliştirerek verimliliklerini arttırabilirler. Üçüncüsü, verimlilik artışı teknik etkinsizlikteki azalma ile de gerçekleşebilmektedir. Bu etkin olmayan firma veya endüstri belirli bir teknolojiyle gerektiğinden daha fazla kaynak ve faktör girdisi kullanmaktadır. Böylece düşük verimlilik düzeyinde kullanılan kaynaklar bir ekonominin tüm tahsis verimliliğini azaltır. Bu durumdan anlaşıldığı üzere belirli kaynakların değişiminden önce verimlilik artışının sağlanması gereklidir. Verimlilik ölçüm yöntemleri üç ana başlık altında toplanmaktadır.

##### 3.1.1. Oran Analizi

İşletme verimliliğinin ölçülmesinde kullanılan yöntemlerden en basit olanı oran (rasyo) analizidir. İş dünyasında yaygın olarak kullanılan oran analizi; fiziksel birimlerle ölçülen çıktıların fiziksel birimlerle ölçülen girdilere oranıdır. En sık karşılaşılan örneği emek verimliliğinin ölçümüdür. Emek verimliliğinin seviyesi çıktının (Q) çalışma saatine (L) oranlanmasıyla aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\text{Emek Verimliliği} = \frac{Q}{L}$$

Emek verimliliği, farklı toplam seviyeleri için de hesaplanmaktadır. Burada sözü geçen verimlilik toplam verimliliktir. Toplam verimlilikte, verimlilik oranının girdi tarafı üretim sürecinde kullanılan tüm üretim faktörlerini kapsamaktadır. Çıktı tarafı ise üretim süreci sonunda elde edilen çıktılarından oluşmaktadır. Her iki kavram da fiziksel nitelik taşıdığı için oran analizi yöntemini kullanmak mümkündür ancak bu yöntem verimlilikle ilgili boyutlardan sadece bir tanesini göz önüne alırken diğerlerini göz ardı etmektedir. Bazı sonuçlar işletmenin son derece başarılı olduğu görünümü verirken, diğer taraftan bazıları da

işletmenin son derece başarısız olduğu sonucuna varabilmektedir. Bu nedenle verimlilik ölçümü çalışmalarında farklı oranların anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak tek bir ölçütün kullanılmasına fazlasıyla gereksinim duyulmaktadır. Girdi ve çıktıların tek bir ölçekte birleştirilemediği durumlarda oran analizi yöntemini kullanmak güçleşmektedir. (Yolalan, 1993: 5)

Oran analizi yöntemiyle verimliliğin ölçülmesi sorunu, toplam verimlilik kavramının yanı sıra, kısmi verimlilik kavramını gündeme getirmektedir. Ancak gerek çıktılarının gerekse girdilerinin, fiziksel birimlerle ölçülmesinin imkanı olmayışı toplam verimliliğin ölçümünü de imkansız hale getirmektedir. Bu durum kısmi verimlilik kavramlarının geliştirilmesini gerekli hale getirmiştir. Toplam verimlilik oranı yerine kısmi verimlilik oranlarının değerlendirilmesi, analizin ifade gücünü büyük ölçüde azaltmaktadır.

Çok girdili ve çok çıktılı üretim süreçlerinin verimliliklerinin ölçülmesinde yeterli olmayan oran analizinin, söz konusu edilen eksikliklerini ortadan kaldırmak için toplam faktör verimliliği (total factor productivity) kavramlarından yararlanılmaktadır. Toplam faktör verimliliğinde, üretim sürecinin girdileri toplanarak tek bir girdi faktörüne (sanal girdi) ve çıktıların toplamı tek bir çıktı faktörüne (sanal çıktı) indirgenmektedir. Bu aşamadan sonra ise toplam girdi ve toplam çıktı faktörlerinin oranına bakılarak değerlendirme yapılmaktadır. Farklı nitelikteki girdi ve çıktı faktörlerinin nasıl toplanacağı konusunda herhangi bir bilginin olmaması, başka bir ifade ile faktörler için uygulanacak olan katsayıların bilinmiyor olması, bu yaklaşımı yetersiz kılmaktadır (Tarım, 2001: 13).

### 3.1.2. Parametrelili Ölçüm Yöntemleri

Oran analizi yönteminin yetersizliği karşısında geliştirilen bir diğer verimlilik ölçüm yöntemi, parametrelili yöntemlerdir. Bu yöntemlerde verimlilik ölçümü gerçekleştirilecek olan endüstri dalına ilişkin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı yapılır ve bu fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesine çalışılır. Verimlilikle ilgili literatürde çok yaygın bir şekilde kullanılan “Cobb Douglas” tipi üretim fonksiyonuna ilişkin parametrelerin belirlenmesi bu tür yöntemlere örnek olarak gösterilebilir.

Parametrelili yöntemlerle verimlilik ölçümünde genellikle regresyon teknikleri ile tahmin yapılmaktadır. Regresyon analizi sonucunda bulunan üretim fonksiyonu ise genellikle tek çıktı ile birçok girdi ilişkilendirilerek tanımlanmaktadır. Bu nedenle üretim fonksiyonu parametrik olarak bulunmaktadır. Kullanılan yöntemlerin en başında ise en küçük kareler

yöntemi gelmektedir. Gözlenen çıktının, regresyon analizi sonucunda bulunan üretim fonksiyonunun öngördüğü çıktıdan fazla olması durumunda, karar biriminin mevcut verimliliğinin beklenenden yüksek olduğu, aksi takdirde verimsiz olduğu yorumu yapılmaktadır.

Parametrelili yöntemlerde, regresyon denklemi bağımsız girdi miktarıyla bağımlı çıktı miktarı arasındaki ilişki verildiği için üretim fonksiyonu olarak düşünülebilir ancak bir üretim fonksiyonu, belirli girdi düzeyinde üretilebilecek maksimum çıktı miktarını gösterirken, regresyon analiziyle bulunan üretim fonksiyonu ortalama değer vermektedir. Verimlilik ölçümünün en yüksek performans yerine ortalama performansa göre yapılıyor olması, analizin etkinlik ölçümünde kullanılmasının yarattığı bir sakıncadır. Regresyon analizinin bir diğer sakıncası ise sadece tek çıktı faktörünün söz konusu olduğu durumlarda kullanılabilmesidir. Ayrıca yapılan gözlemlerden hareketle elde edilen ortalama üretim fonksiyonu, endüstri içindeki çeşitliliği değerlendirmemekte ve tüm karar birimlerinin aynı şekilde üretim yaptığı varsayımında bulunmaktadır.

Tüm sakıncalara rağmen verimlilik ölçüm çalışmalarının çoğunluğunu halen parametrik yöntemler oluşturmaktadır ancak parametrik yöntemlerle gerek kavramsal, gerek matematiksel çok faktörlü bir performans ölçütü elde edebilmek son derece güçtür (Tarım, 2001: 13).

### 3.1.3. Parametresiz Ölçüm Yöntemleri

Parametrelili yöntemlere bir alternatif olarak ortaya çıkan parametresiz yöntemler, genel olarak matematik programlamayı çözüm tekniği olarak benimsemişlerdir. Bu yöntemler üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmedikleri için daha esneklerdir. Çok girdili ve çok çıktılı üretim ortamlarında verimlilik ölçümü için oldukça uygun yapıya sahiptirler.

Parametresiz yöntemler birçok girdili ve birçok çıktılı üretim ortamlarında işletmenin değişik boyutlarını herhangi bir birleştirme problemi yaratmadan tek bir etkinlik ölçüsüne indirgemeye olanak sağlarlar. Bunu da, seçilen ÜİKsinin ardında yatan varsayımlar aracılığıyla mümkün olduğunca anlamlı bir şekilde gerçekleştirmeye çalışırlar.

VZA regresyon analizinden en önemli farkı, regresyon analizinin ortalamayı göstermesine karşın, VZA'nın en iyi performansla ilgilenip, sınır doğrusundan sapmalarla

bütün performansları değerlendirmesidir. Aşağıda özetle matematiksel programlama kökenli etkinlik ölçütleri olan parametresiz yöntemlerin güçlü ve zayıf yönlerine değinilecektir (Yolalan, 1993: 86).

Parametresiz yöntemlerin büyük çoğunluğu girdi ve çıktı ölçüm birimlerinden bağımsızdır. Bu özellikleriyle de, işletmenin değişik boyutlarının aynı anda ölçülmesine imkan sağlamaktadır.

Parametresiz yöntemleri her bir karar birimi için görece etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı ençoklar ve karar birimi için en uygun çözüm kümesini belirler. Oysa parametrelili yöntemler endüstri grubunun tümünü gözönüne alarak, ortalama etkinliğe göre ölçüm yapmaktadır.

Parametresiz yöntemler gözlem kümesini etkin olan ve olmayanlar olmak üzere iki ana gruba ayırırken, etkin olmayan her bir karar biriminin etkin hale dönüştürülebilmesi için ne gibi önlemler alınması gerektiğine ilişkin önemli bilgiler türeterek karar birimlerine yol göstermektedirler (Yolalan, 1993: 86).

Parametresiz yöntemlerin, esas olarak veri tabanlı yöntemler oldukları için veri hatalarına karşı son derece duyarlıdır. Bu nedenle, etkinlik ölçümünde kullanılan diğer istatistiksel yöntemlerde olduğu gibi girdi ve çıktı verilerinin olabilecek hatalardan arındırılmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca, seçilen girdi ve çıktı bileşenlerinin üretim dönüşümü iyi bir biçimde temsil edemediği durumlarda etkinlik ölçümü başarısız olmaktadır.

Parametresiz yöntemlerin önerdikleri zarflama tekniği bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Özellikle, zarflama imkanının bulunmadığı durumlarda kuramsal karar birimi yeterince anlamlı olmamaktadır. Bu durumda, marjinal ikame ve marjinal üretkenlik oranları da çok fazla anlam taşımazlar.

Parametresiz yöntemler belirli bir gözlem kümesinden hareketle görece etkinliği ölçmektedir. Gözlem kümesindeki aşırı derecede büyük ya da küçük girdi ve çıktı değerlerine sahip olan bazı yöntemler etkinlik sınırının oluşmasına rağmen problem yaratabilmektedir.

Parametresiz yöntemler, her ne kadar parametresiz sıfatıyla tanınılsalar da, çok fazla sayıda karar değişkeninin (girdi ve çıktı ağırlıklarının her bir karar birimi açısından) hesaplanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bu tip ölçütlerin serbestlik derecesi oldukça yüksektir. Bu da çok fazla sayıda parametrenin yorumlanması gereğini beraberinde getirmektedir.

Parametresiz yöntemler her ne kadar etkin ve etkin olmayan karar birimlerini birbirinden ayırıyorsa da, etkin olan ve etkinlik sınırını oluşturan karar birimlerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında yetersiz kalmaktadır (Yolalan, 1993: 86-87).

### 3.2. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA) girdiyi çıktıya dönüştürmekten sorumlu işletme veya ekonomik kuruluşların görelî etkinliğini ölçmek için geliştirilmiş ve doğrusal programlamanın değişik uygulamalarına dayanan bir yöntemdir. Aynı zamanda VZA tasarlanmış bir tekniktir.

Yöntem ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından, kamu kuruluşlarının teknik verimliliğini ölçmek ve karşılaştırmak amacıyla geliştirilmiştir. Kamu kuruluşları için piyasa fiyatları var olmadığından, görelî performansın ölçülebilmesi için ağırlıkların belirlenmesi gerekmektedir. Yöntem, regresyon tekniğinin doğrudan uygulanamadığı çoklu girdi ve çoklu çıktılar içeren ve fiyatların belirsiz olduğu üretim ilişkilerinde, girdi ve çıktıların ağırlıklarını (görece önemlerini) belirleyerek, performans karşılaştırmaları yapılmasına olanak tanımaktadır. Gerçekleştirilen ilk VZA uygulaması okulların verimliliklerini ölçmeyi hedeflenmiştir (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978). Herhangi bir istatistiksel yöntem, merkezi eğilim yaklaşımıyla üreticileri ortalama bir üreticiye göre değerlendirirken, VZA tekniği, her bir üreticiyi yalnızca "en iyi" üreticilerle karşılaştırır. (Aydemir, 2002: 45).

VZA'nın genel ilkeleri 1957 yılında Farrel tarafından belirlenmiştir. Bu konuyla ilgili son dönemlerdeki tartışmalar Charnes ve diğerlerinin 1978 yılında yazmış olduğu makale ile başladı. VZA ile ilgili detaylı bilgilere Norman ve Stoker (1991), VZA ile ilgili en son ve en kapsamlı bilgilere ise Cooper ve diğerleri (2000) vasıtasıyla ulaşılabilmektedir (Ramanathan, 2003: 1).

Bu teknik karar verme birimleri (KVB)'nin bir takım çıktıların üretiminde kullandıkları kaynakların ne kadar etkin olduğunu ölçer (Charnes vd., 1978). KVB üretim birimlerini üniversite gibi büyük organizasyonların departmanlarını, okulları, banka şubelerini hastaneleri, elektrik santrallerini, polis istasyonlarını, vergi bürolarını, hapishaneleri birtakım firmaları veya pratisyen hekimleri kapsayabilir. VZA başarılı bir şekilde KVB'lerin etkinlik performanslarını ölçmektedir. Birçok KVB kârlı olmayan organizasyon olduğu için etkinlik performansının ölçümü zor olmaktadır.

Ticari organizasyon etkinliğini, yıllık kârları veya hisse senedi göstergeleri üzerinden tayin edebilir. VZA toplam çıktının toplam girdiye oranı olan etkinlik veya verimlilik kavramları KVB'lerin performansını tayin eder. VZA'da etkinlik görece etkinlik olarak hesaplanır, bu da KVB'lerin en iyi performansına ilişkindir. En iyi performansa sahip olan karar verici birimin etkinlik skoru bir veya %100 ile gösterilir. Diğer KVB'lerin performansı en iyi performansı gösterenle ilişkili olarak 0 ve 100 arasında değer alır (Ramanathan, 2003: 2).

VZA'da kullanılan temel etkinlik ölçüsü toplam çıktının toplam oranı olarak ifade edilir. Tablo 3.1'den görüleceği gibi firmalar birbirinden farklı miktarlarda girdi tüketmekte ve birbirinden farklı seviyede çıktı üretmektedir.

**Tablo 3.1. Tek Girdi ve Tek Çıktı Durumunda Dört Firmanın Performansı**

Firmalar	Girdi	Çıktı
A	8.6	1.8
B	2.2	0.2
C	15.6	2.8
D	31.6	4.1

Tablo 3.1'deki giridiler kullanılan sermaye, çıktılar ise katma değer oldukları kabul edilirse bu durumda her bir firmanın etkinliği Tablo 3.2'deki gibi hesaplanır.

**Tablo 3.2. Firmaların Karşılaştırmalı Performansı**

Firmalar	Kullanılan Sermaye	Katma Değer	KatmaDeğer/SermayeKullanımı
A	8.6	1.8	0.209
B	2.2	0.2	0.091
C	15.6	2.8	0.179
D	31.6	4.1	0.130

Firma A için etkinlik en yüksek iken, Firma B'nin etkinliği en düşüktür. En yüksek oran firma A'nın olduğu için, diğer firmaların A firması ile olan ilişkisi kıyaslanabilmektedir. Her bir firmanın en yüksek etkinliğe sahip A firmasına göreceli etkinlikleri ise Tablo 3.3'teki gibidir.

**Tablo 3.3. Firmaların Görelî Etkinlik Değerleri**

<b>Firmalar</b>	<b>Katma Değer / Sermaye</b>	<b>Görelî Etkinlik (%)</b>
A	0.209	100.0
B	0.091	43.4
C	0.179	85.8
D	0.130	62.0

Etkin olmayan firmaları %100 görelî etkinliğe sahip olan A firması ile kıyaslanarak performans hedefleri oluşturulabilir.

$$\text{Hedeflenen Girdi} = (\text{Kullanılan Girdi} - \text{Görelî Etkinlik})/100$$

B firması için;

$$\text{Hedeflenen Girdi} = 2.2 - 0.434 = 0.955$$

Bunun anlamı eğer B firması 0.955 milyon \$ girdi kullanırsa ve 0.2 milyon \$ katma değer üretirse A firması kadar etkinliğe sahip olur.

Etkin olmayan firmalar için, girdi hedefi kullanılan girdiden daha az olur. Kullanılan girdi ve hedeflenen girdi arasındaki farka “girdi fazlalığı/eksikliği” denir (Aydemir, 2002).

$$\begin{aligned} \text{Girdi Fazlalığı} &= \text{Kullanılan (Gerçekleşen) Girdi} - \text{Hedeflenen Girdi} \\ &= 2.2 - 0.955 = 1.245 \end{aligned}$$

Girdi fazlalığı aynı zamanda yüzdeler olarak da ifade edilebilir.

$$\text{Girdi Fazlalığı Yüzdesi} = (\text{Girdi Fazlalığı} / \text{Gerçekleşen Girdi}) * 100$$

B firması için;

$$\text{Girdi Fazlası Yüzdesi} = (1.245 / 2.2) * 100 = 56.6$$

Böylece B firması A firması kadar etkin olmak için aynı çıktıyı % 57 daha az girdiyle üretmelidir.

Diğer firmalar için girdi hedefleri ve fazlalıkları benzer şekilde hesaplanabilir. Aynı hesaplama yöntemi kullanarak hedeflenen çıktılar ve çıktı fazlalıkları hesaplanabilir.

$$\text{Hedeflenen Çıktı} = (\text{Gerçekleşen} / \text{Kullanılan Çıktı}) / (\text{Görelî Etkinlik} / 100)$$

$$\text{Çıktı Fazlalığı} = \text{Hedeflenen Çıktı} - (\text{Gerçekleşen} / \text{Kullanılan Çıktı})$$

$$\text{Çıktı Fazlalığı Yüzdesi} = [ \text{Çıktı Fazlalığı} / (\text{Gerçekleşen} / \text{Kullanılan Çıktı}) ] \times 100$$



B firması için ;

$$\text{Hedeflenen Çıktı} = (\text{Gerçekleşen}) \text{ Kullanılan Çıktı } \times (\text{Görelî Etkinlik} / 100)$$

$$= 0.2 / 0.434 = 0.46 \text{ milyar \$}$$

$$\text{Çıktı Fazlalığı} = \text{Hedeflenen Çıktı} - (\text{Gerçekleşen}) \text{ Kullanılan Çıktı}$$

$$= 0.46 - 0.2 = 0.26 \text{ milyar \$}$$

$$\text{Çıktı Fazlalığı yüzdesi} = [\text{Çıktı Fazlalığı} / (\text{Gerçekleşen}) \text{ Kullanılan Çıktı}] \times 100$$

$$= (0.26 / 0.2) \times 100 = 130$$

B firması çıktısını 0.26 milyon \$ kadar veya % 130 arttırmalıdır. Böylece B firması aynı girdiyi (sermayeyi) kullanarak A firması ile aynı etkinliği gerçekleştirecektir.

#### *Tek Çıktı ve İki Girdi Durumu*

Tablo 3.2’de firmalar için verilen bir girdi bir çıktı verisine girdi olarak çalışan sayılarının ilave edilmiş hali Tablo 3.4’te verilmiştir.

**Tablo 3.4. Firmaların iki girdi bir çıktıya ait veri tablosu**

Firmalar	Kullanılan Sermaye	Katma Değer	Çalışan Sayısı (x1000)
A	8.6	1.8	1.8
B	2.2	0.2	1.7
C	15.6	2.8	2.6
D	31.6	4.1	12.3

Firmaların performans hesaplamaları Tablo 3.4’teki veriler kullanılarak yapılmış, sonuçlar Tablo 3.5’teki gibi hesaplanmıştır. Çalışma boyunca, katma değer ve kullanılan sermaye milyon dolarla, emek miktarı bin adet ile ölçülmektedir.

**Tablo 3.5. Bir çıktı ve iki girdi kullanan firmaların performans hesaplanması**

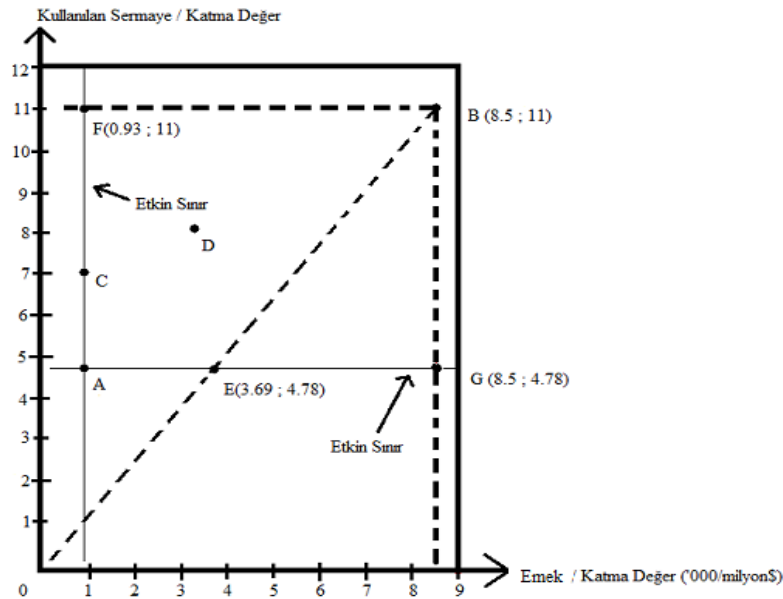
Firmalar	Katma Değer/Kullanılan Sermaye	Katma Değer/Emek
A	0.209	1.000
B	0.091	0.118
C	0.179	1.077
D	0.130	0.3

A firması kullanılan sermaye birimi başına katma değeri ile en geniş üretimi yapmaktayken, çalışan kişi başına en fazla katma değeri üreten C firmasıdır. Hangi oranın daha belirleyici olduğu bilinmediği için, A firmasının C firmasından yada diğerlerinden daha etkin olduğunu söyleyememektedir.

### 3.2.1. Grafikselsel Gösterim- Sınır Analizi

Problemin iki girdi kullanımı ve bir çıktı üretimini içerdiği durumda problemin çözümünde izlenebilecek diğer bir yol "grafikselsel analiz"dir. İki girdi ve bir çıktı olduğu durumda, girdi çıktı değerleri iki eksen içinde karşılıklı olarak gösterilmektedir.

Şekil 3.1'den görüleceği gibi A ve C firmaları diğer firmalardan daha etkin durumdadır. Etkinlik sınırının dikey ve yatay çizgiler iki eksenini birleştirmektedir. Etkinlik sınırı, sınırda olmayan firmaların gerçekleştirmesi gereken performans standardını göstermektedir. Sınırdaki firmalar (A ve C firması) %100 etkinliği ifade etmektedir (Ramanathan, 2003: 31).



Şekil 3.1. VZA Yöntemi Kullanılarak Etkin Sınırların Belirlenmesi

Bunun gibi etkinlik sınırı kullanılan analizler genellikle "Sınır Analizi" olarak adlandırılır (Farrel, 1957). Bu etkinlik sınırı formu etkinlik ölçümünün temelidir ve bu sınır ulaşılabilmir verileri zarflar. Böylece VZA olarak adlandırılır. VZA etkinlik göstergelerine

göre A ve C firmaları etkin firmalardır fakat B ve D firmaları etkinlik sınırına ulaşamadığı için etkin olmayan firmalardır.

Ulaşılan veriler A ve C firmalarının performansının artabileceğine dair herhangi bir fikir vermiyor olsa da bu durum onların performansının artmayacağı anlamına gelmemektedir. Bunlar sahip olunan verilere göre en iyi firmalardır. Başka bir firma daha iyi performans göstermediği için, biz bu firmaların performansının en iyi olduğunu söyleyebiliriz. Diğer tüm firmaların performansı en iyi performansa sahip firmaya göre oranlanmaktadır. Bu nedenle etkinlik kavramının mutlak değil göreceli etkinlik olduğu unutulmamalıdır (Ramanathan, 2003: 3-32).

#### *Etkin Olmayan Firmaların Etkinliğinin Tahmini*

B firması örnek olarak düşünülürse, bu firmanın etkinlik sınırına ulaşamadığını görmekteyiz. Bir etkinlik tahmini yapılmak istenildiğinde bu tahmini nicel olarak etkinlik sınırına en etkin şekilde ulaşan firmanın potansiyeline göre yapmak gerekmektedir. B firması 2,2 milyon\$ sermaye ve 1,700 birim emek kullanmaktadır. B firması girdi oranını değiştirmeden firmanın çıktısını arttırıldığı taktirde Şekil 3.1'den görüleceği gibi orijine doğru ilerleyecektir (OB'nin noktalı kısmı). Açıkça görülüyor ki mümkün olan en iyi performans B firması için (aynı girdi oranını muhafaza ederek) E noktası, etkinlik sınırı ile OB çizgisinin kesiştiği noktada meydana gelmektedir. E noktasının koordinatları analitik geometrinin prensipleri kullanılarak belirlenebilir.

Şekil 3.1'den görüleceği gibi mümkün olan en iyi performans AG çizgisinin altına gidememektedir, çünkü bu çizgi en başarılı performansı tanımlamaktadır. Bu durum A firması ile gösterilir. Böylece A firması B'nin en başarılı performansını tanımlar. Bu sebeple A firması B firması için denk firma olarak tanımlanır. Etkin olmayan firmalar etkinliklerini arttırmak için denklemleri ile rekabet etmeyi deneyebilirler.

B firması için ulaşılabilen en iyi performans, B firmasının etkinlik ölçümü olan OE mesafesinin OB mesafesine oranı kadardır.

B firması için göreceli etkinlik = Mümkün olan en iyi performans / Gerçek performans

$$\frac{OE}{OB} = \frac{\sqrt{3.69^2 + 4.78^2}}{\sqrt{8.5^2 + 11^2}} = 0.4344$$

B firması için göreceli etkinlik % 43,44 olarak ölçülmektedir. Benzer olarak D firması için göreceli etkinlik hesaplanabilir.

*Etkin Olamayan Firmalar İçin Hedeflenen Performans ve Fazlalık/Eksiklik Değerleri*

Önceki alıştırmaya benzer olarak, girdi ve çıktı hedefleri tahmin edilebilmektedir. Şimdi tekrar B firmasını düşünelim. Bu firma en az üç yolla etkinlik sınırını yükseltebilir.

a) Eğer B firması çalışan sayısını azaltırken sermaye kullanımı ve katma değer değişmezse çalışan sayısının katma değere oranının 0,9286 olduğu E noktasına doğru yönelecektir. B firması için katma değer 0,2 milyon \$dır.

Emek girdisi fazlalığı = Gerçekleşen girdi – Hedeflenen girdi

Emek girdisi fazlalığı yüzdesi = Girdi fazlalığı / Kullanılan girdi

$$=(1.51/1.7) 100 = 89.1$$

b) Eğer B firması çalışan sayısını ve katma değeri değiştirmeden sadece kullanılan sermayeyi arttırırsa G noktasına doğru yönelir. Bu noktada kullanılan sermaye / katma değer oranı 4,78 dir. B firması için katma değer 0,2 milyon\$ dır.

Kullanılan sermaye için hedeflenen girdi;

$$= 4.78 \times 0.2 = 0.956$$

Kullanılan sermaye için girdi fazlalığı = Gerçek girdi – Hedeflenen girdi

$$= 2.000 - 0.956$$

$$= 1.244$$

Kullanılan sermaye için girdi fazlalığı yüzdesi = [Girdi fazlalığı / Gerçek girdi ]\*100

$$=(1.244 / 2.200) * 100 = 56.5$$

c) Eğer B firması sermaye kullanımını ve çalışan sayısı oranını aynı oranda düşürürse, veya katma değeri arttırırsa (girdilerin oranını değiştirmeden) E noktasına doğru yönelecektir. Dolayısıyla hedefler hesaplanabilir.

Katma değer için hedeflenen çıktı;

$$= 2.2 / 4.78 = 0.46 \text{ milyar\$}$$

Çıktı fazlalığı/eksikliği = Hedeflenen çıktı – Gerçek çıktı

$$= 0.46 - 0.2 = 0.26 \text{ milyar\$}$$

Çıktı fazlalığı/eksikliği  $= (0.26/0.2)100$   
 yüzdesi =  $[\text{Çıktı fazlalığı eksikliği} / \text{Gerçek çıktı}] 100 = 130$

### 3.2.2. Veri Zarflama Analizinde Matematiksel Programlama

İki girdi ve bir çıktı durumundaki performans değerlendirmesi tek girdi- çıktı durumundan daha karmaşıktır. Bu durumda grafiksel analiz kullanılmaktadır. Fakat grafiksel analiz çok sayıda girdi ve çok sayıda çıktı olan modellerde kullanılmaz. Bu sebeple genel matematik formülasyon için toplam girdi ve toplam çıktı durumlarının kullanılması gerekir.

Sınır analizi tekniği 1957 yılında Farrel tarafından, matematiksel formülasyon ise Charnes etc. tarafından 1978 yılında oluşturulmuştur. Bu yazarlar aynı zamanda VZA terimini ilk kullananlardır (Ramanathan, 2003: 38).

#### *Matematiksel Formülasyon*

$X$  ve  $Y$  sırasıyla girdi ve çıktıları, alt simgeler olan  $i$  ve  $j$  sırasıyla belirli girdi ve çıktıları göstermektedir. Böylece  $X_i$  karar verici birimin  $i$ 'inci girdisini,  $Y_j$  karar verici birimin  $j$ 'nci çıktısını göstermektedir. Girdilerin ve çıktıların toplam sayıları sırasıyla  $I$  ve  $J$  ile gösterilmektedir ( $I, J > 0$ ).

VZA'da toplam girdilerin ve toplam çıktıların ağırlıkları kullanılarak doğrusal olarak toplanır ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\text{Sanal girdi} = \sum_{i=1}^I u_i x_i$$

$u_i$  girdi ağırlığını gösterir  $x_i$  toplamı süresince  $u_i$  0 değerini alır.

Benzer olarak, firmanın sanal çıktısı bütün çıktıların toplamının doğrusal ağırlığı kadar geçerli olmakta ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\text{Sanal cikti} = \sum_{j=1}^J v_j y_j$$

$v_j$  çıktı ağırlığını gösterir  $y_j$  toplamı süresince  $v_j$  0 değerini alır.

Verilen bu sanal girdiler ve çıktılar, karar verici birimlerin girdilerinin çıktılarına dönüşümü yani çıktı / girdi oranı olarak Denklem (4.1)'deki gibi tanımlanır.

$$Etkinlik = \frac{Sanal \text{ çıktı}}{Sanal \text{ girdi}} = \frac{\sum_{j=1}^J v_j y_j}{\sum_{i=1}^I u_i x_i} \quad (3.1)$$

Denklem (3.1) ile yapılacak hesaplarda, en önemli sorun ağırlıkların değerlerinin belirlenmesidir. Tek bir ağırlık seti olmadığı için bu önemli bir sorundur. Örneğin, öğrenimiyle iyi ün yapmış bir okulda çıktıya daha fazla önem verilmek istenecektir. Yüksek yüzdeliğe sahip sosyal yönden zayıf gruplar içindeki öğrenciler, bu girdi kategorisine ağırlık vermeyi tercih edeceklerdir. Bu sebeple verilen ağırlıklar esnek olmalı ve her bir KVB'in performansını yansıtmalıdır.

Bu verilen ağırlıklar VZA ile her bir KVB'i tek bir set olarak göstermeyi başarmaktadır. Matematiksel program kullanılarak KVB'ler için ağırlıklar koşula bağlı etkinliği maksimize etmekte, diğer karar verici birimlerin etkinliklerini 0 ile 1 değerleri arasında sınırlandırmaktadır (Ramanathan, 2003: 39)

### 3.2.3. Kesirli Veri Zarflama Programları

Etkinlikleri karşılaştırmalı  $N$  tane KVB ve içlerinden birinin  $m$ 'inci KVB olduğunu varsayılmış ve Denklem (3.1) ile verilen ifadeye göre etkinliğini maksimize edilmiştir. Burada  $m$ 'inci KVB referans karar verici birimdir.

Matematiksel programa göre Denklem (3.2) ile ifade edilir.

$$Max E_m = \frac{\sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jm}}{\sum_{i=1}^I u_{im} x_{im}} \quad (3.2)$$

Denklem (3.2) deki kısıtlar ise aşağıdaki gibidir.

$$0 \leq \frac{\sum_{j=1}^J v_{jm} y_{jn}}{\sum_{i=1}^I u_{im} x_{in}} \leq 1 \quad n=1,2, K, N$$

$$v_{jm}, u_{im} \geq 0 \quad i=1,2, K, I \quad J=1,2, K, N$$

Denklem (3.2)'de

$$E_m = m \text{ 'inci KVB nin etkinliği}$$

$Y_{jm} = m$  'inci KVB nin  $j$  'inci çıktısı

$v_{jm} = j$  'inci çıktının ağırlığı

$X_{im} = m$  'inci KVBnin  $i$  'inci girdisi

$u_{im} =$  Bu girdinin ağırlığı  $n$  'incinin sırasıyla ve  $Y_{jm}$  ve  $X_{im}$   $j$  'inci çıktı ve  $i$  'inci girdisi olarak tanımlanmaktadır. Denklem (3.2)'de  $n$  değişkenleri  $m$  değişkenlerini de kapsamaktadır.

A firması referans firma olduğu zaman,  $v_{VA,A}$  sadece bir çıktının ağırlığı ile ilişkilendirilmekte ilk alt simge çıktıyı, ikinci alt simge KVB'lerin referansını ifade etmektedir. Benzer gösterim kullanılarak,  $u_{CAP,A}$  ve  $u_{EMP,A}$  iki girdi ağırlığını göstermekte, bunlar sermaye kullanımı (CAP) ve kullanılan emektir (EMP). Böylece VZA'da, A firmasının etkinliği, aşağıda gösterildiği gibi  $E_A$  'yı ifade etmektedir.

$$E_A = \frac{1.8v_{VA,A}}{8.6u_{CAP,A} + 1.8u_{EMP,A}}$$

Bu etkinlik aşağıdaki şartlara göre maksimize edilir.

$$\max E_A = \frac{1.8v_{VA,A}}{8.6u_{CAP,A} + 1.8u_{EMP,A}}$$

$$0 \leq E_A = \frac{1.8v_{VA,A}}{8.6u_{CAP,A} + 1.8u_{EMP,A}} \leq 1$$

$$0 \leq E_B = \frac{0.2v_{VA,A}}{2.2u_{CAP,A} + 1.7u_{EMP,A}} \leq 1$$

$$0 \leq E_C = \frac{2.8v_{VA,A}}{15.6u_{CAP,A} + 2.6u_{EMP,A}} \leq 1$$

$$0 \leq E_D = \frac{4.1v_{VA,A}}{31.6u_{CAP,A} + 12.3u_{EMP,A}} \leq 1$$

$$u_{VA,A}, u_{CAP,A}, u_{EMP,A} \geq 0$$

Matematiksel program çözüldüğünde A firmasının etkinliğini maksimize eden  $u$  ve  $v$  ağırlık değerleri hesaplanabilir. Eğer etkinlik 1'e eşit ise firmanın etkin olduğu söylenir ve sınır üzerinde gösterilir. Aksi takdirde firmanın 'görelî' etkisiz olduğu söylenir.

Sözü geçen matematiksel program sadece firmanın etkinliğini verir. Burada referans firma A firmasıdır. Örneğin, B firmasının etkinliğini elde etmek için, aşağıdaki matematiksel program kullanılmaktadır (Ramanathan, 2003: 40-41).

$$\max E_B = \frac{0.2v_{VA,B}}{2.2u_{CAP,B} + 1.7u_{EMP,B}}$$

Buna göre;

$$0 \leq E_A = \frac{1.8v_{VA,B}}{8.6u_{CAP,B} + 1.8u_{EMP,B}} \leq 1$$

$$0 \leq E_B = \frac{0.2v_{VA,B}}{2.2u_{CAP,B} + 1.7u_{EMP,B}} \leq 1$$

$$0 \leq E_C = \frac{2.8v_{VA,B}}{15.6u_{CAP,B} + 2.6u_{EMP,B}} \leq 1$$

$$0 \leq E_D = \frac{4.1v_{VA,B}}{31.6u_{CAP,B} + 12.3u_{EMP,B}} \leq 1$$

$$v_{VA,B}, u_{CAP,B}, u_{EMP,B} \geq 0$$

### 3.2.4. Veri Zarflama Analizinde Çıktı Maksimizasyonu, Girdi Minim�asyonu

Matematiksel programlar kesirli programlar olduğundan bu programları çözmek zordur. Eğer doğrusal programlama formatı gibi basit bir formülasyona dönüşebilirse daha kolay çözülebileceğinden kesirli programları doğrusal programa dönüştürme yoluna gidilmektedir. Bu dönüşüm ise fonksiyonunun kesirli programını numaralandırmak veya paydayı normalize etmekle gerçekleştirilebilir (Ramanathan, 2003: 42).

$$\max 1.8v_{VA,A}$$

Buna göre;

$$8.6u_{CAP,A} + 1.8u_{EMP,A} = 1$$



$$1.8v_{VA,A} - (8.6u_{CAP,A} + 1.8u_{EMP,A}) \leq 0$$

$$0.2v_{VA,A} - (2.2u_{CAP,A} + 1.7u_{EMP,A}) \leq 0$$

$$2.8v_{VA,A} - (15.6u_{CAP,A} + 2.6u_{EMP,A}) \leq 0$$

$$4.1v_{VA,A} - (31.6u_{CAP,A} + 12.3u_{EMP,A}) \leq 0$$

$$u_{VA,A}, u_{CAP,A}, u_{EMP,A} \geq 0$$

Formülasyonların niteliği gereği, A firması için VZA programının girdi minimizasyonunun optimal objektif fonksiyon değeri, A firması için VZA Programının çıktı minimizasyonunun optimal objektif fonksiyon değeri karşılaştırılmıştır.

Bu orijinal modeller Charnes vd. tarafından ortaya atılmıştır. Doğrusal programların geleneği gereği karar değişkenleri pozitif değer alır.

$$v_{VA,A}, u_{CAP,A}, u_{EMP,A} \geq 0$$

$$v_{VA,A}, u_{CAP,A}, u_{EMP,A} > 0$$

Pozitif olan bu kısıtlar vasıtasıyla bu değişiklik girdi ve çıktı ağırlıklarını sınırlamıştır.

$$v_{VA,A}, u_{CAP,A}, u_{EMP,A} > \varepsilon$$

$\varepsilon$ 'nin değeri genellikle  $10^{-5}$  ile  $10^{-6}$  aralığında seçilebilir. VZA literatüründe bu modeller bugüne kadar CCR modeli olarak isimlendirilmiş ve geliştirilmiştir (Ramanathan, 2003: 45).

### 3.2.5. Ölçeğe Göre Getiri ve VZA

Bir endüstride tüm girdi kombinasyonları “üretim fonksiyonu” kavramını belirlemektedir. Bu üretim fonksiyonu Şekil 3.3’te gösterilmektedir (Ramanathan, 2003: 68). Daha basit hale dönüştürmek için kullanılan tüm girdiler tek girdide, kullanılan tüm çıktılar tek çıktıda toplanarak varsayım yapılır.

Firmanın  $X_1$  miktarında girdi kullandığı ve  $Y_1$  miktarında çıktı ürettiği varsayılır. Örnekte, bir üreticinin amortisör cihaz ürettiği düşünülmektedir. Az sayıda amortisör cihaz üretimine ihtiyaç duyulursa, üretici elle üretimi tercih edebilir. Ancak fazla sayıda amortisör

cihaz üretimine ihtiyaç duyulursa, bu süreçte üretici otomatik üretimi tercih edecektir. Böylece üretici girdiye oranla daha fazla miktarda çıktı üretebilmektedir.

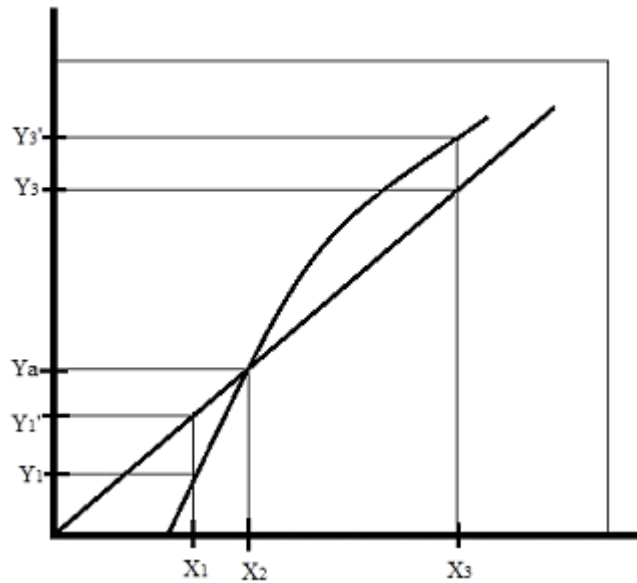
$$\frac{Y_2}{Y_1} > \frac{X_2}{X_1}$$

**Ölçeğe Göre Artan Getiri (IRS):** Girdi vektöründeki herhangi bir radyal artışın çıktı vektöründe daha büyük oranda bir radyal artışa neden olmasıdır.

**Ölçeğe Göre Azalan Getiri (DRS):** Girdi vektöründeki herhangi bir radyal artışın çıktı vektöründe daha küçük oranda bir radyal artışa neden olmasıdır.

**Ölçeğe Göre Sabit Getiri (CRS), CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) Yöntemi:** Girdi vektöründeki bir radyal artışın çıktı vektöründe aynı oranda bir radyal artışa neden olmasıdır.

**Ölçeğe Göre Değişen Getiri (VRS), BCC (Banker-Charner-Cooper) Yöntemi:** Ölçeğe göre hem artan hem azalan hem de sabit getiri olabileceği anlamına gelir.



**Şekil 3.2. Üretim Fonksiyonları**

Şekil 3.3'ten görüleceği gibi belirli seviyedeki üretim faaliyeti altında ölçeğe göre artan getiriden ölçeğe göre azalan getiriye doğru değişim  $Y_a - X_2$  ile gösterilmektedir. Bu noktada KVB'nin üretim işlemini en verimli ölçek boyutunda yaptığını düşünmektedir. Üretici ölçeğe göre sabit getiri durumunda ise etkinlik üzerinde bir azalışa ya da artışa neden

olmaksızın girdi ve çıktıları doğrusal olarak ölçülebilir ( $X_1$  girdisi kullanılarak  $Y_1$  çıktısı,  $X_2$  girdisi kullanılarak  $Y_2$  çıktısı elde edilmektedir). Bu önemli varsayım sınırlı aralıkların olduğu yerlerde geçerlidir.

Ölçeğe göre getiri özellikleri VZA kapsamında tartışılmadan önce, parametreler  $(\theta, \lambda)$  C ve D firması için tahmin edilmektedir (tek girdi durumu için-sermaye kullanımı, tek çıktı durumu için- katma değer).

$$\text{C firması için} \rightarrow \lambda_{AC}^* = 1.56 \text{ ve } \theta_C^* = 0.86$$

$$\text{D firması için} \rightarrow \lambda_{AD}^* = 2.28 \text{ ve } \theta_D^* = 0.62$$

Önceki hesaplamalar;

$$\text{A firması için} \rightarrow \lambda_{AA}^* = 1 \text{ ve } \theta_A^* = 1$$

$$\text{B firması için} \rightarrow \lambda_{AB}^* = 1/9 \text{ ve } \theta_B^* = 0.434$$

$$\lambda_{AA}^* = 1; \lambda_{AB}^* < 1; \lambda_{AC}^* > 1; \lambda_{AD}^* > 1$$

Yukarıdaki eşitliklerden A firmasının en etkin ve en verimli üretim ölçeğine sahip olduğu görülmektedir. B firması gibi küçük ölçekli firmaların ölçeğe göre artan getiri koşulları altında üretim yaptığı söylenmektedir, çünkü bu firmaların işlem hacimlerinde meydana gelen küçük artışlar bu firmaları daha geniş ekonomi ölçeğine ulaştırabilir.

Büyük ölçekte işlem yapan firmaların (C ve D firmaları gibi) ölçeğe göre azalan getiri koşulları altında işlem yaptığı söylenmektedir.

$$\text{a) Eğer } \lambda_{bp}^* < 1 \rightarrow \text{Ölçeğe Göre Artan Getiri (IRS)}$$

$$\text{b) Eğer } \lambda_{bp}^* > 1 \rightarrow \text{Ölçeğe Göre Azalan Getiri (DRS)}$$

$bp$  KVB'nin en iyi uygulamasını göstermektedir.

Bu bölümde üretim faaliyeti sürecince tek girdi kullanımı ve tek çıktı üretimi varsayımı yapılmıştır. Ancak pratikte daha fazla sayıda girdi kullanımına ve çıktı üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle önceki koşullar aşağıdaki gibi değiştirilecektir (Ramanathan, 2003: 73).

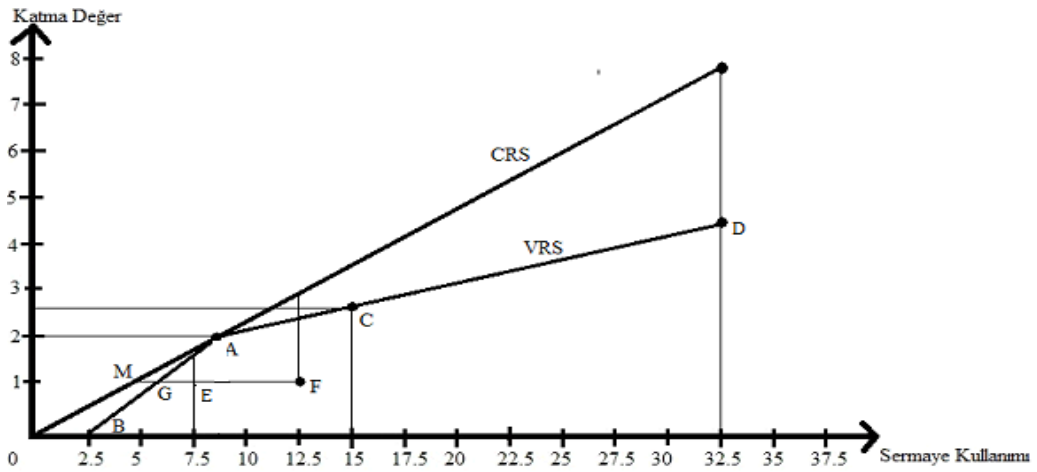
$$\sum_{n=1}^N \lambda_n < 1 \rightarrow \text{Ölçeğe Göre Artan Getiri}$$

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n > 1 \rightarrow \text{Ölçeğe Göre Azalan Getiri}$$

Etkin firmalar için,

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1 \text{ kısıtı matematik literatüründe dışbükey (konveks) kısıt olarak adlandırılır.}$$

A, B, C ve D firmalarının CRS ve VRS ye göre sınırları Şekil 3.4'te verilmiştir (Ramanathan, 2003: 72).



Şekil 3.3. A, B, C ve D Firmalarının CRS ve VRS Sınırları

Ölçeğe göre değişken getiri altında VZA programı;

$$\min_{\theta, \lambda} \theta_m$$

$$Y_\lambda \geq Y_m$$

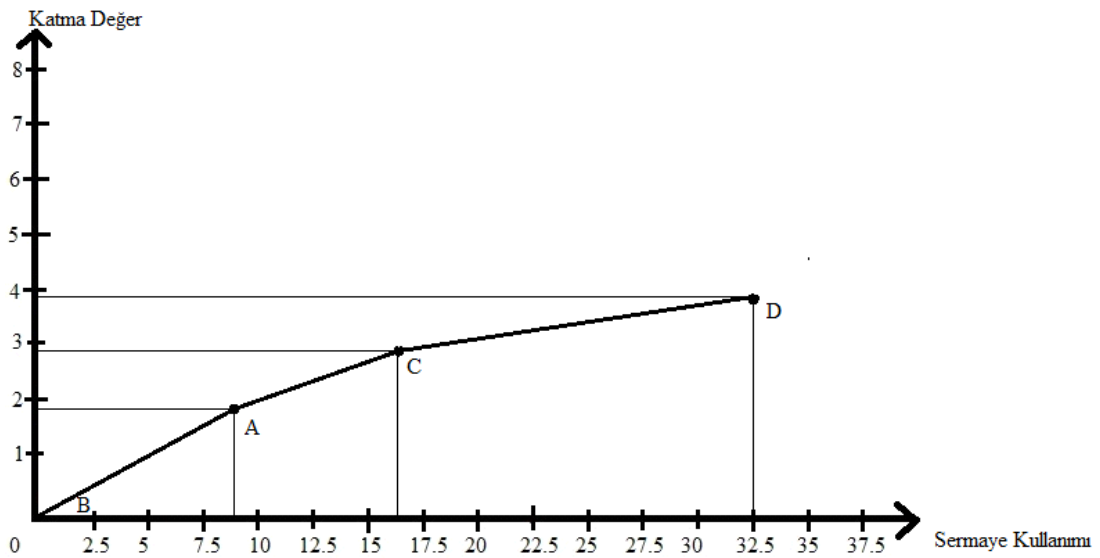
$$X_\lambda \leq \theta X_m$$

$$\sum_{n=1}^N \lambda_n = 1 \text{ (veya } e^T \lambda = 1, e \text{ birim vektör)}$$

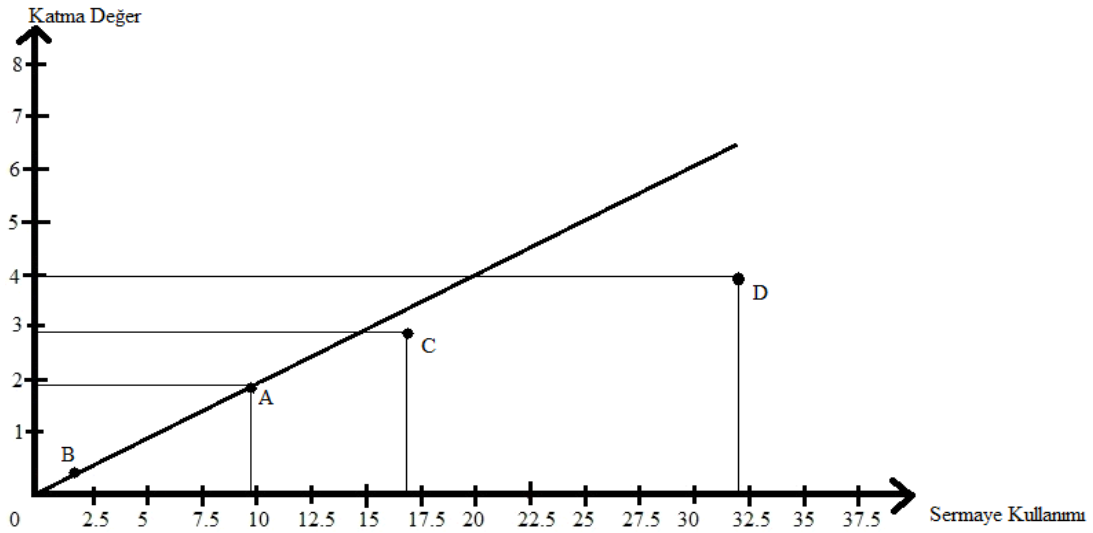
$$\lambda \geq 0 ; \theta_m \text{ serbest}$$

Bu denklem Banker vd. tarafından oluşturulmuştur. Genellikle VZA programları modele konveks kısıt ilave edilerek ölçüğe göre değişken getiri koşulları altında hesaplanır ve ismi BCC VZA modeli veya ölçüğe göre değişken getirili VZA modeli olarak adlandırılır. CCR VZA modelleri ise ölçüğe göre sabit getirili VZA modelleri olarak adlandırılır.

Şekil 3.4'ten görüleceği gibi VRS koşulları altında dört firmanın da (A, B, C ve D) etkin olduğu gözlemlenirken, CRS koşulu altında etkin olmadığı görülmektedir (Ramanathan, 2003: 69). Ayrıca A, B, C ve D firmalarının, VZA analizinde ölçüğe göre artmayan getiri sınır değerleri (Ramanathan, 2003: 73) ve ölçüğe göre azalmayan getiri sınır değerlerinin değişimleri sırasıyla Şekil 3.5. ve Şekil 3.6'da verilmektedir (Ramanathan, 2003: 75).



**Şekil 3.4. VZA'ya Göre Ölçüğe Göre Artmayan Getiri Sınırı**



**Şekil 3.5. VZA Ölçeğe Göre Azalmayan Getiri Sınırı**

### 3.2.6. CCR Modeli

CCR Veri Zarflama Modeli genel çıktı maksimizasyonu modeli aşağıdaki algoritma ile tanımlanmaktadır;

$$\text{Max } z' = \sum_{j=1}^j v_{jm} y_{jm}$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I u_{im} x_{im} = 1$$

$$\sum_{j=1}^j v_{jm} y_{jn} - \sum_{i=1}^I u_{i} x_{i} \leq 0 \quad n=1,2,K,N$$

$$v_{jm}, u_{im} \geq \varepsilon \quad i=1,2,K,I \quad j=1,2,K,J$$

Yukarıda belirtilen CCR algoritması matris formunda

$$\text{Max } z = V_m^T Y_m \quad (3.3)$$

$$U_m^T X_m = 1 \quad (3.4)$$

$$V_m^T Y - U_m^T X \leq 0 \quad (3.5)$$

$$V^T m, U^T m > \varepsilon \quad (3.6)$$

Denklem (3.3)-(3.6)'da verildiği gibi ifade edilir. Yukarıdaki denklemlerde X girdilerinin matrisi ve Y çıktıların matrisidir.

Benzer olarak, VZA CCR modelinin genel girdi minimizasyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\text{Min } z' = \sum_{i=1}^I U'_{im} X_{im}$$

$$\sum_{j=1}^J V'_{jm} Y_{jm} = 1$$

$$\sum_{j=1}^J V'_{jm} Y_{jn} - \sum_{i=1}^I U'_{im} X_{in} = 0 \quad n=1,2,K,N$$

$$V'_{jm}, U'_{im} \geq \varepsilon ; \quad i=1,2,K,I ; \quad j=1,2,K,J$$

Ve yukarıdaki algoritma Denklem (3.7)-(3.11) ile matris formunda tanımlanır (Ramanathan, 2003: 45).

$$\text{Min } z' = U'^T X_m \quad (3.7)$$

$$\text{Buna göre;} \quad (3.8)$$

$$V_m^T Y_m = 1 \quad (3.9)$$

$$V_m^T Y - U_m^T X \leq 0 \quad (3.10)$$

$$V_m^T, U_m^T > \varepsilon \quad (3.11)$$

### 3.2.7. BCC Modeli

B firması için VRS modeli (BCC modeli),

$$\text{min } \theta_B$$

$$1.8 \lambda_{AB} + 0.2 \lambda_{BB} + 2.8 \lambda_{CB} + 4.1 \lambda_{DB} \geq 0.2$$

$$8.6 \lambda_{AB} + 2.2 \lambda_{BB} + 15.6 \lambda_{CB} + 31.6 \lambda_{DB} \leq 2.2 \theta_B$$

$$1.8 \lambda_{AB} + 1.7 \lambda_{BB} + 2.6 \lambda_{CB} + 12.3 \lambda_{DB} \leq 1.7 \theta_B$$

$$\lambda_{AB} + \lambda_{BB} + \lambda_{CB} + \lambda_{DB} = 1$$

$$\lambda_{AB} + \lambda_{BB} + \lambda_{CB} + \lambda_{DB} \geq 0$$

$\theta_B$  sonsuzdur.

$V_{0B}$  konveks kısıtla ilişkili dual değişkendir. Alt simge olarak gösterilen  $B$  referans KVB’i göstermektedir.

Dual model;

$$\max 0.2 v_{VA,B} + v_{0B}$$

$$2.2 u_{CAP,B} + 1.7 u_{EMP,B} = 1$$

$$1.8 v_{VA,B} - (8.6 u_{CAP,B} + 1.8 u_{EMP,B}) + v_{0B} \leq 0$$

$$0.2 v_{VA,B} - (2.2 u_{CAP,B} + 1.7 u_{EMP,B}) + v_{0B} \leq 0$$

$$2.8 v_{VA,B} - (15.6 u_{CAP,B} + 2.6 u_{EMP,B}) + v_{0B} \leq 0$$

$$v_{VA,B}, u_{CAP,B}, u_{EMP,B} \geq 0$$

$V_{0B}$  serbest

$V_0$  değerinin optimal değeri pozitifse, sonrasında KVB’ler “ölçeğe göre azalmayan getiriyle karakterize edilir” çıkarımı yapılmaktadır.  $\sum_{n=1}^N \lambda_n \geq 1$  şeklinde ifade edilmektedir.

Benzer mantıkla, eğer  $v_{0B} \leq 0$  ise ‘firma ölçeğe göre artmayan getiri ile karakterize edilir’ çıkarımı yapılmaktadır.

Dikkat etmek gerekirse, CCR modeli  $v_{0B}$  değişkenine sahip değildir. Bu nedenle  $v_{0B} = 0$  olduğu söylenebilir (Ramanathan, 2003: 73).

Özetle;

$$v_0 \geq 0 \rightarrow \text{Ölçeğe Göre Azalmayan Getiri}$$

$$v_0 = 0 \rightarrow \text{Ölçeğe Göre Sabit Getiri}$$



$v_0 \leq 0 \rightarrow$  Ölçeğe Göre Artmayan Getiri

$v_0$  serbest  $\rightarrow$  Ölçeğe Göre Değişken Getiri

$v_0^* > 0 \rightarrow$  Ölçeğe Göre Artan Getiri

$v_0^* = 0 \rightarrow$  Ölçeğe Göre Değişken Getiri

$v_0^* < 0 \rightarrow$  Ölçeğe Göre Azalan Getiri

### 3.2.8. Teknik Etkinlik ve Ölçek Etkinliği

CCR ve BCC modellerini kullanarak ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımları yapılmakta ve farklı etkinlik değerlerine yol açmaktadır. Bu etkiler, teknik etkinlik ve ölçek etkinliğidir.

CCR modeli (konveks kısıt dışında) bir KVB'in toplam etkinliğini ölçer. Bu toplam etkinlik değeri teknik etkinlik ve ölçek etkinliğini içermektedir. Teknik etkinlik; girdilerin çıktılara dönüşümünü ifade etmekte, ölçek etkinliği; ekonomik ölçeğin tüm üretim ölçeklerine ulaşamayacağını tanımlamakta ve en verimli ölçek etkinliğinin maksimum %100 olduğu yerde sağlanmaktadır.

BCC modeli işlem ölçeğine ilişkin olarak etkinlik değişimini göz önünde tutmakta böylece etkinlik ölçümünü "saf teknik etkinlikle" yapmaktadır (Ramanathan, 2003: 78).

### 3.3. Malmquist Verimlilik Endeksi Yaklaşımı

Malmquist Verimlilik Endeksi VZA'nın sonuçlarını kullanmaktadır ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$M^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left\{ \left[ \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \right] \left[ \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right] \right\}^{1/2} \quad (3.12)$$

$$M^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \left[ \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (3.13)$$

$$\text{Teknik Etkinlik Değişimi (TED)} = \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \quad (3.14)$$

$$\text{Teknolojik Değişim (TD)} = \left[ \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (3.15)$$

$$M = (TED) \times (TD) \quad (3.16)$$

Denklem (3.12)-(3.16)'da,

$t$  baz yılı

$t + 1$  ise bir sonraki yılı

$D$  uzaklık fonksiyonu  $t$  periyodu süresince  $x$  girdilerinin  $y$  çıktılarına dönüşümündeki etkinlik,

$M$  ise Malmquist Verimlilik Endeksini göstermektedir.

Malmquist Verimlilik Endeksinin bu şekilde ayrıştırılabilmesi bu iki değişimin toplam faktör verimliliğine katkısının belirlenmesine yardımcı olur.  $M^{t+1}$ 'in 1'den büyük olması, toplam faktör verimliliğinin  $t$  döneminden  $t+1$  dönemine arttığını, bu değer 1'den küçük olması, toplam faktör verimliliğinin  $t$  döneminden  $t+1$  dönemine azaldığını göstermektedir (Ramanathan, 2003: 98).

Şekil 3.2'de verilen Malmquist Verimlilik Endeks grafiğinde  $S^{t+1}$   $t + 1$ 'in sınırıdır (Ramanathan, 2003: 100). Eğer teknik bir işlem varsa,  $S^{t+1}$   $S^t$  den daha yukarıda oluşacaktır. VZA uzaklık ölçüsü gibi düşünülebilir çünkü VZA modeli girdileri çıktılarına dönüştüren etkinliği vermektedir.

$$D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{0B}{0A}$$

$$D^t(x^t, y^t) = \frac{0F}{0E}$$

$$\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} = \frac{(0B/0A)}{(0F/0E)}$$

Eğer  $E > 1$  ise girdileri çıktılarına dönüştüren teknik etkinlikte bir artış olur.

$x^t$  girdisi  $t$  zamanda en etkin çıktıyı  $0E$  kadar ancak daha fazla çıktıyı  $(t+1)$  döneminde  $0C$  kadar üretebilir. Bu yüzden  $(0C/0E)$  oranı teknolojik değişim ölçüsünü ifade eder. Eğer bu bir birimden daha büyükse, bu teknolojik gelişmeyi ifade eder.

$$D^t(x^t, y^t) = \frac{0F}{0E}$$

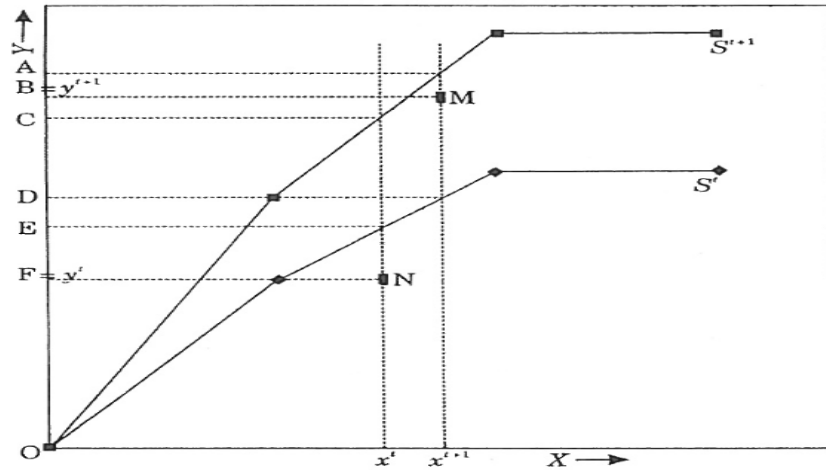
$$D^{t+1}(x^t, y^t) = \frac{0F}{0C}$$

$$\frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} = \frac{0C}{0E}$$

Teknolojik gelişim için ise Malmquist endeksi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} = \frac{0A}{0D} > 1$$

$$\left[ \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} = \left[ \frac{0A}{0D} \times \frac{0C}{0E} \right]^{1/2}$$



Şekil 3.6. Malmquist Verimlilik Endeksi

### 3.4. Kaynak Özetleri

Zhou vd. (2009), çevresel performansın ölçümünde VZA'nin kullandığı çalışmaları firma düzeyinde ve makro düzeyde olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. Ball vd. (2005),

Hernández-Sancho vd. (2000), Bian ve Yang (2010)'ın çalışmaları firma düzeyindeki çalışmalara örnek olarak gösterilebilir. Makro düzeyde ise özellikle bölgesel ya da ulusal karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları çalışma konusu yapılmıştır. Bu konudaki çalışmaların örnekleri arasında Zaim ve Taşkın (2000), Zofio ve Prieto (2001), Ramanathan (2002, 2005), Faıre vd. (2004) ve Zhou vd. (2006, 2007) bulunmaktadır. Çevresel etkinliği VZA yöntemi kullanarak ölçen çalışmalar Tablo 3.6.'da verilmiştir.

**Tablo 3.6. Çevresel Etkinliğin Ölçümünde VZA Yöntemini Kullanan Çalışmalar**

Araştırmacı	Çalışılan Alan	Girdiler	Çıktılar	Malmquist Etkinlik Ölçümü
Agrel ve Bogetoft (2005)	Danimarka	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerji tüketimi</li> <li>CO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dağıtılan termal enerji,</li> <li>Dağıtılan elektrik enerjisi</li> <li>Abone bağıntı noktaları sayısı</li> <li>Elektrik satışından elde edilen gelir</li> <li>Dağıtım ağı uzunluğu</li> </ul>	Yok
Alsharif vd. (2008)	Filistin	<ul style="list-style-type: none"> <li>Su kaybı</li> <li>Su ve enerji miktarı</li> <li>Bakım ve onarım giderleri</li> <li>İşçi maaşları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GSYH</li> </ul>	Yok
Azadeh vd. (2007)	OECD ülkeleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yakıt tüketimi,</li> <li>Elektrik tüketimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GSYH</li> </ul>	Yok
Azadeh vd. (2008)	İran	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doğal afetlerin oluşma yoğunluğu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uygun jeolojik alan miktarı</li> <li>Güneş kaynaklı radyasyon</li> </ul>	Yok
Ball vd. (2005)	ABD	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sermaye</li> <li>Toprak</li> <li>İşgücü</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarımsal ürün</li> <li>Çiftlik hayvanları</li> </ul>	Yok
Bian ve Yang (2010)	Çin'deki 30 il	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sermaye</li> <li>İşgücü</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GSYH</li> <li>Atık su</li> <li>Katı atık</li> <li>Toz halindeki maddeler</li> </ul>	Yok
Chen vd. (2012)	Tayvan	<ul style="list-style-type: none"> <li>İşgücü maliyeti</li> <li>Üretim sürecindeki diğer değişken maliyetler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub> emisyonu</li> <li>NO<sub>x</sub> emisyonu</li> <li>SO<sub>x</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok

Araştırmacı	Çalışılan Alan	Girdiler	Çıktılar	Malmquist Etkinlik Ölçümü
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Atık</li> </ul>	
Fare vd. (1989)	Avrupa ülkeleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sermaye</li> <li>Emek</li> <li>Üretilen enerji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kağıt üretimi</li> <li>Biyokimyasal oksijen talebi</li> <li>Toplam katı atık</li> <li>SO<sub>x</sub> emisyonu</li> <li>Partikül madde</li> </ul>	Yok
Fare vd. (2003)	ABD	<ul style="list-style-type: none"> <li>İşgücü</li> <li>Üretim kapasitesi</li> <li>Kullanılan yakıt miktarı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yıllık elektrik üretimi</li> <li>SO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok
Gomes ve Lins (2008)	64 ülke	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nüfus</li> <li>Enerji tüketimi</li> <li>GSYH</li> </ul>	Yok
Guo vd. (2011)	Çin	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sermaye stoku</li> <li>Toplam istihdam</li> <li>Enerji tüketimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GSYH</li> <li>CO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok
Halkos ve Tzeremes (2009)	17 OECD ülkesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sermaye stoku</li> <li>Toplam istihdam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GSYH</li> <li>SO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok
Hernandez-Sancho vd. (2011)	İspanya	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enerji üretim maliyeti</li> <li>İşçi giderleri</li> <li>Reaktiflerin maliyeti</li> <li>Makine ve teçhizat bakım maliyetleri</li> <li>Atık yönetim giderleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Katı atık miktarı</li> <li>Organik madde miktarı</li> </ul>	Yok
Korhonen ve Luptatic (2004)	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toplam maliyet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elektrik üretimi</li> <li>SO<sub>x</sub> emisyonu</li> <li>NO<sub>x</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok
Kumar (2006)	41 ülke	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emek</li> <li>Sermaye stoku</li> <li>Enerji tüketimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GSYH</li> <li>CO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	Var
Kumar ve Khanna (2009)	38 ülke	<ul style="list-style-type: none"> <li>İşgücü arzı</li> <li>Sermaye stoku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GSYH</li> <li>CO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok
Ramanatan (2005)	Orta Doğu ve Kuzey Afrika	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fosil yakıtlara dayalı enerji tüketimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fosil dışı yakıtlara dayanan enerji tüketimi</li> </ul>	Yok

Araştırmacı	Çalışılan Alan	Girdiler	Çıktılar	Malmquist Etkinlik Ölçümü
		• CO <sub>2</sub> emisyonu	• GSYH	
Ramanatan (2006)	OECD ülkeleri	• Fosil olmayan yakıt tüketimi	• GSYH • CO <sub>2</sub> emisyonu	Yok
Scheel (2001)	Avrupa ülkeleri	• İşçi sayısı	• GSYH • NO <sub>x</sub> emisyon miktarı	Yok
Sueyoshi ve Goto (2011)	Japonya	• Fosil yakıtlar • Üretim kapasitesi • İşçi sayısı	• Üretim • CO <sub>2</sub> emisyonu	Yok
Sueyoshi ve Goto (2011)	ABD	• İşçi sayısı • Yatırım maliyeti • Bakım maliyeti • Kömür üretimi	• Net üretim • CO <sub>2</sub> emisyonu • NO <sub>x</sub> emisyonu • SO <sub>x</sub> emisyonu	Yok
Sun ve Mei (2011)	Çin	• Enerji tüketimi • Nüfus	• GSYH • Atık gaz emisyonu • Atık su tahliyesi • Katı atık	Yok
Taskın ve Zaim (2001)	49 ülke	• Toplam istihdam • Toplam sermaye stoku	• GSYH • CO <sub>2</sub> emisyonu	Yok
Zaim ve Taskın (2000)	OECD ülkeleri	• Toplam sermaye stoku • Toplam sermaye miktarı	• GSYH • CO <sub>2</sub> emisyonu	Yok
Zaim ve Taskın (2000)	OECD ülkeleri	• Toplam istihdam • Toplam sermaye miktarı	• GSYH • CO <sub>2</sub> emisyonu	Yok
Zaim (2004)	ABD	• Toplam istihdam (imalat sanayi) • Sermaye stoku	• Gelir (imalat sanayi)	Yok
Zhang vd. (2008)	Çin	• Kullanılan su , • Ham maden kaynağı, • Enerji tüketimi	• CO <sub>2</sub> emisyonu • NO <sub>x</sub> emisyonu • SO <sub>x</sub> emisyonu • İs ve toz emisyonu • Endüstriyel katı atık üretimi • Katma değer	Var
Zhou vd. (2006)	30 OECD ülkesi	• Birincil enerji kaynakları,	• GSYH • CO <sub>2</sub> emisyonu	Yok

<b>Araştırmacı</b>	<b>Çalışılan Alan</b>	<b>Girdiler</b>	<b>Çıktılar</b>	<b>Malmquist Etkinlik Ölçümü</b>
Zhou vd. (2008)	OECD ülkeleri Orta Doğu Eski SSCB Avrupa Çin Latin Amerika Afrika ülkeleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nüfus</li> <li>• Toplam enerji tüketimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GSYH</li> <li>• CO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok
Zhou ve Ang (2008)	21 OECD ülkesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sermaye stoku,</li> <li>• Emek,</li> <li>• Yakıt miktarı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GSYH,</li> <li>• CO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok
Zofio ve Prieto (2001)	OECD ülkeleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sermaye stoku</li> <li>• Emek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GSYH</li> <li>• CO<sub>2</sub> emisyonu</li> </ul>	Yok
Nevzat Şimşek	24 OECD ülkesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enerji</li> <li>• Emek</li> <li>• Sermaye</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GSYH</li> <li>• CO<sub>2</sub></li> </ul>	Var

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Değişkenlerin Tanımı ve Veri Kaynakları

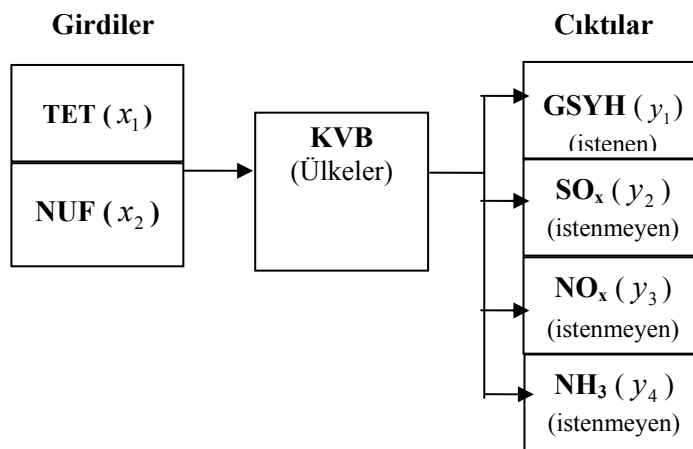
Bu çalışmada kullanılan girdiler, toplam enerji tüketimi (TET,  $x_1$ ) ve toplam nüfus (NUF,  $x_2$ )'dir. Çıktılar ise istenen ve istenmeyen çıktılarından oluşmaktadır. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH,  $y_1$ ) istenen çıktıyı temsil ederken, sırasıyla kükürt oksitleri ( $SO_x$ ,  $1/y_2$ ) azot oksitleri ( $NO_x$ ,  $1/y_3$ ) ve amonyak ( $NH_3$ ,  $1/y_4$ ) istenmeyen çıktıları oluşturmaktadır.

Toplam enerji tüketimi, toplam nüfus ve GSYH verileri Dünya Bankası, Dünya Kalkınma Göstergeleri (World Development Indicators, WDI) veri tabanından, kükürt oksitleri ( $SO_x$ ), azot oksitleri ( $NO_x$ ) amonyak ( $NH_3$ ) European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) veri tabanından alınmıştır.

Çevreye zarar veren kirletici gazlar sera gazlarına sebep olanlar, asit yağmurlarına sebep olanlar, ozon yapısının bozulmasına sebep olanlar olmak üzere değişik gruplar altında toplanmaktadır. Her grubun etkisi farklı olduğundan ağırlık oranları da farklı olmaktadır. Bu nedenle ağırlık oranları üzerinde belirsizlikler oluşturmaktan kaçınmak için farklı etkiye sahip çeşitli kirletici gazların çalışmada kullanılması yerine, aynı gruba ait (asit yağmurları oluşturma özelliği olan) kirletici gazlar çalışmada istenmeyen çıktılar olarak kullanılmıştır.

Çalışmada geliştirilen model Şekil 4.1'de verilmiş olup, hesaplamalar DEAP (Data Envelopment Analysis Program) ile gerçekleştirilmiştir (Coelli, 1996).

AB-27 ülkeleri ve Türkiye'nin 2000-2007 yıllarına ait çalışmada kullanılan verileri Ek'lerde verilmektedir.



Şekil 4.1. Veri Zarflama Modelinde Girdi ve Çıktı Göstergeleri



## 4.2. Teknik Etkinlik

Teknik etkinlik (TE) endekslerinin ülkelere ait girdi-çıktı gözlemlerinden çevresel performanslar için etkin sınırlar oluşturulmuş ve ülkeler bu etkin sınırlarla karşılaştırılmıştır. Hesaplanan TE değerlerinin bire eşit olması o ülkenin çevresel etkinliğinin tam olduğunu ifade etmektedir. Birden küçük olması ise çevresel etkinliğinin giderek azaldığını göstermektedir.

Ortalama TE değerlerine ilişkin özet bilgiler Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Ülkelerin yıllık ve ortalama TE düzeyleri ise Tablo 4.2’de verilmektedir. Tablo 4.2’de ülkeler ortalama TE düzeylerine göre sıralanmıştır. Hesaplanan ortalama TE endeksine göre bu ülkelerin çevresel etkinlik oranı 0,632 tür. Almanya, Danimarka, Lüksemburg, Malta, İngiltere, İsveç çevresel etkinliğin sınırını belirleyen referans ülkelerdir ve bu özelliklerini analiz dönemi boyunca da korumaktadırlar. Çek Cumhuriyeti (0,220), Romanya (0,153), Bulgaristan (0,102) etkinliği en az olan ülkelerdir.

Türkiye’nin TE düzeyinin ise tüm yıllar itibariyle çoğu AB üye ülkesinin ortalamasından düşük olduğu görülmektedir. Bir önceki yıla göre Türkiye’nin TE değeri 2002 yılında %3, 2006 yılında %5.9 ve 2007 yılında ise %8 oranında azalmıştır.

**Tablo: 4.1. Ortalama Teknik Etkinlik Frekans Dağılımı**

Değerler	Toplam Ülke Sayısı	Yüzde
[0.1, 0.2]	3	10.69
[0.2, 0.3]	3	10.72
[0.3, 0.4]	4	14.28
[0.4, 0.5]	1	3.57
[0.5, 0.6]	1	3.57
[0.6, 0.7]	3	10.72
[0.7, 0.8]	1	3.57
[0.8, 0.9]	5	17.86
[0.9, 1]	1	3.57
[1]	6	21.45
Toplam	28	100

**Tablo 4.2. Ülkelerin 2000–2007 Dönemi Yıllık ve Ortalama Teknik Etkinlik Değerleri**

ÜLKELER	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Ortalama
Almanya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Avusturya	0,857	0,841	0,844	0,838	0,833	0,827	0,827	0,842	0,838
Belçika	0,826	0,821	0,811	0,798	0,792	0,781	0,770	0,768	0,795
Bulgaristan	0,092	0,093	0,093	0,117	0,107	0,103	0,106	0,110	0,102
Çek Cumh.	0,204	0,207	0,209	0,237	0,215	0,224	0,230	0,237	0,220
Danimarka	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Estonya	0,235	0,236	0,210	1,000	0,311	0,327	0,341	0,312	0,371
Finlandiya	0,788	0,801	0,812	0,825	0,825	0,823	0,825	0,842	0,817
Fransa	0,899	0,893	0,882	0,865	0,862	0,860	0,854	0,850	0,870
Güney Kıbrıs	0,563	0,640	0,612	0,619	0,664	0,655	0,632	0,615	0,625
Hollanda	0,915	0,912	0,890	0,870	0,859	0,856	0,858	0,867	0,878
İngiltere	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
İrlanda	0,839	0,861	0,899	0,997	0,972	0,977	1,000	1,000	0,943
İspanya	0,705	0,702	0,671	0,666	0,638	0,634	0,636	0,609	0,657
İsveç	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
İtalya	0,966	0,962	0,922	0,880	0,856	0,832	0,822	0,797	0,879
Letonya	0,283	0,293	0,312	0,312	0,389	0,427	0,453	0,432	0,362
Litvanya	0,221	0,227	0,181	1,000	0,235	0,248	0,259	0,247	0,327
Lüksemburg	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Macaristan	0,246	0,252	0,254	0,269	0,271	0,258	0,269	0,265	0,260
Malta	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Polonya	0,280	0,277	0,273	0,279	0,280	0,280	0,274	0,276	0,277
Portekiz	0,591	0,604	0,577	0,603	0,570	0,540	0,586	0,567	0,579
Romanya	0,139	0,143	0,143	0,161	0,157	0,159	0,162	0,167	0,153
Slovakya	0,205	0,207	0,204	0,441	0,235	0,235	0,255	0,279	0,257
Slovenya	0,369	0,374	0,379	0,405	0,394	0,390	0,408	0,420	0,392
Türkiye	<b>0,502</b>	<b>0,505</b>	<b>0,490</b>	<b>0,494</b>	<b>0,503</b>	<b>0,510</b>	<b>0,480</b>	<b>0,442</b>	<b>0,490</b>
Yunanistan	0,587	0,598	0,599	0,659	0,624	0,604	0,630	0,593	0,611
<b>ORTALAMA</b>	<b>0,618</b>	<b>0,623</b>	<b>0,617</b>	<b>0,690</b>	<b>0,628</b>	<b>0,627</b>	<b>0,631</b>	<b>0,626</b>	<b>0,632</b>

### 4.3. Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme

Toplam faktör verimliliğindeki değişme (TFVD) endeksinin 1'den büyük olması TFVD'nin arttığını, 1'den küçük olması ise TFVD'nin azaldığını göstermektedir. TFVD teknik etkinlikteki değişme (TED) ile teknolojik değişmeden (TD) oluşmaktadır. Teknik etkinlikteki değişimin (TED) 1'den büyük olması teknik etkinlikteki gelişmeyi, teknolojik değişimin (TD) 1'den büyük olması ise teknolojiye ilerlemeyi, 1'den küçük olmaları ise sırasıyla teknik etkinlikteki gerilemeyi ve teknolojiye gerilemeyi ifade eder.

TED endeksinin 1'den büyük olması ülkenin üretim sınırını yakalama etkisini (catching-up effect) ve TD endeksinin 1'den büyük olması ülkenin üretim sınırının yukarı kaymasını ifade etmektedir. TED ise kendi içerisinde pür (saf) etkinlikteki değişme (PED) ve ölçek etkinliğindeki değişme (SED) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ölçek etkinliği ülkenin uygun ölçekte üretim yapma başarısını göstermektedir. Malmquist toplam faktör verimliliği endeksinin bu unsurlara ayrışması, toplam faktör verimliliğindeki artışın ana kaynaklarının tespit edilmesinde önemlidir (Deliktaş, 2002: 263)

2000-2007 dönemi için toplam 28 ülkenin ortalama TED ve TD endekslerinin değerlerinde %1,4 oranında ilerleme olduğu görülmektedir. TED'nin artması TE'de bir ilerleme olduğunu göstermektedir. Tablo 4.3'te incelenen ülkeler TFVD'ye göre sıralanmıştır.

**Tablo 4.3. Veri Zarflama Analizi ile Hesaplanan Malmquist Ülke Endeksleri**

ÜLKELER	TED*	TD*	PED*	SED*	TFVD*
Almanya	1.002	1.012	1.000	1.002	1.014
Avusturya	0.997	0.997	0.997	1.017	1.018
Belçika	1.006	1.012	0.990	1.017	1.018
Bulgaristan	1.034	1.010	1.027	1.007	1.044
Çek Cumh.	1.023	1.011	1.022	1.001	1.034
Danimarka	0.999	1.011	1.000	0.999	1.010
Estonya	1.049	0.995	1.041	1.008	1.044
Finlandiya	1.006	1.012	1.010	0.997	1.018
Fransa	1.000	1.012	0.992	1.008	1.012
Güney Kıbrıs	1.016	1.003	1.013	1.004	1.019
Hollanda	0.998	1.012	0.992	1.005	1.010
İngiltere	1.016	1.011	1.000	1.016	1.027
İrlanda	1.026	1.017	1.025	1.001	1.044
İspanya	0.998	1.012	0.979	1.019	1.010
İsveç	1.010	1.013	1.000	1.010	1.023
İtalya	0.993	1.012	0.973	1.021	1.005
Letonya	1.064	1.038	1.062	1.002	1.104
Litvanya	1.029	0.998	1.016	1.013	1.026
Lüksemburg	1.000	1.022	1.000	1.000	1.022
Macaristan	1.016	1.015	1.011	1.005	1.031
Malta	1.000	1.067	1.000	1.000	1.067
Polonya	1.016	1.012	0.998	1.018	1.028
Portekiz	0.997	1.014	0.994	1.003	1.011
Romanya	1.037	1.011	1.026	1.011	1.049
Slovakya	1.049	1.009	1.045	1.004	1.059
Slovenya	1.020	1.018	1.019	1.001	1.038
Türkiye	0.998	1.012	0.982	1.016	1.009
Yunanistan	1.005	1.011	1.001	1.003	1.016
<b>ORTALAMA</b>	<b>1.014</b>	<b>1.014</b>	<b>1.007</b>	<b>1.007</b>	<b>1.028</b>

\*TED Teknik Etkinlikteki Değişme

\*TD, Teknolojik Değişme

\*PED, Pür Etkinlikteki Değişme

\*SED, Ölçek Etkinlikteki Değişme

\*TFVD, Toplam Faktör Verimliliğindeki Değişme

TED endekslerine göre ülkelerin %64'ünün yıllık ortalama etkinliğinde ilerleme olduğu, %25'inin etkinliğinde gerileme olduğu ve %11'inin TE'nin ise değişmediği görülmektedir. Estonya (%4,9), Slovakya (%4,9) ve Bulgaristan (%3,4) TE'de ilerleme kaydeden ülkelerdir. Avusturya, Portekiz (%0,3), Hollanda, İspanya, Türkiye ise (%0,2) son sıraları almaktadır. Etkinliği sabit kalan ülkeler ise Fransa, Lüksemburg ve Malta'dır.

TD endekslerine göre yıllık ortalama teknolojik ilerleme %1,4 olarak ölçülmüştür. Ülkelerin %90'ında dönem boyunca teknolojik ilerleme kaydedilirken, %10'unda teknolojik gerileme olduğu tespit edilmiştir. Teknolojik ilerleme kaydeden ülkeler arasında Malta (%6,7), Letonya (%3,8), ve Lüksemburg (%2,2) ilk üç sırada yer almaktadır. Teknolojik gerileme gösteren ülkeler arasında ilk üç sırada ise Estonya (%0,5), Avusturya (%0,3) ve Litvanya (%0,2) yer almaktadır. Bu dönemde Türkiye'nin %1,2 oranında teknolojik ilerleme kaydettiği görülmektedir.

TFVD endeksine göre ilgili dönemin TFVD'de yıllık ortalama artış %2,8 olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama TFVD'deki ilerleme ortalama TED ve TD artışından kaynaklanmaktadır.

Ülkelerin tamamı inceleme döneminde artış kaydetmiştir. TFVD'de en fazla artış gerçekleştiren ilk üç ülke Malta (%6,7), Slovakya (%5,9) ve Romanya (%4,9)'dır. Slovakya ve Romanya'nın TFVD'deki artışlar teknik etkinlikteki ilerlemeden, Malta'nın TFVD'deki artış ise teknolojik ilerlemeden kaynaklanmaktadır.

TFVD'de en az artış olan ülkeler ise İtalya (%0,5), Türkiye (%0,9)'dir. Bu ülkelerin TFVD'deki gerilemenin nedeni teknik etkinliklerindeki düşüştür.

## 5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada VZA ve Malmquist TFVD Endeks yöntemi ile AB-27 ülkeleri ve Türkiye'nin 2000-2007 dönemindeki görelî çevresel performansları analiz edilmiştir. TFVD'de en fazla artış gerçekleştiren ilk üç ülke Malta (%6,7), Slovakya (%5,9) ve Romanya (%4,9), en az artış olan ülkeler ise İtalya (%0,5) ve Türkiye (%0,9)'dir.

Türkiye'nin TE endeksi (0,490) çoğu AB ülkesinin ve ortalamasının gerisinde kalmıştır. Bu da Türkiye'nin enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel kirliliğin önlenmesi için yeterli önlemi almadığını göstermektedir. TFVD endeksleri incelendiğinde Türkiye'nin (1,009) etkin olduğu ancak seçilen ülke grubu içinde İtalya dışındaki diğer ülkelerin gerisinde kaldığı görülmektedir.

Burada sunulan çalışma ülke sayısı ve incelenen yıl sayısı artırılarak geliştirilebilir. Ayrıca yeni çevresel gösterge grupları (sera gazı emisyonu vb.) eklenmesi ile çalışma daha ileriye taşınabilir.

VZA çeşitli ekonomik ve çevresel göstergeleri bir araya getirerek ülke ya da ülke gruplarının performanslarının incelenmesi için bütüncül bir analiz olanağı sunmaktadır. Bu nedenle uluslararası karşılaştırmalar için yararlı olabilir. Ve genellikle kısmi göstergeler üzerinden gerçekleştirilen uluslararası karşılaştırmalara bir alternatif getirebilir. Böylelikle özellikle çevre gibi uluslararası düzeyde karar alınmasını gerektiren bir konuda politika yapıcılar bütün göstergeleri bir arada değerlendirerek ülkelerin performanslarını ölçme ve buna uygun politika geliştirme olanağı bulabilirler.

## KAYNAKÇA

- Agrell, P.J., Bogetoft, P., 2005. Economic and environmental efficiency of district heating plants. *Energy Policy*, 33, 1351-1362.
- Alsharif, K., Feroz, E.H., Klemer, A., Raab, R., 2008. Governance of water supply systems in the Palestinian Territories: A data envelopment analysis approach to the management of water resources. *Journal of Environmental Management*, 87, 1: 80-94.
- Anonim, Yale Center for Environmental Law & Policy, 2010a. <http://envirocenter.yale.edu/programs/environmental-performance-management/environmental-performance-index>
- Anonim, Yale Center for Environmental Law & Policy and Center for International Earth Science Information on Network, 2010b. [http://www.epi.yale.edu/file\\_columns/0000/0007/epi-2010-policy-makers-summary.pdf](http://www.epi.yale.edu/file_columns/0000/0007/epi-2010-policy-makers-summary.pdf)
- Anonim, U.S. Environmental Protection Agency, 2011. <http://epa.gov/airquality/urbanair/>
- Aydemir, Z.C., 2002. *Bölgesel Rekabet Edilebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması*, Uzmanlık Tezi, DPT Yayın No: 2664: 45.
- Azadeh, A., Amalnick, M.S., Ghaderi, S.F., Asadzadeh, S.M., 2007. An integrated DEA PCA numerical taxonomy approach for energy efficiency assessment and consumption optimization in energy intensive manufacturing sectors. *Energy Policy*, 35, 7: 3792-3806.
- Azadeh, A., Ghaderi, S.F., Maghsoudi, A., 2008. Location optimization of solar plants by an integrated hierarchical DEA PCA approach. *Energy Policy*, 36, 10: 1909-1917.
- Ball, E., Fare, R., Grosskop, S., Zaim, O., 2005. Accounting for externalities in the measurement of productivity growth: the Malmquist cost productivity measure. *Structural Change and Economic Dynamics*, 16: 374-394.
- Bian, Y., Yang, F., 2010. Resource and environment efficiency analysis of provinces in China: A DEA approach based on Shannon's entropy. *Energy Policy*, 38, 4: 1909-1917.
- Ceip, 2011 Emission Data (Webdab). <http://www.ceip.at/review-process/review-2008/>
- Chen, P.C., Chang, C.C., Yu, M.M., Hsu, S.H., 2012. Performance measurement for incineration plants using multi-activity network data envelopment analysis: The case of Taiwan. *Journal of Environmental Management*, 93: 95-103.
- Chiesura, A. De Groot, R., 2003. Critical Natural Capital: A socio-cultural Perspective. *Ecological Economics*, 44:220.
- Coelli TA. A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program. CEPA working paper 96/08. Australia: Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of New England; 1996.

- Çetin, M., 2005. Teori ve uygulamada bölgesel sürdürülebilir kalkınma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1: 315.
- Çokgezen, J., 2007. Avrupa Birliği politikası ve Türkiye. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 13,2: 92-93.
- Daly, H.E., 1992. Allocation Distribution and Scale: Towards an economics that is efficient, just and sustainable. *Ecological Economics*, 6: 192.
- De Groot, R., Van Der, J., Chiesura, A., Arnold, V., 2003. Importance and threat as determining factors for criticality of natural capital. *Ecological Economics*, 44: 197-201.
- Economic Commission for Europe, *Strategies and policies for air pollution abatement*, Review 2006, 70p. <http://www.scribd.com/doc/56549702/Strategies-and-Policies-for-Air-Pollution-Abatement-2006>.
- Ekins, P., Simon, S., Deutch, L., Folke, C., De Groot, R., 2003. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological Economics*, 44: 166.
- Fare, R., Grosskopf, S., 1989. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. *The review of economics and statistics*, 71: 90-98.
- Fare, R., Grosskopf, S., Noh, D.W., 2003. Characteristics of a Polluting Technology: Theory and Practice. *Scientific Report*, 1: 1-15.
- Ferhatoğlu, E., 2004. Avrupa Birliğinde ortak çevre politikası çerçevesinde çevre vergileri. *E-yaklaşım*, 3:5-6.
- Gomes, E.G., Lins, M.P. E., 2008. Modelling undesirable outputs with zero sum gains data envelopment analysis models. *Journal of the Operational Research Society*, 59: 5.
- Guo, X.D., Zhu, L., Fan, Y., Xie, B.C., 2011. Evaluation of potential reductions in carbon emissions in Chinese provinces based on environmental DEA. *Energy Policy*, 59: 5.
- Halkos, G.E., Tzeremes, N.G., 2009. Exploring the existence of Kuznets curve in countries environmental efficiency using DEA window analysis. *Ecological Economics*, 68: 2168–2176.
- Hernández-Sancho, F., Sala-Garrido, R., 2011. Energy efficiency in Spanish wastewater treatment processes. *Science of the Total Environment*, 409, 2693-2699.
- Kaya, İ., *Sürdürülebilir turizm kalkınması ve ülkemiz açısından bir değerlendirme*. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 1997; 2-18.
- Korhonen, P.J., Luptacik, M., 2004. Eco-efficiency analysis of power plants: An extension of data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 154 :437–446.
- Kumar, S., 2006. Environmentally sensitive productivity growth: A global analysis using Malmquist–Luenberger index. *Ecological Economics*. 56: 280– 293.



- Kumar, S., Khanna, M., 2009. Measurement of environmental efficiency and productivity: A cross-country analysis. *Environmental Development Economics*. Cambridge University Pres. 14: 473-495.
- Şimşek, N., 2011. Türkiye'nin çevresel enerji etkinliği ve toplam faktör verimliliği: karşılaştırmalı bir analiz. *Ege Akademik Bakış*. 3: 379-396.
- Ramanathan, R., 2003. *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement* Sage Publications, New Delhi, 1-102p.
- Ramanathan, R., 2005. An analysis of energy consumption and carbon dioxide emissions in countries of Middle East and North Africa. *Energy*. 30: 2831-2842.
- Ramanathan, R., 2006. A multi-factor efficiency perspective to the relationships among world GDP, energy consumption and carbon diokside emissions. *Technological Forecasting and Social Change*. 483-494.
- Sahoo, B. K., Luptacik, M., Mahlberg, B., 2011. Alternative measures of environmental technology structure in DEA. *European Journal of Operation Reasearch*. 215: 750-762.
- Scheel, H., 2001. Undesirable outputs in efficiency valuations. *European Journal of Operational Research*. 132, 2: 400-410.
- Schreyer, P., 2004. *Challenges for productivity measurement in OECD countries*. 6-10 Aralık 2004, Paris. OECD Statistic Directorate. [www.oecd.org/dataoecd/18/20/3396292.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/18/20/3396292.pdf).
- Sueyoshi, T., Goto, M., 2011. Assesment of Japanese fossil fuel power generation. *Energy Economics*. 33: 292-303.
- Sueyoshi, T., Goto, M., 2011. Measurement of returns to scale for DEA based operational and environmental assessment: How to manage desirable (good) and undesirable (bad) outputs? *European Journal of Operational Reasearch*. 211: 76-89.
- Sun, L., Mei, Q., 2011. The regional environmental performance of China from 2004 to 2009. *International Journal of Nonlinear Science*. 12, 1: 48-53.
- Tarım, A.2001. Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı, Sayıştay Yayınları, Ankara, 13p.
- Taskin, F., Zaim, O., 2001. The role of international trade on environmental efficiency. *Economic Modelling*. 18: 1-17.
- Tietenberg, T., Lewis, L., 2009. *Environmental & Natural Resource Economics*, Pearson Education Inc., ABD, 414p.
- Turner, R. K., Pearce, D., Bateman, I., 1994. *Environmental Economics*, Pearson Education Inc., England, 5-55p.
- Yolalan, R., 1993. *İşletmelerarası Görelî Etkinlik Ölçümü*, MPM Yayınları, No: 483, Ankara, 5-86p.

- Yıldırım, U., Budak, S., 2005. Son gelişmeler ışığında Avrupa Birliği çevre politikasında değişimler ve Türkiye'nin politik yaklaşımı. *Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 13,12: 197-199.
- Zaim, O., Taskin, F., 2000. Akuznets curve in environmental efficiency: An application on OECD countries. *Environmental and Resource Economics*. 17: 21-36.
- Zaim, O., Taskin, F., 2000. Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD: A non-parametric approach. *Journal of Environmental Management*. 58: 95-107.
- Zaim, O., 2004. Measuring environmental performance of state manufacturing through changes in pollution intensities: A DEA framework. *Ecological Economics*. 48: 37-47.
- Zhang, B., Bi, J., Fan, Z., Yuan, Z., Ge, J., 2008. Eco-efficiency analysis of industrial system in China. *Ecological Economics*. 68: 306-316.
- Zhou, P., Ang, B.W., Poh, K.L., 2006. Slacks-based efficiency measures for modelling environmental performance. *Ecological Economics*. 60: 111-118.
- Zhou, P., Ang, B.W., Poh, K.L., 2007. *A Non-Radial DEA Approach to Measuring Environmental Performance*, *European Journal of Operational Research*, 178: 5.
- Zhou, P., Ang, B.W., 2008. Linear programming models for measuring economy- wide energy efficiency performance. *Energy Policy*. 36: 2911-2916.
- Zhou, P., Ang, B.W., Poh, K.L., 2009. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, 189: 1-18
- Zhou, P., Ang, B.W., Han, J.Y., 2010. Total carbon emissions performance: A malmquist index analysis. *Energy Economics*. 32: 194-201.
- Zofio, J.L., Prietto, A.M., 2001. Environmental efficiency and regulatory standarts: The case of CO<sub>2</sub> emissions from OECD industries. *Resource and Energy Economics*. 23: 63-83.

## EKLER

Bu çalışmada kullanılan veriler olan asit yağmurları oluşturulan gazlar (SO<sub>x</sub>,NO<sub>x</sub> ve NH<sub>3</sub>) GSYH ve enerji tüketimi ve toplam nüfus yıllara göre aşağıda sunulmuştur.

### Ek 1.

#### 2000 Yılı Verileri

Ülkeler	SO <sub>x</sub> (Mg) <sup>1</sup>	NO <sub>x</sub> (Mg)	NH <sub>3</sub> (Mg)	GSYH (2000 USD)	Enerji tüketimi (ktep) <sup>2</sup>	Toplam nüfus (kisi)
Avusturya	31668.9	207278.63	64589.69	191,200,302,193	28,516	8,011,561
Belçika	171730.01	331931.23	84426.56	232,371,475,954	58,502	10,252,000
Bulgaristan	917660.06	184422.95	56138.08	12,903,546,576	18,653	8,060,000
Kıbrıs	46033.73	22371.22	5844.87	9,316,693,766	2,137	786,607
Çek Cum.	264000.08	321000.02	74000.06	56,720,835,331	40,252	10,273,300
Danimarka	29335.61	201499.82	87610.47	160,082,641,561	18,583	5,337,344
Estonya	94796.84	36060.04	9681.02	5,675,782,345	4,506	1,369,513
Finlandiya	89985.51	210150.18	33386.28	121,715,496,591	32,109	5,176,198
Fransa	620954.86	1642054.42	797096.23	1,327,963,884,282	253,218	58,895,517
Almanya	636824.75	1853798.43	593906.57	1,900,221,116,639	337,291	82,210,000
Yunanistan	492810.68	327860	73999.95	125,558,321,264	27,086	10,917,500
Macaristan	486149.95	185449.96	70810.12	47,885,455,754	24,999	10,210,971
İrlanda	139485.92	135227.59	121550.57	96,582,051,778	13,599	3,805,400
İtalya	748805.38	1448028.97	445611.66	1,097,344,131,196	170,669	56,948,600
Latonya	15102.75	39894.76	13154.28	7,833,068,425	3,708	2,372,000
Litvanya	43100.01	47499.93	25200.03	11,434,200,000	7,132	3,499,527
Lüksemburg	1535.44	16418.05	7318.25	20,269,578,036	3,316	436,300
Malta	24314.55	8374.44	1816.03	3,892,514,787	676	390,000
Hollanda	72875.95	389774.01	155406.8	385,074,626,866	73,147	15,925,431
Polanya	1510999.93	838000.01	322000.04	171,276,118,424	89,116	38,453,757
Portekiz	280972.59	299023.52	62617.63	117,014,464,713	24,673	10,225,803
Romanya	760238.01	296621.27	206064.5	37,052,636,395	36,186	22,443,000
Slovakya	126952.18	107707.62	34074.36	28,700,755,482	17,743	5,388,741
Slovenya	99015.21	49912.87	19509.89	19,887,999,964	6,418	1,989,000
İspanya	1462761.16	1394501.64	380086.8	580,673,484,430	121,949	40,263,200
İsveç	41404.3	210917.51	55502.46	247,260,155,858	47,562	8,869,000
Türkiye	1999994.95	1118352.05	401517.03	266,567,531,990	76,348	66,459,578
İngiltere	1226314.27	1877014.91	329521.16	1,477,580,571,947	223,993	58,892,514

<sup>1</sup>Mg: milyon gram

<sup>2</sup>(ktep) :kilo ton eşdeğer petrol

**Ek 2.****2001 Yılı Verileri**

Ülkeler	SO <sub>x</sub> (Mg)	NO <sub>x</sub> (Mg)	NH <sub>3</sub> (Mg)	GSYH (2000 USD)	Enerji tüketimi (ktep)	Toplam nüfus (kisi)
Avusturya	33048.76	217857.27	64461.79	192,194,723,604	30,240	8,043,016
Belçika	167471.14	316608.84	82041.91	234,198,375,161	58,350	10,287,000
Bulgaristan	940361.91	188172.0	56075.97	13,439,228,305	19,492	7,910,000
Kıbrıs	43192.31	21791.08	6026.71	9,688,002,109	2,114	797,077
Çek Cum.	250999.98	331999.94	76607.07	58,114,106,567	41,251	10,224,000
Danimarka	27416.7	198371.77	84860.19	161,211,045,267	19,148	5,355,082
Estonya	90743.47	39196.22	9817.08	6,110,736,844	4,677	1,364,098
Finlandiya	85046.64	219764.08	33171.02	124,497,880,966	32,835	5,187,995
Fransa	1599154.03	1599154.03	783621.07	1,352,589,828,635	261,241	59,192,410
Almanya	632626.83	1770920.4	605536.98	1,923,783,858,485	347,375	82,333,000
Yunanistan	502130.01	343250.17	73999.95	130,828,223,328	28,004	10,949,950
Macaristan	400479.95	184530.06	66300.06	49,848,759,439	25,592	10,187,576
İrlanda	134174.31	137135.12	115618.51	102,128,488,391	14,451	3,866,450
İtalya	696790.79	1419368.43	447955.85	1,117,296,202,322	171,306	56,980,700
Letonya	11461.32	42958.11	14882.47	8,463,121,187	4,062	2,359,000
Litvanya	38440.13	44450.97	44692.85	12,204,375,000	8,133	3,481,295
Lüksemburg	1549.02	15665.26	7339.84	20,779,804,680	3,439	441,525
Malta	25941.45	9105.26	1823.21	3,829,845,394	787	393,000
Hollanda	74130.22	381424.14	146767.96	392,490,326,147	75,326	16,046,091
Polonya	1564000.02	805382.66	328430.0	173,340,489,224	89,733	38,248,076
Portekiz	263510.84	300564.9	61010.32	119,315,771,605	24,815	10,292,936
Romanya	843268.14	338637.17	164063.34	39,164,637,562	37,171	22,132,000
Slovakya	131105.07	108139.07	34087.55	29,700,884,467	18,593	5,378,900
Slovenya	65945.2	50155.93	19270.49	20,454,641,387	6,732	1,992,000
İspanya	1438924.01	1365600.23	381355.35	601,856,458,448	125,029	40,720,450
İsveç	40443.56	201507.44	52996.64	250,381,346,620	50,536	8,894,000
Türkiye	2105020.58	896734.8	402356.11	251,379,908,801	70,402	67,444,118
İngiltere	1104525.03	1834030.76	324391.78	1,513,949,001,362	224,854	59,108,687

**Ek 3.****2002 Yılı Verileri**

Ülkeler	SO <sub>x</sub> (Mg)	NO <sub>x</sub> (Mg)	NH <sub>3</sub> (Mg)	GSYH (2000 USD)	Enerji tüketimi (ktep)	Toplam nüfus (kisi)
Avusturya	31626.08	226526.92	63657.04	195,360,966,833	30,971	8,083,639
Belçika	156921.05	299213.92	79960.53	237,399,724,526	56,362	10,333,000
Bulgaristan	964497.27	197436.01	56424.01	14,064,179,291	19,014	7,869,000
Kıbrıs	43594.86	24343.99	6132.24	9,891,784,401	2,143	807,243
Çek Cum.	237381.97	318230.05	72155.07	59,216,437,149	41,811	10,204,853
Danimarka	25681.18	195228.02	82564.97	161,961,994,779	18,955	5,374,255
Estonya	87171.48	40373.05	9430.1	6,600,582,222	4,508	1,358,641
Finlandiya	79164.51	207876.85	33267.51	126,765,247,835	34,519	5,200,597
Fransa	505169.56	1559031.06	785576.77	1,366,474,520,914	261,902	59,598,597
Almanya	496819.83	1676730.95	593843.17	1,923,783,858,485	339,263	82,508,000
Yunanistan	513130.02	288890.24	72999.98	135,327,938,824	28,321	10,987,550
Macaristan	365257.18	156318.64	64851.0	52,042,104,855	25,601	10,158,608
İrlanda	101240.03	64119.76	113189.48	108,743,369,725	14,687	3,931,800
İtalya	615813	1443347.69	435510.9	1,122,369,287,820	171,578	57,157,400
Latonya	9910.94	57515.34	14643.74	9,010,898,599	3,982	2,338,000
Litvanya	42590.99	71618.96	51263.92	13,042,025,000	8,716	3,469,094
Lüksemburg	1456.12	10616.19	7215.26	21,632,854,247	3,615	446,175
Malta	25227	3199.68	1797.83	3,929,804,533	733	395,950
Hollanda	67899.39	192710.51	141970.09	392,789,754,929	75,787	16,148,891
Polonya	1455457.52	897960.67	325010.43	175,842,569,475	88,855	38,230,364
Portekiz	261428.86	230216.35	60087.11	120,163,467,293	25,824	10,368,326
Romanya	777472.85	460833.01	156063.46	41,162,034,208	37,535	21,803,129
Slovakya	103349.08	69435.96	34847.28	31,064,022,480	18,733	5,379,100
Slovenya	69297.29	46307.03	20002.56	21,267,444,768	6,830	1,994,000
İspanya	1541474.27	921687.59	378017.13	618,131,954,118	128,888	41,313,950
İsveç	40251.12	184848.52	51981.58	256,599,359,761	51,783	8,924,000
Türkiye	1708770.73	1031050.24	404809.95	266,874,563,574	74,248	68,398,135
İngiltere	977547.04	1734024.98	317409.86	1,545,696,233,923	219,169	59,327,658

## Ek 4.

## 2003 Yılı Verileri

Ülkeler	SO <sub>x</sub> (Mg)	NO <sub>x</sub> (Mg)	NH <sub>3</sub> (Mg)	GSYH (2000 USD)	Enerji tüketimi (ktep)	Toplam nüfus (kisi)
Avusturya	32,392,671	237591.51	63542.71	196,926,018,611	32,723	8,117,800
Belçika	154,722,401	297444.17	77463.23	239,264,716,602	59,237	10,376,080
Bulgaristan	994079.52	241191.3	52312.05	14,838,464,302	19,510	7,823,000
Kıbrıs	44,583,528	24141.84	6221.97	10,080,361,943	2,332	817,104
Çek Cum.	232130.11	324223.7	82346.85	61,349,587,387	44,392	10,207,362
Danimarka	32,446,395	203891.36	80364.8	162,583,538,494	20,070	5,387,174
Estonya	100730.49	40961.96	9584.06	7,078,421,150	4,973	1,353,520
Finlandiya	98813.54	218684.89	33178.0	129,301,639,948	36,635	5,212,996
Fransa	504,479,175	1529368.35	758513.04	1,381,333,576,562	266,745	60,154,851
Almanya	570,021,038	1613767.38	589089.59	1,919,603,372,029	342,070	82,541,000
Yunanistan	545120	342710.2	72474.98	143,371,548,001	29,141	11,023,550
Macaristan	347,438,531	179656.8	66767.62	54,279,915,364	26,136	10,129,552
İrlanda	78,445,052	122823.85	111912.82	113,512,139,396	14,156	3,995,700
İtalya	517,741,145	1341971.03	431467.54	1,122,179,341,257	178,513	57,604,650
Latonya	7,525,405	42562.35	15308.69	9,659,317,395	4,231	2,325,342
Litvanya	42566	52583.01	34048.05	14,378,400,000	9,078	3,454,240
Lüksemburg	1,416,276	15987.34	7163.92	21,967,661,692	3,818	451,630
Malta	27,402,335	9614.67	1677.05	3,917,622,207	826	398,600
Hollanda	63,638,154	371249.14	137820.61	394,108,162,889	78,141	16,225,267
Polonya	1374530	808148.92	322555.79	182,642,504,560	91,105	38,204,570
Portekiz	175,628,062	291124.14	54666.89	119,044,231,435	25,132	10,441,046
Romanya	804677.45	347668.52	182063.26	43,302,459,253	38,940	21,742,028
Slovakya	105495.9	96551.81	33751.4	32,548,544,315	18,639	5,379,650
Slovenya	62,653,393	48608.44	18977.59	21,870,425,982	6,914	1,995,700
İspanya	1,277,410,082	1401590.65	392211.72	637,271,677,815	133,225	42,004,500
İsveç	41363.21	190035.1	52767.49	262,592,755,561	50,618	8,956,000
Türkiye	1,310,294,279	1204520.38	405740.17	280,926,215,534	77,834	69,329,456
İngiltere	968,117,981	1752533.74	306759.43	1,589,102,423,967	223,176	59,568,776

## Ek 5.

## 2004 Yılı Verileri

Ülkeler	SO <sub>x</sub> (Mg)	NO <sub>x</sub> (Mg)	NH <sub>3</sub> (Mg)	GSYH (2000 USD)	Enerji tüketimi (ktep)	Toplam nüfus (kisi)
Avusturya	27706.88	236136.78	62802.72	201,936,969,689	32,999	8,174,700
Belçika	158238.99	300517.66	72221.65	247,003,772,711	58,889	10,421,121
Bulgaristan	929305.41	215724.13	53879.3	15,839,807,530	18,821	7,781,000
Kıbrıs	38028.61	22737.68	6131.36	10,503,727,223	2,183	826,681
Çek Cum.	227044.88	327609.48	70090.43	64,100,892,591	45,489	10,216,016
Danimarka	25617.99	187643.08	79995.83	166,317,254,519	19,386	5,401,177
Estonya	88786.94	38618	9675.43	7,662,826,247	5,123	1,348,999
Finlandiya	83517.27	204625.6	33315.42	134,619,495,117	36,812	5,228,143
Fransa	485959.7	1500585.04	751511.79	1,415,456,061,360	270,659	60,521,142
Almanya	555462.09	1574339.57	4083175.64	1,942,786,069,652	343,530	82,516,250
Yunanistan	529409.93	316850.28	72460	149,999,183,435	29,707	11,061,750
Macaristan	247362.34	180053.59	74090.26	56,831,071,386	26,157	10,107,146
İrlanda	71061.78	122131.45	111424.89	118,728,390,087	14,336	4,068,450
İtalya	479749.75	1306076.07	424744.54	1,139,369,120,140	180,624	58,175,300
Latonya	5358.5	41683.38	15056.21	10,497,533,388	4,348	2,312,791
Litvanya	42327.52	54703.05	33411.65	15,435,325,000	9,176	3,435,585
Lüksemburg	1589.71	14448.57	7076.58	22,933,941,404	4,195	458,095
Malta	16567.45	11876.69	1743.28	3,925,849,073	821	401,300
Hollanda	66347.91	352526.57	137118.73	402,922,424,912	79,159	16,281,733
Polonya	1241190.07	804239.97	316499.87	192,404,226,787	91,423	38,182,222
Portekiz	176611.03	293608.58	55497.06	120,899,062,097	25,837	10,501,965
Romanya	832382.14	380684.44	191063.41	46,939,862,239	38,361	21,684,884
Slovakya	96186.25	99623.55	30848.11	34,185,913,027	18,353	5,382,449
Slovenya	54244.54	48235.36	17652.53	22,807,909,254	7,129	1,997,000
İspanya	1320596.06	1446957.4	385690.26	658,090,293,164	139,084	42,691,650
İsveç	36837.48	180589.87	53081.58	273,713,195,630	52,584	8,991,994
Türkiye	1350680.28	1149291.33	406670.01	307,228,800,117	80,858	70,250,173
İngiltere	813250.4	1708034.18	310781.29	1,635,995,504,615	222,749	59,879,865

## Ek 6.

## 2005 Yılı Verileri

Ülkeler	SO <sub>x</sub> (Mg)	NO <sub>x</sub> (Mg)	NH <sub>3</sub> (Mg)	GSYH (2000 USD)	Enerji tüketimi (ktep)	Toplam nüfus (kisi)
Avusturya	27538.06	241644.78	62631.86	206,904,256,680	33,721	8,233,300
Belçika	145218.56	287981.85	70470.36	251,239,846,692	58,685	10,478,650
Bulgaristan	900266.61	233447.17	57006.35	16,846,951,092	19,886	7,740,000
Kıbrıs	35755.61	20628.89	5734.55	10,918,427,084	2,220	835,998
Çek Cum.	218633.37	277845.57	68419.05	68,149,732,482	44,904	10,235,828
Danimarka	22674.61	180530.78	76070.25	170,384,011,085	18,803	5,415,978
Estonya	76252.01	36121.02	9261.05	8,440,963,162	5,175	1,346,100
Finlandiya	69151.5	177407.47	36219.92	138,547,079,418	33,963	5,246,100
Fransa	471305.91	1489202.29	745782.8	1,442,292,951,907	271,409	60,873,000
Almanya	524508.84	1514738.87	580766.46	1,957,417,772,250	338,695	82,469,400
Yunanistan	544870.11	331590.07	68259.22	153,361,039,064	30,248	11,104,000
Macaristan	129221.81	203072.89	80120.15	59,047,483,170	27,583	10,087,050
İrlanda	70429.35	123079.49	110277.39	126,060,114,796	14,372	4,159,100
İtalya	401054.11	1220745.12	412934.61	1,146,841,912,659	182,879	58,607,050
Latonya	4613.08	41247.45	15688.94	11,610,367,683	4,418	2,300,500
Litvanya	43727.21	57629.87	39441.6	16,639,625,000	8,606	3,414,300
Lüksemburg	1701.76	13891.27	7044.88	24,179,657,269	4,283	465,158
Malta	16809.57	11680.29	1605.03	4,051,868,630	861	403,500
Hollanda	64708.42	340696.67	137374.08	411,168,232,910	78,781	16,319,850
Polonya	1221860.22	810896.15	326479.96	199,363,586,523	92,377	38,165,450
Portekiz	179616.65	297516.99	53637.73	121,814,372,950	26,436	10,549,450
Romanya	830700.01	323406.13	204275.35	48,898,332,853	38,285	21,634,350
Slovakya	89007.08	104041.89	30683.34	36,464,529,206	18,830	5,387,000
Slovenya	41304.6	45503.67	17842.86	23,832,548,081	7,296	2,000,500
İspanya	1272013.23	1434344.22	367265.22	681,875,822,001	141,831	43,398,150
İsveç	36065.35	174344.12	52515.58	282,364,681,299	51,566	9,024,040
Türkiye	1416625.78	1080349.56	406670.01	333,040,988,667	84,379	71,169,037
İngiltere	687405.4	1681774.88	305337.13	1,671,545,528,824	222,747	60,226,500



## Ek 7.

## 2006 Yılı Verileri

Ülkeler	SO <sub>x</sub> (Mg)	NO <sub>x</sub> (Mg)	NH <sub>3</sub> (Mg)	GSYH (2000 USD)	Enerji tüketimi (ktep)	Toplam nüfus (kisi)
Avusturya	28295.67	227118.4	62589.1	214,349,744,334	34,154	8,282,424
Belçika	134998.98	266420.64	70161.27	258,002,483,508	58,112	10,547,958
Bulgaristan	877288.58	245941.97	54922.6	17,943,792,971	20,445	7,699,020
Kıbrıs	29060.22	20428.84	5434	11,370,752,256	2,309	845,037
Çek Cum.	211225.95	282186.6	63059	72,789,262,997	45,854	10,269,134
Danimarka	26184.13	182108.23	73856.5	176,168,054,336	20,080	5,437,272
Estonya	69943.31	34749.05	9271.02	9,385,312,157	5,024	1,343,547
Finlandiya	85101.71	192801.06	36381.23	144,656,347,890	36,974	5,266,268
Fransa	428511.19	1414020.21	740198.54	1,474,265,965,543	267,707	61,352,572
Almanya	531829.97	1520475.25	577881.66	2,023,355,444,997	341,236	82,376,451
Yunanistan	535620.22	315619.93	72999.89	160,295,841,533	30,224	11,148,460
Macaristan	118187.31	207757.57	80977.46	61,409,382,496	27,330	10,071,370
İrlanda	60000.07	118112.14	109812.99	132,811,998,526	14,652	4,260,773
İtalya	379317.12	1167060.34	407938.54	1,170,191,957,804	181,131	58,941,499
Latonya	3720.83	41286.13	15783.24	13,030,690,849	4,548	2,287,948
Litvanya	42864.82	61370.15	34972.27	17,944,975,000	8,476	3,394,082
Lüksemburg	1545.56	14437.02	7024.57	25,526,810,392	4,308	472,637
Malta	16914.83	11696.18	1596.46	4,189,632,167	821	406,408
Hollanda	64329.94	324060.16	136775	425,124,378,109	76,607	16,346,101
Polonya	1222036.24	920928.26	287157.75	211,778,943,588	97,295	38,141,267
Portekiz	158772.5	275119.71	50976.58	123,567,896,444	24,659	10,584,344
Romanya	862567.05	326481.91	199345.79	52,761,301,149	39,843	21,587,666
Slovakya	87769.59	96539.24	29033.76	39,565,229,409	18,640	5,391,409
Slovenya	18077.07	46834.92	18056.49	25,217,116,913	7,322	2,006,868
İspanya	1170549.49	1402104.85	377771.45	709,277,897,457	141,480	44,116,441
İsveç	35508.45	169146.79	51937.17	294,498,397,001	50,201	9,080,505
Türkiye	1480743.94	1120247.06	407910.16	355,999,132,580	93,035	72,087,928
İngiltere	669310.77	1653644.7	304652.45	1,719,230,357,089	219,431	60,604,901

## Ek 8.

## 2007 Yılı Verileri

Ülkeler	SO <sub>x</sub> (Mg)	NO <sub>x</sub> (Mg)	NH <sub>3</sub> (Mg)	GSYH (2000 USD)	Enerji tüketimi (ktep)	Toplam nüfus (kisi)
Avusturya	24714.24	220667	63506.63	222,343,798,600	33,177	8,300,788
Belçika	125454.38	258554.35	69484.57	265,542,524,139	57,022	10,625,700
Bulgaristan	854006.58	187849.86	58181.26	19,100,854,899	20,231	7,659,764
Kıbrıs	26864.35	20858.51	5308.3	11,876,197,409	2,437	853,814
Çek Cum.	216493.24	283217.19	59900.01	77,251,985,335	45,755	10,334,160
Danimarka	24315.81	168977.33	74187.32	179,149,954,844	19,649	5,461,438
Estonya	87968.04	37887.01	9842.07	10,052,716,307	5,633	1,341,672
Finlandiya	82736.93	184409.88	35187.14	152,371,475,954	36,467	5,288,720
Fransa	415100.8	1362285.52	740472	1,509,272,337,387	263,718	61,938,464
Almanya	506450.64	1454637.99	580976.73	2,077,131,702,598	331,257	82,266,372
Yunanistan	543139.57	373725.81	65224.13	167,464,076,193	32,180	11,192,763
Macaristan	84399.64	189878.52	70594.44	62,023,476,321	26,728	10,055,780
İrlanda	54070.69	116707.44	105507.12	140,812,713,838	15,060	4,356,931
İtalya	335376.92	1131709.54	416596.5	1,187,536,909,895	178,163	59,375,289
Latonya	3657.43	41100.25	16440.26	14,330,842,539	4,670	2,276,100
Litvanya	38655.45	69254.76	36336.25	19,710,725,000	9,250	3,375,618
Lüksemburg	1312.62	13694.94	5238.25	27,179,473,005	4,219	479,993
Malta	17226.15	11566.6	1692.26	4,348,419,298	867	409,050
Hollanda	60477.34	299325.51	137121.92	440,484,613,967	80,423	16,381,696
Polonya	1215547.93	860220.9	289368.72	226,148,618,304	97,111	38,120,560
Portekiz	153874.7	263163.34	51649.62	126,516,366,409	25,065	10,608,335
Romanya	575291.94	309621.94	202616.98	55,926,979,218	38,908	21,546,873
Slovakya	70556.06	96513.94	27086.75	43,750,985,812	17,847	5,397,318
Slovenya	14792.3	44626.34	18503.08	26,930,970,686	7,329	2,018,122
İspanya	1170516.82	1416381.41	388451.88	734,552,323,291	143,950	44,878,945
İsveç	32540.27	163971.36	50337.94	304,258,796,359	50,422	9,148,092
Türkiye	1490493.81	1200212.04	408707.22	372,619,233,720	100,005	73,003,736
İngiltre	594963.59	1556736.04	295084.44	1,763,228,359,812	211,308	60,980,304

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Bengisu FIRAT

**Doğum Yeri** : MUĞLA

**Doğum Yılı** : 1986

**Medeni Hali** : Bekar

### EĞİTİM VE AKADEMİK BİLGİLER

**Lise 2001-2004** : İzmir Özel Türk Koleji Anadolu Lisesi

**Lisans 2004-2008** : Muğla Üniversitesi İ.İ.B.F İktisat Bölümü

**Yabancı Dili** : İngilizce (İyi Derecede)