



T.C.

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DIŞ TİCARET VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

ANABİLİM DALI

**ÇORUM İLİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRESEL ETKİNLİK
ÖLÇÜMÜ: VZA UYGULAMASI**

Yüksek Lisans Tezi

CAN ÖZÜCAN

Çorum - 2022

**ÇORUM İLİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRESEL ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ:
VZA UYGULAMASI**

Can ÖZÜCAN

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Dış Ticaret ve Tedarik Zinciri Yönetimi
Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans Tezi

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Cansu GÖK KISA

Çorum 2022

Can ÖZÜCAN tarafından hazırlanan “Çorum İlinde Sürdürülebilir Çevresel Etkinlik Ölçümü: VZA Uygulaması” adlı tez çalışması 15/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Dış Ticaret ve Tedarik Zinciri Yönetimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İskender PEKER

.....

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Cansu GÖK KISA

.....

Dr. Öğr. Üyesi Ömür DEMİRER

.....

Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../..... tarih ve sayılı kararı ile Can ÖZÜCAN'ın Dış Ticaret ve Tedarik Zinciri Yönetimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Prof. Dr. Muhammed Asif YOLDAŞ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

Can ÖZÜCAN



ÇORUM İLİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRESEL ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ: VZA UYGULAMASI

Can ÖZÜCAN

ORCID: 0000-0002-3561-3849

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

Haziran 2022

ÖZET

Üretim ve tüketim gereksinimlerini sağlamak için insanoğlu yüzyıllardır doğadaki kaynakları kullanmaktadır. Özellikle nüfus artışı, çarpık kentleşme, endüstrileşme ve hızlı tüketim eğilimi gibi etkenler kaynakların hızlı bir şekilde tükenmesini beraberinde getirmiştir. Artık dünya üzerinde var olan kaynakların korunması ve gelecek nesillere aktarımının sağlanması için daha dikkatli davranılmalı ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması için yeni önlemler alınmalıdır. Bu kapsamda, şehirler ve bölgeler ekseninde yapılacak ölçümler geleceği öngörebilmek açısından önem kazanmaktadır.

Son yıllarda geniş uygulama alanı bulunan ve kaynak kullanım ölçümünde oldukça kullanışlı olan Veri Zarflama Analizi (VZA) yönteminden literatürde sıkça yararlanıldığı gözlemlenmiştir. Yöntem etkin çıkmayan karar verme birimleri için referans kümesi oluştururken aynı zamanda potansiyel iyileştirmeler hakkında araştırmacıya bilgi niteliğinde öneriler vermektedir. Bu tez çalışmasının amacı, sürdürülebilir çevresel etkinliğin ölçülmesinde VZA tekniğinden yararlanarak, Çorum ili için değerlendirme yapılmasının sağlanmasıdır. Bu çerçevede Çorum'da 2008-2021 dönemlerinde gerçekleşen çevre harcamaları, elektrik, doğal gaz, petrol, LPG, su, partikül madde, kükürt dioksit, atık su ve katı atık gibi kriterler kullanılarak bir etkinlik ölçümü yapılmıştır. Girdi ve çıktı odaklı olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) ile Banker, Charnes ve Cooper (BCC) modellerine göre yapılan analizde etkinlik sınırını bozan dönemler tespit edilmiştir. Buna göre iyileştirme önerileri ve değerlendirmeler yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

Anahtar Kavramlar: Sürdürülebilirlik, Etkinlik, Çevresel Etkinlik, Veri Zarflama Analizi

Bilim Kodu: 118706

MEASUREMENT OF SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL EFFICIENCY IN ÇORUM PROVINCE: DEA APPLICATION

Can ÖZÜCAN

ORCID: 0000-0002-3561-3849

HITIT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL

Master of Science Thesis

June 2022

ABSTRACT

Human beings have been using natural resources for centuries to meet their production and consumption needs. Especially factors such as population growth, unplanned urbanization, industrialization and rapid consumption trend brought the rapid depletion of the resources. Now, more care must be taken to protect the existing resources in the world and transfer them to future generations, and new measures must be taken to ensure environmental sustainability. In this context, measurements to be made on the axis of cities and regions gain importance in terms of predicting the future.

In recent years, it has been observed that the Data Envelopment Analysis (DEA), which has a wide application area and is very useful in resource usage measurement, is frequently used in the literature. While the method creates a reference set for ineffective decision-making units, it also provides informative suggestions to the researcher about potential improvements. The aim of this thesis study is to provide an evaluation for Çorum province by using the DEA in measuring sustainable environmental efficiency. In this framework, an efficiency measurement was made by using criteria such as environmental expenditures, electricity, natural gas, petroleum, LPG, water, particulate matter, sulfur dioxide, waste water and solid waste in the 2008-2021 periods of Corum. In the analysis made according to Charnes, Cooper and Rhodes (CCR) and Banker, Charnes and Cooper (BCC) models regarding input and output focus, periods that disrupt the efficiency limit were determined. Accordingly, improvement suggestions and evaluations were made and the study was completed.

Key Terms: Sustainability, Efficiency, Environmental Efficiency, Data Envelopment Analysis

Science Code: 118706

TEŞEKKÜR

“Çorum İlinde Sürdürülebilir Çevresel Etkinlik Ölçümü: Veri Zarflama Analizi Uygulaması” konulu yüksek lisans tez çalışmamda, kıymetli bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren ve her aşamada cesaretlendiren saygı değer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Cansu GÖK KISA’ya en içten sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

Can ÖZÜCAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı.....	4
1.2. Sürdürülebilir Kalkınma.....	6
1.2.1. Sürdürülebilir kalkınmanın boyutları.....	10
1.3. Sürdürülebilir Kalkınma ve Döngüsel Ekonomi İlişkisi	13
1.4. Sürdürülebilirliğin Raporlanması ve Ölçülmesi	15
1.4.1. Sürdürülebilirlik ölçümünde endeksler	15

2. BÖLÜM

PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

2.1. Performans Ölçümüne Genel Bakış	23
2.2. Performans Ölçümünde Kullanılan Kavramlar.....	23
2.2.1. Tutumluluk.....	24
2.2.2. Verimlilik.....	24
2.2.3. Etkinlik (Etkenlik).....	26
2.2.4. Etkililik.....	32
2.3. Farrell'in Etkinlik Yaklaşımı	33

2.4. Etkinlik Ölçümünde Kullanılan Yöntemler	35
2.4.1. Oran (Rasyo) analizi	36
2.4.2. Parametrik yöntemler	36
2.4.3. Parametrik olmayan yöntemler	39

3. BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

3.1. Veri Zarflama Analizi Tanımı	42
3.2. Veri Zarflama Analizinin Ortaya Çıkışı ve Tarihsel Gelişimi	43
3.3. Veri Zarflama Analizinin Uygulandığı Çalışmalar	47
3.4. Veri Zarflama Analizinin Amacı	51
3.5. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Özellikleri	51
3.5.1. Veri zarflama analizinin güçlü özellikleri	51
3.5.2. Veri zarflama analizinin zayıf özellikleri	52
3.6. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları	53
3.6.1. KVB'lerin seçimi	54
3.6.2. Girdi ve çıktı kümelerinin seçimi	55
3.6.3. Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği	56
3.6.4. Göreli etkinliğin analizi	57
3.6.5. Etkinlik değeri ve sınırı	57
3.6.6. Her bir karar birimi için detay analizi	58
3.6.7. Referans grupları	58
3.6.8. Etkin olamayan karar verme birimleri için hedef belirleme	59
3.6.9. Sonuçların değerlendirilmesi	59
3.7. Veri Zarflama Analizinin Grafikselleştirilmesi	59
3.8. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı	60
3.9. Veri Zarflama Analizi Modelleri	62

3.9.1. Charnes- Cooper-Rhodes (CCR) modelleri.....	64
3.9.2. Banker, Charnes, Cooper (BCC) modelleri.....	70

4. BÖLÜM

UYGULAMA: ÇORUM İLİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRESEL ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

4.1. Türkiye’de ve Dünya’da Çevresel Etkinlik	75
4.2. Çevresel Etkinlik Üzerine Literatür Taraması.....	76
4.3. Araştırmanın Amacı	81
4.4. Araştırmada Kullanılan Veri Seti	82
4.5. Veri Zarflama Analizi Uygulaması	82
4.5.1. Karar verme birimlerinin seçimi.....	82
4.5.2. Girdi ve çıktı (değişkenlerin) seçimi.....	83
4.5.3. Veri zarflama modellerinin oluşturulması.....	86
4.5.4. Etkinlik ölçümü ve analizler.....	88
SONUÇ VE ÖNERİLER	97
KAYNAKLAR	100

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
Tablo 1.1. Sürdürülebilirlik tanımları.....	4
Tablo 1.2. Sürdürülebilir kalkınma alanında çalışmalar.....	8
Tablo 1.3. Yeşil şehir emdeksinde yer alan kriterler.....	18
Tablo 1.4. UNGC'nin on ilkesi.....	20
Tablo 1.5. Raporlama için gerekli kategori ve unsurlar.....	22
Tablo 4.1. Kriter seçimi.....	83
Tablo 4.2. Çorum iline ait çevresel veriler.....	84
Tablo 4.3. Girdi ve çıktı değişkenlerine ait korelasyon analizi sonuçları.....	85
Tablo 4.4. Girdi odaklı CCR-VZA sonuçları.....	88
Tablo 4.5. Girdi odaklı CCR'da etkin olmayan birimlere ait aylak değişkenler.....	89
Tablo 4.6. Çıktı odaklı CCR-VZA sonuçları.....	90
Tablo 4.7. Çıktı odaklı CCR'da etkin olmayan birimlere ait aylak değişkenler.....	91
Tablo 4.8. Girdi odaklı BCC-VZA sonuçları.....	92
Tablo 4.9. Girdi odaklı BCC modelinde etkin olmayan birimlere ait aylak değişkenler.....	93
Tablo 4.10. Çıktı odaklı BCC-VZA sonuçları.....	94
Tablo 4.11. Çıktı odaklı BCC' de etkin olmayan birimlere ait aylak değişkenler.....	95

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Sürdürülebilir kalkınmanın birbirinden bağımsız boyutları.....	10
Şekil 1.2. Çevrenin ekonomik ve sosyal boyutu içine aldığı yaklaşım.....	11
Şekil 1.3. Üç sütun modeli.....	11
Şekil 1.4. Doğrusal ve döngüsel ekonominin karşılaştırılması.....	14
Şekil 2.1. Ölçeğe göre sabit, artan ve azalan getiri.....	31
Şekil 2.2. Farrel'in etkinlik yaklaşımı.....	34
Şekil 2.3. SAB'de etkin sınır ve VZA sınırı kıyaslaması.....	40
Şekil 3.1. 1978-2016 VZA ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı.....	47
Şekil 3.2. İki boyutlu bir etkin sınır eğrisi ve VZA.....	59
Şekil 3.3. VZA'da kullanılan modeller	62
Şekil 3.4. CCR -BCC modelleri için etkin sınır	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
BCC	Banker, Charnes ve Cooper Modeli
BİST	Borsa İstanbul
BM	Birleşmiş Milletler
CCR	Charnes, Cooper, Rhodes Modeli
CEO	Cheif Executive Officer
CERES	Coalition for Environmentally Responsible Economies
CRS	Constant Returns Scale
DEA	Data Envelopment Analysis
DEET	Departmant of Education Skills and Employment
DHMİ	Devlet Hava Meydanları İşletmesi
DP	Doğrusal Programlama
DRS	Decreasing or Diminshing Returns to Scale
DY	Dağılımsız Yaklaşım
EIU	Economist Intelligence Unit
EMS	Efficiency Measurement System
EPDK	Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
EPI	Enviromental Performance Index
ERIS	Ethical Investment Research Services Limited
FDH	Free Disponsal Hull
FTSE	Financel Times Stock Exchange
GRI	Global Reporting Initiative
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IRS	Increasing Returns to Scale

IUCN	International Union for Conservation
İMKB	İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
KSY	Kalın Sınır Yaklaşımı
KVB	Karar Verme Birimi
NCE	National Commission on the Enviroment
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PI	Potansiyel İyileştirme
SAB	Serbest Atılabilir Bölge
SSY	Stokastik Sınır Yaklaşımı
TDK	Türk Dil Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNDP	United Nation Development Programme
UNEP	United Nation Enviroment Programme
UNGC	United Nations Global Compact
VOC	Volatile Organic Compounds
VRS	Variable Return to Scale
VZA	Veri Zarflama Analizi
WCED	World Commission on Enviroment and Development
WWF	World wide Fund for Nature

Simgeler

Enb	Enbüyükleme
Enk	Enküçükleme
E_k	k. KVB' nin etkinliği
u_r	k. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık
v_i	k. KVB tarafından i. Girdiye verilen ağırlık
Y_{rk}	k.KVB tarafından üretilen r. çıktı miktarı

X_{ik}	k.KVB tarafından kullanılan i girdi miktarı
Y_{rj}	j.KVB tarafından üretilen r. çıktı miktarı
X_{ij}	j.KVB tarafından üretilen i. girdi miktarı
n	KVB sayısı
s	Çıktı sayısı
m	Girdi sayısı
S_i veya S_r	Aylak (Hipotetik) Değişken
θ	Teta
η	Eta
μg	Mikrogram
m^3	Metreküp
ε	Küçük pozitif bir değer
φ_k	Radyal artış katsayısı
η_{jk}	Çıktıda kullanılan yoğunluk değeri

GİRİŞ

İnsan nüfusundaki artış tüketimi de artırmakta doğal kaynaklardaki kullanılabilirliği oldukça ağır etkilemektedir. Günümüzdeki ekonomik büyüme ve gelişmeye bağlı olarak ortak kullanmakta olduğumuz ve çevre kapsamında olan hava, temiz su ve toprak kalitelerinde bozulmalar meydana gelmektedir. Önceden tüketim bu denli yüksek olmadığından çevre kaynaklarını yenileyebiliyordu. Ancak yaşanan olumsuzluklar neticesinde çevre artık kendini yenileyememektedir. Enerji, toprak ve su kaynakları insanlar için hayati öneme sahiptir. Bu doğal kaynakların birbirini etkileyen bir yapısı vardır. Özellikle enerjinin diğer iki doğal kaynak üzerinde etkisi çok büyüktür. Günümüzde küresel enerji talebinin önemli bir bölümünü petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil kaynaklı yakıtlar oluşturmaktadır. Fosil yakıtlara bağlı aşırı tüketim çevresel problemleri beraberinde getirerek iklim değişikliğini hızlandırdığı kaçınılmaz bir gerçektir.

Özellikle koronavirüs (Covid-19) salgın hastalığı kaynaklı küresel ekonomide oluşan durağanlık enerji tüketimlerini önemli miktarda düşürerek çevresel kaynakların kendini iyileştirebilmesi için yeni fırsatlar yaratmıştır. Örneğin Çin'de uygulanan karantina faaliyetleri ile fabrikaların çalışmaması ve araçların kullanılmaması partiküler madde (PM) değerlerinde düşüslere neden olmuştur. Bir diğer örnekte İtalya'nın Venedik şehrindeki kanallar için verilebilir. Koronavirüs nedeniyle turist sayısı azalmış ve bundan dolayı kanallardaki suyun geçmişe oranla daha temiz olduğu gözlemlenmiştir. Hatta bu duruma bağlı olarak kanallarda yaşayan su canlılarının sayısında artışlar yaşanmıştır. Ancak yaşanan süreçten gerekli dersler çıkarılmamış ve tedbirlerin kalkmasıyla çevresel sorunlarda yeniden artışlar başlamıştır.

Bu bağlamda sürdürülebilirliğin son zamanlarda ön plana çıkmasıyla birlikte özellikle tüketim ve üretim faaliyetlerinin çevreye olan olumsuz etkilerinin giderilmesi konusunda farkındalıklar yaratmak için yapılacak çalışmalar oldukça önemli hale gelmiştir. Şirketler erken dönemde bu konunun önemine vararak yatırımcıların kararlarını önemli ölçüde etkilemek için dönem sonunda bilgi odaklı sürdürülebilirlik raporları sunmaktadır. Bu alanda Türkiye'de şehirler bazında değerlendirilmelerin yapılması açısından bazı boşluklar görülmektedir. Aynı şirketlerde olduğu gibi şehirler için de kapsamlı sürdürülebilirlik raporları düzenlenerek çevresel etkinlik üzerine yeni çalışmalar gerçekleştirilmesi önem taşımaktadır. Böylece şehirlerin öncelikli olarak dikkat edilmesi gereken çevresel problemler daha kolay tespit edilebilir ve geleceğe yönelik daha etkin çevresel stratejiler geliştirilebilir.

Sürdürülebilir amaçlara ulaşma hususunda döngüsel ekonomi modelinde önemi göz ardı edilmemelidir. Ülkemizde döngüsel ekonomi sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmektedir. Döngüsel ekonominin özünde tüketilen kaynağın azaltılması, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve iyileştirme vardır. Daha az doğal kaynak kullanımı ile daha fazla değer yaratmak amaçlanır. İçinde bulunduğumuz dönemde artan hammadde ve enerji taleplerinin çevre üzerindeki olumsuz etkileri gözden kaçmamaktadır.

Bu tez çalışmasında Çorum ilinin son on dört yıllık sürdürülebilir çevresel etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile ölçülmesi amaçlanmıştır. VZA yöntemi literatürde etkinlik ölçümünde sıklıkla kullanılan elverişli teknikler arasında yer almakta olup araştırmacılara detaylı analiz yapma imkanı sunmaktadır. Seçilen karar verme birimleri ve literatürdeki çalışmalara bakıldığında daha önce Çorum ilini tek başına baz alan böyle bir çalışmaya rastlanılmadığı gibi çevre illerde de bu tarz bir çalışmanın gerçekleştirilmediği görülmektedir. Dolayısıyla yapılan bu çalışmanın çevresel sürdürülebilirlik literatürüne farklı bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer yandan TR 83 kapsamındaki (Amasya, Samsun ve Tokat) şehirlerde böyle bir etkinlik analizine rastlanılmadığı için bu çalışma bölgesel düzeyde de kılavuzluk görevi üstlenmektedir. Ayrıca literatürde son zamanlarda sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi modeli konulu ulusal ve yerel düzeydeki araştırmaların sayılarında yaşanan artış, çevresel etkinlik ölçümü konulu çalışmaların gerekliliğini göstermektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde sürdürülebilirlik terimi açıklanmıştır. Sürdürülebilirliğin düşünsel temelleri incelendiğinde bu terimin uygulamada çok geniş ve çeşitli yer almasından dolayı literatürde geçen farklı tanımlamalara kısaca yer verilmiştir. Sürdürülebilirlik daha sonra 20. yüzyılın sonlarına doğru sürdürülebilir kalkınma terimi ile bütünleşmiştir. Bu konu üzerine 1972-2022 dönemlerinde birçok konferans düzenlenerek yeni eylem planları oluşturulmuştur. Eylem planları ve stratejiler oluşturulurken sürdürülebilirliğin üç temel boyutu (ekonomik, çevre ve sosyal) içerisinde yer alan unsurlara oldukça dikkat edilmiştir. Üç temel boyut içerisindeki unsurlar sürdürülebilirliğin raporlanmasında seçilecek kriterleri belirlemektedir. Bu çalışmada kullanılan girdi ve çıktıların seçimi veri elverişliliğinin yanında Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi, Yeşil Şehir Endeksi ve Küresel Raporlama Girişiminde yer alan ortak kriterlere göre yapılmıştır. Çalışmanın tutarlılığı ve konu bütünlüğü bu sayede daha da sağlamlaşmıştır. Bu bölüm sürdürülebilirliğin raporlanmasında kullanılan endeksler, ilkeler ve standartların anlatımıyla son bulmaktadır.

İkinci bölümde, ele alınan asıl konu etkinliktir. Ancak etkinlik literatürde bir performans kavramı olarak ele alındığından dolayı önce performans ve performans ölçümünde kullanılan kavramlar hakkında kısa bilgilere değinilmiştir. Bu bölümde etkinlik kavramı derinlemesine incelenerek etkinlik, etkinlik türleri ve Farrell'in etkinlik analizinde yararlanılan yöntemler hakkında bilgiler verilmektedir.

Üçüncü bölümde, VZA ile ilgili tanımlamalar, VZA'nın tarihsel gelişim süreci, literatürde yer alan örnek çalışmalar, güçlü ve zayıf özellikleri, uygulama aşamaları ve matematiksel yapılara yer verilmiştir. Ölçeğe göre sabit (CCR) ve değişken (BCC) getirili modellere ilişkin matematiksel notasyonlar detaylıca açıklanmıştır.

Araştırmanın son bölümü olan dördüncü bölümde, Dünyada ve Türkiye'de çevresel etkinliğin ne durumda olduğuna dair kısa bilgiler ve buna ek olarak Avrupa Yeşil Mutabakatı ile 2050 yılına kadar sürdürülebilir ve kaynak etkin bir ekonomiye geçişte şehirlerde özen

gösterilmesi gereken hususlardan bahsedilmiştir. Daha sonra çevresel etkinlikle alakalı literatürde yer alan örnek çalışmalar anlatılmıştır. Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi, Yeşil Şehir Endeksi, Küresel Raporlama Girişimi ve daha önceki çalışmalarda kullanılan kriterler temel alınarak girdi ve çıktı değişkenleri seçilmiştir. Çorum ilinin 2008 – 2021 dönemlerine ait çevresel etkinliğini ölçmeyi amaçlayan bu çalışmada altı tane girdi ve dört tane çıktı analize dahil edilmiştir. Girdiler; çevresel harcamalar, elektrik tüketim miktarı, doğal gaz tüketim miktarı, petrol tüketim miktarı, LPG tüketim miktarı ve su tüketim miktarından oluşmaktadır. Çıktılar ise atık su arıtım miktarı, katı atık miktarı, partiküler madde ve kükürt dioksitten oluşmaktadır. Bu değişkenlere ait veriler, Çorum Belediyesi, Eneji Piyasası Düzenleme Kurumu, Türkiye İstatistik Kurumu, Çorum Gaz A.Ş ve Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağından alınan bilgiler üzerinden elde edilmiştir.

Efficiency Measurement System 1.3 version paket programına aktarılan veriler CCR – BCC etkinlik modellerine göre girdi ve çıktı odaklı olarak analize tabi tutulmuştur. Oluşturulan dört model için çözümlenmeler yapılarak etkin ve etkin olmayan karar verme birimleri tespit edilmiştir. Etkin olmayan birimler için referans kümeleri belirlenmiştir. Son olarak analiz neticesinde elde edilen bulgulara göre değerlendirmeler yapılmıştır ve çalışma sonuç ve öneriler kısmı ile sonlandırılmıştır.

1. BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilir yaşam, sürdürülebilir kurumlar, sürdürülebilir kentler ve sürdürülebilir ülkeler derken sürdürülebilirlik kavramının son zamanlarda oldukça fazla karşımıza çıktığı görülmektedir. Sürdürülebilirlik sözcüğünün etimolojik kökeni Latince olup “sustinere” (dayanmak, ayakta kalmak) kelimesine dayanmaktadır. Farklı kaynaklarda bu kelime “subtenir” (korumak, aşağıdan desteklemek) şeklinde de ifade edilmektedir. Oxford İngilizce Sözlüğü’nde 20. yüzyılın yarısında ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramına eşdeğer olarak Fransızca “durable” (dayanıklı), Almancada “Nachhaltigkeit” (kalıcılık) kelimeleri de yüzyıllardır kullanılmaktadır. Aslında sürdürülebilirlik kavramı daha eskilere dayanmaktadır. Alman muhasebeci ve maden yöneticisi olan Hans Carl von Carlowitz (1713) tarafından ormancılıkla ilgili “*Sylvicultura Oeconomica*” isimli bir bilimsel bir kitap yazılmıştır. O dönemde maden kuyularını sabitlemek, demir cevheri eritmek ve gemi inşası yapmak amaçlı çok sayıda ağaç kesildiği, kesilen bu ağaçların doğada ikamesi olacak genç ağaçların olup olmadığını tespit edilmesi gerektiği ve bu durumun bir denge meselesi olduğuna vurgu yapılmıştır.

İnsanoğlunun sürekli devam eden üretim ve tüketim eylemleri çevre üzerinde bir takım etkiler bırakmaktadır. Dolayısıyla ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramını farklı şekillerde tanımlamak mümkündür. Sürdürülebilirlikle ilgili yapılmış olan tanımlamalardan bazıları Tablo1.1.’de açıklanmıştır.

Tablo 1.1. Sürdürülebilirlik tanımları

Yazar	Kavram Tanımları
Ruckelshaus, 1989	“Ekolojinin en geniş sınırları içinde ekonomik büyümenin ve kalkınmanın karşılıklı etkileşim ile sağlanacağı ve zaman içinde korunacağı doktrindir”.
Lele, 1991	“Gelecek nesiller boyunca insan yaşamının belirli bir refah seviyesinde tutulması için gerekli çevreyle ilgili şartların sağlanmasıdır”.

Tablo 1.1. Sürdürülebilirlik tanımları (Devamı)

Gilman, 1992	“Toplumun, ekosistemin ya da devam eden herhangi bir sistemin ana kaynaklarını tüketmeden belirsiz bir geleceğe kadar işlevini sürdürmesidir”.
Chapin, Torn ve Tateno, 1996	“Ekolojik sistemlerin işlevlerini, süreçlerini ve üretkenliklerini gelecekte de devam ettirebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır”.
Meadowcroft, 1997	“Bir şeyin varlığını sürekli kılma amacının güdülmesidir”.
Turner, 2008	“Dünya kaynaklarının ve çevrenin insan faaliyetleri sonucu tükenme sınırına doğru ilerlemesini engellemektir”.
Ratiu, 2013	“Dünyada var olan kaynakların korunarak, gelecek nesillere aktarımının sağlanmasıdır”.
Quaddus ve Siddique, 2011	“Ekonomik çevresel ve sosyal gelişmelere bağlı fırsatları değerlendirerek ve yine ekonomik, çevresel ve sosyal gelişmelere bağlı riskleri yöneterek uzun vadeli değer yaratmak isteyen bir iş anlayışıdır”.
Portney, 2015	“Sürdürülebilirlik daha çok dünya ya da onun bir parçası insan nüfusunu ve ekonominin büyümesini desteklerken bunun bir sonucu olarak insan, hayvan ve bitki sağlığının olumsuz etkilenmeyeceği kararlı bir halin sağlanmasıdır”.

Kaynak: Yazarlar tarafından ele alınmıştır.

Sanayi devriminden önce üretim sadece temel ihtiyaçların karşılaması için yapılmaktaydı. Ancak Sanayi Devriminin gerçekleşmesi ve artan nüfus tüketimdeki artışı da beraberinde getirmiştir. Bilim ve teknoloji alanında yaşanan gelişmeler neticesinde topraktan ziyade makine üretimi önem kazanmıştır. Kısaca Sanayi Devrimi kullanılan üretim tekniklerini değiştirdiği gibi tüketim alışkanlıklarını da değiştirmiştir. Tüketen bir toplumun devamlılığının kapitalizme bağlı olduğu varsayılır (Çelik ve Küçük, 2020, s.7). Tüketim toplumunun zihninde, yeni ihtiyaçların yaratılması ve ihtiyaçların sınırsız olması düşüncesi yatmaktadır. Yeni ihtiyaçların yaratılarak satın alma hevesinin canlı tutulması düşüncesi, gerçekte üretim ve tüketim çarkının işler tutulmasına ve kâr döngüsünün

gerçekleştirilmesine hizmet etmektedir. Özetle bu durum kapitalizmin istikrarlı bir şekilde çalıştığını göstermektedir. Tüketim faaliyetleri, doğrudan ya da dolaylı olarak CO₂ salınımında artışa, biyolojik çeşitliliğinin azalmasına, küresel ısınmanın artmasına ve doğal kaynakların tükenmesine neden olarak çevresel sorunları gün yüzüne çıkarmaktadır (Savaş, 2012, s.137). Tüketimin olumsuz etkilerini azaltıp ekosistemdeki dengenin korunmasını sağlarken diğer yandan ekonomik büyüme ve gelişmenin devamlılığının sağlanması sürdürülebilirlik kavramını ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilirlik konusu, ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri ön planda tutan ve son yıllarda giderek önemi artan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürdürülebilirlik konusu derinlemesine incelendiğinde uygulama alanının ne kadar geniş ve çeşitli olduğu görülmektedir.

1.2. Sürdürülebilir Kalkınma

Birinci ve İkinci dünya savaşları sonrasında ülkeler ekonomik açıdan oldukça büyük zarara uğramıştır. Ekonomilerin yeniden iyileştirilmesi ve hayat koşullarının olumlu yönde gelişebilmesi için küresel ekonomiler çok uzun bir süre boyunca kaynakların kıt oluşunu ve çevre sorunlarını geri planda tutmuşlardır. Özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra ortaya çıkan hızlı yapılanma, kapitalist – teknolojik- endüstriyel gelişme ve kontrolsüz nüfus artışı ile birlikte, doğal sistemler tüm alanlarda çağın dışına itilmiş ve tüketimin son derece kontrolsüz olduğu bir kalkınma süreci ortaya çıkmıştır. 1960'ların sonuna gelindiğinde ise ekolojik dengelerin bozulmakta olduğu ve bunun nedenin de çevre ve kalkınma arasındaki bağların göz ardı edilmesinden kaynaklandığı anlaşılmıştır (Ozmehmet, 2008, s.2). Dar anlamda kalkınma kavramı, yeni üretim teknik ve teknolojilerinin kazanımı ile çıktıdaki artış olarak ifade edilmektedir. Geniş anlamda kalkınma ise, niceliksel artışla beraber niteliksel artışında olduğu; bir başka deyişle üretim ve gelirdeki artışın yanında sosyal, kültürel ve politik alanlardaki gelişmeleri de içinde barındıran kapsayıcı bir kavram olarak ifade edilmektedir. (Bayrak ve Polat, 2020, s.37). Geçmişteki ekonomik kalkınma modellerindeki sürekli üretim yaparak kâr marjını artırma isteği çevre faktörünü hiçe saymıştır. Buna bağlı olarak fosil kaynaklara olan bağımlılık, doğal kaynakların bilinçsizce tüketilmesi, tüketim sonucu ortaya çıkan atık problemleri, sağlıksız kentleşme ve çevreye verilen tahribatlar; küresel ısınma, iklim değişikliği, su kaynaklarının kirliliği, ozon tabakasının aşınması, nesillerin tükenmesi ve doğal habitatların özelliklerini kaybetmesi gibi negatif çevresel sonuçlar doğurmuştur (Ozmehmet, 2008, s.2).

Çevreye karşı duyarlı ekonomik kalkınma fikri 1970'lerin sonunda Birleşmiş Milletler (BM) Çevre Programı çalışmalarında yerini almasıyla birlikte sürdürülebilirliğin önemi biraz daha artmıştır. 1987 yılında, BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun yayımladığı "Ortak Geleceğimiz" adlı rapor sürdürülebilir kalkınmayı "bugünün ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama yetisinden ödün vermeden karşılayan" ekonomik kalkınma olarak ilk kez bu raporda tanımlamıştır (WCED, 1987, s.39). Söz konusu rapor aynı zamanda

Brundtland Raporu olarak geçmektedir. İsmi 1980'li yılların sonlarında BM Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu başkanlığı yapmış Norveç başbakanı Gro Harlem Brundtland'dan almıştır. Ulusal Çevre Komisyonu 1993 yılı raporunda sürdürülebilir kalkınmayı, bugünkü kuşağın gelecekteki kuşakların seçeneklerini kısıtlamayı aksine kendi çocuklarının bugün yaşayan insanlar kadar hatta onlardan daha iyi yaşamasını sağlayacak bir çevre ve kaynak birikimi aktarmak yoluyla, bu seçenekleri artırmasını gerekli kılar. Sürdürülebilir kalkınma, dünyanın imkânları dâhilinde yaşamaya dayanır (NCE, 1993, s.2).

Sürdürülebilir kalkınma kavram olarak 20. yüzyılın sonlarına doğru ortaya çıkan bir kavram olsa da "sürdürülebilir kalkınma" doktrini, neredeyse iki yüzyıldır gelişen ekonomideki bir disiplinden gelmektedir (Basiago, 1999, s.146). Bazılarına göre sürdürülebilirliğin temelleri 18. yüzyılın sonlarında İngiliz iktisat teorisyeni Thomas Malthus'un öne sürdüğü fikirlere uzanmaktadır. Malthus, nüfus artışının eninde sonunda Dünya'nın o nüfusu destekleme kapasitesini aşacağını düşünmektedir. Malthus öngörüsüne göre ortaya çıkan sonuç insani ve doğal sistemlerin felakete uğrayarak yıkılmasıdır. Malthus'a göre felaketi önlemenin ve daha sürdürülebilir olmanın tek etkili yolu nüfus artışını kontrol altında tutmaktır. Şüphesiz, nüfus artışı kontrol altına alınmadığı takdirde bir felaketin doğmamış olmaması alternatif bir görüş de ortaya çıkarmış, teknoloji ve teknolojik gelişmelerin insan nüfusunun yaşam becerisini destekleyen sistemlerin verimliliğini geliştireceği öne sürülmüştür. Belirtilen bu görüşlere göre insan nüfusunun uzak gelecekte de artmaya devam edeceği varsayılmaktadır (Portney, 2015, s.13-14).

Nisan 1968'de on ülkeden bilim adamı, eğitimci, ekonomist, sanayici ve uluslararası kamu görevlisinden oluşan otuz kişilik bir grup toplanmış ve gayri resmi olan Roma Kulübü kurulmuştur. Toplantıdaki amaç içinde yaşanan küresel sistemi oluşturan ekonomik, politik, doğal ve sosyal olan farklı ama birbirine bağımlı bileşenlerin anlaşılmasını teşvik etmek, bu yeni anlayışı uluslararası alanda politika yapımcıların ve kamuoyunun dikkatine sunarak, yeni politik girişimlere ve eylemlere teşvik etmektir. Uluslararası katılımcıların vasıtasıyla 1972 yılında "Büyümenin Sınırları" (Limit to Growth) raporu oluşturulmuştur. Raporda elde edilen sonuçlar maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır (Meadows vd., 1972, s.22-24);

- Dünya nüfusu sanayileşme, kirlilik, gıda üretim ve kaynak tüketimindeki mevcut artış eğilimleri değişmeden devam ederse, önümüzdeki yüz yıl içinde gezegendeki büyüme sınırına ulaşılacaktır. Muhtemel sonuç ise, hem nüfus hem de sanayi kapasitesinde oldukça ani ve kontrol edilemeyen bir düşüşün olacağıdır.
- Bu büyüme eğilimlerini değiştirmek ve gelecekte de sürdürülebilir bir ekolojik ve ekonomik istikrar oluşturmak mümkündür. Küresel denge durumu, dünyadaki her insanın temel maddi ihtiyaçlarının karşılanması ve her insanın kendi bireysel insan potansiyelini gerçekleştirme konusunda eşit fırsata sahip olması için tasarlanabilir.

- İnsanlar ilkinden ziyade ikinci sonuç için çaba göstermeye karar verirlerse ve bunu başarmak için ne kadar erken davranırlarsa, başarı şansları o kadar yüksek olacaktır.

Sürdürülebilir kalkınma üzerine 1972 yılından itibaren günümüze kadar ulusal ve yerel düzeyde birçok konferans ve çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların önemli bir bölümü kronolojik olarak Tablo 1.2’de sıralanmıştır.

Tablo 1.2. Sürdürülebilir kalkınma alanında yapılan çalışmalar

Konferans/ Rapor	Açıklama
BM İnsan Çevre Konferansı (Stockholm Konferansı) Haziran 1972	BM'nin uluslararası çevre konularının geliştirilmesinde ilk büyük konferansıdır. Konferans Stockholm'de 113 ülkenin katılımı ile gerçekleşmiştir. Konferansta gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin endüstrileşme ve teknolojik ilerlemelerden kaynaklı çevresel problemleri görüşülmüştür. İnsan hakları ilgilendiren temel ihtiyaçlarında (barınma, beslenme ve su) karşılanması yönünde önemli vurgular yapılmıştır. Ancak konferanstan sonra belirlenen sorunlar pratikte çözülememiş ve çevresel sorunlar büyümeye devam etmiştir (United Nations,2019; Bayrak ve Polat, 2020, s.37).
BM İnsan Yerleşmeleri Konferansı (Habitat I) Haziran 1976	İnsan yerleşim konferanslarının ilki olan Habitat I Vancouver’ de düzenlenmiştir. 1972 Stockholm Konferansı neticesinde kabul edilen kabul edilen üç temel ilkesini “İnsan Hakları”, “Ekonomik ve Sosyal Kalkınma” ile “Çevrenin Korunması” kentleşmeye uyarlamak için küresel bir plan oluşturmak amaçlanmıştır. Vancouver Bildirgesinde insan yerleşim politikaları, ırk, renk, cinsiyet, din, dil, ideoloji, milli ve sosyal herhangi bir politik konuda ayırım yapılmaksızın temel ihtiyaçların karşılanması gerekliliği ele alınmıştır (T.C Dışişleri Bakanlığı, 2022).
Dünya Koruma Stratejisi 1980	“Sürdürülebilir Kalkınma” kavramının ilk defa gündeme geldiği önemli çalışmalardan biridir. Ekolojik süreçlerin korunması, kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve genetik çeşitliliğin korunması olmak üzere üç ana hedefi vardır. Uluslararası Doğayı ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN), BM Çevre Programı (UNEP) ve Dünya Vahşi Hayatı Koruma Fonu’nun (WWF) ortak çalışmasıyla 1980’ de yayınlanmıştır. Raporunda insan ihtiyaçlarının karşılanması, ekonomik gelişmelerin sağlanması ve doğal kaynakların korunması için harekete geçilmesi gerektiği belirtilmektedir (Bozdoğan, 2018, s1018).
Ortak Geleceğimiz Raporu Ekim 1987	“Sürdürülebilir Kalkınma” kavramının tanımının yapıldığı ilk çalışma olan Brundtland Raporu gittikçe ağırlaşan çevresel problemler karşısında, çevresel gelişme ve ekonomik kalkınma arasındaki bağlantının kurulmasını ve bu gelişmenin sürdürülebilir olmasını savunmaktadır.
BM Çevre ve Kalkınma Konferansı Haziran 1992	Brezilya’nın Rio de Janerio kentinde düzenlenen konferans 178 ülkenin katılımı ile gerçekleşmiştir. Konferansta kabul edilen Gündem 21 belgesinde, sürdürülebilir tarım, kırsal kalkınmada teşvik ve orman geliştirme gibi konular gündeme getirilmiştir (United Nation, 2022).
Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu Aralık 1992	Gündem 21’ de yer alan kararların uygulamasının denetimi için oluşturulmuştur.

Tablo 1.2. Sürdürülebilir kalkınma alanında yapılan çalışmalar (Devam)

BM İnsan Yerleşimleri Konferansı (Habitat II) Haziran 1996	İstanbul'da gerçekleştirilen konferansın ana gündem konusu, herkes için yeterli konut ve sürdürülebilir insan yerleşmeleri olmuştur. Habitat II konferansında sürdürülebilir yerleşme önemli bir amaç olarak dile getirilmiş ve dışlanma, dışlanma toplumsal uyum, özel sektör / kamu iş birliği, kirlilik, yığılma, doğa ile ilişki, kimlik ve kültürel farklılıklar gibi kentsel problemlerin evrenselliği ilan edilmiştir (Tosun, 2009, s.6).
Kyoto Protokolü 1997	Sera gazı emisyonları küresel ölçekte artmaya devam etmesi ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri aşırı hissedilir hale gelince, gelişmiş ülkelerin bağlayıcı yükümler üstlenmeleri için BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine taraf ülkeler mevcut sözleşmenin niteliğini güçlendirmek amacıyla imzalamışlardır. 2005 yılında yürürlüğe giren protokolde 191 ülke ve AB taraftır. Ülkemiz protokole 2009 yılında dâhil olmuştur (T.C Dışişleri Bakanlığı, 2022).
BM Milenyum Zirvesi Eylül 2000	BM bu zirvede 21. yüzyılın ihtiyaçları için yeni bir kalkınma stratejisi oluşturmak istemiştir. 2015 yılına gerçekleştirilmesi beklenen 8 adet hedef oluşturulmuştur. Söz konusu hedefler aşırı yoksulluk, evrensel ilköğretim, cinsiyet eşitliği, çocuk ölüm oranlarını düşürmek, anne sağlığı, hıv/aids hastalıklarıyla mücadele, çevresel sürdürülebilir ve kalkınma için küresel ortaklık şeklinde milenyum raporunda yer almaktadır (United Nation, 2022).
Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Ağustos 2002	Güney Afrika Cumhuriyeti'nin Johannesburg kentinde düzenlenmiştir. Rio konferansında alınan kararların uygulanma süreçlerine yönelik bir değerlendirme yapılmıştır. Zirvede fakirliğin giderilmesi, su, enerji, sağlık, tarım, biyolojik çeşitlilik ve diğer alanlarla ilgili kararlar alınmıştır. Kısaca bu zirvede sürdürülebilir kalkınmayla ilgili uluslararası taahhütler yeniden gündeme getirilmiştir.
Sürdürülebilir Borsalar Girişimi 2009	Borsaların, yatırımcıların, düzenleyicilerin ve şirketlerin işbirliği içinde çalışarak çevresel, sosyal ve kurumsal konularda şeffaflığın ve performansın artırılması amaçlanmıştır (SSEI, 2022).
BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio +20 Konferansı) Haziran 2012	1992 Rio konferansından 20 yıl sonra yeniden sürdürülebilir kalkınma için bir konferansa ev sahipliği yapılmıştır. Sürdürülebilir kalkınma ile ilgili daha önce yapılmış konferansların değerlendirilmesi yapılarak verilen politik taahhütler yenilenmiştir. 192 ülkenin anlaşmaya varmasıyla "İstedığımız Gelecek" belgesi kabul edilmiştir. Belge içeriğinde yoksullukla mücadele, yeşil ekonomi, enerji, su, istihdam, gıda ve doğal felaketler gibi konulara yer verilmiştir (Yıldırım ve Nuri, 2018, s.13).
BM Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi Eylül 2015	Sürdürülebilir kalkınma için yeni bir iddialı gündem onaylanmak üzere New York'taki BM Genel Merkezinde 193 üye ülke bir araya gelmiştir. 2030 sürdürülebilir Kalkınma Gündeminde 17 adet sürdürülebilir kalkınma amacı ve 169 hedef belirlenmiştir (United Nations,2019; Bayrak ve Polat, 2020,s.37).

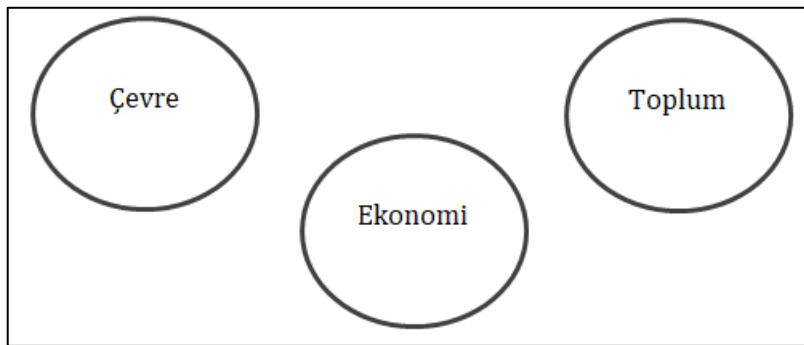
Tablo 1.2. Sürdürülebilir kalkınma alanında yapılan çalışmalar (Devam)

Paris Anlaşması Kasım 2016	2020 yılı sonrası süreçte iklim değişikliği tehlikesine karşı sosyo / ekonomik dayanaklılığın sağlanması amaçlanmıştır. Anlaşmanın uzun vadeli önemli hedeflerinden biri, küresel ısınmayı sanayi devrimi öncesine göre 2 derecenin oldukça altında tutan ve hatta 1.5 derece ile sınırlamaktır (AB Türkiye Delegasyonu, 2022; T.C Dışişleri Bakanlığı, 2022).
Stockholm +50 Haziran 2022	1972 BM İnsan Çevresi Konferansı'nı anmak ve 50 yıllık küresel çevre eylemini kutlamak için yapılacak üst düzey bir toplantıdır. Dünya'nın iklim, doğa ve kirlilik mücadelesinde çok taraflılığın önemini kabul eden etkinlik, 2030 gündemi dâhil Sürdürülebilir Kalkınma hedeflerini yerine getirebilmek için 10 yıllık eylem planı uygulamasını hızlandırmayı hedeflemektedir. İklim değişikliğine ilişkin Paris Anlaşması ve 2020 sonrası küresel biyoçeşitlilik çerçevesi, Covid 19 sonrası yeşil kurtarma planlarının benimsenmesine ülkeleri teşvik etmektedir (United Nation, 2022).

1.2.1. Sürdürülebilir kalkınmanın boyutları

Hardi ve Zdan'a (1997) sürdürülebilir kalkınmayı ekonomi, çevre ve toplumsal boyutlar olarak üç gruba ayırmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi için bu üç boyuttan hangisinin daha baskın olması gerektiği kesinleşmemiş bir tartışmadır (Akgül, 2010, s.151).

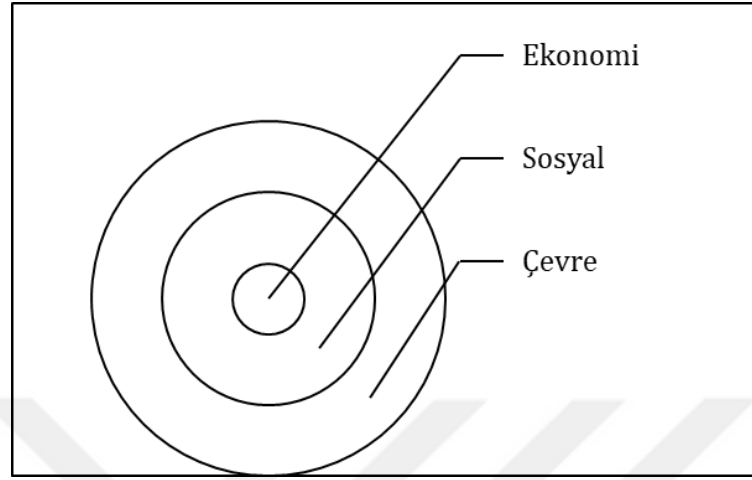
Sürdürülebilir kalkınma denilince genelde ekonomik faaliyetler ve bunun neticesinde çevrede oluşan tahribatlar ele alınmaktadır. Ancak toplumun refahı, sağlık, yoksulluk, gelir, barınma, eğitim, gıda vb. konular da sürdürülebilir kalkınmanın kapsamındadır. Brundtland raporunda sürdürülebilir kalkınmayı tanımlamadan önce ekonomi, çevre ve toplumsal boyutlar eş zamanlı fakat birbirinden bağımsız süreçler olarak gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Sürdürülebilir kalkınmanın birbirinden bağımsız boyutları

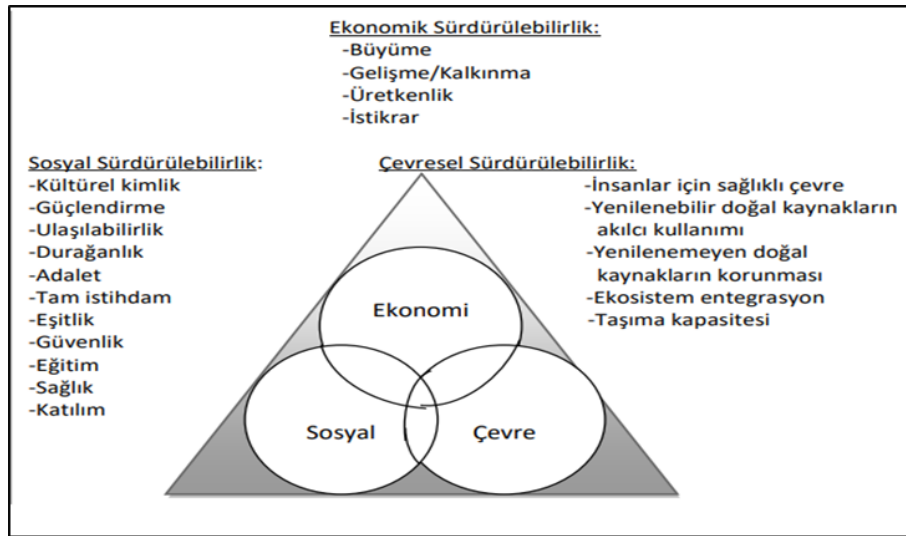
Brundland Raporundan sonra iki farklı yaklaşım daha geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan ilki "Russian Doll" modeli olarak bilinmektedir. Ekonomi boyutu toplum boyutunun içerisinde,

toplum boyutu da çevre boyutunun içerisinde. Ekonomi boyutu merkezde yer alır ancak ana unsur değildir (Lovelock, 1998; Akgül,2010,s.153).



Şekil 1.2. Çevrenin ekonomik ve sosyal boyutu içine aldığı yaklaşım

İkinci yaklaşım ise, Rydin'in (2004) yaklaşımına dayanmaktadır. Bu modelde her üç boyut üç eşit ağırlığa sahiptir. Sürdürülebilir kalkınma modelleri arasında en dikkat çeken ve günümüzde en çok kabul gören yaklaşımdır. Üç boyutun kesiştiği yer sürdürülebilir kalkınma olarak ifade edilmektedir. Çevre, ekonomi, toplum boyutları ayrı fakat birbiri ile ilişkili şekilde verilmiştir (Manzi vd., 2010; Akgül, 2010, s.154).



Şekil 1.3. Üç sütun modeli

1.2.1.1. Ekonomik Boyut

Sürdürülebilirliğin ekonomik boyutunun en yaygın tanımı, sermayenin korunması ve bozulmasının engellenmesi olarak ifade edilir (Goodland, 2002). İdeal bir sürdürülebilir ekonomide en az miktarda kaynak kullanımı ve çevresel zarar ile refahın sağlanması amaçlanır. Ekonomik kalkınma ve çevre arasında bir denge kurulmalıdır. Kıt kaynakların rasyonel şekilde kullanılması için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (Şahin, 2019,s.10);

- Yenilenemeyen kaynakların kullanımı en aza indirilmeli ve mümkün olduğunca yenilebilir kaynakların kullanımı artırılmalıdır.
- Yenilenebilir kaynakların kapasiteleri korunmalıdır.
- Olabildiğince az atık oluşturmali, atıkların dönüşümleri ve bertarafı sağlanmalıdır.
- Sera gazı salınımı azaltılmalı.
- Atık suların temiz su kaynaklarına karışmasını engellemelidir. Üretim esnasında doğal kaynakları korumak amaçlanırken, üretim sonrasında doğal kaynaklar korunmalıdır.

Ekonomik açıdan incelendiğinden sürdürülebilirlik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirlikle ayrılmaz bir bütündür. Bu durum aynı zamanda ekonomik büyümenin sınırlarını da göstermektedir (Reddy ve Thomson, 2015).

1.2.1.2. Çevresel Boyut

Sürdürülebilirliğin çevresel boyutu bugün sahip olduğumuz ve kullandığımız ekolojik çevrenin, daha iyi şartlarda veya bugünkü şartları koruyarak gelecek kuşaklara devrinin sağlanmasını ele almaktadır. (Akgül, 2010, s.155). Çevresel boyutta sürdürülebilirliğin sağlanması için aşağıdaki koşullar ele alınmalıdır (Güner, 2020, s.25);

- Doğal kaynaklar en az seviyede kullanılmalıdır.
- Üretim girdilerinin ve tüketim malzemelerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanmalıdır.
- Atıkların geri dönüşümü en üst seviyede yapılmalıdır.
- Enerji kaynaklarının korunması ve yenilenebilir enerji sistemlerin öngörülmesi gereklidir.
- Çevreye dayalı yapılandırmalarda ekolojik ortama zarar verilmeyecek yöntemler kullanılmalıdır.

1.2.1.3. Sosyal Boyut

Sürdürülebilirliğin sosyal boyutu toplumda yaşayan insanların gereksinimlerinin karşılanmasını ele alır. Sosyal boyutta ekonomik boyut kadar kapsamlıdır. Sosyal sürdürülebilirlik, toplumun bütünlüğünün ve ortak hedeflere yönelik çalışma yeteneğinin korunmasını gerektirir. Sağlık ve esenlik, beslenme, barınma, eğitim ve kültürel ifade gibi bireysel gereksinimlerin karşılanması önemlidir (Moldan, Janoušková ve Hák 2012, s.5). Toplumun gelişmesi ve kalkınması için hukuk, gelenekler, iletişim, din gibi ekonomi ile bağı olamayan değerlerle sosyal normların arasında denge kurulmalıdır.

McKenzie (2004), sosyal açıdan sürdürülebilir bir toplum için beş önemli ilkedenden bahsetmektedir;

- Eşitlik: Toplumun tamamı başta yoksul ve savunmasız bireyler olmak üzere fırsat eşitliği sağlanmalıdır.
- Çeşitlilik: Toplum çeşitliliği teşvik etmelidir.
- Birbirine Bağlılık: Toplumun içinde ve dışında, resmi, gayri resmi ve kurumsal düzeyde birbiriyle bağlantılı olmayı mümkün kılacak sistemler ve yapılar sağlanmalıdır.
- Yaşam Kalitesi: Birey, kurum ve toplum düzeyinde tüm üyeler için temel gereksinimlerin karşılanması garanti edilmeli ve iyi bir yaşam kalitesi geliştirilmelidir.
- Demokrasi ve Yönetim: Toplum için demokratik süreçler, şeffaf ve hesap verilebilir yönetim yapıları oluşturulmalıdır.

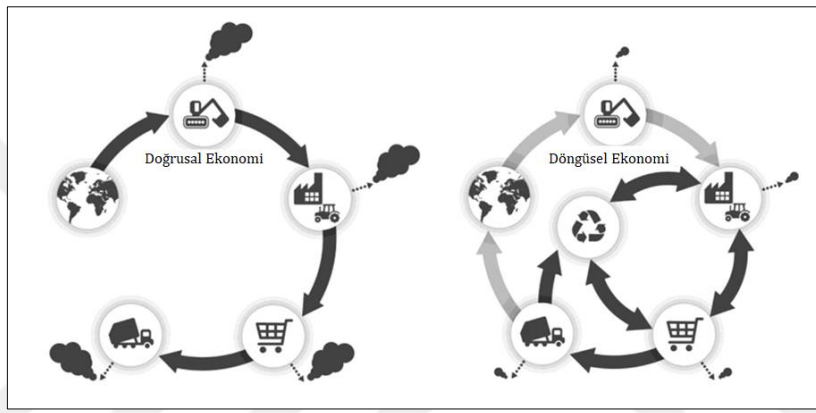
1.3. Sürdürülebilir Kalkınma ve Döngüsel Ekonomi İlişkisi

Sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi terimleri akademi, sanayi ve politik ortamlarda sıkça dile getirilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma makro düzeyde ki tanımlanmış ekonomik, çevre ve sosyal boyutlarla ilgili geniş konuları içermektedir. Döngüsel ekonomi yaklaşımı ise ağırlıklı olarak üretim ve tüketimden kaynaklı sürdürülebilirliğin çevresel boyutunu ilgilendiren konulara öncelik verir (Sauvé, Bernard ve Sloan, 2016, s.53-54). Her iki terimde de çevreyi korumak için yapılması gerekli olan bilimsel eylemler anlatılır. Sürdürülebilir kalkınmanın tam olarak gerçekleşmemesi ağırlıklı olarak doğrusal ekonomi modelinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden çevresel sorunların çözümünde yeni arayışlara geçilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma ve döngüsel ekonomi arasındaki belirgin farkı doğrusal ekonomiyle anlatmaya başlamak daha doğru olacaktır.

Doğrusal ekonomi sistemi temelde al-yap-at şeklinde ifade edilir. Söz konusu bu yaklaşımda bir ürün üretmek için gerekli hammadde temin edilir, hammadde çeşitli işlemlerden geçer, ürün haline dönüştürülür, tüketicinin kullanımına sunulur ve tüketilerek atık haline gelir. Bu süreç doğrusal ekonomi olarak adlandırılır (Önder, 2018, s.197).

Sürdürülebilir kalkınmanın doğrusal bir düşünce içinde uygulanan bir dizi girişim ile gerçekleşeceği düşünülür. Geri dönüşüm veya atıklardan yeni hammadde elde edilmesi gibi konulara sıkça yer verilmez. Bunun sonucu olarak da sürdürülebilir kalkınmada istenilen başarı sağlanamaz. Ancak dögüsel ekonomi uygulaması sürdürülebilir kalkınmada başarının sağlanabilmesi için çözüm ve stratejiler sunar (Sauvé vd., 2016, s.53).

Dögüsel ekonominin literatürde farklı tanımlamaları yapılmaktadır. En temel ve niteleyici tanım Avrupa Komisyonu tarafından ürünlerin, malzemelerin ve kaynakların değerinin ekonomide mümkün olduğu kadar uzun süre korunduğu ve atık üretiminin en aza indirildiği ekonomik yaklaşım şeklinde yapılmıştır. (Avrupa Komisyonu, 2015).



Şekil 1.4. Doğrusal ve dögüsel ekonominin karşılaştırılması

Kaynak: Sauvé vd., 2016, s.52

Yukarıdaki Şekil 1.4' de "Doğrusal Ekonomi" ve "Dögüsel Ekonomi" kavramlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Sol tarafta yer alan doğrusal ekonomi modelinde kaynak tüketimi ve atık bertarafı ile birlikte gerçekleşen çevresel olumsuzluklar göz ardı edilmektedir. Sağ tarafta yer alan dögüsel ekonomi modelinde ise kaynak tüketimi optimize edilerek her adımda kirlilik ve atıklardan oluşabilecek çevresel olumsuzlukların mümkün olduğunca azaltılması amaçlanmaktadır (Sauvé vd., 2016, s.53).

Kaynak etkin ve rekabetçi bir ekonomi için dögüsel ekonomi yeni sürdürülebilir avantajlar sağlamaktadır. Enerji tüketimine bağlı çevresel sorunlar ve bu sorunları izlemeye yönelik politikaların eksikliği sürdürülebilir kalkınmayı zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı AB ülkelerinde doğrusal ekonomi modelinden dögüsel ekonomi modeline geçişin hızlandığı gözlemlenmiştir (Balbay, Sarıhan ve Avşar, 2021, s.559).

Ürün zincirinde minimum kaynak tüketerek daha dögüsel bir ekonomi elde etmek için "R" stratejileri olarak adlandırılan çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. 9R olarak bilinen Dögüsel

ekonomi stratejileri aşağıda açıklamaları birlikte verilmiştir (Potting, Hekkert, Worrell ve Hanemaaijer, 2017, s.5; Türkmen ve Kılıç, 2020, s.2542).

Reddetmek (Refuse): Fonksiyonundan ödün vererek veya aynı fonksiyonu farklı bir ürünle sunarak ilgili ürünü gereksizleştirmek.

Yeniden Düşünmek (Rethink): Ürünün kullanımını yaygın hale getirmek (örnek: ürünleri paylaşarak ya da çok işlevli ürünleri pazara koyarak).

Azaltmak (Reduce): Üretimde etkinliği artırmak için daha az doğal kaynak ve malzeme kullanmak.

Tekrar Kullanmak (Re-use): Kullanılabilirlik açısından hala iyi durumda olan ve fonksiyonlarını yerine getirebilen ürünün başka bir tüketici tarafından kullanılmasıdır.

Tamir Etmek (Repair): Orijinal fonksiyonlarını yerine getirebilecek şekilde arızalı ürünün tamirinin yapılmasıdır.

Yenilemek (Refurbish): Eski bir ürünün güncel hale getirilmesi veya restore edilmesidir.

Yeniden Üretmek (Remanufacture): Atılan ürünlerin parçalarının yeni ürünlerde kullanılması ve yeni fonksiyonlarını yerine getirmesidir.

Yeniden Kullanmak (Repurpose): Atılan ürünlerin parçalarının yeni bir üründe kullanılması, yeni fonksiyonlarını yerine getirmesidir.

Geri Dönüşüm (Recycle): Aynı (yüksek dereceli) veya daha düşük (düşük dereceli) kaliteyi elde etmek için malzemelerin tekrar işlenmesidir.

İyileştirme (Recover): Materyallerin yakılması ve çıkan ısıdan enerji sağlanmasıdır.

1.4. Sürdürülebilirliğin Raporlanması ve Ölçülmesi

Sürdürülebilirliğin raporlanmasından birden fazla yöntem kullanılmaktadır. İtibari endeksler, çeşitli veri tabanları, kurumsal yayınların içerik analizleri ve çevresel raporların tamamı sürdürülebilirliği ölçerken kullanılan yöntemlerdir. Sürdürülebilir çevresel etkinlik ölçümü konusunda Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi, Küresel Raporlama Girişimi (GRI) ve Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesinde (UNGC) yer alan kriterlerden sıkça yararlanıldığı söylenebilir.

1.4.1. Sürdürülebilirlik ölçümünde endeksler

Son yıllarda borsalar, hem yerli yatırımcılara bilgi vermek hem de yabancı yatırımcıları faaliyette buldukları ülkeye çekebilmek için sürdürülebilirlikle ilgili uygulamaların kamuya

açıklanması için çeşit düzenlemelerde bulunarak şeffaflığı arttırıcı kararlar almışlardır. Söz konusu bu kararlar (BİST, 2019);

- Sürdürülebilirliğe ilişkin kılavuz ve ilkeler geliştirilmesi,
- Sürdürülebilirlik alanında eğitim programları düzenlenmesi ve araştırmaların teşvik edilmesi,
- Kurumsal yatırımcıların sermayeyi daha sürdürülebilir bir şekilde değerlendirmesine yardımcı olacak bir araç olan sürdürülebilirlik endekslerinin oluşturulması olarak sıralanmaktadır.

Sürdürülebilirlik endekslerinin geçmişi 1990'lı yıllara dayanmaktadır. Kurumsal yatırımcılara yönelik araştırmalar yapan ve şirketler için çeşitli endeksler üreten "KLD Research and Analytics" tarafından geliştirilen "Domni 400 Sosyal Endeksi" 1990 yılında ilk yerel sürdürülebilirlik endeksi olarak gösterilmektedir. Takip eden yıllarda finansal piyasalar ve yatırımcıların dikkate aldığı Dow Jones ve Financial Times Stock Exchange (FTSE) endeksleri küreseldeki ilk sürdürülebilirlik endeksleri olarak 1999 ve 2001 yıllarında faaliyete geçmiştir.

Londra Borsasının'da işlem gören şirketlerin kurumsal sorumluluk standartlarının belirlendiği kriterlere uygun ilerlemelerini denetleyen ve bu şirketlere yatırım yapılmasını güçlendiren endeks serisi FTSE4 Good Index Serisi adı verilmiştir. Sürdürülebilirlik endeksler hususunda öncül olan borsalar; Londra, Nasdaq ve Euronext'tir. Avrupa'da ise; Almanya (2007), İspanya (2008), Avusturya (2008), Danimarka (2008), İsveç (2008) ve Norveç (2008) gibi gelişmiş ülkeler sürdürülebilirlik endeksi oluşturmuştur. Endeks hesaplamalarında yeni olan piyasaların önemli bir bölümüne Güney Afrika (2004) ve Brezilya (2005) gelişmekte olan piyasalardaki sürdürülebilirlik endeksi için öncülük etmişlerdir. 2008 yılından itibaren Türkiye, Çin, Endonezya, Hindistan, Hong Kong, Meksika ve Mısır gibi gelişmekte olan ülkelerde sürdürülebilirlik endeksi hesaplamaya başlamıştır.

Yukarıdaki gelişmelerden yola çıkarak iş dünyasında, değişen trendlerden sermaye piyasalarının da payını aldığını ve yatırımlarını bu yönde değiştirdiğini söyleyebiliriz. Günümüzde bilinçli olan bireysel sermaye sahipleri, herhangi bir şirkete yatırım yapmadan önce şirketin çevresel ekonomik ve toplumsal alanlardaki performanslarını değerlendirmektedir. Aşağıda literatürde en çok karşılaşılan endeksler olan Dow Jones Sürdürülebilirlik Endeksi, Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi ve BİST (Borsa İstanbul) Sürdürülebilirlik Endeksi detaylıca anlatılmıştır.

1.4.1.1. Dow Jones Sürdürülebilirlik Endeksi

Dow Jones Sürdürülebilirlik Endeksi 1999 yılında S&P Dow Jones Endeksleri ile RobecoSAM (Sürdürülebilir Varlık Yönetimi) arasında stratejik bir ortaklık yapısı altında işletilen, halka

açık ticari faaliyetlerde bulunana binlerce şirketin sürdürülebilirlik performansını değerlendiren küresel ilk endekstir. Dow Jones'a göre kurumsal sürdürülebilirlik uzun dönemde hisse kazancı elde edilecek şekilde fırsatları iyi kullanarak ekonomik, çevresel ve sosyal performansın sağlanması olarak ifade edilmektedir (Temiz ve Acar, 2018, s.1973). Ayrıca endeks sürdürülebilirlikle ilgili konuları portföylerine entegre eden yatırımcılar için bir kriter olarak hizmet vermektedir (Şahin, 2019, s.21).

1.4.1.2. Borsa İstanbul Sürdürülebilirlik Endeksi

Türkiye'de borsaların çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim konularındaki risklerine ilişkin politika oluşturmaları sürecinde şirketlere yol gösteren ve şirketlerin sürdürülebilirlik politikalarına ilişkin bilgiyi de sorumlu yatırımcılara ileten bir platform oluşturmak amacıyla, 2010 yılında Türk İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği ile işbirliği içerisinde İMKB (İstanbul Menkul Kıymetler Borsası) Sürdürülebilirlik Endeksi projesi başlatılmıştır (İMKB, 2011). Endeksin kurulmasıyla sürdürülebilirlik bilgisinin artırılması ve uygulamaların yaygınlaşması hedeflenmektedir. Şirketler açısından sürdürülebilirlik endeksi, yeni piyasa ile performans ölçümü sağlamakta, hesap verilebilirliği, şeffaflık ve sürdürülebilirlik konularında riskleri öngörme ve bu riskleri önleyebilme stratejileri geliştirebilmelerini sağlamaktadır. Endekse dâhil olan şirketler küresel pazarlara daha kolay erişebilmekte ve yabancı yatırımcıları kendilerine çekerek daha ucuz sermaye kaynaklarına ulaşabilmektedir (Temiz ve Acar, 2018, s. 1974).

İMKB, 5 Nisan 2013 tarihinde adını "Borsa İstanbul" olarak değiştirdikten sonra şirketlerin çevresel sürdürülebilirlik konusunda uygulamalarını desteklemek amacıyla yerel ve uluslararası ilgili kuruluşlar ile iş birliği yaparak sürdürülebilirlik endeksinin gelişimine katkı sağlamıştır. Örneğin, BİST ile Ethical Investment Research Services Limited (ERIS) arasında şirketlerin çevresel, sosyal ve kurumsal yönetim konularındaki performanslarını baz alan BIST Sürdürülebilirlik Endeksi'nin hesaplanması amacıyla iş birliği anlaşması 2013 yılı Ekim ayında imzalanmıştır. ERIS; uluslararası sürdürülebilirlik kriterlerini dikkate alarak şirketleri değerleyecek, yapılan çalışmalar kapsamında belirlenen "Endeks Seçim Kriterleri'ndeki eşik değerleri aşan şirketler Borsa İstanbul tarafından hesaplanacak olan endekse dâhil edilecektir. ERIS değerlendirme sürecinde çevre, biyoçeşitlilik, iklim değişikliği, insan hakları, tedarik zinciri, şirket yönetim kurulunun yapısı, rüşvet, sağlık ve güvenlik kriterlerini dikkate almaktadır (BİST, 2019).

1.4.1.3. Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi

Endeks, Dünya Ekonomik Forumu Geleceğin Küresel Liderleri Çalışma Grubu, Colombia Üniversitesi Yerbilimi Bilgi Merkezi ve Yale Üniversitesi Çevre Hukuku ve Politikası

Merkezinin ortak çalışmalarıyla hazırlanmıştır. Bu endeks dünya ülkeleri için geliştirilen ve ülkelerin çevresel sürdürülebilirlik alanındaki ilerlemelerini izlemeyi hedefleyen bir araçtır. Çevre sistemleri, çevre sorunları, insanların risklerinden korunması, çevresel risklere karşı toplumsal ve kurumsal mücadele kapasitesi, küresel ortak problemlerde diğer ülkelerle işbirliği bu endeksin temel unsurlardır (Tokgöz ve Önce,2009, s.267). 2020 yılı Çevre Performans Endeksi, 180 ülkeyi 11 kategoride 32 performans göstergesine göre sıralamaktadır. Bunlar hava kalitesi, sanitasyon ve içme suyu, ağır metaller, atık yönetimi, biyolojik çeşitlilik ve habitat, ekosistem hizmetleri, balıkçılık, iklim değişikliği, kirlilik emisyonları, tarım ve su kaynaklarıdır. Bu kategoriler, çevre sağlığı ve ekosistem canlılığı olmak üzere iki geniş politika hedefindeki performansı ve ilerlemeyi takip etmektedir. Endeksin hedefe yakınlık metodolojisi, ekonomik ve bölgesel emsal gruplar ile ülkeler arasında yapılan karşılaştırmalarda kolaylıklar sağlamaktadır (EPI, 2020).

1.4.1.4. Yeşil Şehir Endeksi

Yeşil şehir endeks projesi 2008 yılında başlatılmıştır. Metodoloji, Ekonomist İstihbarat Birimi (EIU) ve Siemens işbirliği kapsamında geliştirilmiştir. Yeşil şehir endeksi büyüklüğü 1 ve 3 milyondan fazla olan Avrupa şehirlerinin çevresel sürdürülebilirliğinin bir değerlendirmesini içermektedir. Endeksin gelişmesiyle Ekonomi İstihbarat Birimi (EIU) ve Siemens, Avrupa'nın büyük şehirlerine odaklanarak Asya, Afrika ve Amerika' daki şehirleri kapsayacak şekilde bir sıralama yapmıştır. Yeşil şehir endeksi şehirleri sekiz kriterde ölçmektedir. Söz konusu kriterler; CO₂ emisyonu, enerji, binalar, arazi kullanımı, taşıma, su ve sıhhi tesisat, atık yönetimi, hava kalitesi ve çevre yönetimi olarak sıralanmaktadır. Her endekste ki kriterlerin yaklaşık yarısı niceldir. Genellikle kişi başına CO₂ emisyonu, kişi başına su tüketimi, geri dönüşüm oranları ve hava kirletici konsantrasyonlar gibi resmi kamu kaynaklarından gelen veriler kullanılmaktadır. Geri kalan kısımlar ise şehrin çevresel politikalarının niteliksel değerlendirmelerinden oluşmaktadır. Bunlara; şehrin yenilenebilir enerji teknolojilerinin satın alma taahhüdü, trafik ve trafik sıkışıklığı azaltma politikaları, hava kalitesi kodlarının uygulanması gibi örnekler verilebilir (Gong ve Lyu, 2017, s.9-11)

Tablo1.3. Yeşil şehir endeksinde yer alan çevresel kriterler

Karbondioksit Kriteri (CO₂)	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ yoğunluğu • CO₂ emisyonu • CO₂ azaltma stratejisi
Enerji Kriteri	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji Tüketimi • Enerji Yoğunluğu • Yenilenebilir enerji tüketimi • Temiz ve verimli enerji politikaları

Tablo1.3. Yeşil şehir endeksinde yer alan çevresel kriterler (devamı)

Konut Kriteri	<ul style="list-style-type: none">• Konutların enerji tüketimi• Verimli enerjili konut standartları• Verimli enerjili konut yatırımları
Ulaşım Kriteri	<ul style="list-style-type: none">• Araç dışı taşımacılığın kullanımı• Araç dışı taşımacılığın boyutu• Yeşil taşımacılığın tanıtımı• Trafik sıklığı azaltma politikaları
Atık ve Arazi Kullanım Kriterleri	<ul style="list-style-type: none">• Belediye atık üretimi• Atık geri dönüşümü• Atık azaltma politikaları• Yeşil arazi kullanım politikaları
Su Kriteri	<ul style="list-style-type: none">• Su tüketimi• Sistem sızıntıları• Atık su sistemi arıtma• Su verimliliği ve arıtma politikaları
Hava Kriteri	<ul style="list-style-type: none">• Azot dioksit• Kükürt dioksit• Ozon• Partikül Madde• Temiz hava politikaları
Çevre Yönetimi	<ul style="list-style-type: none">• Yeşil eylem planı• Çevreci yönetim• Çevreci politikalara kamu katılımı

Kaynak: EIU,2012; Gong ve Lyu, 2017, s. 10

1.4.1.5. Birleşmiş Milletler Küresel İlkeler Sözleşmesi (UNGC)

UNGC, evrensel sürdürülebilirlik ilkelerini uygulamak ve BM'nin hedeflerini desteklemek amacıyla adımlar atma konusunda CEO (chief executive officer) taahhütlerine dayanan, şirketlere insan hakları, iş gücü, çevre ve yoksullukla mücadele konularındaki stratejileri ve operasyonları, toplumsal hedeflerle uyumlu hale getirme çağrısında bulunan gönüllü bir girişimdir (Global Compact Türkiye, 2022).

Birleşmiş Milletler (BM) Küresel İlkeler Sözleşmesi (Global Compact), BM Genel Sekreteri Kofi Annan tarafından ilk olarak 31 Ocak 1999 tarihinde Dünya ekonomik Forumu'nda yaptığı konuşma sırasında önerilmiş 26 Temmuz 2000 tarihinde BM merkezinde başlatılmıştır (Argüden, 2012; Kaya ve Kuruuzum, 2014, s.242). Küresel İlkeler Sözleşmesi'nde şirketlerin insan hakları, yolsuzlukla mücadele, çevre ve işçi hakları alanlarında benimsemeyi ve iş stratejileri, uygulamaları ve kültürlerinin bir parçası haline getirmeyi taahhüt ettikleri on temel ilke belirtilmektedir.

BM Küresel İlkeler Sözleşmesi'nin on ilkesi, İnsan Hakları evrensel Beyannamesinden, Uluslararası Çalışma Örgütü'nün İşyerindeki Temel İlkeler ve Haklar Bildirgesinden, Çevre ve Kalkınma Hakkında Rio Bildirgesi'nden ve Birleşmiş Milletler Yolsuzlukla Mücadele Sözleşmesi'nden türetilmiştir. 10 ilkeye ilişkin bilgi ve açıklamalar aşağıda Tablo 1.4'de verilmiştir (Global Compact Türkiye, 2022).

Tablo 1.4. UNGC 10 ilkesi

İnsan Hakları	İlke1. İşletmeler, uluslararası alanda geçerliliği olan insan haklarına destek olmalı ve saygı göstermelidir. İlke2. İnsan hakları ihlallerinde suça ortak olunmamalı ve tüm tedbirler alınmalı.
İş Gücü	İlke3. İşletmeler sendika ve toplu iş sözleşmesi özgürlüğünü desteklemeli. İlke4. Her türlü zorla ve zorunlu çalıştırma biçimlerini ortadan kaldırılmalıdır. İlke5. Çocuk işçi çalıştırılması tamamen ortadan kaldırılmalıdır. İlke6. Meslek ve istihdam ile ilgili olarak ayrımcılık ortadan kaldırılmalıdır.
Çevre	İlke7. İşletmeler çevresel zorluklara karşı ihtiyati yaklaşımları desteklemelidir. İlke8. Çevresel sorumluluğu teşvik etmek için girişimlerde bulunulmalıdır. İlke9. Çevre dostu teknolojilerin gelişmesini ve yaygınlaşmasını desteklenmelidir.
Yoksullukla Mücadele	İlke10. İşletmeler rüşvet ve haraç dâhil her türlü yolsuzlukla mücadele etmelidir.

Kaynak: Global Compact Türkiye, 2022

UNGC, 2021 yılı itibariyle 160'ın üzerinde ülke, 15.000'in üzerinde şirket ve 5000'in üzerinde şirket dışı üyesi ile dünyanın en büyük kurumsal sürdürülebilirlik inisiyatifidir. Küresel İlkeler Sözleşmesinin öncülüğünü BM Kalkınma Programı (UNDP) yapmaktadır. Özel sektörde yer alan işletmelerin yanı sıra sivil toplum kuruluşları, akademik kurumlar ve belediyeler de sözleşmenin imzacısı olabilir. Şirket olmayan imzacı kuruluşların da örgütlenmelerini on ilke doğrultusunda şekillendirip gelişmeleri raporlamaları beklenir. Küresel İlkeler Sözleşmesi'ni imzalamanın tek zorluğu, her sene kurumun bu ilkeleri yerine getirmek adına yaptıkları faaliyetleri kamuoyuna açık bir şekilde rapor ile duyurmasıdır. Bu gerekliliği yerine getiremeyenler "Küresel İlkeler" üye listesinden çıkarılmaktadır (Kaya ve Kuruuzum, 2014, s.242). Şirketler sözleşmenin imzacısı olmak dışında yıllık brüt satışlarına veya gelirine göre belirlenen miktarda yıllık parasal katkı yaparak BM Küresel İlkeler Sözleşmesi ağında katılımcı ülke statüsünde de yer alabilmektedirler (Global Compact Türkiye, 2022)

1.4.1.6. Küresel Raporlama Girişimi Standartları

Küresel Raporlama Girişimi (Global Reporting Initiative-GRI), bir sürdürülebilir raporlama rehberi geliştirmek ve yaymak amacıyla 1997 yılında Çevreden Sorumlu Ekonomiler Birliği (Coalition of Environmentally Responsible Economies- CERES) ile Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nation Environment Programme, UNEP) tarafından başlatılan ortak bir girişimdir. GRI dünya genelindeki işletmelerin ve hükümetlerin; iklim değişikliği, insan hakları, yönetim ve sosyal refah gibi kritik sürdürülebilirlik konularındaki etkilerini anlama ve aktarmalarında yardımcı olmaktadır. İşletmelerin faaliyetlerinin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarını raporlamalarına yardımcı olacak standartları geliştirmeyi hedeflemektedir. Sisteme işletmeler, sivil toplum kuruluşları, insan kaynakları, akademik ve profesyonel kurum ve kuruluşlar katılabilir.

GRI kılavuzu ilk olarak 1999 yılında yayınlanmış, ikinci ve gözden geçirilmiş versiyonu da 2000 yılında yayınlanmıştır. 2002 yılında yayınlanan ve halen kullanılmakta olan rehber ise raporlama konusunda farklı bakış açılarının ulaştırıldığı bir çerçeve sunmaktadır (Angay, 2006, s.55). 2006 yılında üçüncü kılavuz yayınlanmıştır. Bu kılavuzların uygulanması tamamen gönüllük esasına dayanmaktadır. GRI standartları, kuruluşlar ve paydaşlar için ortak dil oluşturmakta ve kuruluşların sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik olumlu ve olumsuz katkılarının temsilini sağlamaktadır. Firmaların daha sürdürülebilir faaliyetlerde bulunabilmeleri amacıyla GRI, raporlama rehberleri oluşturularak kurumsal sürdürülebilirlik konusunda detaylı bir çerçeve ve içerik hazırlanmaktadır. Ayrıca her yıl gerekli görülen güncellemeler yapılarak bu alanda aktif olarak verilen hizmetler devam etmektedir.

GRI standartları, büyük veya küçük, özel veya kamu herhangi bir kuruluşun, ekonomi, çevre ve insanlar üzerindeki etkilerini karşılaştırarak güvenilir, anlamlı raporların sağlanmasına yardımcı olur. Bu durum sürdürülebilir kalkınmada şeffaflığı artırır. GRI standartları yatırımcılar, politika yapıcılar, sermaye piyasaları ve sivil toplum dâhil olmak üzere birçok paydaş için oldukça önemlidir. GRI standartlar kümesi dört seriden meydana gelmektedir (GRI, 2022);

100 Serisi: Evrensel standartlar olup tüm kurumlar için geçerlidir. Üç adet evrensel standart vardır bunlar;

- GRI 101: Temel
- GRI 102: Genel Açıklamalar
- GRI 103: Öncelikli Konular

200 Serisi: Ekonomik standartları esas alır.

300 Serisi: Çevresel standartları esas alır.

400 Serisi: Sosyal standartları esas alır.

Tablo 1.5. Raporlama için gerekli kategori ve unsurlar

Kategori	Ekonomik		Çevresel	
Unsurlar	-Ekonomik Performans -Piyasa Varlığı -Dolaylı Ekonomik Etkiler -Satın Alma Uygulamaları		-Malzemeler -Enerji -Biyolojik Çeşitlilik -Emisyonlar -Atık Sular ve Atıklar -Ürün ve Hizmetler -Uyum -Nakliye -Genel -Tedarikçinin Çevresel Bakımdan Değerlendirilmesi -Çevresel Şikâyet Mekanizmaları	
Kategori	Sosyal			
Alt Kategoriler	İşgücü Uygulamaları ve İnsana Yaraşır İş	İnsan Hakları	Toplum	Ürün Sorumluluğu
Unsurlar	-İstihdam -İşgücü /Yönetim İlişkileri -İş sağlığı ve Güvenliği -Eğitim ve Öğretim -Çeşitlilik ve Fırsat eşitliği -Kadın ve Erkekler için Eşit Ücret -Tedarikçinin İşgücü Uygulamaları Bakımından Değerlendirilmesi -İşgücü Uygulamaları Şikâyet Mekanizmaları	-Yatırım -Ayrımcılığın Önlenmesi -Örgütlenme ve Toplu Sözleşme Hakkı -Çocuk İşçiler -Zorla veya Cebren Çalıştırma -Güvenlik Uygulamaları -Yerli Hakların Hakları -Değerlendirme -Tedarikçilerin İnsan Hakları Bakımından Değerlendirilmesi -İnsan Hakları Şikâyet Mekanizmaları	-Yerel Toplular -Yolsuzlukla Mücadele -Kamu Politikası -Rekabete aykırı Davranış -Uyum -Tedarikçinin Toplum Üzerindeki Etkiler Bakımından Değerlendirilmesi -Toplum Üzerindeki Etkilere İlişkin Şikâyet Mekanizmaları	-Müşteri Sağlık ve Güvenliği -Ürün ve Hizmet Etiketlemesi -Pazarlama İletişimi -Müşteri Gizliliği Uyum

Kaynak: G4 Raporlama Kılavuzu, 2019

2. BÖLÜM

PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

2.1. Performans Ölçümüne Genel Bakış

İşletmelerde planlama, organizasyon, yönetim ve kontrol olmak üzere dört temel fonksiyon bulunmaktadır. Yönetim fonksiyonunun en önemli özelliği performans ölçümüne yardımcı olmasıdır. Her kurum veya işletme gerek kısa vade gerek uzun vadede olsun performansları hakkında bilgi sahibi olmak ister. Özellikle endüstri devriminden sonra işletmelerde performans ölçümü için maliyet, kar ve verimlilik gibi konular üzerinde araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Ölçüm ve istatistikle ilgili olarak ünlü yönetim bilimci olan Peter Drucker'ın söylediği; *“Ölçemediğiniz hiçbir şeyi kontrol edemez kontrol edemediğiniz hiçbir şeyi yönetemezsiniz”* sözüne atıfta bulunularak tüm işletmeler ne düzeyde olduklarını öğrenmek için zorunlu olarak performanslarını ölçmek durumundadırlar.

Performans ölçümü, teknik olarak kurumların kullandığı kaynakları, imal ettiği ürünleri ve hizmetleri elde ettiği sonuçları takip etmesi için sistemli bir şekilde verileri analiz ederek raporlaması süreci olarak tanımlanır (Yörüker vd., 2003, s.9). Kurumlar çoğunlukla aşağıdaki nedenlerden dolayı performans ölçümü yapmaktadırlar (Coskun, 2005, s.6; Çakır, 2011, s.4);

- Genel olarak başarılı olup olmadığını belirlemek,
- Müşterilerin talep ettikleri mal ve hizmetlerin karşılanıp karşılanmadığını öğrenmek,
- İşletmelerin yaptığı faaliyetler hakkında fikir sahibi olmasını sağlamak yani pratik bilinen ve yapılanların doğruluğunu test etmek, hangi konularda bilgilerinin olmadığını öğrenmek,
- İsrafin yapıldığı ve dar boğazın olduğu yerleri ortaya çıkarmak, gelişme sağlanacak alanları tespit etmek,
- Kararların, duygusal, sezgisel, inanışlara veya varsayımlara dayalı olarak değil de reel verilere dayanarak alındığından emin olmak,
- İşletmelerin işlem ve süreçlerinde bir gelişme planlamışsa bunun gerçekleşip gerçekleşmediğini anlamak.

2.2. Performans Ölçümünde Kullanılan Kavramlar

Araştırmalarda sıkça geçen performans, etkinlik, etkililik ve verimlilik kavramları hususunda bazı karmaşalar yaşanmaktadır. Özellikle etkinlik ve etkililik kavramları birbirlerinin yerine sıkça kullanıldığı gözlemlenmiştir. “Performans Ölçümü ve Performans Denetimi” ismiyle yapılan çalışmalarda kamu kurumlarının performans değerlendirilmesi yapılırken bu kavramlar ölçüt olarak esas alınmıştır. 1988 yılında İngiltere Hazinesi'nin performans ölçümünü gösteren formülizasyonu aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$\text{Performans} = \text{Tutumluluk} \times \text{Verimlilik} \times \text{Etkinlik}$$

2.2.1. Tutumluluk

İşletmelerin veya kurumların kaynakları uygun miktarda ve kalitede, uygun zamanda en düşük maliyetle elde etmesi anlamına gelir (Kubali, 1999, s.37). Tutumluluk girdilere yönelik bir kavram olup formülizasyonu aşağıda verilmiştir;

$$\text{Tutumluluk} = \frac{\text{Fiziksel Girdi}}{\text{Girdi Maliyeti}}$$

2.2.2. Verimlilik

Verimlilik, bir iş görenin, bir grup iş görenin, bir makinanın, bir sürecin, bölümün veya tüm işletmenin, ya da bir ülke ekonomisinin başarısının ölçümünde kullanılabilecek bir ölçüdür.

Kavram olarak ise, üretimde kullanılan girdilerle, üretim faaliyetlerinin sonunda elde edilen çıktılar arasındaki ilişkiyi temsil eder. Üretim süreçlerinde az miktarda girdi kullanarak aynı çıktının elde edilmesi, aynı girdilerle daha fazla çıktı elde edilmesi veya kullanılmakta olan girdilerin miktarını artırarak daha fazla çıktının sağlanması durumunda verimlilik artacaktır (Üreten, 2006, s.44).

Verimlilik ile ilgili bir diğer tanım ise; işletmedeki hedefler doğrultusunda belirli girdilerle maksimum çıktının sağlanması veya sabit değer ve miktardaki çıktının minimum girdiyle elde edilmesi şeklinde ifade edilir. Matematiksel olarak verimliliğin formülizasyonu aşağıdaki biçimde verilmiştir (Atakan, Coşkun ve Sonuvar, 1997, s.7);

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Üretim Sonucu}}{\text{Üretim Faktörü}}$$

Uluslararası konularda verimlilik büyük öneme sahiptir. İnsanların yaşam şartlarının daha iyi hale getirilmesi, artan enflasyonun önlenmesi, dış ticarete başarılı olmak ve enerji üretiminde sahip olunan kaynakları iyi kullanmak gibi konularda yaşanan gelişmeler verimlilik artışıyla mümkün olabilmektedir. Verimlilik ölçütü kıt kaynakların kullanımı becerisinde önemli bir niteliğe sahiptir. Teknoloji, iş yöntemleri ve kullanılan araçların verimliliğin en önemli belirleyicileri olduğu kabul görülmekte olup iş görenlerin temel belirleyici olduğu düşüncesi terkedilmiştir (Üreten, 2006, s.44 – 45).

İşletmelerin verimliliği performans ölçütü olarak kullanmasının nedeni basit bir ölçüm aracı olmasından kaynaklanmaktadır. Kaynakların tüketiminin belirli bir zaman periyodunda nasıl gerçekleştiğini gösteren etkinlik ölçüsü olan verimliliğin türleri maddeler halinde açıklamalarıyla verilmiştir (Akdeniz ve Durmaz, 1998, s. 87).

Verimlilik klasik olarak iki şekilde ifade edilmektedir;

i) Statik Verimlilik Oranı: Belirli bir döneme ait anlık görünüm veren kesit oranlardır. Formülizasyonu;

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Belirli Bir Dönemin Çıktısı}}{\text{Belirli Bir Dönemin Girdisi}}$$

ii) Dinamik Verimlilik Oranı: Verimliliğin bir baz döneme veya birbirini takip eden dönemlere göre değişimi gösteren oranlardır. Formülizasyonu;

$$\text{Verimlilik Endeksi} = \frac{\text{Belirli Bir Dönem için (Çıktı/Girdi)}}{\text{Baz (Bir önceki) Dönem için (Çıktı/Girdi)}}$$

Verimlilik ölçütü olarak da üç ayrı grupta incelenmektedir;

i) Kısmi Verimlilik: Bir mal veya hizmetin imalat sürecinde kullanılan faktör girdilerinin ortalama verimlilik içindeki değişimlerini gösteren verimlilik ölçütüdür. Kısaca çıktı ile girdinin büyüme oranları arasındaki fark olup zaman içerisindeki çıktı ünitesi başına belirli girdilerde oluşan tasarrufları ölçmektedir. (Taşçı, 2011, s.181). Formülizasyonu;

$$\text{Kısmi Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Tek Bir Girdi}}$$

Kısmi verimliliği fiziksel olarak ölçmek çok fazla sorun teşkil etmezken, birden çok fiziksel girdi söz konusu olduğu zaman ölçüm yapmak zorlaşmaktadır. Kısmi verimlilik oranlarından yola çıkarak toplam faktör verimliliği oranları bulunabilir (Üreten, 2006, s.46);

$$\text{İş gücü verimlilik oranı} = \frac{\text{Üretim Miktarı}}{\text{işçi - saat}}$$

$$\text{Malzeme verimlilik oranı} = \frac{\text{Çıktı (Ton)}}{\text{Toplam Malzeme (Ton)}}$$

$$\text{Makine verimlilik oranı} = \frac{\text{(Üretimin fiziksel /Parasal değeri)}}{\text{Kullanılan Makina Saatleri}}$$

$$\text{Enerji verimlilik oranı} = \frac{\text{(Üretimin Fiziksel/Parasal Değeri)}}{\text{Kilowatt Saat}}$$

ii) Çoklu Faktör Verimliliği: Birden çok üretim faktörünün verimliliği ölçülmek istendiğinde bu yöntem kullanılır. Toplam çıktı ya da çıktının bir bölümü ile girdilerin bir türü ya da birkaç çeşit girdi türü arasındaki ilişkileri ölçer (Kahya ve Karaböcek, 2004, s.3).

$$\text{Çoklu Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Toplam Çıktı}}{\text{Birden Fazla Girdi}}$$

iii) Toplam Faktör Verimliliği: Üretim sonrası elde edilen ürünün (çıktının) üretimde kullanılan girdilere bölünmesiyle bulunur. Belirli bir dönemde elde edilen çıktının söz konusu üretim için kullanılan toplam girdiye oranıdır (Kahya ve Karaböcek, 2004, s.3). İş gücü, makine, sermaye, enerji ve hammadde miktarları toplanarak toplam girdi bulunur. Üretim sonucu da çıktı faktörünü temsil eder (Çakır, 2011, s.9).

$$\text{Toplam Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Toplam Çıktı}}{\text{Toplam Girdi}}$$

2.2.3. Etkinlik (Etkenlik)

Etkinlik konusunu iyi anlayabilmek için iktisat literatüründe sıkça geçen karar verme birimi, üretim sınırı ve üretim olanakları kümesi gibi kavramlar hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir. Bu kavramlara ilişkin açıklamalar aşağıda verilmiş olup bir sonraki kısımda etkinlik ve etkinlik türleri hakkında daha detaylı bilgiler aktarılmıştır.

Karar Verme Birimi (KVB): Birbirine benzeyen girdiler yardımı ile birbirine benzeyen çıktılar üreten işletme, kurum, firma, şirket gibi görece etkinliği incelenen organizasyonel birimlere denir (Özsoy, 2012, s.18).

Üretim Sınırı: Temel olarak, üretim sürecinde en iyi girdi ve çıktı bileşenini veren yani etkin olan tüm karar verme birimlerinin oluşturduğu sınırdır (Sarı, 2015, s.2). Farklı bir söylemle, belirli bir dönemde belirli bir malın üretimine katılan üretim faktörleri ile elde edilen üretim miktarları arasındaki fiziki ilişkileri gösterir. Belirli bir periyotta Q malının q miktarlarını üretmek için X_1, X_2, \dots, X_m üretim faktörlerinin X_1, X_2, \dots, X_3 miktarları tüketilirse üretim fonksiyonunun matematiksel modeli $q = f(X_1, X_2, \dots, X_m)$ şeklinde gösterilir. İktisat kitaplarında girdi ve çıktı arasındaki teknik ilişkiye referans verilen üretim fonksiyonu üretim sınırı yerine kullanılmaktadır (Çakır, 2011, s.22). Üretim sınırı altında olan karar verme birimleri %100 verimliliğin altında bir verimliliğe sahiptir ve görece olarak kaynakları israf etmektedir.

Üretim Olanakları Kümesi: Üretim insanların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla farklı girdilerin bir araya getirilerek mal ve hizmetlerin yaratılması, diğer bir deyişle fayda yaratma eylemi olarak tanımlanır. Teknoloji ise üretim bilgisi, beceri, tecrübe ve donanım faktörlerinin bileşimini kapsamına alan dinamik bir kavram olup ekonomik açıdan incelediğimizde girdiler ile girdilerin üretim miktarları arasındaki fonksiyonel ilişkileri gösterir. Üretim teknolojisi ise; mal ve hizmetlerin üretim süreçlerinde girdilerin çıktılara dönüştürülme faaliyeti olarak tanımlanmaktadır. Üretimde belirli bir çıktının elde edilmesi için en az girdiyi kullanmak ya da belirli bir miktarda girdi bileşimini kullanarak en yüksek düzeyde çıktıyı elde ederek dönüşümde etkinlik gerçekleştirilebilir. Tüm bu iktisadi kavramlar çerçevesinde üretim olanakları kümesi, üretim teknolojisi ile sağlanan etkin ya da etkin olmayan girdi ve çıktı dönüşümlerinin tamamı içeren küme olarak adlandırılmaktadır. (Yolalan, 1993, s.7; Lorcu, 2008, s.10).

İngilizcede “efficiency” kelimesinin karşılığı olan etkinlik literatürde verimlilik ve etkililik kavramlarıyla birlikte kullanılmakta olup farklı alanlarda farklı anlamlar taşımaktadır. Drucker’e göre işlerin doğru yapılması anlamına gelmektedir ve yöneticilerin performans ölçmede kullandığı bir araçtır (Lorcu, 2008, s.37). Verimlilik girdiler ve çıktılarla ilgilenirken, etkinlik çıktılar, sonuçlar ve bunların etkileriyle ilgilenir. Etkinlik üreticilerin ortaya attığı ekonomik hedeflerin sürdürülebilmesi olarak tanımlanabilir. Buradan yola çıkarak, eğer hedef çıktı maksimizasyonu ise etkinlik, gözlenen çıktının maksimum çıktıya oranı ile ölçülür. Önceden belirlenmiş olan hedeflerin ne ölçüde gerçekleştiğini ifade eder (Atakan vd.; 1997, s.12). Farklı bir bakış açısıyla fiili performans, önceden belirlenen standart performans ile kıyaslandığında gerçekleşen performansın standart performansa ne oranda yaklaşım yaklaşmadığını gösterir (Yükçü ve Atağan, 2009, s.3). Etkinlik derecesinin formülizasyonu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir;

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Standart Değer}}{\text{Fiili Değer}}$$

Varsayalım bir işin standart bitim süresi 4 saat ama uygulama aşamasında fiili olarak 7 saat olarak gerçekleşiyor buna göre etkinlik değeri; $4/7 = 0,571$ 'dir. Eğer oran “1” değerinin altında ise faaliyet istenilen etkinlik düzeyinde değildir. Oran “1” değerinden büyük ise standarttan daha büyük bir etkinlik düzeyi gösterir (Yükçü ve Atağan, 2009, s.3).

Belirli bir miktarda girdinin kullanılmasıyla en yüksek düzeyde çıktıyı sağlamak veya farklı bir söylemle belirli bir miktarda çıktıyı elde edebilmek için en az girdinin kullanılması faaliyeti olarak isimlendirilen etkinlik ölçümünü bazen gerçekleştirmek mümkün olmayabilir. Özellikle kamu sektöründe kâr amacı taşımayan ve hizmet ağırlıklı faaliyet gösteren kuruluşların etkinliğinin ölçülmesi, girdilerin ve çıktılarının fiziksel boyutunun göz önünde

bulundurulma olanağının son derece düşük olması nedeniyle nerdeyse tamamen imkânsızdır. Söz konusu bu durum, mikro ekonomik açıdan etkinlik kavramını daha alt gruplara ayırmaktadır. Başlıca etkinlik türlerini; teknik, tahsis, yapısal, kaynak dağılımı, ölçek, toplam ve ekonomik olmak üzere yedi başlık altında inceleyebiliriz.

2.2.3.1. Teknik Etkinlik

İşletmenin üretim olanakları kümesi içine yer aldığı durumda gerçekleşen etkinliktir. İşletmenin veri girdiler setinden en yüksek çıktıyı elde etme gücünün bir göstergesi ya da veri bir girdi setinden olası en büyük hasılayı gerçekleştirebilme başarısıdır. Üretim sürecinde kullanılan girdiler m boyutlu X vektörü ve üretilen çıktılar s boyutlu Y vektörü ile ifade edilmektedir. Bu bağlamda üretim teknolojisi tüm mümkün X^t girdileri ve karşılık gelen tüm mümkün Y^t çıktıların kümesi olarak S ile tanımlanabilir. Böylece teknoloji S , t dönemindeki veya t üretim birimi için tüm mümkün girdi-çıkıtı bileşimlerinin kümesidir. S kümesi altında yer almayan bileşimler mümkün olmayan girdi - çıkıtı bileşimleridir S kümesindeki bazı elemanlar (girdi- çıkıtı bileşimleri, $S^t \in S$) diğerlerine göre daha az savurgandır başka bir söylemle daha etkin olarak belirtilebilir. S^t elemanı için eğer çıktılardan bir kısmını girdileri sabit tutarak artırmak mümkün değilse, bu eleman için üretim sürecinde savurganlık yoktur yani “teknik etkin” dir (Cingi ve Tarım, 2000, s.2).

Bu bağlamda üretim sınırı fonksiyonu, teknik etkin olan tüm üretim kombinasyonlarının kümesidir. Üretim fonksiyonu ile ilgili olarak Førsund Lovell ve Schmidt (1980) tarafından yapılan araştırmalar incelenebilir. Eğer üretim sınırı; $F(X^t, Y^t) = 0$ şeklinde kapalı formunda ifade edilirse, $F(X^t, Y^t) < 0$ teknik olarak etkin olmayan üretim kombinasyonlarını ifade ederken, $F(X^t, Y^t) > 0$ teknoloji S kullanılarak üretilmesi mümkün olmayan kombinasyonları tanımlar.

Teknik etkinlik düşüncesi üzerine yapılan ilk çalışmayı Koopmans (1951) gerçekleştirmiştir. Koopmans'a göre bir çıktıdaki artış, en az bir çıktıda düşme gerektiriyorsa ya da en az bir girdi de artış gerektiriyorsa ve eğer, herhangi bir girdideki azalma, en az bir girdinin arttırılmasını veya en az bir çıktının azaltılmasını gerektiriyorsa “teknik olarak etkin” olduğu söylenebilir. Teknik etkin olan, tüm mümkün üretim karışımlarının oluşturduğu küme üretim sınırı içerisinde yer alır. Üretim sınırının altında olan KVB'ler ise, kaynaklarını israf etmektedir yani teknik olarak etkinsizdir. Teknik etkinsizlik, yönetim yapısı ve organizasyonundan kaynaklanan aksaklıklardan da kaynaklanır. Böyle etkinsizlikler Leibenstein, tarafından X etkinsizliği olarak tanımlanır (Lorcu, 2008, s.40).

2.2.3.2. Tahsis Etkinliği (Fiyat Etkinliği)

Kaynakların maksimum düzeyde faydayı sağlayacak şekilde kullanımını ifade eder (Çetin, 2010, s.185). Üretim süreçlerinde kullanılan girdi ve çıktıların miktarları ne kadar önemliyse, bu faktörlerin fiyatları da o kadar önem arz etmektedir. Eğer işletmeler faktör fiyatları hakkında tam bilgiye sahip ise teknik ve ölçek etkinliklerinin yanı sıra tahsis (fiyat) etkinliğini de kolayca ölçebilir (Tarım, 2001; Çağlar, 2012, s.21). Tahsis etkinliği de girdi ve çıktıya yönelik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır; Girdi yönelimli olarak tahsis etkinliği; işletmenin girdi fiyatlarını göz önünde bulundurarak en uygun girdi bileşimini seçmedeki başarısı olarak tanımlanabilir. Mevcut girdi fiyatları veri iken, KVB ekonomik olmayan bir girdi karışımı kullandığında bu seçimin getireceği maliyet yükü tahsis etkinliği ile ölçülmektedir. Çıktı yönelimli tahsis etkinliği; çıktı fiyatları göz önünde bulundurularak, KVB'nin elde edeceği geliri maksimize etmesini sağlayacak çıktı bileşimini elde etmedeki başarısıdır. Mevcut çıktı fiyatları kullanıldığında KVB'nin uygun olmayan çıktı bileşimi seçiminin getireceği gelir kaybı da çıktıya yönelik fiyat etkinliği ile ölçülmektedir.

Teknik ve tahsis etkinliklerinin kurumlara sağlamış olduğu yararlar;

- Benzer ekonomik birimler arasında karşılaştırma yaparak, üretimde fiyat ve maliyetle ilgili olan fiyat kararlarının verilmesine yardımcı olmak,
- Ekonomik birimler arasındaki etkinlerdeki değişmenin yönü ve büyüklüğü hakkında bilgi vermektedir. Değişime sebep olan faktörlerin belirlenmesi, işletme açısından büyük önem taşımaktadır,
- Yapılan analizler ile ekonomik birimlerle ilgili politikaların belirlenmesinde yardımcı olmaktadır.

2.2.3.3. Yapısal Etkinlik

Yapısal etkinlik, tahsis etkinliğinin hatalı analizini tahmin etmek için Anandalingam ve Kulatilaka (1987) tarafından ortaya atılmıştır. Yapısal etkinlikte yer alan bileşenler dış faktörlerin etkisiyle değişkenlik gösterebilir. Uygulanmakta olan ekonomik ve sosyal yöntemlere bağlı olarak yapısal etkinlik gelişim gösterir. Üretim teorisinde genellikle girdi ve çıktıların tamamının serbest olarak atılabildiği varsayılır. Bu varsayımı göz önünde bulundurarak girdi ve çıkıtının serbest atılabilir olmadığı (uncongested) veya ekonomik olduğu şartlarda üretim yapması durumunda ulaştığı etkinlik olarak da tanımlanabilir (Çağlar, 2012, s.22).

2.2.3.4. Kaynak Dağılım Etkinliği

Ekonomide temel problem kaynakların etkin olarak nasıl kullanılacağıdır. Bir işletme (KVB) doğrudan hem teknik hem de yapısal etkinliğe sahip ise üretim olanakları kümesi içerisinde yığılmanın olmadığı bir noktada üretimini gerçekleştirebiliyorsa kaynak dağılımını etkin olarak kullanmış olur (Bakırcı, 2006, s.202). Farklı bir deyişle minimum maliyetle doğru şekilde üretilip kârı maksimize etmek olarak da tanımlanabilir (Ünsal, 2007, s.14).

2.2.3.5. Ölçek Etkinliği

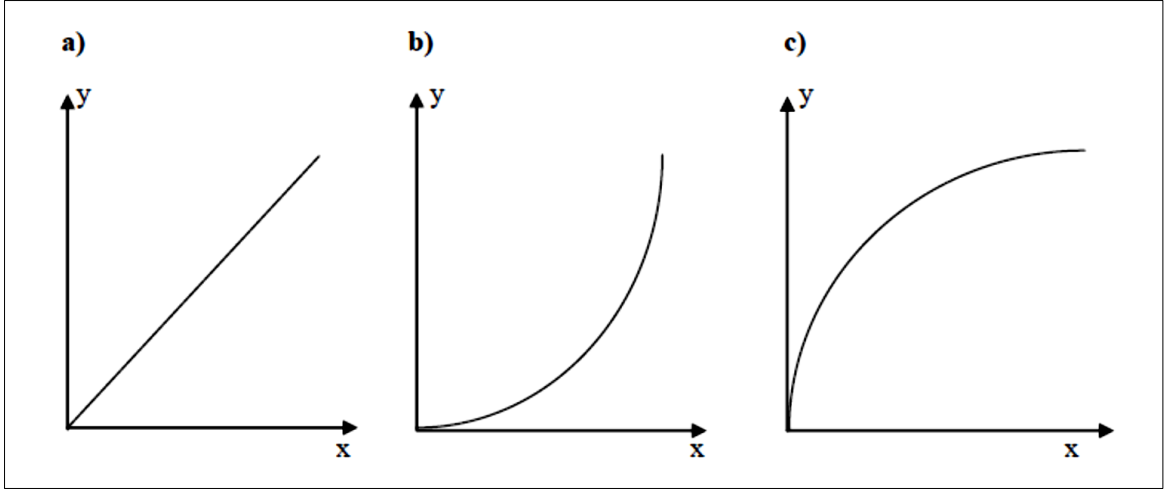
Ölçekteki büyüme sonucu organizasyonda birim başına ortalama maliyetin artışını ya da azalışını belirlemek için kullanılan bir değerlendirme ölçütüdür (Kılıçkaplan ve Karpat, 2004, s.2). Ölçek etkinliği, en verimli ölçek büyüklüğüne yakınlık olarak tanımlanır. Üretim yapan bir işletmenin girdilerindeki artış veya azalış üretim teorisinde üretim ölçeğinin değiştirilmesi şeklinde ifade edilir. Değişimler sonucu elde edilen üretim miktarında (çıktı) ortaya çıkan değişiklik ise ölçeğe göre getiri terimiyle ifade edilir (Çakır, 2011, s.15). Ölçeğe göre getiri; uzun dönemde ölçek değiştikçe girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi tanımlamak içinde kullanılabilir. Üretim faktörleri uzun dönemde sabit olmadığı için girdilerin miktarlarındaki artış ve azalışlara bağlı olarak üç durumdan söz edilebilir (Ateş, 2010, s.89; Çağlar, 2012, s.23).

Ölçeğe Göre Sabit Getiri: Üretim sürecinde girdiler arttırıldığında çıktı seviyesindeki artış, girdilerdeki artış oranından farklılık göstermiyorsa ölçeğe göre sabit getiriden söz edilebilir (Constant Returns Scale –CRS) (Biçen, 2010, s.19).

Ölçeğe Göre Azalan Getiri: Üretim sürecindeki girdilerin her birindeki oransal artış üretim miktarından oransal olarak daha fazla olduğu gözlemlenirse ölçeğe göre azalan getiriden söz edilebilir (Decreasing or Diminshing returns to Scale –DRS) (Çakır, 2011, s.15).

Ölçeğe Göre Artan Getiri: Üretim sürecindeki girdilerin artış oranı çıktı değerlerinde daha fazla oranda artışa neden oluyorsa ölçeğe göre artan getiriden söz edilebilir (Increasing Returns to scale – IRS) (Özkan, 2004, s.121; Lorcu, 2008, s.43).

Bir sonraki sayfada Şekil 2.1’de bir girdi ve bir çıktı üretim sürecinde ölçeğe göre getiriler verilmiştir (a= sabit, b= artan, c= azalan).



Şekil 2.1. Ölçeğe göre sabit, artan ve azalan getiri

Kaynak: Çakır, 2011, s.15

2.2.3.6. İktisadi (Ekonomik) Etkinlik

Dağılımda etkinliğin, üretimde etkinliğin ve bölüşümde etkinliğin var olduğu bir ekonomide, kaynakların mallar arasındaki dağılım şekli ile malların kişiler arasındaki dağılımını, üretim ve bölüşüm şeklini değiştirmek suretiyle diğer kişilerin durumunu kötüleştirmeden bir kişinin durumunu iyileştirmek olası bir durum değildir. Toplum veri kaynaklarından maksimum seviyede yarar sağlamak ister. Dağılımda, bölüşümde ve üretimde etkinliğin sağlanması sonucu, diğer kişilerin durumunu kötüleştirmeden bir kişinin durumunu iyileştirmenin mümkün olmadığı durum iktisadi etkinlik olarak tanımlanır (Ünsal, 2007, s.15). İşletmeler performanslarını değerlendirirken genellikle ekonomik etkinliklerinin ne düzeyde olduğunu bakarlar. Ekonomik etkinlik, tahsis ve toplam etkinlik olmak üzere iki temel unsura sahiptir. Parasal değerlerle yapılan bir analiz olduğundan fiyat etkinliğini de kapsamına alır (Çağlar, 2012, s.19). Matematiksel formülizasyonu;

$$\text{Ekonomik Etkinlik} = \text{Tahsis Etkinliği} \times \text{Toplam Etkinlik}$$

Ekonomik etkinlik söz konusu olduğunda kaynak tahsis edilme şekli bir malın üretimini azaltmadan diğer malın üretimini artırmak ya da bir kişinin refah seviyesini düşürmeden diğerinin yükselmesi ile mümkün olmamalıdır. Diğer kişilerin refah seviyesini düşürmeden bir kişinin refah seviyesi iyileştirmek iktisat literatüründe pareto iyileştirmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda kısaca ekonomik etkinlik için pareto iyileştirmesinin olmadığı durumlar diye tanımlama yapılabilir (Durmuş, 2008, s.30-31).

2.2.3.7 Toplam Etkinlik

Teknik ve ölçek etkinliğinin bileşimi ile toplam etkinlik hesaplanmaktadır. Bir işletmenin (KVB) toplam etkin olma koşulu hem teknik hem ölçek etkinliğini sağlaması ile gerçekleşir. Aksi takdirde işletmenin etkin olmaması (Banker, Charnes ve Cooper 1984, s. 1078-1092; Erpolat, 2011, s.44).

- Teknik etkinsizlikten (kendine ait olamayan faaliyetlerden) veya
- Ölçek etkinsizliğinden (olumsuz koşullardan) kaynaklanmaktadır.

Farrell (1957) çalışmasında yer alan toplam etkinliğin matematiksel formülizasyonu aşağıda verilmiştir;

$$\text{Toplam Etkinlik} = \text{Teknik Etkinlik} \times \text{Fiyat Etkinliği}$$

2.2.4. Etkililik

İngilizcede “effectiveness” kelimesinin karşılığı olan etkililik kavramı organizasyonların (örgütlerin) gerçekleştirdikleri faaliyetler neticesinde amaçlara ulaşma derecesini belirleyen performans boyutlarından biridir (Yükçü ve Atağan, 2009, s.2). Etkililik, verimlilik ve etkinlik konularına duyulan ilgi oldukça eskiye dayanmaktadır. 1796 yılında Adam Smith’in yayınlamış olduğu Ulusların Zenginliği isimli eserinde etkinliğin iş bölümü ve uzmanlaşma ile sağlanabileceği düşünülmüştür. Bu yüzden günümüze kadar pek çok yönetim bilimci, ekonomist ve örgüt teorisyenleri bu konun üzerinde durmuşlardır.

TDK’ya göre sözlükteki anlamı “etkili olma durumu, müessiriyet” olan etkililik kavramı kısaca, gerçekleştirilmek istenen ile gerçekleşenin karşılaştırılmasıdır ve basit olarak amaçları gerçekleştirme derecesi olarak tanımlanabilir. Etkililik işletme ya da kurumların önceden tanımlanmış hedeflerine ulaşmak amacıyla gerçekleştirdikleri faaliyetlerinin sonunda, bu hedeflere ulaşma derecesini belirlemektedir. Çoğu zaman etkinlik ile aynı anlamda kullanılmaktadır ancak etkililik gerçekte farklı bir kavramı ifade eder (Dikmen, 2008, s.6; Biçen, 2010, s.13).

Etkililik ve etkinlik terimleri arasında literatürde kimi zaman karışıklıklar yaşanmaktadır. Sink ve Tuttle (1986)’ın çalışmasında etkililik, “doğru şeyleri yapmak” olarak ifade edilirken etkinlik ise, “işleri doğru yapmak” biçiminde tanımlanmıştır (Yaşar, 2019, s.13). İşletmelerde “üretilen mal ve hizmetler gerçekten amaçlanan ve faydalı çıktılar mıdır?” sorusuna verilebilecek cevap etkililik göstergesi ile ifade edilebilir. Etkililiğin matematiksel formülizasyonu aşağıda verilmiştir.

$$\text{Etkililik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı}}{\text{Beklenen Çıktı}}$$

Örneğin; gerçekleşen çıktı miktarının 75 birim olduğunu varsayalım, hedeflenen çıktı miktarının 100 birim olması durumunda etkililik; $\frac{75 \text{ br}}{100 \text{ br}} = \%75$ olacaktır. Kar amaçlı olsun veya olmasın işletmeler için üretim sürecinde, kaynakların rasyonel kullanılarak etkinliğin artırılması ile üretimin ne seviyede artabileceğini öğrenmek büyük önem taşımaktadır. Bu amaca yönelik birçok araştırma yapılarak farklı etkinlik ve verimlilik ölçme yöntemleri geliştirilmiştir (Lorcu, 2008, s.47).

Çıktı odaklı bir kavram olan etkililikte amaç, işletmeler için genelde kârı yükseltmektir. Ancak kârın elde edilmesi işletmedeki etkin yönetimden çok geçici olumlu gelişmelerden kaynaklanıyorsa, neticede istenen başarı sağlanamamış olacaktır. Buradan yola çıkarak bir işletmenin etkinliği sağlandığı takdirde etkililiğin anlam kazanacağını düşünülebiliriz (Çakır, 2011, s.12).

Etkililik, örgütlerin amaçlarına ulaşma derecesine, iç ve dış çevresiyle etkileşime ve örgüt içinde karar vericilerin görüşlerine göre örgütlerin performansı hakkında bilgi veren bir değerlendirme yöntemidir. Örgütsel etkinlik ise, örgütün çeşitli grupların taleplerini ne ölçüde iyi karşıladığının “dışsal bir standardı” olarak tanımlanır (Pfeffer ve Salancik, 1978, s.11; Ergeneli, 1995, s.188). Literatürde yer alan yaklaşım farklılıklarına rağmen genelde, örgütün ulaşmayı hedeflediği “sonucu” elde etme düzeyi olarak da ifade edilmektedir (Yükçü ve Atağan, 2009, s.2). Örgütsel etkinliğin sağlanma görevi yöneticilerin sorumluluğundadır. Kurumlar ve işletmelerde yer alan yöneticiler koşullara göre etkililik ölçütü hazırlamaya gereksinim duyarlar.

Kreitner ve Kinicki'nin (1995) ortaya koyduğu genel örgütsel etkinlik ölçütleri Karşlı (1998) tarafından dört başlık altında özetlemiştir;

- Hedefin gerçekleşmesi – belirlenen hedeflere ulaşma
- Kaynak elde etme – gerekli üretim girdilerin çoğaltılması
- İç süreçler – sağlıklı örgüt sistemleri kurma ve sürdürülebilir kılma
- Stratejik oluşumların doyumu – tüm önemli ve kilit hissedarların veya üyelerinin doyumunun sağlanması

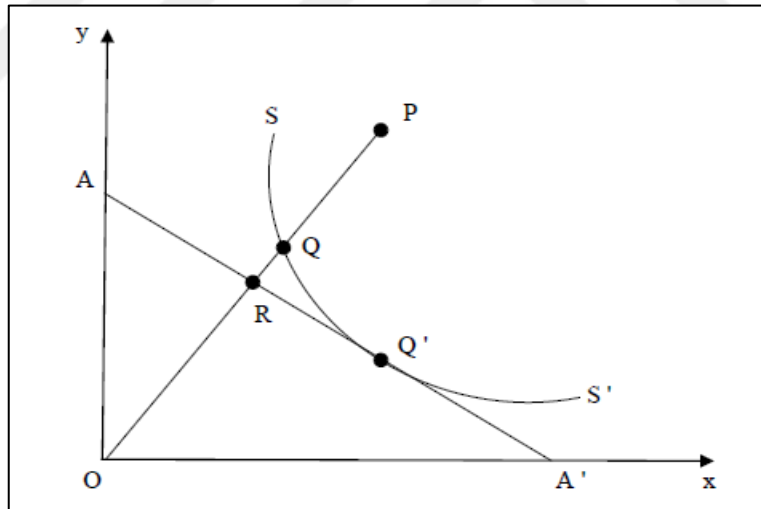
2.3 Farrell'in Etkinlik Yaklaşımı

1957 yılında “ The Measurement of Productive Efficiency” isimli çalışmada Farrell'in önermiş olduğu yaklaşım “karşılaştırmalı verimlilik ölçme yöntemi” yeni etkinlik ölçümlerinin gelişmesinde katkılar sağlamıştır. Farrell'in üretim fonksiyonunu bir sınır olarak ele alması

ile geliştirdiği bu etkinlik, günümüzde kullanılmakta olan sınır karşılaştırmaları ile pek çok yönden benzerlikler taşımaktadır (Erpolat, 2011, s.47).

Farrell'in bu çalışmadaki amacı; üretimde yer alan tüm girdileri kullanan ve kullanılmakta olan yöntemlerin dezavantajlarını kapsayan bir etkinlik ölçüsü geliştirmek olmuştur. Farrell (1957); bir işletmede etkinliği belirlerken teknik ve tahsis etkinlikleri bileşimlerinin önemli olduğunu ileri srmştr. Teknik etkinliği, verilen girdi setinden mümkün olan maksimum çıktının sağlanma başarısı olarak tanımlamıştır. Tahsis etkinliği ise, bir işletmenin fiyatları ve üretim teknolojisi temel alınarak girdileri optimal oranlarda kullanabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır (Coelli vd., 2005, s.51 ; Yaşar, 2019, s.53).

Farrell ölçeğe göre sabit getiri ve etkin üretim fonksiyonunun bilindiği varsayıp "eş ürün" ve "eş maliyet" eğrilerini kullanarak iki girdi (X_1 ve X_2) ile bir çıktının (y) bulunduğu üretim süreci rneği için "teknik" , "tahsis" ve "toplam" etkinliğinin nasıl ölçüleceğini göstermiştir (Erpolat, 2011, s.47; Yaşar, 2019, s.53). Etkinliği llecek KVB ile aynı alanda faaliyet gösteren yüksek etkinlik değerine sahip işletmenin, üretim faktörlerinin farklı bileşimleri sonucu ortaya çıkabilecek üretimi veren "etkin üretim fonksiyonu" aşağıda Şekil 2.2'de detaylıca açıklanmıştır.



Şekil 2.2. Farrell'in etkinlik yaklaşımı

Kaynak: Farrel, 1957, s.254

Şekil 2.2' de iki girdinin kullanımı ile bir çıktının üretildiği endüstri alanındaki etkin üretim fonksiyonunun eş ürün eğrisi SS' ile gösterilmiştir. Farklı miktarlarda girdi kullanılarak, farklı çıktı miktarları elde eden üç işletme (KVB) ise P,Q ve Q' ile ifade edilmiştir.

P ve Q işletmeleri incelendiğinde, Q işletmesinin P işletmesine göre daha etkin olduğu gözlemlenebilir. Bunun nedeni Q ve P aynı çıktıyı, her bir faktörden $\frac{OQ}{OP}$ oranında daha az kullanarak üretmesine bağlıdır. Diğer bir ifade ile Q işletmesi aynı girdi ile $\frac{OP}{OQ}$ oranı kadar daha fazla çıktı üretebilmektedir. $\frac{OQ}{OP}$ oranı P işletmesinin “teknik etkinliği” olarak ifade edilmektedir. Bu oran teknik etkin olan işletmeler (KVB) için %100 olarak elde edilmektedir. Bu duruma göre Q işletmesi etkin üretim sınırında olduğu için teknik etkinliği %100 oranındadır. Şekil 2.2’de girdi fiyatlarına bağlı olarak belirlenen eş masraf doğrusu da AA’ ile ifade edilmiştir. Q ve Q’ işletmelerinin teknik etkin olduğu net bir şekilde görülmektedir. Ancak girdi fiyatları baz alındığında optimal üretimi bulunan işletmelerin Q’ olduğu anlaşılmaktadır. Q’ işletmesinin bir birim çıktı üretim maliyeti, Q’ ya $\frac{OR}{OQ}$ oranı kadar daha az yansıyacaktır. $\frac{OR}{OQ}$ oranı, Q işletmesinin “tahsis etkinliği” olarak gösterilir. Diğer taraftan teknik etkin açısından etkisiz olan P işletmesinin tahsis etkinliği Q işletmesinin tahsis etkinliğine eşit çıkmaktadır.

Teknik etkin olan Q işletmesi için toplam etkinlik hesapladığında ortaya çıkan değer tahsis etkinliğine eşit olduğu görülür. P işletmesinin toplam etkinliği; $\frac{OR}{OQ} \times \frac{OQ}{OP} = \frac{OR}{OP}$ olarak ifade edilir. Bu kapsamda gerek “teknik” gerek “tahsis” etkinlik değerleri “1” olan Q’ işletmesinin “toplam etkinlik” değeri de “1” dir. Yukarıda ele alınan örnekten de anlaşıldığı üzere Farrell’ın önermiş olduğu etkinlik ölçümü teknik ve tahsis etkinliklerinin arasındaki farkları basitçe açıklamıştır.

2.4. Etkinlik Ölçümünde Kullanılan Yöntemler

Kaynakların aşırı tüketimi sonucunda etkinliğin artırılması ile üretimin ne kadar artabileceği bilgisine ulaşmak kurumlar ve işletmeler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple farklı etkinlik ölçme yöntemleri geliştirilmiştir. Bir önceki bölümde yer alan Farrell’ın (1957) “The Measurement of Productive Efficiency” çalışması literatürde kabul gören ilk etkinlik ölçümüdür. Farrell’ın bu çalışması örnek alınarak etkinlik ölçümü yöntemlerinde geliştirmeler yapılmıştır. Günümüzde kullanılmakta olan etkinlik yöntemleri;

- Oran analizi,
- Parametrik yöntemler,
- Parametrik olmayan yöntemler şeklinde üç gruba ayrılmaktadır.

2.4.1 Oran (Rasyo) analizi

Etkinlik ölçümünde kullanılan en basit yöntemlerin başında oran analizi gelmektedir. Bir KVB'nin çeşitli periyotlardaki performansını ölçmek ve KVB'leri arasında karşılaştırma yapmak için girdi faktörleri ile bu faktörlerinin kullanımı sonucu elde edilen çıktı faktörleri arasındaki oranın hesaplanmasıdır (Gülen, 1994, s.7).

Genelde işletmelerin finansal projeksiyonlarının belirlenmesi gerektiği zamanlarda uygulamadaki kolaylığından dolayı analizciler tarafından sıkça kullanılmaktadır. Oran analizi için gerekli üç aşama maddeler halinde aşağıda verilmiştir (Farrell, 1957, s.255);

- Karşılaştırmanın yapılabileceği bir KVB kümesi oluşturulmalıdır. Kümeleme analizi gibi istatistiksel yöntemler veya uzmanların kişisel görüşleri böyle bir KVB kümesinin oluşturulması, karşılaştırma neticelerinin anlamlı olması bakımından önemlidir.
- Karşılaştırmalar esnasında önem arz eden girdi/çıktı ya da çıktı/girdi oranları tanımlanmalı ve her KVB için bu oran hesaplanmalıdır.
- Her KVB'ye ait oranın, tüm birimlerin toplamı için hesaplanan ortalama değer altında ya da üstünde olup olmadıklarını belirlemek amacıyla karşılaştırma yapılmalı ve ortalama değerden farklı değere sahip KVB'ler için alınabilecek tedbirler tespit edilmelidir.

Bir performans değerlendirme varsayımı altında tüm girdi ve çıktılarının oranlamaları yapılmış olsun; bazı oranlar başarılı gibi gözükürken, bazıları başarısız gözükülebilir. Böyle durumlarda oranların anlamlı bir küme haline getirilmesi ve tümünün bir arada ele alınarak ortak bir şekilde değerlendirilip yorumlanmasında sorunlar yaşanacaktır. Tek girdi ile tek çıktının oranlanması şeklinde oluşturulan oran analizi çok sayıda girdi ve çıktının olduğu sistemlerde yetersizdir. Bir diğer dezavantaj girdi ve çıktı sayısının artması durumunda incelenecek oranların sayısı da artar. Bu durum neticesinde de kontrol ve oranlar kümesinde yer alan oranların birbirlerini nasıl etkilediklerinin yorumu zorlaşır.

Oran analizindeki dezavantajlar ortadan kaldırılıp, tek başına etkili birer karşılaştırma ölçütü oluşturabilmek için; genel kabul görmüş oranlar, aynı endüstri dalındaki benzer oranlar ve KVB'lerin aynı dönem içindeki birbirleriyle ilgili diğer oranlarının kıyaslamaları yapılmalıdır (Kecek, 2010, s.51).

2.4.2 Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemler fonksiyonel şekli önceden bilinen bir sınırın parametrelerini tahmin edip sonrasında her bir gözlemin bu sınıra olan uzaklığını ölçmede kullanılan yöntemlerdir. Üretim fonksiyonunun matematiksel modeli bilindiği varsayımına dayanıp neoklasik iktisat kuramının izlerini taşır (Çakmak, Dudu ve Öcal, 2008, s.34). Etkinliği ölçülecek sektöre ilişkin bir üretim fonksiyonunun olduğu ve bu fonksiyonun analitik bir yapıda olduğu düşünülür.

Yöntemde, varlığı kabul edilen üretim fonksiyonunun parametreleri tahmin edilemeye çalışılır (Erpolat, 2011, s.50).

Literatürde parametrik yöntemlerin ölçümü tek çıktı ve birden fazla girdinin ilişkilendirildiği regresyon analizi teknikleriyle yapılmaktadır. İlk önce KVB'lerden meydana gelen gözlem kümesi oluşturulur. Daha sonra gözlem kümesi yardımıyla regresyon doğrusu elde edilir. Regresyon doğrusu "Etkinlik Sınırı" (Efficiency Frontier) olarak ifade edilmektedir. Buna göre KVB'lerin etkinlik durumları belirlenirken; etkinlik sınırının üzerinde kalan KVB'ler "etkin" altında kalanlar ise "etkinsiz" olarak ifade edilir (Sherman, 1984, s.35). Parametrik yöntemlerde etkinlik sınırından sapma olabilir. Bu durumun sebebi etkinsiz KVB ya da rassal hatalardan kaynaklanabilir. Ölçüm hataları giderildiğinde ve rassal hata oranı sıfır olduğunda KVB'leri "etkin" olarak ifade edilir. Etkinsiz KVB ve rassal hata unsurundaki farklılıklardan dolayı stokastik sınır, serbest dağılım ve kalın sınır şeklinde üç ayrı yaklaşım geliştirilmiştir (Erpolat, 2011, s.50).

2.4.2.1 Stokastik Sınır Yaklaşımı (SSY)

Ekonometrik bir model olan "*stokastik sınır yaklaşımı*" regresyon analizi mantığında girdiler ve çıktılar arası ilişki kurarak üretim fonksiyonunu tahmin etmeye çalışır. Stokastik sınır yaklaşımı ilk olarak Farrell'ın makalesinde keşfedilmiştir. Makalede tüm KVB'lerin rassal olarak aynı yönde saptığı verimli bir fonksiyona dair saptamalar mevcuttur.

Aigner ve Chu (1968) Cobb dougles formunda üretim fonksiyonu temel alınarak parametrik sınırının tahmini yapılan deterministik bir model geliştirilmişlerdir. Aigner, Lovell ve Schmidt (1977) tarafından yapılan stokastik sınır üretim fonksiyonu modellerinin formülasyonu ve tahmini isimli çalışma ise günümüzde ekonometrik bir yaklaşım olarak uluslararası alanda oldukça bilinmektedir.

Yöntem KVB'lerin en iyi durumdan sapmasının ne kadarının etkinsiz, ne kadarının rassal hatadan oluştuğunu belirlemede ve hataların birbirinden ayırt edilmesinde etkilidir. Bu nedenle rassal hatanın simetrik, etkinsiz KVB'lerin ise asimetrik dağıldığı varsayılmaktadır. Literatürde hata dağılımlarına ilişkin varsayımlarda farklı eleştirilerde bulunmaktadır. Stokastik sınır yaklaşımında bazı işletmelerin kaynakları etkin kullanmadığı gerçeği kabul edilir. Bir diğer söylemde, bazı işletmeler "en iyi teknoloji" tarafından tanımlanan üretim sınırının altında üretim yapmaktadır. Bu çerçevede stokastik sınır yaklaşımı işletmelerin tüm üretim tekniklerini bildiği ve kârı maksimize eden tekniği kullandığını varsayan neoklasik işletme teorisinden ayrılmaktadır. Ayrıca veri girdi düzeyinde işletmelerin en fazla belirli miktarda çıktı üretebileceği varsayılır. İşletmeler, eğer üretim fonksiyonu tarafından tanımlanan düzeyde üretim yapamıyorsa bu durumun iki nedeni vardır, bunlar (Taymaz, 1997, s.12):

- İşletme tarafından tahmin edilemeyen nedenler; üretim sürecinde problemler, girdi kalitesinde değişimler, işçilerin çalışma temposu vb.
- Çevresel faktörler; rekabet derecesi, girdi ile çıktı kaliteleri, kamu ve özel sektör payları, mevzuatlarla ilgili regülasyon ve yönetim şekli vb.

2.4.2.2 Dağılımsız Yaklaşım

SSY yönteminin varsayımlarına getirilen eleştirilere cevap olarak, Berger (1997) tarafından etkinsizlik bileşeninin seçiminde spesifik bir dağılım varsayımında bulunmadığı için “*Dağılımsız Yaklaşım*” (DY- Distribution Free Approach) olarak adlandırılan yeni bir sınır yaklaşımı önerilmiştir (Erpolat, 2011, s.51). Dağılımsız yaklaşım, SSY’ye benzer olarak, sınır için fonksiyonel bir form belirleyerek etkinliği tahmin etmekte, ancak etkinsizliği rassal hatalardan farklı biçimde de ayırmaktadır. SSY’nin aksine, DY etkinsizlik ve rassal hata ile ilgili sağlam varsayımlarda bulunmaz. Bunun yerine, DY her bir işletmenin etkinliğinin zaman içinde durağan olduğunu, rassal hata ortalamasının ise 0 (sıfır) olacağını varsayar. Ayrıca DY’nin diğer yöntemlerden farkı panel veri kümesine ihtiyaç duymasıdır (Berger ve Humphrey, 1997, s.178). Uygulamalarda dikkat edilmesi gereken husus kaç yıllık veri kullanılması gerektiğidir. Yıl sayısının aşırı derece az veya çok olması durumunda etkinlik ölçümü yanıltıcı sonuçlar verebilir. Literatürde üç yıldan on yıla kadar verilerin kullanıldığı gözlemlenmiştir (Deyoung, 1997, s.244).

2.4.2.3 Kalın Sınır Yaklaşımı

“*Kalın Sınır Yaklaşımı*” (KSY- Thick Frontier Approach) ilk olarak bankacılık alanında ölçüm yapmak amacıyla Berger ve Humphrey (1991) tarafından uygulanmıştır. Bu yöntem bireysel olarak bankaları, etkin sınırdaki en iyi bankayla kıyaslamaz ölçümü yapılan tüm kümenin etkinliğini ölçer (Bikker, 2004, s.198). Kalın sınır yaklaşımında rassal hataların ve etkinsizliklerin beklenen dağılımlarına ilişkin bir varsayım yoktur. Gözlenen ve beklenen değerler arasındaki en büyük ve en küçük farkın rassal hatayı, geri kalanın ise etkinsiz KVB’leri oluşturduğunu varsaymaktadır (Miller, Clauretje ve Springer, 2006, s.6). KSY, KVB’leri etkinliğinin tek tek tahmini için uygun bir yöntem değil iken çoğunlukla genel etkinlik düzeyinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Berger ve Humphrey, 1997, s.8; Lorcu, 2008, s.26).

Parametrik yöntemlerle ilgili karşılaştırma yapmak gerekirse; SSY ve DY’nin KSY’ya göre daha çok kullanıldığı söylenebilir. Ancak, literatürde yöntemlerden hangisinin daha iyi olduğuna dair bir görüş birliği bulunmamaktadır. Yöntemlere dair eleştiriler aşağıda sıralanmıştır (Erpolat, 2011, s.52).

- Her üç yaklaşım da üretim, maliyet, kar gibi değişkenlerle; girdi, çıktı, çevresel faktörler gibi değişkenler arasında işlevsel bir ilişki kurduğu için, ilişkinin oluşmasını sağlayacak bazı davranışsal varsayımlarda bulunmaktadır. Varsayımlardan herhangi birinin geçersiz veya yanlış olması sonuçların da geçersiz olduğunu göstermektedir.
- Her üç yöntemin de birden fazla çıktının olduğu sistemlerde kullanılması tavsiye edilmez.

2.4.3 Parametrik olmayan yöntemler

Farrell (1957)'nin parametrik olan yöntemlere karşı oluşturduğu ve ilerleyen dönemde Fieldhouse (1962) tarafından geliştirilen “*parametrik olmayan yöntemler*” doğrusal programlama temelli yöntemler kullanılarak, etkinlik sınırına olan uzaklığı ölçmede kullanılmaktadır (Karataş, 2016, s.19). Parametrik yöntemlerde olduğu gibi üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı bu yöntemde yoktur. Varsayıma ihtiyaç olamamasının nedeni etkinlik sınırının yöntemler için varsayılan bir durum olmayıp gözlenen KVB’ler tarafından oluşturulmasıdır (Erpolat, 2011, s.52). Bu açıdan parametrik yöntemlerden daha esnek bir yapıya sahiptir. Ayrıca çok girdi ve çok çıktının olduğu üretim alanlarında etkinlik ölçümü için oldukça kullanışlıdır (Yolalan, 1993, s.5).

Parametrik olmayan yöntemlerde rassal hata bulunmamaktadır. Bu durumdan dolayı veri hataları, ölçüm hataları, şans ve diğer faktörlere bağlı olarak etkinlik sınırının yanlış çizimi söz konusu olabilmektedir (Atan, 2003, s.74). Etkinlik sınırının yanlış çizimi birimlerin etkinlik düzeyleri hakkında yapılacak yorumların geçerliliğini tehlikeye atmaktadır. Gözlem kümesine göre büyük girdi ve çıktılara sahip KVB’lerin olması etkinlik sınırının yanlış tespitine bir diğer durum olarak gösterilebilir.

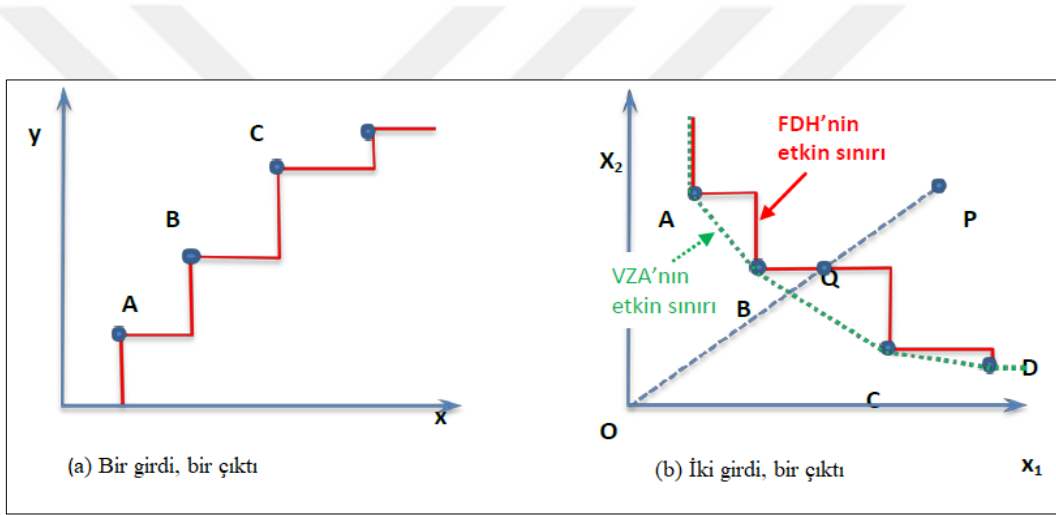
Parametrik olmayan yöntemlerde oluşan etkinlik sınırına göre KVB’ler etkin ve etkin olamayan şekilde ikiye ayrılabilmelerine rağmen herhangi bir karşılaştırma yapma olanağı sağlamazlar. Ancak etkin olamayan KVB’ler için; referans alabilecekleri KVB’ler ve gerekli olan iyileştirmeler yol gösterici görevini üstlenmektedir. (Erpolat, 2011, s.53). Literatür incelendiğinde, parametrik olmayan yöntemlerden en çok kullanılanın “Veri Zarflama Analizi (VZA)” olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca VZA’nın özel bir versiyonu olarak geliştirilen bankacılık ve finans alanında kullanılan “Serbest Atılabilir Bölge” (Free Disposal Hull –FDH) de ikinci bir başka yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.4.3.1 Serbest Atılabilir Bölge

Serbest atılabilir bölge (SAB), VZA'nın konveksite varsayımının esnetilmesiyle meydana gelen özel bir halidir. İlk defa Deprins, Simar ve Tulkens (1984) tarafından önerilmiş ve daha sonra Tulkens (1993) tarafından geliştirilmiştir (Tulkens, 1993, s.312).

Değişken ölçek varsayımının kabul edildiği SAB modeline ayrıca "0-1 tamsayı" kısıtı dahil edilmektedir. Böylece tüm KVB'lerin görelî etkinliği çözümlenebilmektedir. "0-1 tamsayı" kısıtı geçerli olduğundan, gözlem noktalarını birleştiren doğrular dik açılar ile birleşerek, üretim olanakları kümesinin sınırı merdiven görüntüsü alır. Oluşan sınır sayesinde gözlemler arasındaki KVB'lerin ne derece etkin olduğu belirlenir.

Şekil 2.3'te bir girdi - bir çıktı ve iki girdi - bir çıktı varsayımı altında serbest atılabilir bölgede etkinlik sınırı ve VZA sınırı karşılaştırılması yapılmıştır (Kale, 2009, s. 100).



Şekil 2.3. SAB'de etkin sınır ve VZA sınırı kıyaslaması

Kaynak: Kale ,2009, s.100; Yaşar, 2019, s.65

VZA sınırındaki gözlemlenen noktalar birleştirilebilirken SAB yönteminde gözlemlenen noktalar birleştirilemez. Şekil 2.3 (b)'deki Q noktası varsayıma bağlı olarak üretilmektedir yani gözlemlenen bir nokta değildir. Bundan dolayı SAB yönteminde bu duruma izin verilmemektedir. Şekil 2.3 (b)'de olduğu üzere VZA ile FDH (SAB)'nin etkin sınırları karşılaştırılmıştır. Burada SAB, sınırda bulunan tüm noktalardan geçmektedir.

VZA etkinlik sınırı, SAB etkinlik sınırını içerdiğinden, SAB'nin etkinlik ölçümleri daha büyük sonuçlar verir. Söz konusu iki yöntemde de etkinlik üzerine varsayımda bulunulmaz. SAB'yi VZA'dan ayırıştıran bir diğer fark ise VZA gibi gözlemleri birleştiren kenarları etkin sınır içine almak yerine, gözlem noktaları ve bunların güneydoğu kısımlarını kapsayan bölgeyi etkin sınır içine ilave etmesidir. Bu bölge "serbest atılabilir bölge" olarak nitelendirilir. Böylece SAB,

VZA'nın komşu veya iç kısmını kapsayacağından daha kapsamlı etkinlik tahminleri yapabilmek imkânına sahiptir (Erpolat, 2011, s.53).

2.4.3.2 Veri Zarflama Analizi

Charnes, Cooper ve Rhodes'in ortak çalışmalarıyla 1978 yılında Farrell'ın (1957) makalesinde yer alan etkinlik ölçümünden yararlanılarak "*Veri Zarflama Analizi*" oluşturulmuştur. Homojen olan KVB'lerin çıktıları girdilere oranlanarak hesaplanmaktadır. Çıkan sonuçlara göre de diğer birimlerle karşılaştırma yapılarak etkinlik skorları bulunmuştur. Günümüzde pek çok kurum ve işletme tarafından performans ölçümünde sıkça kullanılmaktadır. Bu yöntem hakkında ayrıntılı bilgiler üçüncü bölümde anlatılacaktır.



3. BÖLÜM

VERİ ZARFLAMA ANALİZİ

Bundan önceki bölümlerde etkinlik ölçümünde bilinmesi gerekli temel kavramlar üzerinde durulmuştur. Bu bölümde ise son yıllarda oldukça yaygın olarak farklı alanlarda kullanılan, bu çalışmanın da yöntemi olan Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis) anlatılacaktır.

3.1. Veri Zarflama Analizi Tanımı

İngilizce adı, "Data Envelopment Analysis (DEA)" olan "Veri Zarflama Analizi (VZA)"nın temeli "Doğrusal Programlama (DP)"ye uzanmakta ve KVB'lerin göreceli etkinliğini ortaya koymaktadır. VZA'nın literatürde farklı tanımları mevcuttur. Bu tanımlardan yaygın olarak kullanılanlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

"VZA, farklı birimlere sahip çok sayıda girdi ve çıktının mevcut olduğu ve bunların ortak bir ölçüt temeline indirgenemediği durumlarda, nispi toplam faktör etkinliğini ölçme olanağı veren, üretimin ekonomik teorisi ile uyumlu ve parametrik olmayan (non-parametrik) bir yaklaşımdır" (Güran ve Cingi, 2002, s.64).

"VZA, aynı türden girdi ve çıktıları üreten KVB'lerin birbirlerine göre göreceli etkinliklerini ölçmek için tasarlanmış, DP temelli, parametrik olmayan bir yaklaşımdır" (Akal, 1998; Sarı,2015, s.9).

"VZA, çok sayıda girdi ve çok sayıda çıktının ağırlıklı bir girdi veya çıktı kümesine dönüştürülmesinin zor olduğu durumlarda oldukça geçerli ve anlamlı sonuçlar veren kesirli programlama temelli bir yöntemdir" (Erpolat, 2011, s. 55; Thanassoulis, 2004, s.132 -216).

"VZA, çoklu girdiyi çoklu çıktıya dönüştüren, esnek ve geniş olan eş ve benzer KVB'lerinin etkinlik ölçümünde kullanılan veriye dayalı bir yöntemdir" (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011; Kocak ve Boran, 2019, s.353).

"VZA, işletmelerin girdi ve çıktılarının artırım ya da azaltım oranlarına göre etkinliklerinin ne oranda değişeceğine dair bilgi veren bir yaklaşımdır" (Kula ve Özdemir, 2007, s.56). "VZA yöntemi parametrik olmayan, doğrusal programlamaya dayanan, örgütler arası göreceli etkinlik karşılaştırması yapan bir yaklaşımdır. KVB'leri olarak geçen birbiri ile aynı girdileri kullanarak benzer çıktıları üreten kurum ve kuruluşları kıyaslayarak göreceli etkinliği ölçen bir analiz yöntemidir" (Forsund ve Sarafoglu, 2002, s.23; Biçen, 2010, s.34). "KVB" teriminin anlamı girdilerin çıktılarına dönüştürülmesinden sorumlu işletme olarak ifade edilebilir.

VZA, gözlenen KVB'lerin girdi ve çıktı miktarlarına göre, en iyi üretim bileşimini baz alarak sınır tespitinde bulunur. KVB'lerin etkinliği bu sınıra olan uzaklıklarıyla göreceli olarak

ölçülür. Yöntem çok fazla girdi ve çıktı içermediğinde oldukça kolay hesaplanır. Ancak çok fazla girdi ve çıktı içeren KVB'lerin etkinliğini hesaplamak için doğrusal programlama kurulmalıdır.

DP, insan, malzeme, makine ve paradan oluşan sanayi, ticari, resmi ve askeri operasyonların idaresinde karşılaşılan ulaşım, üretim, finansman, dağıtım gibi faaliyetlerde sıkça kullanılmaktadır. Sistemdeki darboğaz sorunun giderilmesinde alternatif üretim tekniklerinden en iyi olanın seçilmesinde kullanılır. DP her ne kadar matematiksel bir yaklaşım olsa da, sadece matematikçilerin değil iktisatçıların da ilgisini çekmiştir. Kıt kaynakların en etkin nasıl kullanılacağını belirlemede iktisatçılara yön vermektedir. Literatürde DP ile ilgili birçok tanım bulunmaktadır. Bunlardan en kabul göreni DP'yi tanımlanmış doğrusal eşitliklerin veya eşitsizliklerin kısıtlayıcı koşullar altında doğrusal bir amaç fonksiyonunu en iyi yapan değişken değerlerin belirlenmesinde kullanılan bir teknik olarak açıklamaktadır (Cinemre, 2011, s.6-8).

3.2. Veri Zarflama Analizinin Ortaya Çıkışı ve Tarihsel Gelişimi

TDK'da etkinliğin kelime anlamı; faaliyet, aktivite veya eylemde bulunanın niteliği olarak tanımlanmaktadır. Literatürde çeşitli alanlarda farklı etkinlik tanımlamalarına rastlamak mümkündür. Doğada etkinlik arayışı fikri, bilimsel düşüncenin başlangıcına kadar uzanmaktadır. 18. YY da Fransız matematikçi Pierre de Maupertuis (1698-1759) doğanın hareket halindeki tüm nesnelere için, en etkin yolu seçtiğini belirten Asgari Eylem İlkesini (Principle of Least Action) önermiş, bunun farklı disiplinlerde uygulanabileceğini anlatmaya çalışmıştır (Nothons vd., 2003, s.43).

VZA'nın temeli, 1950 yılında ekonometristler tarafından ortaya atılan aktivite analizine dayanmaktadır (Lorcu, 2008, s.53). Etkinlik üzerine ilk çalışma Tjalling C. Koopmans tarafından yapılmıştır. Koopmans (1951) tarafından teknik etkinliğin teorik değerlendirilmesinin yapıldığı çalışmayı, Gerard Debrau'nun yaptığı çalışmalar izlemiştir (Ruggiero, 2000, s.138).

Parametrik olmayan etkinlik analizi ilk olarak 1957 yılında Farrell tarafından literatüre kazandırılmıştır (Farrell, 1957, s.253-290). Farrell (1957), çalışmasında teknik etkinlik yöntemini ilerleterek birçok girdi ve çıktının etkinliğinin ölçümünü sağlayacak bir yöntem geliştirmiştir. Ayrıca Farrell (1957) yaklaşımındaki ölçeğe göre sabit getiri varsayımını hafifleterek ölçek etkinliğinin de ölçülebilir hale gelmesini sağlamıştır (Yolalan, 1993, s.27).

Boles (1967), bildirisinde Farrel (1957) ve Fieldhouse (1962) 'nin tek çıktı için kullandıkları DP yöntemini çok çıktılı modeller için yorumlamıştır. Bu sayede VZA'nın temel modeline yakın bir model geliştirilmiştir (Forsund ve Sarafoglu, 2002, s.23; Yaşar, 2019, s.68).

VZA'nın ilk keşfi, Rhodes'in Carnegie Üniversitesi'nde "Şehir ve Kamu" isimli doktora tezi çalışması ile gerçekleşmiştir. Federal Hükümetin destekleriyle ABD'deki devlet okullarında uygulanan "Program Takibi" olarak adlandırılmış eğitime katılanlar ve katılmayanlara üzerinden bir etkinlik değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmasında istatistiksel regresyon ve korelasyon tekniklerini kullanmıştır. Ancak bu teknikler tatmin edici sonuçlar vermeyince farklı alternatifleri araştırmaya başlamıştır. Araştırmalar esnasında Farrell'ın (1957) VZA ile özdeşleşen yaklaşımı dikkatini çekmiş ve geliştirmiş olduğu kesirli programlama modelinin çalışmasında işine yarayacağını düşünmüştür. Rhodes, model üstünde geliştirmeler yaparak VZA olarak nitelendirilen DP modeline erişmiştir (Cooper, 2005, s.5; Erpolat, 2011, s.57).

VZA ilk olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından European Journal of Operational Research Dergisinde "Measuring the Efficiency of Decision Making Unit" başlıklı makale ile tanıtılmıştır. Çalışmada kâr amacı gütmeyen kamu kurumlarının karşılaştırılmalı etkinliği ölçeğe göre sabit getiri varsayımı geçerli olacak şekilde hesaplanmıştır. Yöntemin getirdiği yenilikten dolayı ilerleyen zamanlarda kullanımı da yaygınlık kazanmıştır (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978, s.429).

VZA'nın gelişiminde katkısı olan bir diğer çalışma da, Banker, Charnes ve Cooper tarafından gerçekleştirilen, ölçeğe göre değişken getiriye temel alan BCC modelidir (Banker vd., 1984, s.1078). CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) modellerine konvekslik kısıtı eklenerek söz konusu bu model geliştirilmiştir.

Farrell'ın önerdiği görelî etkinlik ölçümü, CCR (1978) ve BCC (1984)'nin geliştirmiş oldukları modeller ile VZA'nın teorik gelişimi hızlanarak birçok alanda uygulanabilmesinin önü açılmıştır. Yöntemin kullanıldığı çalışmaları aşağıdaki ana başlıklar altında toplamak mümkündür (Yolalan, 1993, s.67);

- Yönteme genel bir teorik çatı kazandırılması,
- Ölçek etkinliğinin ölçülmesi,
- Azalan oranlar kavramının ölçülmesi,
- Pareto etkinliğinin ölçülebilmesi,
- Kontrol edilebilir ve kontrol edilemez girdi ve çıktılarının önerilmesi,
- Stokastik bir yapı kazandırılması,
- VZA'nın parametrik yöntemlerle karşılaştırılması,
- İşletmelerin zaman içerisindeki görelî etkinliklerinin ölçülmesi,
- Çarpımsal VZA modellerinin önerilmesi,
- Girdi- Çıktı ağırlıklarının sınırlandırılması,
- Doğal olarak zarflanamayan KVB'lerin ölçülmesi.

İlerleyen yıllarda çok sayıda araştırmacının metodolojik katkıları ile CCR – BCC modelleri etrafında büyük bir literatür hacmi oluşmuştur. Regresyon analizine karşı geçerli bir alternatif olan VZA günümüzde oldukça yaygın kullanılmaktadır.

Seinford (1994) bibliyografik çalışmasında en az 472 adet makaleyi listeleterek VZA'nın kabul edilebilir bir etkinlik analizi olduğunu önemle belirtmiştir (Rey, 2004, s.1). Seinford (1996) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise; 1978 ve 1995 dönemini kapsayan bir VZA evrim haritası oluşturulmuştur. Söz konusu harita VZA'nın gelişimine katkıda bulunan araştırmacılar hakkında kapsamlı bilgiler içermektedir. Bu dönem için yayınlanan en etkili makale konuları aşağıda maddeler halinde listelenmiştir (Seinford, 1996, s.105; Kale, 2009, s.59).

- CCR modeli ve program hesaplamaları,
- BCC modeli,
- Pareto – Koopmans ve katkı modeli,
- Deneyim ve tercihleri modele dâhil eden araştırmalar,
- Kontrol edilemeyen (nondiscretionary) değişkenler,
- VZA üzerine kaynakça taramaları,
- Kavramsal araştırmalar,
- Window analizi ve Malmquist,
- Konveks olmayan modeller ve FDH

Gattoufi vd., (2004) ise; VZA literatür temelli birçok kitap, konferans bildirisi ve çeşitli monograflara ek olarak dünya çapında hakemli dergilerde 1800'den fazla çalışmaya ulaşmıştır. İncelenmiş olan çalışmaların vasıtasıyla 1951-2001 dönemlerinin kaynakça güncellemesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada ABI, ECONLIT, Science Direct (Elsevier), JSTOR, Kluwer Verlog ve Wiley Inter Science olmak üzere altı adet profesyonel veri tabanı ve üç adet çevrimiçi özel veri tabanı kullanılmıştır.

Reisman (2004) yaptığı çalışmada, VZA'nın farklı alanlarda yaşanan problemlerin çözümünde kullanılan yeni bir yöntem olduğunu belirtirken; doğrusal olmayan programlama, simülasyon, çok değişkenli ve parametrik olmayan istatistik, sinir ağları, genetik algoritma, oyun teorisi, tam sayılı programlama, hedef programlama, çok amaçlı DP ve bulanık mantık gibi diğer yöntemlerle ilişkisi olduğunu da vurgulamıştır.

Günümüzde VZA ile ilgili internet üzerinde yapılan kaynak taramalarında en az 12.700 eserin olduğu tespit edilmiştir (Ray, 2004, s.1). Aşağıda VZA'nın uygulandığı alanlar sıralanmıştır;

- Finans, bankacılık ve hisse senedi seçimi,
- Sağlık sektörü,
- AR-GE çalışmaları,
- Telekomünikasyon sektörü,
- Restoran veya mağaza zincirleri,
- Taşımacılık, hava alanı, liman ve demir yolu,
- Tarım sektörü,
- Turizm sektörü

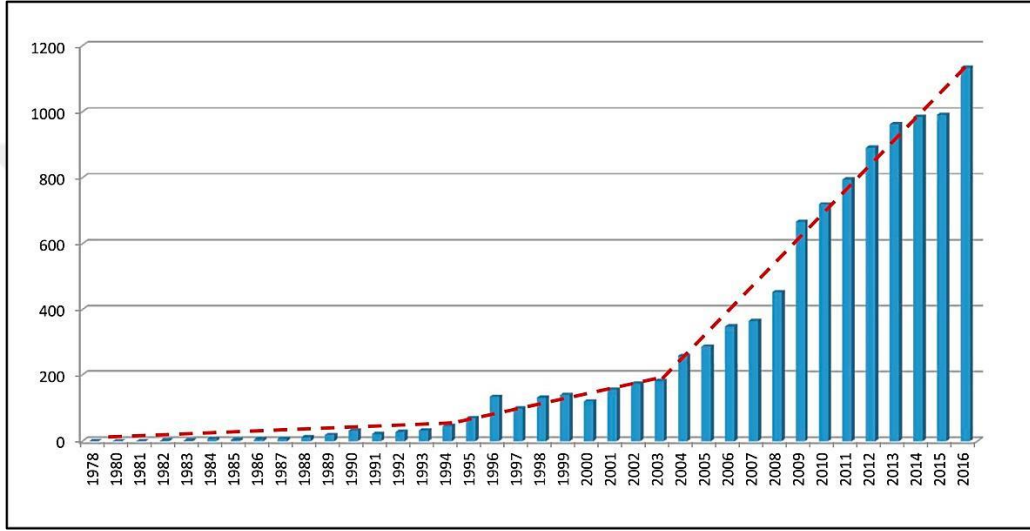
- Pazarlama ve reklam,
- Eğitim,
- Spor,
- Mahkeme, polis, askeri kuruluş,
- Çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler,
- Personel alımı,
- Bölge, ülke veya yerleşim yerlerinin farklı alanlarda etkinlikleri

Emrouznejad, Parker ve Taveres (2008), verimlilik ve üretkenlik araştırmalarının değerlendirmesini yapabilmek için 1978-2007 dönemlerinin literatürüne yönelik bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Kapsamlı literatür taramaları sonucunda 2007 yılına kadar dergi ve kitap bölümlerinde yayınlanmış 4000'in üzerinde makalenin olduğu tespit edilmiştir. 2004'deki hakemli dergilerde yayınlanan makale sayısı, diğer yıllarda yayınlanana kıyasla en yüksek seviyeye çıkmıştır. Ayrıca VZA uygulamalarının geleceğe dönük araştırmalarda birincil alan olacağı güçlü bir şekilde üç nedene bağlanmıştır (Emrouznejad vd., 2008, s.156-158);

- i) Girdi ve çıktı miktarının birden fazla olduğu kuruluşlarda verimlilik ve etkinlik analizlerinin önemli bir araştırma faaliyeti olması,
- ii) Araştırma yapılması hususunda akademisyen ve uygulayıcıların ilgilerini çeken etkinlik ölçümü kapsamında olan çok miktarda pratik uygulamanın var olması,
- iii) Geçmiş dönemlere nispeten günümüzde ham çalışma verilerini elde etmenin daha kolay olması.

VZA'nın 40 yıllık bilimsel literatür incelemesi Emrouznejad ve Yang (2018) tarafından yapılmıştır. 1978-2016 dönemlerinde SCOPUS (<http://www.scopus.com/>) ve www.DEAzone.com web sitelerinde yaklaşık 10.300 adet VZA içerikli makale listelenmiştir. Söz konusu çalışmaya dahil edilmemiş, yayınlanmış kitap bölümü, makale ve konferans bildiri sayısının yaklaşık 2.200 adet olduğu bilinmektedir. Küresel çapta kabul gören bir yönetim bilimi ve yöneylem araştırması olarak, VZA'nın gelişimi ile makale ve yazar sayısındaki artışlar bu çalışmada izlenmiştir. Çalışmada VZA'nın yeni ortaya çıkan bir konu olduğuna, farklı disiplinlerde verimlilik ve etkinlik ölçmek için gerekli bir matematiksel araç olduğuna vurgu yapılmıştır. Son yıllarda VZA yönteminin kullanıldığı makalelerin sayısında üssel bir büyüme eğiliminin olduğu, VZA ile ilgili çalışmaların en çok yayınlandığı akademik dergiler Avrupa Yöneylem Araştırma Dergisi, Omega ve Operasyon Araştırma Dergisi'dir. Kamu sektöründe yapılacak uygulamalarda da genelde Sosyo - Ekonomik Planlama Bilimleri Dergisi'nden yararlanılmaktadır. Söz konusu çalışmada, VZA ile ilgili makalelerin gelişim durumu üç aşamada sınıflandırılmıştır (Emrouznejad ve Yang, 2018, s.5);

- 1978-1994 dönemlerinde yöntem olarak VZA'yı temel alan makalelerin sayısı oldukça düşüktür.
- 1995-2003 dönemlerinde ise makalelerde VZA yönteminin kullanımı istikrarlı bir şekilde artmaya başlamıştır. Bu dönemde yöntemin kullanıldığı 134 adet makale çalışması tespit edilmiştir.
- 2004-2016 dönemlerinde VZA ile ilgili makalelerin sayısında üssel olarak artışlar yaşanmıştır. Yayınlanan ortalama makale sayısı yılda 680 adete ulaşmıştır. Özellikle 2014, 2015 ve 2016 yıllarında yayınların son eğilimi yaklaşık 1.000 makale olmuştur.



Şekil 3.1. 1978-2016 VZA ile ilgili makalelerin yıllara göre dağılımı

Kaynak: Emrouznejad ve Yang, 2018

3.3. Veri Zarflama Analizinin Uygulandığı Çalışmalar

VZA'nın 44 yıllık geçmişini teorik ve metodolojik açıdan incelediğimizde oldukça hızlı bir evrim geçirdiğini yapılan araştırma konularından görebiliriz. Başlangıçta sadece kamu kurumlarının teknik etkinliğinin ölçümünde kullanılmıştır. Günümüze gelindiğinde birçok alanda KVB'lerin etkinliğini görel olarak ölçmektedir. Özellikle kâr amacı güden üretim ve hizmet sektörlerinde yaygınca kullanılmaktadır. Bir önceki kısımda VZA'nın uygulandığı farklı alanlar (Finans, sağlık, ar-ge, tarım vb.) hakkında bilgiler maddeler halinde verilmişti. Bu kısımda ise literatürde yer alan çalışmalar hakkında bilgiler aktarılmıştır.

Thanassoulis (1995), İngiltere ve Galler'deki polis kuvvetlerinin değerlendirmesini yapmak için VZA yönteminden yararlanmıştır. Araştırmada kullanılan girdi değişkenleri; çalışan polis miktarı, şiddet suçları miktarı ve hırsızlık yakalanma oranından oluşurken çıktı değişkenleri ise; diğer suçların yakalanma oranını temsil etmektedir. Yapılan değerlendirme, kamu

hizmetlerinin ekonomik, etkili ve verimli bir şekilde sunulmasını amaçlamaktadır. Söz konusu araştırma Denetim Komisyonu'nun 1993 yılında yürüttüğü suç yönetimi çalışmasına da çeşitli katkılarda bulunmuştur.

Schaffnrit, Rosen ve Paradi (1997) tarafından VZA yöntemi kullanılarak Kanada bankasının Ontorio eyaletindeki şubelerinin performansı ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan girdi değişkenlerini; veznedarlar, defter tutucular, muhasebe memurları, denetimci ve kredi personeli oluştururken çıktı değişkenleri ise; gişe işlemleri, müşteri hizmetleri, güvenlik işlemleri, mevduat-yatırım ürünleri satışları, bireysel kredi satışları ve ticari kredi satış işlemlerinden oluşmaktadır.

Abbott ve Doucouliagos (2003) tarafından Avustralya devlet üniversitelerinin teknik ve ölçek etkinliğini tahmin etmek amacıyla VZA kullanılmıştır. Metodoloji kısmında İstihdam Eğitim ve Öğretim Bakanlığı'nın (DEET) 1995 yılında yayınlanmış olduğu raporundaki veriler kullanılmıştır. Teknik ve ölçek etkinlik sonuçları, birkaç üniversitede iyileştirmelerin gerekli olduğunu belirtse de, Avustralya üniversitelerinin birbirlerine göre yüksek etkinlik düzeyinde faaliyet gösterdiği gözlenmiştir.

Hwang ve Chang (2003) çalışmalarında Tayvan'da yer alan 1994-1998 dönemleri arasında 45 uluslararası otel işletmesinin yönetim etkinliğini VZA kullanarak ölçmüşlerdir. Araştırmada kullanılan girdi değişkenleri olarak; tam zamanlı çalışan sayısı, oda sayısı, yemek bölümü, toplam alanı ve operasyon masrafları kullanılırken çıktı değişkenleri olarak ise; oda kullanım geliri, yiyecek içecek geliri ve diğer gelirler kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda Tayvan'da hizmet veren zincir otellerin bağımsız otellere göre daha etkin olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durumun nedeni olarak zincir otellerin uluslararasılaşmış olması gösterilmiştir. Bağımsız otellerin hizmet kalitesinde bir eksik olmadığı halde, zincir otellerden daha az tanınması etkinlik düzeylerini olumsuz etkilemiştir.

Fernandes, Pires, Ignacio ve Sampaio (2007) tarafından Brezilya'daki tamamlayıcı sağlık sektörünün etkinlik analizi yapılmıştır. Araştırmada sağlık sektörü, operatörler ve coğrafi dağılımla ilgili veriler toparlanarak her birinin etkinliği ayrı şekilde hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda çok sayıda kullanıcıya hizmet veren az sayıda operatörün pazara hâkim olduğu, operatör başına satış ve kullanıcı sayısında yoğunlaşmaların olduğu ortaya çıkmıştır.

2007 yılında Kula ve Özdemir tarafından yürütülen araştırmada VZA tekniği kullanılarak İstanbul Menkul kıymetler Borsası (İMKB)'na dâhil olan çimento sektöründeki işletmelerin etkinlikleri karşılaştırılmıştır. 2006 yılına ait bilanço verileri kullanılarak Win4deap programı yardımıyla analiz yapılmıştır. Çalışmaya dâhil olan 17 işletmeden sadece 7 tanesinin göreceli olarak tam etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Wang ve Huang (2007), ülkeler arasında Ar-Ge faaliyetlerinin göreceli etkinliğini değerlendirmek için VZA'dan faydalanmışlardır. Çalışmalarında girdi olarak; Ar-Ge, sermaye birikimi ve insan gücü çıktı olarak ise; patentler ve akademik yayınlar veri olarak

kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, gözlem kümesinde yer alan 30 ülkenin yarısından daha azının Ar-Ge faaliyetlerinde tam olarak etkin olduğunu ve 2/3'ünden fazlasının ise ölçeğe göre artan getiri sergilediği bulgusuna rastlanmıştır. Çalışmanın sonunda çoğu ülkenin SCI ve EI yayınları üretme konusunda, patent üretmeye göre daha avantajlı olduğu vurgulanmıştır.

2008 yılında Giokas ve Penzaropoulos tarafından OECD üye tüm devletlerin telekomünikasyon etkinliklerini karşılaştıran ve sıralayan bir araştırma yapılmıştır. Çalışmada OECD Telekomünikasyon Veritabanı 2005'ten seçilmiş verilerin, Analitik Hiyerarşi Süreci ve Veri Zarflama Analizi çerçevesinde etkinlikleri ölçülmüştür. Genel analiz dört farklı etkinlik grubundan oluşmaktadır. Verimlilik ve gelir düzleminin her iki boyutunda da 8 ülke etkin bulunmuş, geri kalan ülkeler için de kıyaslamalar yapılmıştır. Çalışma ilgili kriterleri sağlayamayan ülkelerin etkinliği artırma ihtiyaçlarına vurgu yaparak, elde edilen sonuçların ve uygulanması gereken politikaların belirlenmesiyle son bulmaktadır.

Demir ve Durakoğlu (2013) tarafından Çorum ilindeki liselerin 2012-2013 eğitim ve öğretim dönemindeki göreceli etkinlikleri VZA tekniği ile hesaplanmıştır. Çalışmada girdi odaklı ölçeğe göre sabit getirili CCR modeli ile ölçeğe göre değişken getirili BCC modeli kullanılmıştır. Analizde yirmibeş adet lise KVB olarak dahil edilmiştir. Etkinlik ölçümü için okullardaki öğrenci sayısı, öğretmen sayısı ve şube sayısından oluşmak üzere üç adet girdi ve YGS – LYS başarı oranı, YGS puan ortalamaları, LYS Matematik – Fen, Türkçe – Matematik, Türkçe – Sosyal Bilimler puanları olmak üzere beş adet çıktı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; CCR modeline göre dört adet okul etkin, BCC modeline göre dokuz adet okul etkin çıkmıştır.

Djordjevic, Vujosevic ve Martic (2015) değişken çıktı odaklı VZA modelini kullanarak, 2010 FIFA Dünya Kupası elemelerinde gözlemlenen milli futbol takımlarının teknik etkinliğinin analizini yapmışlardır. Maç içi istatistikler (pas, uzun top, orta, şut vb.) temel alınarak çok aşamalı VZA teknikleri uygulanmıştır.

Tunca ve Deliktaş (2015), 1966-2007 dönemi OECD ülkelerindeki tarımsal etkinlik düzeylerini Dinamik Veri Zarflama Analizi (DVZA) yaklaşımını uygulayarak belirlemişlerdir. DVZA'nın etkinlik sonuçlarına göre en etkin OECD ülkelerinin; Belçika, Lüksemburg, Hollanda, İtalya ve Yeni Zelanda olduğu görülmektedir. Diğer 25 ülkenin ise tarım sektöründe etkinsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Etkinsizliğin temel nedeni olarak dinamik etkinsizlik gösterilmektedir. Çalışma, dinamik etkinsizliğin ön plana çıkmasını ülkelerin dönemler arası karar alma süreçlerinde başarısız olmasına veya yarı-sabit girdilerini optimal düzeylerde kullanmadıkları sonucuna bağlamıştır.

Aybarç ve Selim (2017) tarafından seçilmiş 23 OECD ülkesinde Ar-Ge faaliyetlerine yönelik kamu harcamalarının karşılaştırmalı etkinlik analizi incelenmiştir. Ar-Ge faaliyetleri, sürdürülebilir ekonomik büyüme ve uluslararası rekabet gücünü arttırmada önemli role sahiptir. OECD (2013) raporuna göre, OECD ülkelerinin ortalaması incelendiğinde, kamu sektörü Ar-Ge performansı açısından yaklaşık %12 gibi bir paya sahip olmasına karşın,

özellikle yükseköğretim ve özel sektörde gerçekleştirilen Ar-Ge faaliyetlerinin baş finansörü konumundadır. Stokastik Sınır Etkinsizlik Modelinden faydalanılan bu çalışmada, inovasyon, mühendis, girişimci, kullanılabilir patent, eğitim ve kalite gibi kriterler temel alınmıştır. Çalışma sonucu göre Ar-Ge faaliyetleri açısından tam etkin olan ülkeler Almanya, İtalya, Kore, Hollanda, İspanya ve İsveç olarak tespit edilirken en düşük etkinliğe sahip ülkenin ise Türkiye olduğu tespit edilmiştir.

Ayyıldız ve Murat (2018) tarafından Türkiye Süper Ligi'nde yer alan futbol kulüplerinin etkinlikleri, VZA'nın en temel iki modeli olan CCR ve BCC modelleri ile çıktı odaklı teknik etkin olarak tespit edilmiştir. Toplam etkinliğe sahip kulüplerin aynı zamanda ölçek etkinliğine de sahip olduğu gözlenmiştir.

Derici ve Atalay (2018) tarafından, Türkiye'de faaliyet gösteren teknoloji marketlerinin (Teknosa, Bimeks, Media Markt, Vatan Bilgisayar) göre etkinlikleri, VZA'nın girdi ve çıktı odaklı yaklaşımları yardımıyla çözülmüştür. Girdi odaklı yaklaşımda sadece Vatan Bilgisayar etkin çıkmamıştır. Bu duruma neden olan faktörün girdi miktarlarındaki fazlalık olduğu gözlemlenmiştir. Çıktı odaklı yaklaşımda ise Bimeks ve Vatan Bilgisayar etkin çıkmamıştır. Bu duruma neden olan faktör ise çıktı değişkeni olarak belirlenen ciroların düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Araştırmanın sonunda işletmelerin ilerlerde sorun yaşamamaları için girdilerinin çıktı miktarlarına göre ayarlanması gerekliliğine vurgu yapılmıştır.

Pehlivan (2020), Covid-19'un Türkiye havacılık sektörüne olası etkilerinin belirlenmesi amacıyla Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) tarafından işletilen 20 havalimanının analizini yapmıştır. Covid-19 öncesi performansın belirlenmesi için 2019 yılı birinci çeyrek verileri kullanılmıştır. Toplanan veriler Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi teknikleri ile çıktı odaklı olarak DEAP yazılımı aracılığıyla çözülmüştür. Analiz sonuçları incelendiğinde CCR etkinliği Covid-19 öncesi dönemde 4 havalimanında sağlanırken Covid-19 başlangıç sürecinde 3 havalimanında sağlanmıştır. BCC etkinliğinin Covid-19 öncesi dönemde 9 havalimanında sağlanırken Covid-19 sürecinde 10 havalimanında sağlandığı gözlemlenmiştir. Ölçek etkinliğine bakıldığında ise Covid-19 öncesi döneme göre Covid-19 başlangıcı sürecinde havalimanlarının ölçek etkinliklerinin 5 havalimanından 3 havalimanına düştüğü gözlemlenmiştir. Karşılaştırma yapmak için uygulanan Mamquist Toplam Faktör Verimlilik endeksi tekniğinin sonuçlarına göre; Covid-19 salgın hastalığının başlamasıyla birlikte havalimanlarının verimliliğinde düşüşün olduğu gözlenmiştir.

Ömürbek, Altın, Şimşek ve Eren (2021) tarafından Sağlık Bakanlığı İstatistik Yıllığı 2014-2018 dönemlerine ait raporlardan alınan Türkiye'deki illerin sağlık göstergeleri açısından etkinlikleri Entropi tabanlı VZA yöntemi ile ölçülmüştür. Belirlenen girdi ve çıktıların DEAP 2.1 programı aracılığıyla CCR-I ve BCC-I modellerine göre çözümleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada 81 ilden sadece 1 ilin etkin olmadığı diğer tüm illerin ise sağlık açısından etkin olduğu sonucuna varılmıştır.

Yayla ve Özer (2021) tarafından borsa İstanbul' da işlem gören en yüksek işlem hacmine sahip 100 şirketin etkinlik analiz yapılarak Covid-19 salgınının bu işletmeler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. BİST 100 endeksinde yer alan işletmelerin 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait mali tablolarının ilk altı aylık dönemlerinin göreceli etkinlikleri, ölçüğe göre sabit getiri varsayımı temel alınarak girdi odaklı VZA yöntemi ile ölçülmüştür. Analiz neticesinde 2020/2. dönem ile 2018/2. dönem kıyaslandığında işletmelerin %70'inin, 2020/2.dönem ile 2019/2.dönem dikkate alındığında ise, işletmelerin %64'ünün etkinlik oranlarında düşüşün olduğu gözlemlenmiştir.

3.4. Veri Zarflama Analizinin Amacı

VZA'nın uygulamadaki temel amaçları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Erkut ve Polat, 1993; Atan, Karpat ve Göksel, 2002, s.3);

- Karşılaştırılan birimlerin her biri için girdi-çıkıtı boyutlarından herhangi birinde göre etkinliğin kaynaklarının ve miktarlarının bulunması,
- Birimlerin etkinliklerine göre sınıflandırılması,
- Karşılaştırılan birimlerin yönetimlerinin değerlendirilmesi,
- Birimlerin kontrolleri haricinde program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmek ve program etkinliği ile yönetsel etkinliğin ayrımını yapmak,
- Değerlendirme birimleri için kaynakların yeniden atanması amacıyla niceliksel bir temel oluşturulması.
- Birimler arasında karşılaştırma yaparak, doğrudan doğruya ilişkili olmayan hedefler için etkin birimlerin ya da etkin girdi-çıkıtı ilişkilerinin belirlenmesi,
- Özel girdi-çıkıtı ilişkileri için mevcut standartların gerçekleşen performansa göre incelenmesi ve kontrol edilmesi,
- Önceki çalışmalarda bulunan sonuçlar ile mevcut durumun karşılaştırmasını yapmak.

3.5. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Özellikleri

VZA'nın uygulanmasında sıklıkla görülen güçlü ve zayıf özellikler maddeler halinde aşağıda açıklanmıştır.

3.5.1. Veri zarflama analizinin güçlü özellikleri

Küçük hacimli veri setleriyle yapılabilecek uygulamalar için oldukça kullanışlı bir yöntem olan VZA'nın güçlü yönleri farklı kaynaklardan elde edilen bilgilere göre aşağıda listelenmiştir.

- Birden çok girdi ve çıktı kullanılarak KVB'lerinin görelî etkinliğini hesaplamak mümkündür (Jenkins ve Anderson, 2003, s.51-61).
- Girdi ve çıktılarla ilgili bir varsayımda bulunmadan, diğer bir ifade ile doğrusal form dışında, girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilerin belirli fonksiyonel şekillerde olmasını şart koşmadan, analizleri gerçekleştirilebilir.
- VZA'nın diğer performans değerlendirme yöntemlerine karşı en önemli özelliği girdi ve çıktı ağırlıklarını belirlemeye gerek duyulmamasıdır. (Karakoç, 2003, s.1-12).
- Benzer üretim yapısına sahip homojen birimlerin karşılaştırmasında kullanılabilir.
- Girdi ve çıktılar farklı birimlere sahip olabilir. (Fiziksel üretim, parasal büyüklük, hatta rasyolar vb.) (İnan, 2000, s.85-86).
- Analiz neticesinde etkin çıkmayan karar verme birimleri için potansiyel iyileştirme seçenekleri oluşturarak etkinliğin yakalanmasına olanak tanır.
- VZA, karar vericilerin üretim sürecini, ilgili tüm ilgili girdi ve çıktı değerkenlerini tanımlamak suretiyle daha iyi tanımlarına olanak sağlar (Aydemir, 2002, s.91).
- İstenilen sonuçları analiz edecek ve gerekli verileri içerecek detaylı bir veri tabanı oluşturulabilir. Böylelikle konu ile ilgili belgeleme güçlenir ve analizlerde alınan sonuçların karşılaştırılması yapılabilir.
- Parametrik olmayan etkinlik ölçümlerinde, her bir KVB için görelî etkinlik hesaplanırken amaç fonksiyonları ayrı ayrı en çoklanır ve her bir KVB için en uygun çözüm kümesi belirlenir. Ancak parametrik yöntemlerde endüstri grubunun tamamı göz önünde bulundurulur ve ortalama etkinliğe göre ölçüm yapılır (Yolalan, 1993, s.86).
- KVB'lere yönelik etkinlik ölçümünde, ortalama etkinlik değerine sahip KVB'ler yerine en etkin olan KVB'ler ile karşılaştırma yapılır. Bu durum neticesinde daha güvenilir sonuçlar elde edilir. (Carlos, 1994, s.1-26).
- VZA, sadece girdi ve çıktılarına ilişkin miktar bilgilerine gerek duyduğundan, fiyat veya herhangi bir özel ekonomik verinin atamasının zor olduğu kar amacı gütmeyen kuruluşlarında incelenmesine olanak sağlar (Odeck, 2000, s.501-502).

3.5.2. Veri zarflama analizinin zayıf özellikleri

VZA'nın zayıf yönlerinden en belirgin olanları aşağıda listelenmiştir.

- Yöntem KVB'ler arasında görelî etkinlik yapmak için oldukça yeterlidir. Ancak mutlak etkinlikler hakkında araştırmacıya bilgi sağlamamaktadır.
- İstatiksel temeli olmadığı için, karar vericinin seçtiği modelin uygunluğuna ve doğruluğuna ilişkin bilgi üretmez (Smith, 1997, s.233).
- Parametrik olmayan yöntem, veri tabanlı yöntemler olduğu için, veri hatalarına karşı oldukça duyarlıdır. Etkinlik ölçümlerinde kullanılan diğer istatistiksel yöntemler gibi girdi ve çıktılardan kaynaklanacak hataların arındırılması hususunda dikkat edilmelidir. Eğer seçilen

girdi ve çıktılar üretim dönüşümünü iyi bir şekilde temsil edemez ise etkinlik ölçümü başarısızlıkla sonuçlanır (Yolalan, 1993, s.86).

- Her KVB için ayrı DP modeli kurulduğundan, büyük boyutlu problemlerin VZA aracılığıyla çözümü uzun zaman alabilmektedir.
- VZA'da görelî etkinlik hesaplaması sadece analize dahil edilen KVB'ler üzerinde gerçekleştirilir (Diamond ve Medewitz, 1990, s.339).
- Referans kümesinin içinde bulunan KVB'lerin diğerlerine kıyasla üstünlüğünün göreceli olması, bu birimleri tek başına değerlendirirken etkin olup olmadığı hakkında yorum yapabilmeyi oldukça zorlaştırmaktadır (Colbert, Levary ve Shaner 2000, s.656-669; Erpolat, 2011, s.62).
- VZA'da en iyi etkinlik ile gözlenen etkinlik arasındaki farkın, sadece verimsizlikle açıklanması ve uç gözlem noktaları için gözlem hatalarının göz ardı edilmesi yanlış sonuçlara neden olmaktadır (Tepe, 2006, s.66).
- Soyut ve kategorik değişkenlere karşı duyarlı değildir (Ekren ve Emiral, 2004, s.20).
- VZA modelleri, statik (durağan) ve tek zaman kesitinde değerlendirilen modeldir. Gerçek hayatta ise girdilerin çıktılara dönüştürülme süreci bir periyoddan daha uzun sürecektir. Üretim sürecinin dinamik bir yapısı vardır bu nedenle farklı periyotlardaki veriler için daha elverişli indirgeme oranları kullanılmalıdır (Aydemir,2002, s.92).
- Analizde kullanılan girdi miktarlarının fazlalığına göre ele alınan KVB'lerin etkin olma ihtimali artmaktadır. Bu nedenle girdilerin diğer kısıtlamalar altında mümkün olduğunca az miktarda seçilmesi gerekir (Diamond ve Medewitz, 1990, s.339).
- VZA'da niteliksel girdi ve çıktı ölçütleri sonuçları zayıflatabilmektedir (Yaşar, 2019, s.131).

3.6. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları

Aşağıda VZA uygulamasında takip edilecek adımlar maddeler halinde sıralanmıştır;

- KVB'lerin seçimi
- Girdi ve çıktılar kümelerinin seçimi
- Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği
- Görelî etkinliğin ölçümü
- Etkinlik değerleri ve etkinlik sınırı
- Her bir KBV için detay analizi
- Referans grubu belirleme
- Etkin olmayan KVB'ler için hedef belirleme
- Sonuçların değerlendirilmesi

3.6.1. KVB'lerin seçimi

VZA uygulamasında öncelikle yapılması gereken işlem birbirleriyle karşılaştırmalı etkinlik analizi yapılacak KVB'lerin seçimidir. KVB'ler, girdileri çıktılarına dönüştürmekte görevli ekonomik birim olarak düşünülebilir. KVB seçimini etkileyen iki durum bulunmaktadır. Söz konusu durumlar homojenlik ve serbestlik derecesi olarak ifade edilmektedir.

Homojenlik, KVB'nin aynı girdi ve çıktı değişkenlerine sahip olmaları ve dışsal etkenlerin birbirinden çok farklı olmadığı anlamına gelmektedir. (Yolalan, 1983, s.65). Etkinlikleri karşılaştıracak olan KVB'lerin üretim teknolojisi açısından birbiriyle karşılaştırılabilir ve benzer hedeflere sahip olması durum analizlerinin güvenilirliği için büyük önem taşımaktadır (Erpolat, 2011, s.63). KVB'lerin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır (Baysal ve Toklu, 2001, s.206; Yaşar, 2019, s.123);

- Göz önüne alınan KVB'ler aynı görevleri benzer amaçlarla yerine getirmelidirler,
- KVB'lerin aynı "Pazar şartları" kümesi altında çalışmaları gerekir. (Özellikle hastaneler, ordu, okullar vb. kar amacı gütmeyen kuruluşlar için bu konu oldukça önemli)
- Gruptaki tüm birimlerin etkinliğini karakterize eden faktörler (hem girdi, hem çıktı) yoğunluk ve büyüklükteki farklar haricinde aynı olmalıdır.

Gözlem kümesinin içerdiği KVB sayısının yüksek olması ile türetilen etkinlik ölçütlerinin birbirinden farklı olması olanağı sağlar. Aksi durumda, herhangi bir çıktı/girdi oranında avantajlı olan KVB tüm ağırlıkları kendi açısından en çoklar ve etkinlik sınırına erişir. Bu nedenle, etkinlik ölçümünün anlamlı olması için gözlem kümesi seçiminde titiz davranılmalıdır (Yolalan, 1993, s.65).

VZA'nın gücü, çeşitli girdiler ve çıktılar kullanarak KVB'lerin karşılaştırılabilmesinden gelmektedir. Orijinal modellerin temel felsefesi, giriş ve çıkışlara uygun ağırlıkların atanarak her bir KVB'nin etkinliğini mümkün olduğunca yüksek olarak değerlendirebilmek olmuştur. Analizde KVB sayısı ne kadar fazlaysa, ağırlıklar o kadar fazla kısıtlanır ve bu sayede analiz sonucu daha çok ayır edici olur. Ancak KVB sayısı sabit tutulup değişken (girdi ve çıktı) sayısı arttırılırsa analiz sonucu daha az ayır edici olur (Jenkins ve Anderson, 2003, s.52).

KVB'lerin etkinlik değerlerinin en büyük olabilmesi için, diğer KVB'lere göre en az kullandıkları girdilere ve en çok ürettikleri çıktılarına en yüksek ağırlığı verip, en fazla kullandıkları girdi ve en az ürettikleri çıktılarına ise en az ağırlığı verirler. Bu nedenle KVB sayısının az olması, etkinlik değeri hesaplanacak KVB'nin en çok ürettiği çıktı veya en kullandığı girdiye yakın değerlere sahip başka KVB'lerin olma ihtimalinin az olması demek olacaktır (Erpolat, 2011, s.64).

VZA literatüründe KVB'lerin sayısı ile ilgili çeşitli görüş ayrılıkları bulunmaktadır. Bowlin (1987) çalışmasında, KVB sayısı her bir girdi ve çıktı değişkeni başına en az iki KVB seçilmesi gerektiğini belirtmiş ve bu durumu CCR (1978)'in yapmış oldukları çalışmaya dayandırmıştır.

Vassıoglu ve Giokas (1990), göre KVB sayısı girdi ve çıktı sayısının en az üç katı olmalıdır. Bu durumda ele alınacak KVB sayısı n , girdi sayısı m ve çıktı sayısı s olmak üzere VZA'nın uygulanabilmesi için gerekli olan KVB sayısı; $n \geq 3(m + s)$ olarak ifade edilebilir.

Bousofine vd., (1991) analizin güvenilirliği için girdi sayısı m ve çıktı sayısı n olmak üzere en az $(m + n + 1)$ adet gözlem kümesine dahil edilecek KVB' nin seçilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Norman ve Stoker (1991), çalışmalarında KVB sayısının minimum "20" olması gerektiğini belirtmişlerdir. Ancak literatürdeki çalışmalardan farklı olarak KVB sayısının mevcut olması gerektiği koşulları yerine getirmeyecek kadar az miktarda olduğu çeşitli VZA çalışmaları da bulunmaktadır (Sherman ve Gold 1985; Babacan, Kısakürek ve Özcan 2009, s.3).

3.6.2. Girdi ve Çıktı Kümelerinin Seçimi

Girdi, bir KVB'nin yararlandığı kaynakları ve performansına etki eden koşulları ifade eder. Çıktı ise, KVB'lerin işlemleri sonucu elde edilen faydaların tümü şeklinde tanımlanmaktadır. VZA'da kullanılan girdi ve çıktı değişkenleri, KVB'lerin karşılaştırılmasını sağlayacağından özenle seçilmelidir. Konu üzerine yapılmış araştırmalarda bu hususun önemli olduğu vurgulanmış ve değişken (girdi - çıktı) seçiminin etkinlik ölçümünü etkilediği kabul edilmiştir (Çakır, 2011, s.48).

Verilerin güvenilirliğine bağlı olarak, değişken seçiminde önemli kısıtlar vardır. Örneğin, seçilen değişkenler aynı sınıflandırma ölçeğinde olmakla birlikte farklı anlamlar taşıyabilmektedirler. Aynı şekilde uygun olmayan değişkenlerin kullanılması, uygulanacak analizde karmaşıklık ve elde edilen sonuçların yorumlanmasında zorluk yaratabilir. Değişken faktörler aşağıdaki hususlar altında belirlenmektedir (Aydemir, 2002, s.60);

- Girdi ve çıktı değişkenlerinin her biri için rakamsal veriler vardır ve bu veri tüm KVB'ler için pozitif olmalıdır.
- KVB, girdi ve çıktılarının belirlenmesi, analizcinin ilgi alanı içerisinde, görece verimliliği etkileyebileceği düşünülen bir küme oluşturacak biçimde yapılmalıdır.
- Girdi ve çıktılar TL, saat, kg, kişi sayısı ve yüz ölçümü gibi verilerden oluşabilir. Bazı birimlere ait oranlarda girdi ve çıktı verisi olarak alınabilir. Değişkenlerin kendi aralarında uyumlu olma zorunluluğu yoktur. (Erpolat, 2011, s.65).

Girdi ve çıktı değerleri pozitif olma koşulunu bazen sağlayamaz. Araştırmalar sırasında elde edilmiş veriler içerisinde negatif değerler varsa analizler yapılabilir. "Girdi odaklı ölçeğe göre değişken getirili varsayım altında gerçekleşen optimal çözüm çıktılardaki değişimlerden etkilenmez. Çıktı odaklı ölçeğe göre değişken getirili varsayım altında gerçekleşen optimal çözümü de girdilerdeki değişimler etkilemez. Veriler içerisinde negatif girdiler varsa, çıktı odaklı ölçeğe göre değişken getirili model en iyi çözüm olacaktır. Eğer negatif değere sahip

çıkıtı verisi varsa, girdi odaklı ölçeğe göre değişken getirili model en iyi çözüm olacaktır. Veriler negatif olduğunda iki modelden biri tercih edilebilir. Dikkat edilmesi gereken nokta, mevcut negatif bir verinin pozitif hale getirilmesi durumunda, ölçeğe göre değişken getirili modeldeki etkinlik sınırında bir değişiklik olmayacaktır.” (Gregoriou ve Zhu, 2005, s.22; Demirci, 2018, s.77-78).

Girdi ve çıkıtı faktörleri seçilirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (Güzhan, 2007, s.49);

- Aynı KVB için farklı girdi ve çıkıtı kümeleri, farklı etkinlik değeri alabilirler. Eğer modelde yer alması gereken önemli bir değişken dikkate alınmaz ise, ağırlık olarak dikkate alınmayan bu değişkeni kullanmakta olan KVB'lerin etkinliği düşük çıkacaktır. Modelde yeni girdi ve çıkıtların eklenmesi neticesinde ise, etkin olmayan KVB'ler daha sonra etkin hale gelebilmektedir. İlk aşamada girdi ve çıkıtı faktörlerinin doğru belirlenmesi analizin güvenilirliği açısından oldukça büyük bir öneme sahiptir.
- Modelde girdi ve çıkıtların artırılması VZA'nın ayrıştırma kabiliyetini düşürecektir. Girdi ve çıkıtı sayısının artmasıyla modelin boyutu büyümektedir. Bu yüzden yeni KVB'lerin eklenmesi gerekmektedir.
- Girdi ve çıkıtı faktörlerinin sayısını azaltabilmenin bir yolu, girdiler ve çıkıtlar arasındaki pozitif korelasyona bakmaktır.

Girdi ve çıkıtlar seçilirken aşağıdaki soruların doğru yanıtlanması da önem arz etmektedir (Ramanathan, 2003, s.174; Demirci, 2018, s.78);

- Girdi ya da çıkıtı, uygulanacak VZA araştırmasının bir veya birkaç özelliği ile ilişkili midir?
- Girdi ya da çıkıtı, diğer bazı KVB'ler ile mukayese edildiğinde, üzerinde çalışılan KVB'nin özelliklerini tanımlayabilmekte midir?

3.6.3. Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği

VZA uygulamasında gerekli olan girdi ve çıkıtlar belirlendikten sonra, tüm KVB'ler için girdi ve çıkıtı verileri doğru, eksiksiz ve güvenilir bir şekilde toplanır. Gerekli girdi ve çıkıtı verilerinin elde edilememesi durumunda söz konusu KVB'ler çalışmaya dâhil edilmez (Erpolat, 2011, s.65).

VZA'nın görelî doğası sebebiyle bir birimin çıkarılması, kalan birimlerin görelî etkinliklerinin olduğundan yüksek görünmemesine neden olabilir. Ayrıca uygulamada, verilere ulaşım ulaşamaması da girdi ve çıkıtı seçimini etkileyen faktörler arasında gösterilmektedir. Eğer bir girdi veya çıkıtı için verilere ulaşamıyorsa, üretim ilişkisini açıklayabilecek ve kolay veri sağlanacak farklı girdi ve çıkıtların araştırılması gereklidir (Aslankaraoğlu, 2006, s.12).

Verilerin güvenilirliği sağlıklı sonuçlar elde etmek açısından oldukça önemlidir. Hatalı veriler ait oldukları birimin etkinlik değerini etkilemelerinin yanında, göreceli etkinlikleri nedeniyle tüm birimlerin etkinlik değerlerini tartışılabilir hale getirir (Aydagün, 2003, s.9; Demirci, 2018, s.82).

3.6.4. Göreceli etkinliğin analizi

Karşılaştırmalı analizi yapılacak olan KVB'lere ait gözlem kümesi ve ilgili girdi-çıkış kümeleri seçildikten sonra, etkinlik ölçümünü gerçekleştirecek araştırmacı, mevcut üretim ortamı için en uygun olan VZA modelini belirler. Her KVB için ilgili doğrusal programlama modeli kurularak çözüm kümelerine ulaşılır (Yolalan, 1993, s.66).

VZA yönetimi doğrusal programlama temelli olduğunda dolayısıyla, en uygun çözüm (GAMS, LİNGO, LIPS, vb.) veya Microsoft Excel tabanlı çalışma özelliği bulunan VZA programlarından (Frontir Analyst, DEAP 2.1, Worwick DEA Software, EMS vb.) elde edilir. Bu araştırmada veriler EMS (Efficiency Measurement System) programıyla analiz edilmiştir.

3.6.5. Etkinlik değeri ve sınırı

Charnes ve Cooper, doğa bilimlerindeki etkinlik kavramını izleyerek, VZA'daki etkinliğin tanımını formüle etmiş ve değerlendirilecek her bir karar birimine uygulamışlardır. Herhangi bir karar birimi için %100 etkinlik ancak aşağıdaki durumlarda söz konusu olabilmektedir (Tepe, 2006, s.70);

- a) Hiçbir çıktısı aşağıdaki durumlar haricinde arttırılamaz
 - Bir ya da birden fazla girdinin arttırılması veya
 - Diğer çıktılardan bazılarının azaltılması.
- b) Hiçbir girdisi aşağıdaki durumlar haricinde azaltılamaz
 - Çıktılardan bazılarının azaltılması veya
 - Diğer bazı girdilerin arttırılması.
- c) Herhangi bir KVB %100 göreceli etkinliğe yalnızca, diğer ilgili karar birimleri herhangi bir girdi ya da çıktının kullanımını da etkisizliğe dair bir kanıt getirmiyorlarsa ulaşılmış sayılır.

KVB'lerin her biri için 0 ile 1 arasında bir etkinlik değeri hesaplanır. Etkinlik değeri 1'e eşit olan KVB'ler "etkin" (en iyi gözlem kümesi) olarak kabul edilirler ve etkinlik sınırını oluştururlar. Etkinlik değeri 1'den küçük olan KVB'ler ise göreceli olarak "etkinsizdir" ve bu KVB'lerin göreceli etkinlik değerleri sınıra olan uzaklıkları göstermektedir (Erpolat, 2011, s.65).

3.6.6. Her bir karar birimi için detay analizi

Doğrusal programlardan elde edilen çözüm kümelerinden yararlanılarak, etkin olmayan her bir karar biriminin yöneticisine işletmenin etkin duruma dönüştürülebilmesi için ne gibi önlemler alınması gerektiğine dair bilgiler türetilmektedir (Yolalan, 1993, s.66). Etkin olmayan KVB'ler için örnek olacak diğer KVB'lerin kendi görelî etkinlik değerleri, girdi ve çıktılarının aldıkları ağırlıklar ve iyileştirme durumunda olması gereken hedef girdi ve çıktı değerleri bulunur (Tarım, 2001; Tepe, 2006, s.71).

3.6.7. Referans grupları

VZA yöntemi ile yapılacak olan karşılaştırmanın temelini etkin çıkan KVB'ler oluşturur. Analiz sonucu etkin çıkmayan KVB'ler yönetsel veya organizasyona dayalı yöntemlerin uygulanmasıyla etkinlik düzeyini yakalayabileceği varsayılır. VZA, etkin olmayan KVB'lerin tamamı için etkinlik sınırı üzerinde bulunan bir grup etkin KVB'yi referans kümesi seçerek karşılaştırmayı daha küçük bir kümede yer alan birimler üzerinden gerçekleştirir (Erpolat, 2011, s.66). Söz konusu bu durum uygulamada her zaman kendini göstermeyebilir. Fakat aynı girdi ve çıktı kombinasyonları ile daha iyi üretim veya hizmet performansına sahip olunabileceğinin kanıtını etkin KVB'ler oluşturmaktadır. Bu da görece etkin olmayan bir KVB için iyileştirmenin mümkün olabileceğini gösterir (Demir,2004, s.71).

Literatürde, bir referans grubunda yer alan KVB'nin referans olarak güçlülüğünün, bu birimlerin toplam gözlem grubu içindeki etkin olmayan birimlere ne kadar yoğunlukta referans gösterildiğine bağlı olduğu belirtilmektedir. Bu amaçla, analizde en iyi gözlemi oluşturan birimlerin, kaç adet etkin olmayan birimin referans grubunda yer aldığından dökümü yapılarak yoğunluk araştırılabilir (Biçen, 2010, s.86; Bakırcı, 2006, s.169). Ancak dikkat edilmesi gereken nokta, bu yoğunluğun gözlem grubunda yer alan KVB'lerin performans dağılımlarıyla yakın ilişkili olduğudur. KVB'ler bir yerde yoğunlaşıyorsa, etkin olmayan KVB'lerin referans kümelerinin aynı KVB'lerden oluşması normaldir. Eğer gözlem kümesi grafik üzerinde homojen bir dağılıma sahip değilse edinilen bilginin çok fazla bir ağırlığı yoktur.(Yaşar, 2019, s.127; Ulutaş, 2006, s.39).

KVB'nin referans kümelerinde yer alma sıklığı, bu KVB çerçevesindeki örneklemin büyüklüğü ile alakalıdır. Geleneksel örnekleme teorisine bakılarak, belirli bir çerçevedeki örneklem büyüdükçe örneklemin oluşturduğu etkinlik sınırının tahmin edilen gerçek sınıra yaklaştığı söylenebilir (Demir, 2004, s.72; Yavuz, 2001; s.52). Literatürde, etkinsiz olan KVB'nin referans kümesinde bulunan birimlerle, sadece girdi ve çıktı kombinasyonu olarak değil, aynı zamanda yönetsel uygulamalar açısından da dikkatli şekilde incelenerek karşılaştırılması gerektiği belirtilmektedir.

3.6.8. Etkin olmayan karar verme birimleri için hedef belirleme

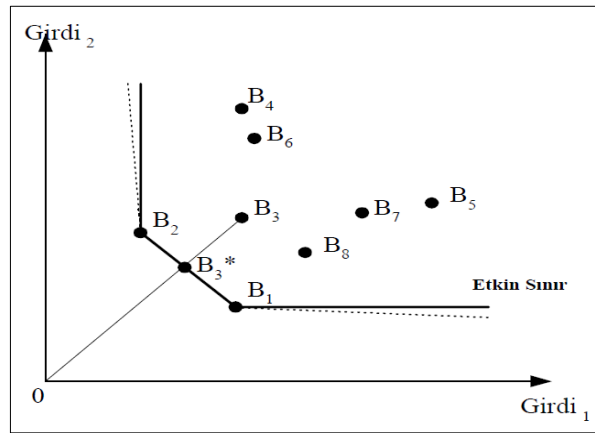
VZA uygulamasında etkin olmayan KVB'lerin performanslarını daha iyi hale getirebilmek için, ulaşılabilir hedefler belirlenir. Bu hedefler, etkin olmayan KVB'lerin referans kümesinde bulunan etkin KVB'lerin ağırlıklı ortalaması olarak ifade edilir. Modelde yer alan hedef değerler “aylak değişkenler” ya da “yoğunluk değerleri” kullanılarak iki şekilde hesaplamak mümkündür (Erpolat, 2011, s.66).

3.6.9. Sonuçların değerlendirilmesi

Bu kısımda etkin olan ve olmayan KVB'ler detaylı bir şekilde incelendikten sonra her KVB için bütün girdi ve çıktıları kapsayan genel bir değerlendirme yapılmaktadır. Gözlem kümesine ait etkin olan ve olmayan KVB'ler için ortak bulgulardan yararlanılarak etkin olmayan KVB'lerin etkin hale getirilebilmesi için ne tür önlemlerin alınması gerektiği hakkında bilgiler verilir. Yapılan araştırmada VZA ile istenen amaçlar elde edilemese bile, toparlanan bilgiler daha sonra iyileştirilebilir ve yeniden değerlendirmeler yapılarak daha sonraki çalışmalarda kullanılabilir.

3.7. Veri Zarflama Analizinin Grafikselleştirilmesi

VZA yönteminde “etkin sınır” kavramı oldukça önemlidir. Etkin sınır, karşılaştırılan KVB'lerden hareketle, nispi olarak etkin KVB'lerden oluşan ve bu sınırın dışında solda ve altta hiçbir KVB'nin olmadığı parçalı, doğrusal, konveks grup olarak tanımlanır. Aşağıdaki Şekil 3.2'de iki girdi ve tek çıktı durumuna göre hazırlanmış, iki boyutlu bir etkin sınır gösterilmiştir (Cingi ve Güran, 2002, s.66).



Şekil 3.2. İki boyutlu bir etkin sınır eğrisi ve VZA

Kaynak: Farrell, 1957, s.256; Güran ve Cingi, 2002, s.66

Her KVB (üretim)'nin tek bir çıktıyı üretmek için kullanmış olduğu girdilerin bileşiminin iki boyutlu bir girdi uzayında gösterildiği Şekil 3.2'de B2 KVB'si, ikinci girdiden, B1 KVB'si ise birinci girdiden en az kullanarak, minimum girdi grubunu oluşturmaktadır. Bu KVB'ler diğer KVB'lere göre teknik olarak etkindirler. B3, B4, B5, B6, B7, B8 KVB'leri ise B2 ve B1 ile karşılaştırıldığında etkin değillerdir. Dolayısıyla etkin sınır olarak tanımlanan sınıra doğru yaklaşımları halinde etkinlikleri artmakta ve etkin sınır üzerine geldiklerinde ise, etkin olarak kabul görmektedirler. Örneğin; B3 KVB'sinin aynı üretim sürecini kullanarak etkin üretimin sağlanabileceği nokta B3* tarafından temsil edilmektedir. Ancak B1B2 doğrusu üzerindeki her noktanın temsil ettiği üretim seçeneklerinin mümkün olduğu varsayılmaktadır. Dikkat edilecek olursa "etkin sınır", mevcut gözlemleri bir zarf gibi sarmaktadır. İşte bu niteliği nedeniyle etkinlik sınırı aynı zamanda Veri Zarflama Analizi olarak adlandırılır (Farrell, 1957, s.256-258; Erpolat, 2011, s.67).

VZA'nın en önemli özelliği KVB'lerin içinden en etkim olanını göstermesidir. Dolayısıyla bir grup içindeki KVB'lerin etkinliği, etkinlik değeri en büyük olan KVB'ye göre belirlenir. VZA'da etkinlik, etkin sınıra olan radyal uzaklık ile ölçülür. Bundan dolayı Şekil 3.2'de B1 ve B2 noktaları etkin sınırının üzerinde olduğu için etkinlik değeri "1" (tam) iken B3 noktasının etkinlik değeri ise $OB3^*/OB3$ olarak gösterilmektedir.

3.8. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı

VZA'da KVB'lerin etkinlik skorları, çıktı değişkenlerinin ağırlıklı toplamının girdi değişkenlerinin ağırlık toplamına bölünmesiyle hesaplanır. KVB'lerin tamamı için etkinlik değeri belirlenirken matematiksel model ayrı ayrı oluşturulur ve çözüme ulaşılır. En basit haliyle etkinlik formülizasyonu aşağıda gösterilmiştir;

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Çıktıların Ağırlık Toplamı}}{\text{Girdilerin Ağırlık Toplamı}} \quad (3.1)$$

Belirli bir birimin etkinliği ise şu şekilde formüle edilmiştir;

$$\text{Etkinlik} = \frac{u_1 Y_{1j} + u_2 Y_{2j} + \dots + u_s Y_{sj}}{v_1 X_{1j} + v_2 X_{2j} + \dots + v_m X_{mj}} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}}; j = 1, \dots, n \quad (3.2)$$

VZA'nın matematiksel yapısının temeli Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen kesirli programlamaya dayanmaktadır. Kesirli programlamada standart bir yöntem bulunmamaktadır. Etkinlik analizinde gösterilmiş olan matematiksel modelin özel yapısı kullanılarak, kesirli programlama modelinin standart çözüm yöntemi bulunan doğrusal programlama modeline çevirmek mümkündür.

Etkinliklikleri karşılaştırılacak olan n adet KVB'nin bulunduğu bir VZA uygulamasında k 'inci KVB'nin etkinliğinin en büyük yapılması istendiğinde çözümlenmesi gerekli kesirli programlama modeli aşağıda gösterilen (3.3)'deki gibi olmalıdır.

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Enb } E_k \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \quad (3.3)$$

Kısıtlayıcılar (st) :

$$0 \leq \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1; j = 1, \dots, n$$

$$u_r > 0; \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i > 0; \quad i = 1, \dots, m$$

Model içerisinde geçen notasyonların açıklamaları aşağıda açıklamalarıyla birlikte verilmiştir;

E_k : k. KVB' nin etkinliği

u_r : k. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. KVB tarafından i. Girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} :k. KVB tarafından üretilen r. çıktı miktarı,

X_{ik} : k. KVB tarafından kullanılan i girdi miktarı ,

Y_{rj} : j. KVB tarafından üretilen r. çıktı miktarı,

X_{ij} : j. KVB tarafından üretilen i. girdi miktarı,

n : KVB sayısı

s : Çıktı sayısı

m : Girdi sayısı

Amaç fonksiyonu k. KVB'nin etkinliğini en büyük yapacak u_r ve v_i ağırlık değerlerini bulmayı amaçlamaktadır. Sınırlayıcı kısıtlar ise her bir KVB için "Ağırlık Çıktı/Ağırlık Girdi" oranının 1'i geçmemesi ve etkinliğin [0,1] arasında bir değer almasını sağlamaktadır (Karakoç, 2003, s.3). Yöntem bu özellikleri sayesinde birden çok girdi ve çıktıyı bir araya getirebilme yeteneğine sahiptir. Bir araya gelen girdi ve çıktı setlerindeki verilen ölçü birimlerinin aynı olması ile ilgili bir koşul aranmaz. Analize dâhil edilen girdi ve çıktıları ayrı ayrı ağırlıklandırması sayesinde birden çok veriyi kullanabildiği gibi, değişik birimlerde ölçülmüş olan verileri de aynı formülde kullanabilmektedir (Demirci, 2018, s.35).

3.9. Veri Zarflama Analizi Modelleri

Sınırlı olan kaynakların daha etkin bir şekilde kullanılması için düzenlenen VZA modelleri, DP modellerinin gelişmiş halidir. Dolayısıyla DP modelleri için kabul gören tüm kurallar bu modeller için de geçerlidir. Bu nedenle DP’de olduğu gibi VZA modellerinde de sınırlayıcı kısıtlar altında, amaç fonksiyonun enbüyüklemesi (maksimizasyon) ya da enküçüklemesi (minimizasyon) istenir. Problem çözümlerinde genellikle aşağıdaki varsayımların geçerliliği her zaman korunur (Rüzgar, Ünsal, Rüzgar, 2000, s.114; Bal, 2010, s.43).

Kesinlik: “Modelin tüm katsayılarının kesin olarak bilinmesi istenir”.

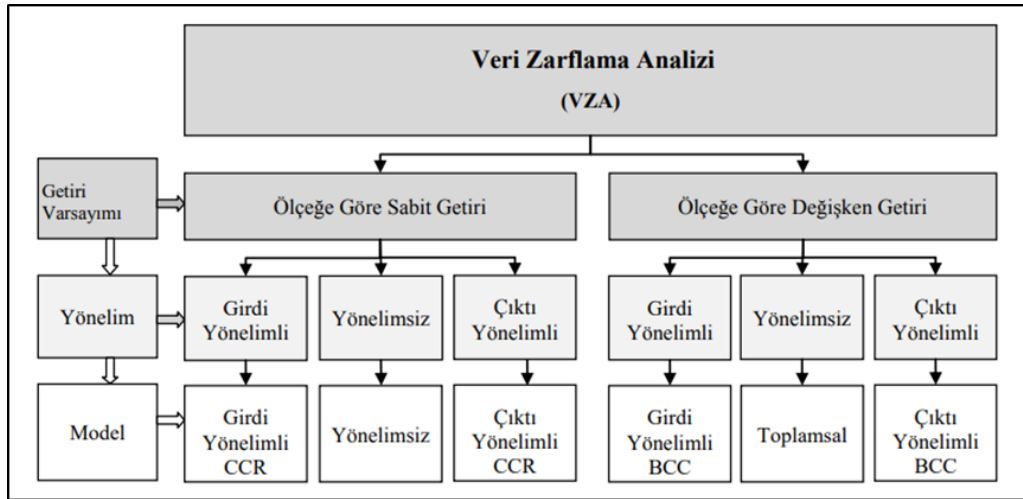
Orantı: “Hem amaç fonksiyonunda hem de kısıtlarda bir orantının olması gereklidir”.

Toplanabilirlik: “Tüm ürünlerin birbirinden bağımsız olmalıdır”.

Bölünebilirlik: “Çözüm değerlerinin tam sayı olmasının gerekli değildir”.

Negatif olmama: “Modelde kullanılan değişkenlerin sıfır ve pozitif olmalıdır”.

VZA modellerini farklı kriterlere dikkat edecek şekilde sınıflandırmak mümkündür. Bunlardan birincisi “ölçeğe göre sabit getiri” (constant return to scale –CRS) ikincisi ise “ölçeğe değişken getiri” (variable return to scale – VRS) modelleridir. Her model kendi teorik ve metodolojik gelişim süreci içinde girdi yönelimli, yönelimsiz ve çıktı yönelimli olarak değişkenlik gösterebilir. Şekil 3.3.’de gösterilen modellerden hangilerinin kullanılacağına aşağıdaki dört varsayım altında karar verilmektedir.



Şekil 3.3. VZA' da kullanılan modeller

Kaynak: Özden, 2008, s.170

- i) CCR (1978) ya da yönelimsiz modeller kullanılacaksa KVB'lerin ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında toplam etkinliğin tarafsız şekilde ölçülerek etkisizliğin miktarı ile kaynağı hakkında açıklamalar yapılmalıdır.
- ii) BCC (1984) veya toplamsal modeller KVB'lerin ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında saf teknik etkinlik hesaplamaktadır (Demirci, 2018, s.50).
- iii) Toplam etkin olamayan KVB'lerde etkisizlik teknik ya da ölçek etkinliklerinden kaynaklanabilir. Bu gibi durumlarda hem CCR hem de BCC modelleri kullanılarak KVB'lerin etkinlikleriyle ilgili detaylı çözümlerin yapılması gerekebilir.
- iv) En az girdi ile birden çok çıktının elde edilmesi isteniyorsa, toplamsal veya yönelimsiz modeller kullanılmalıdır. (Erpolat, 2011, s.70-71).

VZA, ölçeğe göre sabit ve değişken olarak iki ayrı şekilde inceleyebiliriz (Bayramoğlu, 2013, s.48);

- Ölçeğe göre getiri, CCR (1978) tarafından geliştirilen model olup, girdilerin bileşim oranı değiştirilmeden, kullanılmakta olan girdiler x kat arttırıldığında, çıktılarda da x kat artışların gözlemlendiği (Constant Return to Scale – CRS) varsayımı altında,
- Ölçeğe göre değişken, BCC (1984) tarafından geliştirilmiş olup, girdilerin bileşim oranı değiştirilmeden kullanılan girdiler x kat arttırıldığında, çıktılarda x 'den farklı oranda artışların gözlemlendiği (Variable Return to Scale – VRS) varsayımı altında modeller belirlenmiştir.

VZA'da kullanılan CCR ve BCC modellerinin her biri girdi ve çıktı yönelimli olarak iki farklı biçimde kurulmaktadır. Girdiye ve çıktıya yönelik yaklaşımlar temelde birbirlerine çok benzemektedir. Girdiye yönelik yaklaşımda, belirli bir çıktı yaklaşımını en etkin şekilde üretebilmek için kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiği incelenir (Demirci, 2018, s.49). Farklı bir deyişle; çıktı seviyesinde bir değişiklik yapmadan söz konusu çıktı düzeyini en etkin şekilde sağlayabilmek için girdi bileşiminin ne kadar azaltılması gerektiğini yani çıktıya minimum girdi ile ulaşmayı hedefler (Dinç ve Haynes, 1999, s.475). Çıktıya yönelik yaklaşımda ise, girdi seviyesinde bir değişiklik yapmadan, söz konusu girdi düzeyi ile işletmeyi en etkin hale getirebilmek için çıktı bileşiminin ne kadar arttırılması gerektiğini inceleyen modeldir (Bayramoğlu, 2013, s.48). Özetle belirli bir girdi ile maksimum çıktıyı elde etmeye çalışır.

Hangi modelin tercih edilmesi gerektiği ise; mevcut veri yapıları incelenerek belirlenmelidir. Analizciler çalışmalarında genelde, girdi odaklı modelleri tercih ederler. Bu durumun nedeni olarak girdi kullanımının daha birincil faktör olması gösterilmektedir. Diğer taraftan; bazı endüstrilerde, firmalar sabit üretim faktörleriyle faaliyet gösterdiklerinden dolayı, bu firmalar veri faktörlerle mümkün olabilecek en büyük çıktıyı üretmektedirler. Söz konusu bu duruma en uygun yaklaşım çıktı odaklı modeldir (Kök ve Deliktaş, 2003, s.227).

3.9.1. Charnes- Cooper-Rhodes (CCR) modelleri

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından oluşturulan ve isimlerinin baş harfleriyle anılan ilk VZA modelidir. Model ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında etkinlik sınırlarını hesaplar. Farrell'in (1957) çalışmasında önerilen *tek çıktı/tek girdi* oranı ile ifade edilen etkinlik ölçüsü, CCR'in *çoklu çıktı/çoklu girdi* oranlamasıyla genişletilmiştir (Dinç ve Haynes, 1999, s.473). KVB'lerin her biri için yapay girdi ve çıktılar belirlenerek etkinlik skorları hesaplanabilmektedir. CCR modelinin aracılığıyla KVB'lerin toplam etkinlikleri de bulunmaktadır. KVB'lerin CCR etkin olabilmesi için, toplam etkinliğin (teknik ve ölçek) sağlanması gereklidir.

Bir KVB'nin etkin olması için iki durumdan birinin sağlanması gerekmektedir (Charnes ve Cooper, 1984, s.334; Erpolat, 2011, s.71);

- Bir çıktıyı artırmak için birden fazla girdinin artırılması veya diğer çıktılarından bazılarının azaltılması gereklidir.
- Bir girdiyi azaltmak için ise çıktılarından bazılarının azaltılması veya diğer girdilerden bazılarının artırılması gereklidir.

3.9.1.1. Girdiye Yönelik CCR Modeli

Çıktı düzeyinde değişiklik yapmadan, bu çıktı düzeyinin en etkin şekilde sağlanması için, girdi bileşiminin ne kadar azaltılacağını araştıran modeldir. VZA'da n tane KVB'nin her birine ait m adet girdi ve s adet çıktının olduğu düşünülün. Bu durumda j . KVB'nin i . girdi miktarı $X_{ij} \geq 0$ ve j . KVB tarafından üretilen r . çıktı miktarı $Y_{rj} \geq 0$ olmak üzere, girdiye yönelik kesirli CCR modeli aşağıda (3.4)'de gösterilmiştir (Charnes vd., 1978, s.430).

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Enb } \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \quad (3.4)$$

Kısıtlayıcılar (st):

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r \geq \varepsilon > 0; \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq \varepsilon > 0; \quad i = 1, \dots, m$$

Model içerisinde geçen notasyonların açıklamaları aşağıda açıklamalarıyla birlikte verilmiştir;

Enb : Enbüyükleme

u_r : k. KVB tarafından r. çıktıya verilen ağırlık,

v_i : k. KVB tarafından i. Girdiye verilen ağırlık,

Y_{rk} :k. KVB tarafından üretilen r. çıktı miktarı,

X_{ik} : k. KVB tarafından kullanılan i girdi miktarı ,

Y_{rj} : j. KVB tarafından üretilen r. çıktı miktarı,

X_{ij} : j. KVB tarafından üretilen i. girdi miktarı,

ϵ : Yeterince küçük pozitif bir değer (örneğin; 0,00001 veya $\epsilon \leq 10^{-6}$)

Yukarıda gösterilmiş olan doğrusal modelde k. KVB'ye atanan ağırlıkların (u_r, v_i) pozitif değerler almalarını, farklı bir ifade ile sıfır olmalarını engellemek amacıyla bu ağırlıkların ϵ ile gösterilen ve genelde $\epsilon \leq 10^{-6}$ olan küçük bir sayıdan daha büyük oldukları varsayılmıştır. ϵ değerinin üstlendiği bir diğer görev, girdiye yönelik CCR'ın dual modelindeki aylak değişkenlerin (S_i, S_i^+) amaç fonksiyonunu etkilemesinin önüne geçmektir (Erpolat, 2011, s.73).

VZA'da n adet KVB varsa, n adet model oluşturulabilir. Ele alınan bu n adet KVB'nin etkinliğini ölçebilmek için n adet en iyileme modelinin ayrı ayrı çözümlenmesi gerekir. Modellerin amaç fonksiyonu, k adet KVB için toplam ağırlıklandırılmış çıktılarının (sanal çıktılarının), toplam ağırlıklandırılmış girdilere (sanal girdilere) oranının en büyüklenmesidir (Cooper vd.; 2004, s.8-10 ; Erpolat, 2011, s.73). Modelin çözümlenmesi sonucu amaç fonksiyonu değeri (θ_k^*)'nin en fazla 1 olması durumunda KVB'nin etkin, 1'den küçük olması durumunda etkin olmadığı söylenebilir.

Başlangıç verilen kesirli modelin DP yöntemi ile çözümlenmesi için Charnes ve Cooper (1962) $\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1$ dönüşümünü gerçekleştirerek modeli aşağıdaki haliyle yeniden oluşturmuşlardır (Özden, 2008, s.171);

$$\text{Enb} \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0$$

(3.5)

$$u_r \geq 0 ; v_i \geq 0$$

Girdi yönelimli CCR modeli olarak adlandırılan model, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında, görece etkinliği ölçerek kesirli modelle aynı en iyi çözümü vermektedir.

DP modellerinin tamamında olduğu gibi VZA modelleri de primal ve dual olarak iki şekilde ifade edilmektedir. Primal modelin amaç fonksiyonu en büyük ise duali en küçük, amaç fonksiyonu en küçük ise duali en büyük yönlüdür. DP modellerine her iki perspektiften de yaklaşılabilir. Ancak VZA ile ilgili çalışmalarda hesaplamadaki basitliği ve yönetsel açıdan önemli bilgiler sağladığından dolayı dual model daha çok tercih edilmektedir. Dual modelin primal modele göre avantajları ise şu şekilde sıralanabilir (Çakır, 2011, s.31);

- Primal model, bazen dual modele göre daha fazla miktarda kısıtlayıcıya sahip olabilir.
- Dual model problemlerin çözümündeki dual değişkenlerin değerleri primal modeldeki gölge fiyatları açıklayabilmektedir. Bir VZA çözümlemesinde de bu nitelikten faydalanılarak dual değişkenler, her bir KVB'nin etkinliğinin 1'den büyük olmasını engelleyen kısıtlara ilişkin gölge fiyatlar olarak değerlendirilebilir.

Söz konusu üstünlükleri haricinde dual-CCR modelindeki dual değişkenler yardımıyla etkisiz KVB'lere referans olan etkin KVB'ler belirlenebilmektedir. Bu anlatılanlar kapsamında girdiye yönelik dual-CCR modeli aşağıdaki gibi kurulmaktadır.

Amaç Fonksiyonu

Enk θ_k

Kısıtlayıcılar (s.t)

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} X_{ij} \leq \theta_k X_{ik} \quad (3.6)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} Y_{rj} \geq Y_{rk}$$

$$\lambda_{jk} \geq 0$$

Girdiye yönelik CCR modelinde KVB'nin tam etkin (%100) olması primal modeldeki $\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}$ olarak ifade edilen amaç fonksiyon θ_k^* değerinin 1'e eşit olmasıyla sağlanırken, dual form için aşağıdaki koşulları sağlaması gereklidir (Charnes vd., 1978, s.433);

- $\theta_k^* = 1$
- Aylak değişkenlerin değeri sıfıra eşit olmalı ($S_i^- = 0$ ve $S_r^+ = 0$) aksi takdirde KVB'ler CCR modeline göre etkin olmaz.

KVB'ye ilişkin amaç fonksiyon değerinin primal model için 1'den küçük $0 < \theta_k^* < 1$ olması, dual form için ise amaç fonksiyonu değeri 1'den küçük $0 < \theta_k^* < 1$ ya da aylak değişkenlerin sıfırdan farklı değer alması ($S_i^- \neq 0, S_r^+ \neq 0$), KVB'nin görece toplam etkin olmadığını

gösterir. Kaynaklarda yalnızca birinci koşulun sağlanması “zayıf” görece etkinlik olarak aylak değişken değerlerinin sıfıra eşit olduğunu gösteren ikinci koşulun da gerçekleşmesi “güçlü” görece etkinlik olarak belirtilmektedir.

Etkin olmayan KVB’ler için hedef değerler hesaplanarak öneriler oluşturulabilir. $\theta_k^* < 1$ olması durumunda etkin olmayan KVB’lerde etkinliği sağlanması için girdiye yönelik CCR modelinin duali (3.6) ele alınmalıdır. $\theta_k^* = 1, S_i^- = 0, S_r^+ = 0$ önermelerinin birlikte sağlanıp sağlanmadığının incelenebilmesi, gerekse görece toplam etkinliği araştırılan KVB’lerin olası girdi fazlalığı ve çıktı eksikliğinin belirlenmesi için “*süper etkinlik modeli*” olarak bilinen iki aşamalı çözüm gerekmektedir (Cooper vd., 2004,s.8-21 ; Erpolat, 20011, s.75).

$$\text{Enk } \theta_k - \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- - \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+$$

$$S_i^- = \theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \quad (3.7)$$

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_{jk} - Y_{rk}$$

$$\lambda_{jk}, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

İki aşamada girdiye yönelik CCR modelinin duali çözümlenerek amaç fonksiyonunun optimal değeri θ_k^* bulunur. İkinci aşamada ise; birinci aşamada bulunan θ_k^* değeri etkin olmayan KVB’lerin hesaplanmasında kullanılan iki aşamalı modelde yerine konularak dual değişkenlerine λ^*, S_i^{-*} ve S_r^{+*} ulaşılır. Etkin olmayan k . KVB’nin etkin olabilmesi için oluşturulan hipotetik girdi ve çıktılar ise aylak değişken yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

$$X_{ik} = \theta_k^* X_{ik} - S_i^{-*}; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.8)$$

$$X_{ik} = Y_{rk} + S_r^{+*}; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Oluşturulan hipotetik girdi ve çıktılar etkin olmayan k . KVB için hedeflenen girdi ve çıktıları da ifade eder. Hedeflenen girdi ve çıktı seviyelerine ulaşmak için görece etkin olmayan k . KVB’nin i . girdisi $(1 - \theta_k^*) X_{ik} + S_i^{-*}$ kadar azaltarak ve r . çıktısı S_r^{+*} kadar artırılarak etkinlik sağlanabilmektedir (Cooper vd., 2007, s.43-128; Erpolat, 2011, s.76).

Yukarıda anlatılan ilişkilerden faydalanılarak görece etkin olmayan KVB’lerden girdi ve çıktılarına ilişkin potansiyel iyileştirme (PI) değeri yüzde olarak (3.9)’da formüle edilmiştir (Özden, 2008, s.170);

$$PI(\%) = \frac{\text{Hedef} - \text{Gerçekleşen}}{\text{Gerçekleşen}} \times 100 \quad (3.9)$$

Görelî etkinsiz bulunana KVB'lerin etkin olabilmesi için PI yüzdesi negatif çıkan değişken PI oranında düşürülmeli, pozitif çıkan değişken değeri PI oranında yükseltilmelidir. PI değeri sıfır ise, herhangi bir iyileştirme yapılması gerekli değildir (Babacan, Kartal ve Bircan, 2007, s.103).

3.9.1.2. Çıktıya Yönelik CCR Modeli

Belirli bir girdi bileşimiyle maksimum ne kadar çıktı üretilebileceğinin araştırılmasında kullanılan çıktıya yönelik CCR modelinin girdiye yönelik modelden farkı, ağırlıklandırılmış girdinin ağırlıklandırılmış çıktıya oranının minimize edilmesidir (Charnes vd., 1994; Depren, 2008, s.34).

Çıktıya yönelik kesirli CCR modelinin primali (3.10)' da gösterilmiştir.

$$\text{Enk } \frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}}{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}} \geq 1 \quad j; 1, \dots, n \quad (3.10)$$

$$u_r \geq \epsilon \geq 0 ; r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq \epsilon \geq 0 ; i = 1, \dots, m$$

Kesirli CCR modelinin DP olarak gösterimi;

$$\text{Enk } \sum_{i=1}^m v_i X_{ik}$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = 1 \quad (3.11)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} \geq 0$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0$$

Çıktıya yönelik CCR modelinin duali ise (3.12)' deki gibidir.

$$\text{Enb } \varphi$$

$$\sum_{j=1}^n \eta_{jk} - X_{ij} \leq X_{ik}$$

$$\varphi_k Y_{rk} - \sum_{j=1}^n \eta_{jk} Y_{rj} \leq 0 \quad (3.12)$$

$$\eta_{jk} \geq 0$$

Modelde bulunan notasyonların açıklamaları daha önce anlatılan girdiye yönelik CCR modelinde gösterilen ifadeler ile aynı olup, içlerinden farklı olanların açıklamaları aşağıda verilmiştir.

φ_k : k. KVB'nin çıktılarının radyal olarak ne kadar artabilceğini belirleyen katsayı

η_{jk} : Çıktıya yönelik modeller için j. KVB'nin aldığı yoğunluk değeri

Herhangi bir KVB'nin görelî toplam etkin olması için verilen primal modeldeki $\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}$ amaç fonksiyon φ_k^* değerinin 1'e eşit olması gerekir. Aksi halde etkin değildir. Verilen dual model için $S_i^{-*} = 0, S_r^{+*} = 0$ ve $\varphi_k^* = 1$ koşullarının birlikte sağlanması gereklidir. Bir KVB'ye ilişkin amaç fonksiyon değerinin primal model için 1'den büyük ($\varphi_k^* > 1$) veya aylak değişkenlerin sıfırdan farklı olması ($S_i^{-*} \neq 0, S_r^{+*} \neq 0$) KVB'lerin görelî etkin olmadığını gösterir.

Amaç fonksiyon değerinin 1'den büyük olması durumunda etkin olamayan KVB'lerin etkin hale getirilmesi için çıktıya yönelik CCR modelinin duali ele alınmalıdır. Daha sonra çıktıya yönelik CCR etkinliğindeki dual model için gerekli koşullardan her ikisinin gerçekleşip gerçekleşmediğine bakılmalıdır. Görelî toplam etkinliği araştırılan KVB'lerin olası girdi fazlalığı ve çıktı eksikliği belirlendikten sonra aşağıda yer alan modelin iki aşamalı çözümü gerçekleştirilmelidir.

$$\text{Enb } \varphi_k + \varepsilon \sum_{i=1}^m S_i^- + \varepsilon \sum_{r=1}^s S_r^+$$

$$S_i^- = X_{ik} - \sum_{j=1}^n X_{ik} \eta_j \quad (3.13)$$

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n Y_{rj} \eta_{jk} - \varphi_k Y_{rk}$$

$$\eta_{jk}, S_i^-, S_r^+ \geq 0$$

Bu modelin çözümünde ilk aşama, (3.12)'de verilen dual model çözülerek amaç fonksiyonun (φ_k^*) optimal değeri bulunur. İkinci aşamada ise birinci aşamada bulunan (φ_k^*) değeri (3.13)'te verilen modelde yerine konularak dual değişkenlerin değerlerine η, S_i^{-*}, S_r^{+*} ulaşılır.

Çıktı odaklı CCR modelinde etkin olamayan k. KVB' nin etkin olabilmesi için oluşturulan hipotetik (aylak) girdi ve çıktılar aşağıda gösterilmiştir (Shermen ve Zhu, 2006, s.137).

$$X_{ik} = X_{ik} - S_i^{-*} \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.14)$$

$$Y_{rk} = \varphi_k^* Y_{rk} + S_r^{+*} \quad ; \quad r = 1, 2, \dots, s$$

Hedeflenen girdi ve çıktı seviyelerine ulaşmak için göreceli etkin olmayan k. KVB'nin i. girdisini S_i^{-*} kadar azaltarak ve r. çıktısını $(\varphi_k - 1) Y_{rk} + S_r^{+*}$ kadar artırarak etkin hale getirilir.

Girdiye yönelik CCR modeline benzer şekilde çıktıya yönelik CCR modelinde de etkin olamayan KVB'ler için girdi ve çıktılara ilişkin potansiyel iyileştirme (PI) değerleri (3.9) formülle hesaplanmaktadır.

Girdiye yönelik CCR modeli ile bulunan potansiyel iyileştirme değerleri ile çıktıya yönelik CCR modeli sonucunda bulunan potansiyel iyileştirme değerlerinde farklılıklar gözlemlenebilir (Özden, 2008, s.173).

Göreceli toplam etkinlikler, girdiye ve çıktıya yönelik CCR yardımıyla belirlenebilmektedir. Herhangi bir KVB'nin göreceli toplam etkinliğini tek bir yönetime göre hesaplamak son derece yeterlidir. Çünkü girdiye yönelik CCR modelinde etkin olan KVB, çıktıya yönelik CCR modelinde de etkin olmaktadır. Aralarında $\varphi_k^* = \frac{1}{\theta_k}$ ilişkisi vardır. Bu nedenle girdi odaklı CCR modeli her zaman $\theta_k \leq 1$ olurken, çıktıya yönelik CCR modelinde $\frac{\lambda_j}{\theta_k}$ değeri çıktıya yönelik modelde η_j değerine eşittir. Girdiye yönelik modellerde aylak değişkenler θ_k 'ya bölünerek $(\frac{S_i^{-*}}{\theta_k}, \frac{S_r^{+*}}{\theta_k})$ çıktıya yönelik modeldeki değişken değerleri bulunur (Erpolat, 2011, s.80).

3.9.2 Banker, Charnes, Cooper (BCC) modelleri

Charnes, Cooper ve Rhodes'un 1978'de önermiş oldukları modelden sonra VZA'nın farklı boyutları geliştirilmiştir. Bunlardan biri; Banker, Charnes ve Cooper tarafından oluşturulan BCC modelidir. Modelin ismi yazarlarının baş harflerinden gelmektedir. BCC modelinde ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında etkinlik değerleri hesaplanır (Banker vd., 1984, s.1078). Geliştirilmiş olan modelin aracılığıyla KVB'lerin saf teknik etkinlikleri ölçülmekte ve buna göre KVB'lerin ölçeğe göre artan, azalan ya da sabit, değişken getirili olup olmadığı belirlenmektedir (Sowlati, 2001, s.80; Yaşar, 2019, s.80).

CCR ve BCC modelleri arasındaki fark, CCR modellerinin dualine $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ konvekslik kısıtı denilen ve etkinlik sınırının ölçeğe göre değişken getiri özelliği göstermesini sağlayan kısıtın eklenmesidir (Thanassoulis, 2001, s.129; Erpolat, 2011, s.81). Bu kısıt ile KVB'lerin ölçeğe göre getiri türü de belirlenebilmektedir (Yıldız, 2006, s.216);

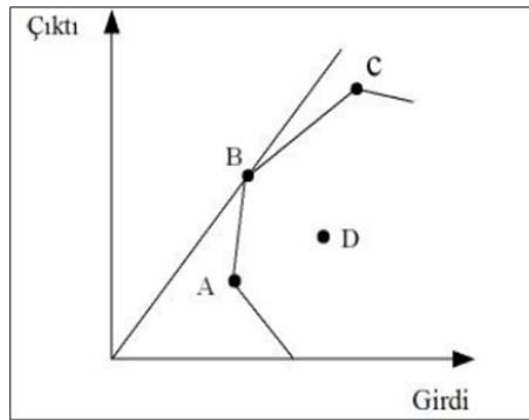
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1 \text{ ise ölçeğe göre sabit getiri}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1 \text{ ise ölçeğe göre artan getiri}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1 \text{ ise ölçeğe göre azalan getiri}$$

CCR ve BCC modelleri arasındaki diğer bir fark ise BCC modellerinin amaç fonksiyonunda bulunan ve çıktılara ilişkin ağırlıkları gösteren u_k 'nın serbest işaretli değişken olarak modelde yer almasıdır (Cooper vd., 2007, s.91). Eklenen kısıt ve serbest işaretli değişken sayesinde model doğrusal yapıdan konveks yapıya çevrilebilir.

Üretim üst sınırı Şekil 3.4'te görüldüğü gibi parçalı doğrusal bir yapı sergilemektedir bu özelliğinden dolayı da "değişken dönüşümlü ölçek" karakteristiğine sahiptir. AB doğru parçasında "artan dönüşümlü ölçek", BC parçasında "azalan dönüşümlü ölçek" ve her iki doğru parçasının birleştiği B noktasında ise "sabit dönüşümlü ölçek" özelliği gözlemlenmektedir.



Şekil 3.4. CCR -BCC modelleri için etkin sınır

Kaynak: Coelli, 1996; Çakmak,2017, s.44

Şekil 3.4'te bir girdi ve bir çıktıdan oluşan A, B, C, D olarak isimlendirilen dört KVB'li bir sistem örneklenmektedir. CCR modeline ait etkinlik sınırı, B noktası ile aynı orijini birleştiren doğrusu iken, BCC modeli için etkinlik sınırı A, B ve C noktalarını birleştiren doğru parçalarından oluşmaktadır. Bu sistemdeki üretim olanakları kümesi sınır çizgisi ile birlikte, sınır çizgisi ile karşılaştırıldığında girdi ve /veya çıktıda fazlalık ve/veya eksiklik gösteren, gerçekleşmiş ya da gerçekleşmesi muhtemel KVB'lerden meydana gelmektedir. Bu bilgiler kapsamında A, B, C noktalarının sınır çizgisi üzerinde olduğu ve dolayısıyla BCC etkin olduğu gözlemlenebilir. Ancak içlerinden sadece B noktası hem CCR hem de BCC modelleri için etkindir.

BCC modelleri de, CCR modellerinde olduğu gibi girdi ve çıktı yönelimli olarak ikiye ayrılıp; oran, ağırlıklı ve zarflama şeklinde sınıflandırılmaktadır.

3.9.2.1 Girdiye Yönelik BCC Modeli

Girdiye yönelik BCC modelleri de aynı CCR modellerinde olduğu gibi çıktı bileşimini en etkin şekilde üretebilmek amacıyla kullanılacak en uygun girdi bileşiminin nasıl olması gerektiğini belirlemektedir. Bu modelde girdilerin orantılı bir şekilde azaltılması ile etkinlik sınırına yaklaşmanın mümkün olacağı tahmin edilmektedir (Kazançoğlu, 2008, s.151).

Aşağıda girdiye yönelik BCC modelinin matematiksel yapısı verilmiştir (Banker vd., 1984, s.1085).

Amaç Fonksiyonu

$$E_k = \max \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} - u_k$$

Kısıt Denklemi (s.t)

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - u_k \leq \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.15)$$

$$v_i \geq \varepsilon \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$u_r \geq \varepsilon \quad ; \quad r = 1, 2, \dots, s$$

Girdiye yönelik primal BCC modelinin matematiksel yapısı;

Amaç Fonksiyonu

Enk θ_k

Kısıt Denklemleri

$$\theta_k X_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_{jk} X_{ij} \geq 0 \quad (3.16)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1$$

$$\lambda_{jk} > 0$$

Girdiye yönelik BCC etkinliğinde KVB'lerden herhangi birinin görece etkin olması primal model için amaç fonksiyonu değerinin $\theta_k^* = 1$ olması, dual model için ise $\theta_k^* = 1, S_i^-$ ve $S_r^+ = 0$ olması demektir. Primal model için etkin olmama durumları ise $\theta_k^* < 1$ ve dual için $\theta_k^* < 1$ ve/veya $S_i^- \neq 0$ ve / veya $S_r^- \neq 0$ 'dır. (Green vd.,1997, s.447; Erpolat, 2011, s82).

$\theta_k^* < 1$ olması halinde, etkin olmayan k . KVB'nin etkin hale getirilmesi için girdiye yönelik CCR modelinde olduğu gibi dual model kısıtları kullanılmakta olup aynı sonuçlar elde edilmektedir. Girdiye yönelik BCC modelinin optimal çözümünde $u_k < 0$ ise ölçeğe göre artan $u_k > 0$ ise ölçeğe göre azalan ve $u_k = 0$ ise ölçeğe göre sabit getiri durumunu gösterir.

BCC modeli için potansiyel iyileştirme değeri, aynı girdiye yönelik CCR modelinde uygulanan potansiyel iyileştirme formülü kullanılarak hesaplanmaktadır.

3.9.2.2 Çıktıya Yönelik BCC Modeli

Çıktıya yönelik modelde, verilen kaynaklarda bir değişim olmaksızın, odak noktası girdilerin minimize edilmesine, amaç da çıktıların maksimize edilmesidir.

Çıktıya yönelik primal BCC modeli;

Amaç Fonksiyonu

Enb φ_k

Kısıt Denklemleri

$$\varphi_k Y_{rk} - \sum_{j=1}^n \eta_{jk} Y_{rj} \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^n \eta_{jk} X_{ij} \leq X_{ik} \quad (3.17)$$

$$\sum_{j=1}^n \eta_{jk} = 1$$

$$\eta_{jk} \geq 0$$

Çıktıya yönelik dual BCC modeli;

$$\text{Enk} \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} - v_k$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} = 1 \quad (3.18)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - v_k \geq 0$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, v_k \text{ serbest}$$

BCC modelinde etkinlik iki şekilde tanımlanmaktadır (Depren, 2008, s.44);

- BCC probleminin primal modeli için amaç fonksiyonunun değeri 1 ise KVB görece etkin olarak tanımlanır,
- Dual model için optimal çözümde $\varphi_k^* = 1, S_i^- = 0$ ve $S_i^+ = 0$ koşullarının sağlanması durumunda KVB'ler etkin olarak tanımlanmaktadır.

BCC modelinde etkin olmama durumları ise primal model için $\varphi_k^* > 1$ ve dual model için ise $\varphi_k^* > 1$ veya $S_i^- \neq 0, S_i^+ \neq 0$ 'dır.

$\varphi_k^* > 1$ olması durumunda etkin olmayan k . KVB'nin etkin hale getirilmesi için çıktıya yönelik CCR modelindeki dual model kısıtları kullanılarak aynı sonuçlar elde edilir (Erpolat, 2011, s.84). Girdiye yönelik BCC modeline benzer şekilde çıktıya yönelik BCC modelinde de etkin olmayan KVB'lerin girdi ve çıktılarına ilişkin PI değerleri (3.9)'daki formül ile hesaplanmaktadır.

4. BÖLÜM

UYGULAMA: ÇORUM İLİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRESEL ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

4.1. Türkiye’de ve Dünya’da Çevresel Etkinlik

Birçok şehir veya ülke için kullanılan ekonomik, çevresel ve sosyal göstergeler vardır. Ekonomik göstergeler; GSYİH (gayri safi yurtiçi hasıla), işsizlik oranı, kredi kullanımları ve dış ticaret rakamlarından çevresel göstergeler; enerji tüketimleri, su tüketimleri, hava kalitesi, yeşil alan ve geri dönüşüm-atık miktarları sosyal göstergeler ise; eğitim, adalet, barınma ve sağlık hizmetleri gibi alt unsurlardan meydana gelmektedir (Gök ve Yiğit, 2017, s.258). Çevresel etkinliği ölçmeye yönelik bir araştırma yapılırken bahsettiğimiz alt unsurlara ait doğru verilerin bir araya getirilmesi ve bunların şeffaf olarak toplumla paylaşılması önemle gerekmektedir. Neticede buralardan elde edilecek sonuçlara göre yeni sürdürülebilir planlamalar yapılacaktır.

Gezegende doğal kaynakların tüketim hızı üretim hızını aşmaktadır. İktisat diliyle talep arzı aşmış durumdadır. Dünya bu durumu “Limit Aşımı Günü” olarak ifade etmektedir. 2021 yılında “Limit Aşımı Günü” 29 Temmuz olarak belirlenmiştir. Daha anlamlı açıklamak gerekirse (World Wide Fund, 2021);

- Dünyanın bir yıl içinde verdikleri yedi ay içerisinde tüketilmiş bir başka deyişle 1,7 dünya varmış gibi tüketimler yapılmıştır. Geriye kalan beş ayda ise 2022’nin kaynakları tüketilmiştir.
- Tüketimdeki hızın ise “Limit Aşımı”nın hesaplanmaya başlandığı 1970’li yıllardaki seviyelerden daha yukarıda olduğu tespit edilmiştir.

Nüfusun artışı ile tüketimi artıran daha fazla üretim anlayışının temelinde fosil yakıtlara bağlı olan doğrusal ekonomi modeli bulunmaktadır. Söz konusu modelde karbon salınımına dayanan büyüme odaklı ekonomik faaliyetler ise iklim değişikliğine neden olmaktadır.

Türkiye OECD ülkeleri arasında en büyük sekizinci ve en hızlı büyüyen ekonomi olduğundan çevre üzerindeki baskıların ağırlaşması kaçınılmaz olmuştur. Ülkemizde fosil yakıtlar, enerji karışımının %88’ine karşılığında denk gelmekte olup büyük ölçüde ithal enerjiye, özellikle petrol ve doğalgaza bağımlı kalmaktadır.

Hava kalitesi gerekliliklerinin 2024 yılı itibarıyla AB standartlarına paralel hale getirilmesi için yeni planlamaların yapılması gerektiği anlaşılmıştır. Dış ortam hava kirliliği, insanların sağlığını doğrudan etkileyen önemli bir çevresel sorundur. Ulusal ve uluslararası müdahalelere ve büyük kirletici emisyonlardaki düşüslere rağmen, küresel olarak hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkileri kötüleşmeye devam etmektedir. Hava kirliliğinin 2050 yılına kadar erken ölümlerin en önemli çevresel nedeni haline gelmesi beklenmektedir. PM 2,5 akciğerin en derin kısmında solunan en küçük Partikül Madde (PM) olup insan sağlığına zarar verebileceği ve yaşam beklentisini azaltabileceği için OECD ülkelerinde izlenmektedir.

Birkaç OECD ülkesinde PM 2,5'e maruz kalan nüfusun payı düşmüştür. Bununla birlikte, ülkelerin yaklaşık yarısında, nüfusun %90'ından fazlası hala Dünya Sağlık Örgütü kılavuz sınırı olan m³ başına 10 mikrogramın üzerindeki konsantrasyonlara maruz kalmaktadır Ortalama olarak PM 2,5 konsantrasyonları OECD ülkelerinde m³ başına 14 mikrogram civarındadır. Türkiye'de PM 2,5 seviyeleri m³ başına 27,1 mikrogram olup kılavuz sınırın üzerinde olan OECD'deki en yüksek seviyenin üzerindedir (OECD Better Life Index, 2021).

Ülkemizde yapılan sürdürülebilirlik değerlendirmesinde Ankara, İstanbul ve İzmir büyük şehirlerin ön sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Bu duruma neden olan etkenin ekonomik boyut olduğu söylenebilir. Ancak daha küçük şehirlere yönelik araştırmalar nadiren yapılmıştır. Genellikle kapsamlı olarak tüm şehirler birlikte ele alınıp, belirli kriterlere göre incelenmiştir.

Avrupa Birliği, 11 Aralık 2019 tarihinde açıkladığı Avrupa Yeşil Mutabakatı ile 2050 yılında iklim-nötr ilk kıta olma hedefini ortaya koyarken aynı zamanda sanayisinin dönüşümünü gerektiren yeni bir büyüme stratejisi tasarlamıştır. Tüm politikalarını iklim değişikliği ekseninde yeniden şekillendirmiştir. Avrupa Birliği'nde faaliyete geçmesi beklenen politika ve değişiklikler dış ticareti etkilemektedir. Türkiye - AB Gümrük Birliği kapsamında sağlanan anlaşmayı koruyacak ve daha ileri düzeye taşıyacak yeni eylem planında yer alan 9 ana başlık aşağıda maddeler halinde listelenmiştir (Ticaret Bakanlığı, 2021). Ülkemizin sürdürülebilir ve kaynak etkin bir ekonomiye sahip olabilmesi için tüm şehirlerin aşağıdaki hususları sağlama konusunda özen göstermesi gerekmektedir.

- Sınırdaki karbon düzenlemeleri,
- Yeşil döngüsel bir ekonomi,
- Yeşil finansman,
- Temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı,
- Sürdürülebilir tarım,
- Sürdürülebilir akıllı ulaşım,
- İklim değişikliği ile mücadele,
- Diploması,
- Avrupa Yeşil Mutabakatı bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetleri

4.2. Çevresel Etkinlik Üzerine Literatür Taraması

Hawdan (2003) gaz endüstrisinde kaynak kullanımının verimliliğini etkileyen bazı politika ve gelişmeleri araştırmış ve bireysel olarak ülke düzeyinde göreceli performansı ölçebilmek için VZA kullanmışlardır. Çalışmada kullanılan çıktılar, gaz tüketimi, müşteri sayısı girdiler ise; istihdam ve boru hatlarının uzunluğu olarak belirlenmiştir.

Ramanathan (2005) Orta Doğu ve Kuzey Afrika'daki yer alan 17 ülkenin enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonları VZA kullanılarak incelenmiştir. Analizde dikkate alınan kriterler;

kişi başı CO₂ emisyonu, fosil yakıt enerji (kömür, petrol, doğalgaz) tüketimi, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla, fosil olmayan yakıt enerji tüketimleridir. Çalışmada 17 ülkeden yalnızca üç ülkenin Sudan, Bahreyn ve Oman'ın etkin sayılabileceği sonucuna varılmıştır.

Önüt ve Soner (2006) tarafından Antalya Bölgesi'ndeki 3 adet beş yıldızlı otelin enerji verimliliği değerlendirilmesi için VZA kullanılmıştır. Bu çalışmada çalışan sayısı, yıllık elektrik, su ve LPG tüketimi girdi değişkeni olarak doluluk oranı, yıllık gelirler ve toplam müşteri sayısı da çıktı değişkenleri olarak ele alınmıştır. Yapılan analizde göre 8 otelin etkin 24 otelin ise etkin olmadığı sonucuna varılmıştır. Etkin olmayan 24 otel için enerji tüketimlerinde iyileştirmeler yapılması gerektiği önerilmiştir.

Yu ve Wen (2010), Çin'de 46 şehrin çevresel sürdürülebilirliğini VZA ile değerlendirmişlerdir. 2006-2007 arasındaki değişimi Malmquist Verimlilik Endeksini kullanarak tanımlamışlardır. Çevresel sürdürülebilirlik incelenirken şehirler, su ve enerji, ekonomi ve çevre olarak üç alt sistem oluşturulmuştur.

Köne ve Büke (2012) tarafından Türkiye'deki 81 ilin 2000 yılına ait hava kirliliği VZA kullanılarak ölçümlenmiştir. Fosil yakıt tüketimi ve nüfus girdi değişkenleri olarak GSYH arzu edilen tek çıktı olarak, SO₂ ve PM₁₀ istenemeyen çıktı değişkenleri olarak kullanılmışlardır. Analiz neticesinde illerin % 75'nin etkin olduğu hatta kişi başına gelirin yüksek olduğu illerde yüksek çevresel etkinliği olduğu gözlenmiştir.

İsmail vd. (2013) yaptıkları çalışmada Fortune Global 500' de yer alan en büyük kurumlar içinden petrol şirketlerinin çevresel performansları ve ekonomik etkinliklerini VZA ile ölçerek çevresel performans ve ekonomik etkinlik arasındaki korelasyonu incelemişlerdir. Çevresel performansı değerlendirilirken petrol sızıntıları, iklim değişikliği, hidrokarbonlar, kükürt dioksit, azot dioksit, su kullanımı, yangın, uçucu organik bileşik (VOC_s), düşük seviyeli ozon, azot oksit, kükürt oksit kriterleri kullanılmıştır. Ekonomik etkinlik olarak çalışan sayısı, varlıklar ve gelir değişkenleri kullanılmıştır. Analiz neticesinde çevresel etkinlik ve ekonomik etkinlik arasında düşük ve pozitif yönde bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Meng, Fan, Zhou ve Zhou (2013) Çin'in endüstriyel sektörlerine yönelik çevresel performansını ölçmek için statik ve dinamik bir EPI değerinden oluşan radyal olmayan bir VZA yaklaşımı önermişlerdir. Radyal olmayan yaklaşım ile 1998-2009 arası Çin'in farklı illerini temel alan bir modelleme yapılmıştır. Çin'deki endüstriyel sektörlerin çevresel performansının bir bütün olarak 1998' den 2009'a kadar %58 arttığı ve bu durumda esas olarak teknolojik değişime bağlı olduğu düşünülmüştür.

Horneaux Jr., Hrdlicka ve Gomes (2014), işletmeler için çevresel performansı etkili bir şekilde ölçmenin zor bir süreç olduğunu ve bunun için çevresel performans göstergelerinin (EPI) doğru tanımlanması gerektiği belirtmişlerdir. Çalışmada GRI raporlama tarafından önerilen çevresel performansın kriterleri temel alınmıştır. Örneklem hacmi Brezilya'nın Sao Paulo Eyaletinde sanayi sektöründeki 149 şirketten oluşturulmuştur. Analiz sonucunda,

direkt üretim maliyetleri doğrudan bağlantılı olan çevresel performans göstergelerinin kullanımında büyük işletmeler ile küçük işletmeler arasında farklılık olduğu sonucuna varılmıştır.

Taşdoğan, Mollavelioğlu ve Mihci (2014)'te Türkiye'deki illerin kentsel çevresel sürdürülebilirlik açısından mevcut durumlarını değerlendirebilmek amacıyla VZA kullanmışlardır. Analizde su tüketimi, elektrik tüketimi, akaryakıt tüketimi, toplam çevresel kamu harcamaları, kişi başına düşen motorlu araç gibi değişkenler girdi olarak seçilmiştir. Çıktı değişkenleri iki kategoride belirlenmiştir. İktisadi çıktı olarak; kişi başı GSYİH, çevresel çıktı olarak; kükürt dioksit, partikül madde, atık su ve katı atık miktarları kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre Adana, Bilecik, Bolu, Kırklareli, Kocaeli, Yalova, Ağrı, Çankırı, Karaman ve Niğde gibi iller kentsel sürdürülebilirlik açısından yüksek performans gösterirken; Antalya, Denizli, Muğla, Aydın, Balıkesir, Aksaray, Sivas ve Kahramanmaraş'ın performanslarının ise yetersiz düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Wang, Lu ve Wang (2014) çalışmalarında 2006- 2011 dönemleri için ABD kimya endüstrisinde faaliyette bulunan 44 firmadan hangilerinin daha iyi finansal performansa sahip olduğunu belirlemek ve çevresel harcamalar ile firma performansını arasındaki ilişkiyi test etmek için VZA'dan yararlanmıştır. Bu çalışmada çevresel harcamalar, istihdam, toplam sorumluluk, toplam öz kaynak girdi değişkenleri hasılat ve piyasa değerinde çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, çevresel harcamalar ile finansal performans arasında pozitif bir ilişki olduğu, çevresel harcamalara sahip firmaların daha etkin ve üretken olduğu ortaya çıkmıştır.

Liu, Tian, Chen, Lu ve Gao (2015) Çin'deki eko-sanayi parklarının 2007-2010 yılları arasındaki çevresel performans düzeyi değişimlerini VZA ve Malmquist indeksi yönetimi ile ölçmüşlerdir. Çalışmada çevresel kriter olarak standart kömür, temiz su, atık su, kimyasal oksijen ihtiyacı, kükürt dioksit ve katı atık miktarları kullanılmıştır. Analiz sonucunda eko-sanayi parklarının toplam performans düzeylerinde önemli ölçüde iyileştirme olduğu, yüksek teknoloji sanayi alanlarının ortalama eko- etkinlik düzeylerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sánchez, Almeida ve Camara (2015)'deki çalışmalarında 5 kategoride 19 adet kriter kullanarak ülkelerin bütünsel çevresel performansını incelemiştir. CRITIC yönetimi ile ağırlıklandırılmış ve basit toplamsal ağırlıklandırma ile 2004 - 2009 dönemleri arasındaki performans sıralaması oluşturulmuştur. İçme suyu, sanitasyon, tarımsal üretim, CO₂ emisyonları, enerji kullanımı çalışmada kullanılan çevresel kriterlerden bazılarıdır. Her ülkenin bütünsel çevresel performans endeks değerlerinden en iyi çevresel performansa sahip ülkelerin sıralaması yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre en iyi ülke İzlanda, Norveç ve İsveç en kötü üç ülke ise; Nijerya, Burundi ve Bangladeş olarak belirlenmiştir.

Tanç ve Gümrah (2015), BIST' de imalat sanayi sektöründe yar alan işletmelerin çevresel performanslarını TOPSİS yöntemiyle ölçmüşlerdir. 2013 yılında sürdürülebilirlik raporları yayınlanmış işletmelerin geri dönüştürülen su miktarı, enerji tasarruf miktarı, emisyon azalım miktarı, bertaraf edilen tehlikeli atık miktarı, bertaraf edilen tehlikesiz atık miktarı ve çevre koruma harcamaları veri olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucu çevresel performansı en büyük olan işletmenin AKÇANSA en düşük olanın ise BRISA olduğu tespit edilmiştir.

Zha, Zhao ve Bian (2016) Çin'de enerji ve karbondioksit emisyonlarının bölgesel verimliliğinin ölçülmesi için stokastik bir VZA yaklaşımı önermişlerdir. Çalışmada beş girdi ve iki çıktı kullanılmıştır. Enerji dışı girdiler (iş gücü, başkent), enerji girdileri (kömür, petrol, doğal gaz), istenmeyen çıktılar (CO₂) değişken olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları CO₂ emisyonlarının belirsizliğinin, enerji kullanımı ve CO₂' nin bölgesel verimlilikleri üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir.

Nakıboğlu ve Bulğurcu (2017), plastik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin çevresel performansını yeni bir ÇKKV yöntemi olan Modifiye Edilmiş Dijital Mantık yönetimi ile ölçmüşlerdir. Uygulamada kullanılmış olan çevresel kriterlerden bazıları; toplam sera gazı emisyonu, toplam atık miktarı, atık su, toplam enerji kullanımı, su tüketimi ve geri dönüştürülmüş hammadde miktarı şeklinde ifade edilebilir.

Fan vd. (2017) Çin'de yer alan 40 sanayi parkının çevresel etkinliğini VZA modelini kullanarak değerlendirip sıralamıştır. Analiz çevresinde üç girdi ve beş çıktı kriteri seçilmiştir. Çalışmanın girdilerini; arazi alanı, enerji tüketimi, su tüketimi çıktılarını; sanayi katma değer, atık su, katı atı, kimyasal oksijen talebi ve SO₂ emisyonları temsil etmektedir.

Guo, Zhu, Wu, ve Yan (2017) Çin'deki 109 şehrin çevresel performansını VZA ile değerlendirmişlerdir. Araştırmada kullanılan girdiler; toplam nüfus, çevresel yatırımlar, toplam elektrik tüketimi ve kişi başına tüketim değişkenleridir. Çıktı olarak ise; gayri safi yurt içi üretim, partiküler madde, kükürtdioksit ve azotdioksit değişkenleri kullanılmıştır.

Gök ve Yiğit (2017) çalışmalarında en çok nüfusa sahip ve en çok kaynak tüketen büyük şehirlerin sürdürülebilirlik kriterleri açısından incelemede bulunmuşlardır. Araştırmada 30 Büyükşehir için sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarda 24 temel sürdürülebilirlik göstergesi kullanılmıştır. Veri seti oluşturulurken TÜİK, Büyükşehir Belediyeleri, Ekonomi Bakanlığı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Bilim Sanayi Teknoloji Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü'ne ait resmi sitelerde yayınlanan raporlardan faydalanılmıştır. Uygulama TOPSİS yöntemiyle yapılmıştır.

Zuo, Hua, Dong ve Hao (2017) Çin'deki 30 şehrin 2006-2011 yılları arasındaki çevresel performanslarını ölçmüşlerdir. Çevre sağlığı, ekolojik koruma, sürdürülebilir kaynak kullanımı ve çevresel yönetim olmak üzere dört ana grupta 39 gösterge içermektedir. Çevresel sağlık grubunda hava kalitesi (SO₂,NO₂), su kalitesi, gürültü ve atık yönetimi verileri

kullanılmıştır. Sürdürülebilir kaynak kullanımı da iklim değişikliği, enerji kullanımı ve kaynakların kullanımına ait veriler kullanılmıştır. Araştırmada veriler normalize edilerek belirlenen kriter ağırlıkları ile alternatiflerin değerlerini tespit etmişlerdir. Daha sonra kümelenme analizi ile ülkeyi üç ana bölgeye ayırarak çevre politikalarını iyileştirmek için önerilerde bulunmuşlardır.

Özkan ve Özcan (2018) 17 adet OECD ülkesinin çevre performansını seçilmiş göstergeler üzerinden 2015 yılını baz alarak VZA yardımıyla ölçmüşlerdir. Analizde kullanılan veriler 2015 yılı OECD ve Dünya Bankası (Word Bank) resmi veri tabanlarından toplanmış ve analizi EMS paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada 17 ülkenin çevre performansı açısından etkin olduğu sonucuna varılmıştır.

Aksu ve Gencer (2018) yaptıkları çalışmada 35 tane OECD ülkesinin çevre performansını analiz ederek Türkiye'nin bu ülkeler ile arasındaki durumunu incelemişlerdir. Analizde birden fazla çıktı değişkeni kullanıldığından çıktı odaklı CCR modeli kurulmuştur. Etkin olmayan KVB'ler için hedef değer ve potansiyel iyileştirmeler yapılmıştır. Süper etkinlik modeli yardımıyla etkin olan OECD ülkelerinin etkinlik sıralamaları da belirlenmiştir. Ayrıca süper etkinlik modeli ile bütün etkinlik değerleri sıralanabildiğinden bu modelin analizinden elde edilen sonuçlar ve çevresel performans endeks değerlerine göre elde edilen sıralama ve skorlar SPSS Programı aracılığı ile karşılaştırılmıştır.

Koçak ve Boran (2019), VZA ile Türkiye'deki 81 ilin tüketici türü bazında 2016 yılı elektrik tüketimlerinin karşılaştırmasını yapmışlardır. Yapılan karşılaştırmada CCR ve BCC modelleri kullanılmış olup ağırlıklı olarak sanayi bazında elektrik tüketimi düşük olan şehirlerin etkin çıktığı tespit edilmiştir.

Matsumoto, Makridou, Doumpos (2020) VZA ve Malmquist Luenberger endeksini kullanarak AB ülkelerinin çevresel performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada 27 AB üyesi ülkenin 2000-2017 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. VZA için kullanılan girdi değişkenleri işgücü, sermaye, enerji tüketimi (petrol) miktarı oluştururken çıktı değişkenlerini GSYH, CO₂ tüketimi, PM₂₅ emisyonu ve atık miktarları oluşturmuştur. Çalışmada batı AB üyesi ülkelerin doğu ülkelere göre çevresel performansının yüksek olduğu ayrıca 2007- 2008 yılları arasında ekonomik krizin ortalama olarak tüm AB üyesi ülkeleri olumsuz yönde etkilediği dikkat çekmiştir.

Ateş ve Usman (2021)'deki çalışmalarında Morgan Stanley Capital International gelişmekte olan piyasalar endeksine dahil olan 25 ülkenin sürdürülebilir kalkınma performanslarını çevresel, sosyal, yönetim, finansal ve ekonomik olmak üzere beş alt boyut çerçevesinde ele almıştır. Çalışmada bahsi geçen beş alt boyut için 37 kriter belirlenmiştir. Çevresel performansı temsil eden kriterler, Yale ve Columbia Üniversiteleri tarafından ortak hazırlanan Çevresel Performans Endeksi temel alınarak belirlenmiştir. Çevresel sağlığa ilişkin kriterleri; hava kalitesi, sanitasyon-su kalitesi, ağır metaller ve atık yönetimi oluşturmaktadır.

Gri İlişkisel Analiz'in kullanıldığı çalışmada elde edilen bulgulara göre kalkınma performansı en yüksek ülkeler Güney Kore, Çek Cumhuriyeti ve Yunanistan olurken Pakistan, Hindistan ve Filipinler kalkınma performans sıralamasında son sıralarda yer almaktadır.

Tunca (2021), tarafından Türkiye'deki illerin 2018 yılı için çevresel performansı Bootstrap VZA kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmada çevresel performansı temsil eden dört adet değişken çıktı olarak ele alınmıştır. Bu değişkenler Partiküler Madde (PM10), Kükürt Dioksit (SO₂), su ve toprak kirliliğinden oluşmaktadır. Girdi değişkenleri olarak ise; ilin kişi başına düşen gayrisafi yurtiçi hasılası, nüfus yoğunluğu ve ildeki 1000 kişi başına düşen taşıt miktarıdır. Araştırma sonuçlarına göre düşük gelire sahip iller daha yüksek çevresel etkinliğe, yüksek gelire sahip illerin ise düşük çevresel etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde çevresel sürdürülebilirlik üzerine yapılmış çalışmalar genellikle şehirler, ülkeler ve işletmeler düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda enerji, hava kalitesi, su, atık su ve katı atık gibi verilerin yanı sıra ekonomik ve sosyal göstergelerden de yararlanılmıştır. Ancak şehrsel veya bölgesel düzeyde odaklanılan, yıllara göre bütünsel bir değerlendirmenin yapıldığı çevresel etkinlik analizine rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın hem bir sanayi kenti olan Çorum'da yapılması hem de VZA tekniğini kullanarak birçok kriteri ele alacak şekilde gerçekleştirilmesi çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

4.3. Araştırmanın Amacı

Çevresel etkinlik üzerine yapılan çalışmaların genellikle ülkeler, bölgeler ve sektörel alanlarda yapıldığı literatür taramasında belirtilmiştir. Çalışmaların önemli bir kısmı Çin özelinde gerçekleştirilmiştir. Çin'de ağır sanayinin etkin olması kaynak tüketim sınırlarını zorladığından bu tür etkinlik analizlerine ihtiyaç duyulmuştur. Türkiye ve 27 AB ülkesi ile diğer ülkelerde yapılan çalışmaların sayısı da son zamanlarda artış göstermektedir. Ülkemizde illerin tamamını içeren sürdürülebilirlik çalışmaları mevcuttur ancak tek bir ilin yıllar itibarıyla sürdürülebilir çevresel etkinliğini ölçen uygulamaların üzerinde çok durulmamıştır.

Bu çalışmanın amacı Çorum ilinin 2008 – 2021 dönemlerini kapsayan çevresel etkinliğini çevre harcamaları, enerji, su, hava kalitesi, atık ve atık su gibi verilerini bir araya getirerek VZA yardımıyla ölçmektir. Çorum'un çevresindeki illere göre daha gelişmiş bir sanayi yapısı olduğundan yüksek miktarda enerji tüketimi gerçekleştirmektedir. Bu durumdan dolayı ortaya bir takım çevresel olumsuzluklar çıkabilmektedir. Gelişmekte olan bir şehrin yıllar itibarıyla çevreye olan etkilerini ölçüp ileriye dönük kaynak planlamaları yapması gerekmektedir. Ayrıca bu çalışmanın diğer bir önemi ele alınan kriterler ve kullanılan yöntem açısından TR 83 bölgesindeki (Amasya, Samsun ve Tokat) diğer illere, çevresel etkinliklerinin ölçülmesi hususunda yol gösterici olmasıdır.

4.4. Araştırmada Kullanılan Veri Seti

Araştırmada kullanılan veriler oluşturulurken literatürde yer alan çalışmalardan yararlanılarak kullanışlı ve elde edilebilir 10 adet kriter seçilmiştir. Bunlar sırasıyla çevresel harcamalar, elektrik, doğalgaz, petrol, LPG, su, hava kalitesi, katı atık ve atık su miktarlarından oluşmaktadır. 2008- 2021 dönemine ait veriler orum Belediyesi, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), evre ve şehircilik Bakanlığı'nın resmi internet sitelerinde yayınlanan raporlardan alınmıştır. EPDK'nın yayınlamış olduğu raporlarda 2008-2010 dönemlerini kapsayan elektrik tüketimleri bulunmadığından eksik bilgiler TUİK Bölgesel İstatistikleri veri tabanından tamamlanmıştır. Doğalgaz tüketimlerine ilişkin 2008-2014 dönmelerine ait eksiklikler orum Gaz A.ř'den yüz yüze görüşülerek temin edilmiştir. Çevresel harcamalar, atık ve su verilerindeki 2008- 2020 dönemindeki eksik veriler de orum Belediyesi'nin ilgili birimlerinden talep edilmiştir. Görüşmeler neticesinde analize dâhil edilecek değişkenlere ait veri seti oluşturulmuştur. İlgili değişkenlere ait bilgiler bölüm 4.5.2'de detaylı bir şekilde aktarılmıştır.

4.5. Veri Zarflama Analizi Uygulaması

orum ilinin 14 yıllık çevresel etkinliğinin ölçümünde uygulanan temel aşamalar hakkında bilgiler aşağıda verilmiştir.

4.5.1. Karar verme birimlerinin seçimi

VZA uygulamasında ilk aşama, aralarında etkinlik analizi yapılacak aynı tür girdileri kullanarak aynı tür ıktıları elde eden benzer üretim alanlarında faaliyet gösteren KVB'lerin seçilmesidir. Araştırmada seçilen KVB'lerin birbirlerine benzemelerinin yanı sıra sayısal olarak, araştırmada kullanılacak programlama modelinin gerektiğinden az olmamasına da dikkat edilmelidir. Literatürde KVB sayısı ve değişken sayısı arasındaki ilişki üzerine farklı görüşler bulunmaktadır;

- KVB'lerin miktarı, girdi ve çıktı sayısının toplamından bir fazla olması gereklidir (Boussofianne vd.,1991, s.3).
- KVB sayısı, girdi ve çıktı toplamının en az iki katı olmalıdır.
- Vassioğlu ve Giokas (1990) göre KVB sayısı girdi ve çıktı toplamının en az üç katı olmalıdır.

Bu alışmada KVB olarak 2008-2021 dönemleri kullanılmıştır. Dolayısıyla KVB sayısı 14 olarak belirlenmiştir. Çalışmada girdi sayısı 6 çıktı sayısı ise 4 olarak belirlenmiştir. Yukarıdaki görüşlere göre $N > m + n + 1$ olmalıdır. Bu duruma göre $14 > 6 + 4 + 1$ olduğundan seçilmiş olan KVB sayısı bu çalışmada yapılan analiz için yeterlidir.

4.5.2. Girdi ve çıktı (değişkenlerin) seçimi

Veri Zarflama Analizi ölçümü için ilk olarak doğru sonuçları yansıtacak girdi ve çıktılar seçilmelidir. Araştırma sürecinde en iyi sonucun sağlanacağı girdi ve çıktıların seçilmesine özen gösterilmiştir. Bunun için, öncelikle literatür taraması yapılmış olup aynı zamanda veri elverişliliği ve uzman görüşleri dikkate alınarak uygun değişkenlerin analize dahil edilmesi sağlanmıştır. Özellikle çevresel performans analizlerinde kullanılan Çevresel Sürdürülebilirlik Endeksi, Yeşil Şehir Endeksi, Küresel Raporlama Girişimi (GRI)'de yer alan kriterler içerisinde Çorum iline uygun ve verisi ulaşılabilir olanlar seçilmiştir. Aşağıda Tablo 4.1'de ele alınan girdi (I) ve çıktı (O) değişkenleri açıklanmıştır.

Tablo 4.1. Kriter seçimi

Unsur	Kriter	Notasyon	Yazar
Ekonomi	Çevresel Harcamalar	I1	Taşdoğan vd., 2014; Wang vd.,2014; Tanç ve Gümrah, 2015; Guo vd., 2017
Enerji	Elektrik Tüketimi	I2	Onur ve Sencer, 2006; Hourneaux JR vd., 2014; Taşdoğan vd., 2014; Sanchez vd., 2015;Nakıboğlu ve Bulğurcu, 2017; Guo vd., 2017; Koçak ve Boran, 2019
	Doğal Gaz Tüketimi	I3	Hawdan, 2003; Ramanathan, 2005; Hourneaux JR vd., 2014; Zha vd., 2016
	Petrol Tüketimi	I4	Ramanathan, 2005; Köne ve Büke,2012; Ismail vd., 2013; Taşdoğan vd., 2014; Zha vd., 2016; Matsumoto vd., 2020
	LPG Tüketimi	I5	Onur ve Sencer, 2006
Çevre	Su Tüketimi	I6	Onur ve Sencer, 2006; Yu ve Wen,2010; Ismail vd., 2013; Hourneaux JR vd., 2014;Taşdoğan vd., 2014;Liu vd.,2015; Sanchez vd., 2015; Tanç ve Gümrah, 2015; Zu vd., 2017
	Atık Su Arıtma	O1	Yu ve Wen,2010; Hourneaux JR vd., 2014; Nakıboğlu ve Bulğurcu,2017
	Katı Atık Miktarı	O2	Yu ve Wen,2010; Meng vd.,2013; Taşdoğan vd., 2014; Liu vd.,2015; Tanç ve Gümrah, 2015; Nakıboğlu ve Bulğurcu,2017; Zu vd., 2017
Hava Kalitesi	PM 10	O3	Yu ve Wen,2010; Köne ve Büke,2012; Ismail vd., 2013; Meng vd.,2013; Taşdoğan vd., 2014;Liu vd.,2015; Sanchez vd., 2015; Guo vd., 2017;Zu vd., 2017; Matsumoto vd., 2020
	SO 2	O4	

Kaynak: Yazarlar tarafından derlenmiştir.

Kurumlardan elde edilen verilerin analizi gerçekleştirilmeden önce Çorum nüfusuna oranlamalar yapılarak kişi başı tüketim miktarları hesaplanmış ve aşağıda Tablo 4.2'de detaylıca gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Çorum iline ait çevresel veriler

Yıllar	Çevresel Harcama (Oran)	Kişi Başı Elektrik Tük. (MWh)	Kişi Başı Doğal Gaz Tük. (sm ³)	Kişi Başı Petrol Tük. (ton)	Kişi Başı LPG Tük. (ton)	Kişi Başı Su Tüketimi (m ³)	Kişi Başı PM10 (µg/m ³)	Kişi Başı SO2 (µg/m ³)	Kişi Başı Arıtılan Atık Su (m ³)	Kişi Başı Atık Miktarı (kg)
2008	10,03	1,094	212,45	0,273	0,0563	43,40	0,0182	0,0047	45,14	320,45
2009	11,66	1,045	199,91	0,289	0,0923	43,95	0,0207	0,0035	55,11	315,43
2010	11,37	1,148	215,46	0,275	0,0642	49,61	0,0212	0,0037	67,92	332,00
2011	13,48	1,316	267,34	0,295	0,0692	50,29	0,0140	0,0062	67,71	295,29
2012	9,10	1,389	267,09	0,287	0,0664	57,42	0,0138	0,0033	63,92	286,69
2013	6,39	1,372	249,03	0,303	0,0670	60,43	0,0120	0,0045	64,79	306,66
2014	6,95	1,512	230,41	0,287	0,0663	65,02	0,0085	0,0026	55,46	306,64
2015	6,12	1,429	260,08	0,313	0,0727	61,16	0,0098	0,0040	63,79	299,21
2016	5,91	1,429	277,10	0,322	0,0776	60,93	0,0113	0,0025	75,64	306,62
2017	4,04	1,576	320,21	0,310	0,0781	63,45	0,0115	0,0022	67,38	313,14
2018	4,17	1,611	286,94	0,305	0,0792	62,35	0,0106	0,0046	70,90	287,76
2019	9,03	1,528	336,00	0,330	0,0803	63,77	0,0082	0,0023	72,50	285,69
2020	8,00	1,594	351,79	0,406	0,0745	67,40	0,0083	0,0023	69,65	280,85
2021	6,42	1,703	322,93	0,395	0,0730	66,28	0,0081	0,0022	64,75	281,23

Kaynak: EPDK, TUİK, Çorum Gaz A.Ş, Çorum Belediyesi (2008-2021)

Çorum ilinin sürdürülebilir çevresel etkinlik analizinde 6 adet girdi ve 4 adet çıktı değişkeni kullanılmıştır. VZA yönteminde girdi ve çıktı değişkenlerine ait korelasyon katsayılarının incelenmesi çalışmada anlamlı değişkenlerin seçilip seçilmediğini öğrenmek için etkili bir araştırma yöntemidir. 2008-2021 dönemlerine ait seçilmiş girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki korelasyon sonuçları Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Girdi ve çıktı değişkenlerine ait korelasyon analizi sonuçları

Girdi ve Çıktı Değişkenleri	Çevresel Harcama Oranı	Kişi Başı Elektrik Tük. (MWh)	Kişi Başı Doğal Gaz Tük. (sm ³)	Kişi Başı Petrol Tük. (ton)	Kişi Başı LPG Tük. (ton)	Kişi Başı Su Tüketimi (m ³)	Kişi Başı PM10 (µg/m ³)	Kişi Başı SO2 (µg/m ³)	Kişi Başı Arıtılan Atık Su (m ³)	Kişi Başı Atık Miktarı (kg)
Çevresel Harcama Oranı	1									
Kişi Başı Elektrik Tük. (MWh)	-0,70994	1								
Kişi Başı Doğal Gaz Tük. (sm ³)	-0,43607	0,83812	1							
Kişi Başı Petrol Tük. (ton)	-0,31494	0,68857	0,80317	1						
Kişi Başı LPG Tük. (ton)	-0,15194	0,16959	0,27632	0,27068	1					
Kişi Başı Su Tüketimi (m ³)	-0,73693	0,94649	0,77032	0,66308	0,15420	1				
Kişi Başı PM10 (µg/m ³)	0,64009	-0,92014	-0,76194	-0,64669	-0,11221	-0,92770	1			
Kişi Başı SO2 (µg/m ³)	0,44096	-0,49025	-0,49089	-0,52597	-0,32857	-0,59350	0,42900	1		
Kişi Başı Arıtılan Atık Su (m ³)	-0,29094	0,54375	0,64672	0,41276	0,36776	0,55704	-0,43054	-0,23215	1	
Kişi Başı Atık Miktarı (kg)	0,24666	-0,73341	-0,74819	-0,68337	-0,22603	-0,64061	0,75223	0,19257	-0,41633	1

Bu çalışma kapsamında yapılan korelasyon analizi sonuçları -0,92 ile 0,94 oranları arasında değişkenlik göstermektedir. Söz konusu aralıkta yer alan değerlerin tamamı Tablo 4.3'de detaylıca gösterilmiştir.

Ele alınan değişkenlere ait korelasyon analizi sonuçlarından bazıları şu şekilde yorumlanmıştır. Kişi başı PM10 (Mg/m³) ile kişi başı su tüketim değerleri arasında güçlü negatif yönlü (-0,92) bir ilişki gözlemlenmektedir. Yani değişkenlerden biri artarken diğeri azalmaktadır. Kişi başı LPG tüketimi (ton) ve kişi başı doğal gaz tüketimi (m³) değerleri arasında da zayıf (0,27) bir ilişki vardır. Kişi başı arıtılan atık su tüketimi ve kişi başı su tüketimi değerleri arasında orta dereceli (0,55) bir ilişki vardır. Kişi başı su tüketimi ve kişi başı elektrik tüketimi arasında da güçlü pozitif yönlü (0,94) bir ilişki olduğu özetle değişkenlerden birinin artarken diğerrinin de arttığı gözlemlenmektedir.

Çalışma kapsamına dahil edilen değişkenler arasında çok zayıf ve çok yüksek yönlü korelasyon sonuçları gözlemlenmiş olup girdi ve çıktı değişkenlerinde herhangi bir değişiklik yapılmasına gerek görülmemiştir.

4.5.3. Veri zarflama modellerinin oluşturulması

Uygulamada kullanılan girdi ve çıktı yönelimli CCR ve BCC modelleri için 14 yıl için ayrı ayrı kurulup çözülmüştür. 14 KVB için toplamda 56 model kurulmuştur. Örnek göstermek amacıyla KVB 1 için kurulan çıktı odaklı CCR ve girdi odaklı BCC modelleri aşağıda verilmiştir.

CCR - Çıktı Odaklı Model

$$\text{Min} = 10,025 v_1 + 1,0943 v_2 + 212,4507 v_3 + 0,2730 v_4 + 0,0563 v_5 + 43,398 v_6$$

$$10,025 v_1 + 1,0943 v_2 + 212,4507 v_3 + 0,2730 v_4 + 0,0563 v_5 + 43,398 v_6 - 45,137u_1 - 320,450u_2 - 0,0182 u_3 - 0,0047u_4 \geq 0$$

$$11,665 v_1 + 1,0449 v_2 + 199,306 v_3 + 0,288 v_4 + 0,0923 v_5 + 43,954 v_6 - 55,111u_1 - 315,42u_2 - 0,0207 u_3 - 0,0035u_4 \geq 0$$

$$11,373 v_1 + 1,1480 v_2 + 215,457 v_3 + 0,275 v_4 + 0,0642 v_5 + 49,611 v_6 - 67,920u_1 - 332,001u_2 - 0,0212 u_3 - 0,0037u_4 \geq 0$$

$$13,479 v_1 + 1,31620 v_2 + 267,336 v_3 + 0,294 v_4 + 0,0692 v_5 + 50,290 v_6 - 67,707u_1 - 295,291u_2 - 0,0140 u_3 - 0,0062u_4 \geq 0$$

$$9,009 v_1 + 1,3893 v_2 + 267,094 v_3 + 0,286 v_4 + 0,0664 v_5 + 57,422 v_6 - 63,923u_1 - 286,688u_2 - 0,0138 u_3 - 0,0033u_4 \geq 0$$

$$6,392 v_1 + 1,3717 v_2 + 249,027 v_3 + 0,3031 v_4 + 0,0670 v_5 + 60,433 v_6 - 64,789u_1 - 306,657u_2 - 0,0120 u_3 - 0,0045u_4 \geq 0$$

$$6,951 v_1 + 1,5116 v_2 + 230,410 v_3 + 0,2873 v_4 + 0,0663 v_5 + 65,022 v_6 - 55,460u_1 - 306,643u_2 - 0,0085 u_3 - 0,0026u_4 \geq 0$$

$$6,122 v_1 + 1,4288 v_2 + 260,075 v_3 + 0,3133 v_4 + 0,0727 v_5 + 61,164 v_6 - 63,793u_1 - 299,212u_2 - 0,0098 u_3 - 0,0040u_4 \geq 0$$

$$5,914 v_1 + 1,4293 v_2 + 277,097 v_3 + 0,3217 v_4 + 0,0777 v_5 + 60,934 v_6 - 75,638u_1 - 306,620u_2 - 0,0113 u_3 - 0,0025u_4 \geq 0$$

$$4,037 v_1 + 1,5759 v_2 + 320,211 v_3 + 0,3100 v_4 + 0,0781 v_5 + 63,446 v_6 - 67,382u_1 - 313,163u_2 - 0,0115 u_3 - 0,0022u_4 \geq 0$$

$$4,174 v_1 + 1,6112 v_2 + 286,938 v_3 + 0,3050 v_4 + 0,0792 v_5 + 62,349 v_6 - 70,900u_1 - 287,760u_2 - 0,0106 u_3 - 0,0046u_4 \geq 0$$

$$9,029 v_1 + 1,5282 v_2 + 336,001 v_3 + 0,3303 v_4 + 0,0803 v_5 + 63,772 v_6 - 72,498u_1 - 285,690u_2 - 0,0082 u_3 - 0,0023u_4 \geq 0$$

$$8,002 v_1 + 1,5944 v_2 + 351,792 v_3 + 0,4062 v_4 + 0,0745 v_5 + 67,399 v_6 - 69,645u_1 - 280,850u_2 - 0,0083 u_3 - 0,0023u_4 \geq 0$$

$$6,424 v_1 + 1,7030 v_2 + 322,931 v_3 + 0,3950 v_4 + 0,0730 v_5 + 66,280 v_6 - 64,752u_1 - 281,232u_2 - 0,0081 u_3 - 0,0022u_4 \geq 0$$

$$45,137u_1 + 320,450u_2 + 0,0182 u_3 + 0,0047u_4 = 1$$

BCC - Girdi Odaklı Model

$$E_k = \text{Min } \theta$$

$$10,025 \lambda_1 + 11,665 \lambda_2 + 11,337 \lambda_3 + 13,479 \lambda_4 + 9,099 \lambda_5 + 6,392 \lambda_6 + 6,951 \lambda_7 + 6,122 \lambda_8 + 5,914 \lambda_9 + 4,037 \lambda_{10} + 4,174 \lambda_{11} + 9,029 \lambda_{12} + 8,002 \lambda_{13} + 6,424 \lambda_{14} - 10,025 \theta \leq 0$$

$$1,094 \lambda_1 + 1,044 \lambda_2 + 1,148 \lambda_3 + 1,316 \lambda_4 + 1,389 \lambda_5 + 1,371 \lambda_6 + 1,511 \lambda_7 + 1,428 \lambda_8 + 1,429 \lambda_9 + 1,575 \lambda_{10} + 1,611 \lambda_{11} + 1,528 \lambda_{12} + 1,594 \lambda_{13} + 1,703 \lambda_{14} - 1,094 \theta \leq 0$$

$$212,45 \lambda_1 + 199,90 \lambda_2 + 215,45 \lambda_3 + 267,33 \lambda_4 + 267,09 \lambda_5 + 249,02 \lambda_6 + 230,41 \lambda_7 + 260,07 \lambda_8 + 277,09 \lambda_9 + 320,21 \lambda_{10} + 286,93 \lambda_{11} + 336,00 \lambda_{12} + 351,79 \lambda_{13} + 322,93 \lambda_{14} - 212,45 \theta \leq 0$$

$$0,273 \lambda_1 + 0,288 \lambda_2 + 0,275 \lambda_3 + 0,294 \lambda_4 + 0,286 \lambda_5 + 0,303 \lambda_6 + 0,287 \lambda_7 + 0,313 \lambda_8 + 0,321 \lambda_9 + 0,310 \lambda_{10} + 0,305 \lambda_{11} + 0,330 \lambda_{12} + 0,406 \lambda_{13} + 0,395 \lambda_{14} - 0,273 \theta \leq 0$$

$$0,056 \lambda_1 + 0,092 \lambda_2 + 0,064 \lambda_3 + 0,069 \lambda_4 + 0,066 \lambda_5 + 0,067 \lambda_6 + 0,066 \lambda_7 + 0,072 \lambda_8 + 0,077 \lambda_9 + 0,078 \lambda_{10} + 0,079 \lambda_{11} + 0,080 \lambda_{12} + 0,074 \lambda_{13} + 0,073 \lambda_{14} - 0,056 \theta \leq 0$$

$$43,39 \lambda_1 + 43,95 \lambda_2 + 49,61 \lambda_3 + 50,29 \lambda_4 + 57,42 \lambda_5 + 60,43 \lambda_6 + 65,02 \lambda_7 + 61,16 \lambda_8 + 60,93 \lambda_9 + 63,44 \lambda_{10} + 62,34 \lambda_{11} + 63,77 \lambda_{12} + 67,39 \lambda_{13} + 66,28 \lambda_{14} - 43,98 \theta \leq 0$$

$$45,13 \lambda_1 + 55,11 \lambda_2 + 67,92 \lambda_3 + 67,70 \lambda_4 + 63,92 \lambda_5 + 64,78 \lambda_6 + 55,46 \lambda_7 + 63,79 \lambda_8 + 75,63 \lambda_9 + 67,38 \lambda_{10} + 70,90 \lambda_{11} + 72,49 \lambda_{12} + 69,64 \lambda_{13} + 64,75 \lambda_{14} - 45,13 \geq 0$$

$$320,45 \lambda_1 + 315,42 \lambda_2 + 332,00 \lambda_3 + 295,29 \lambda_4 + 286,68 \lambda_5 + 306,65 \lambda_6 + 306,64 \lambda_7 + 299,21 \lambda_8 + 306,62 \lambda_9 + 313,13 \lambda_{10} + 287,76 \lambda_{11} + 285,69 \lambda_{12} + 280,85 \lambda_{13} + 281,23 \lambda_{14} - 320,45 \geq 0$$

$$0,0182 \lambda_1 + 0,0207 \lambda_2 + 0,0212 \lambda_3 + 0,0140 \lambda_4 + 0,0138 \lambda_5 + 0,0120 \lambda_6 + 0,0085 \lambda_7 + 0,0098 \lambda_8 + 0,0113 \lambda_9 + 0,0115 \lambda_{10} + 0,0106 \lambda_{11} + 0,0082 \lambda_{12} + 0,0083 \lambda_{13} + 0,0081 \lambda_{14} - 0,0182 \geq 0$$

$$0,0047 \lambda_1 + 0,0035 \lambda_2 + 0,0037 \lambda_3 + 0,0062 \lambda_4 + 0,0033 \lambda_5 + 0,0045 \lambda_6 + 0,0026 \lambda_7 + 0,0040 \lambda_8 + 0,0025 \lambda_9 + 0,0022 \lambda_{10} + 0,0046 \lambda_{11} + 0,0023 \lambda_{12} + 0,0023 \lambda_{13} + 0,0022 \lambda_{14} - 0,0047 \geq 0$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9 + \lambda_{10} + \lambda_{11} + \lambda_{12} + \lambda_{13} + \lambda_{14} = 1$$

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9, \lambda_{10}, \lambda_{11}, \lambda_{12}, \lambda_{13}, \lambda_{14} \geq 0$$

4.5.4. Etkinlik ölçümü ve analizler

Bu çalışmada yapılan ölçümler neticesinde etkin ve etkin olmayan yıllar CCR – BCC modellerine göre belirlenmiş ve aralarında karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilmelerde bulunulmuştur. Uygulamada hesaplama kolaylığı sağlaması sebebiyle Efficiency Measurement System (EMS) 1.3 yazılımı kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Yazılımın kullanılabilmesi için öncelikli olarak verilerde tanımlamalar ve düzenlemeler yapılmıştır. Daha sonra her iki modelde girdi ve çıktı odaklı olarak çözümler gerçekleştirilmiştir. Analiz neticesinde etkin ve etkin olmayan yıllar tespit edilmiştir. Etkin olmayan dönemlere ait aylak değişken değerleri yapılan CCR ve BCC analizleri neticesinde elde edilmiş olup söz konusu bu değerler ayrıca tablolaştırılmıştır. Ancak aylak değişkenlerin birim değerleri ile yapılan hedef değer ve potansiyel iyileştirme hesaplamaları EMS 1.3'ün bir çıktısı olmayıp bu yazılımda duyarlılık analizleri yapmak pek mümkün değildir. Çakır (2011)'in tez çalışmasında hesaplanmış olduğu hedef değer ve potansiyel iyileştirmeler referans alınarak duyarlılık analizleri bu araştırma için bireysel olarak etkinlik sınırına en uzak birimler üzerinden ayrıca hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre söz konusu birimlerin girdi ve çıktı miktarlarında yapılması gerekli olan artış ve azalışlar örnek olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Girdi odaklı CCR-VZA sonuçları

Karar Verme Birimleri	Etkinlik Skorları	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	O-1	O-2	O-3	O-4	Referanslar
KVB- 1	100,00%	0,38	0,00	0,00	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,45	0,55	0
KVB- 2	100,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0
KVB- 3	100,00%	0,00	0,00	0,61	0,00	0,39	0,00	0,71	0,00	0,29	0,00	4
KVB- 4	100,00%	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,23	0,38	0,00	0,00	0,62	0
KVB- 5	94,41%	0,13	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,96	0,00	0,00	0,04	3 (0,56) 6 (0,17) 9 (0,20)
KVB- 6	100,00%	0,20	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,35	0,56	0,00	0,08	3
KVB- 7	100,00%	0,30	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0
KVB- 8	96,81%	0,30	0,00	0,47	0,00	0,00	0,22	0,18	0,82	0,00	0,00	6 (0,82) 9 (0,04) 10 (0,11) 11 (0,01)
KVB- 9	100,00%	0,18	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	5
KVB- 10	100,00%	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1
KVB- 11	100,00%	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,72	1
KVB- 12	91,58%	0,06	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3 (0,43) 9 (0,57)
KVB- 13	93,47%	0,09	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3 (0,34) 9 (0,62)
KVB- 14	90,94%	0,11	0,00	0,00	0,00	0,89	0,00	0,79	0,21	0,00	0,00	3 (0,05) 6 (0,36) 9 (0,50)

Etkinlik skoru "1" kabul edildiğinde, Tablo 4.4'deki sonuçlara göre ortalama etkinlik skoru %97,66 olarak hesaplanmaktadır. Bu oran dikkate alındığında 8 yıl ortalama etkinlik skoru üzerinde 6 yıl ise ortalama etkinlik skorunun altında kalmaktadır. Yapılan girdi odaklı CCR analizine göre KVB-1 (2008), KVB-2 (2009), KVB-3 (2010), KVB-4 (2011), KVB-6 (2013), KVB-7 (2014), KVB- 9 (2016), KVB-10 (2017) ve KVB-11 (2018)'in etkin oldukları anlaşılmaktadır. Geriye kalan KVB-5 (2012), KVB-8 (2015), KVB-12 (2019), KVB-13 (2020) ve KVB-14 (2021)' in ise etkin olmadıkları anlaşılmaktadır.

Analiz sonuçlarına göre etkin olmayan en düşük skora KVB-14 sahip olup, etkinlik % 90,94 olarak tespit edilmiştir. Bu skorun elde edilmesinde %11 oranla çevresel harcamalar (I-1), %89 oranla LPG tüketimi (I-5), % 79 oranla atık su miktarı (O-1) ve % 21 oranla katı atık miktarı (O-2) değişkenleri etkindir. KVB-12'nin etkinlik skoru %91,58 olup skorun sağlanmasında %6 çevre harcamaları (I-1), %94 oranla LPG tüketimi (I-5), %100 oranla atık su miktarı (O-1) etken olmuştur. KVB-13'ün etkinlik skoru ise %93,47 olup skorun elde etmesinde %9 oranla çevre harcamaları (I-1), %91 oranla LPG tüketimi (I-5) ve %100 oranla atık su miktarı (O-1) etken olmuştur. KVB-5'in etkinlik skoru % 94,41 olarak tespit edilmiş olup skorun elde edilmesinde %10 oranla çevre harcamaları (I-5), %87 oranla LPG tüketimi (I-5), %96 oranla atık su miktarı (O-1) ve %4 oranla SO₂ miktarı etkindir. KVB-8'in etkinlik skoru %96,81 olup %30 oranla çevre harcamaları (I-1), %47 oranla doğalgaz tüketimi, %22 oranla su tüketimi, %18 oranla atık su miktarı (O-1) ve %82 oranla katı atık miktarı (O-2) etken çıkmıştır.

Girdi odaklı CCR sonuçlarına göre en düşük etkinlik değerine sahip olan KVB-14'ün etkin olabilmesi için % 5 oranla KVB-3'ü, % 36 oranla KVB-6'yı ve % 50 oranla KVB-9 dönemlerini referans alması gerekmektedir.

Tablo 4.5. Girdi odaklı CCR'da etkin olmayan birimlere ait aylak değişkenler

Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri	Etkinlik Skoru	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}
		{I}-2	{I}-3	{I}-4	{I}-6	{O}-2	{O}-3
KVB- 5	94,41 %	0,15	34,61	0	4,19	11,25	0
KVB- 8	96,81 %	0,02	0	0,01	0	0	0
KVB- 12	91,58 %	0,09	56,43	0	2,19	32,51	0,01
KVB- 13	93,47 %	0,22	84,87	0,09	8,6	20,48	0,01
KVB- 14	90,94 %	0,28	53,85	0,07	5,37	0	0

Analiz sonuçlarına göre etkin olmayan KVB'lerin skorlarının % 100 etkinlik değerine oldukça yakın olduğu gözlemlenmektedir. Girdi odaklı CCR modeline göre etkinlik skoruna en uzak KVB-14'ün Tablo 4.5'deki aylak değişken değerleri dikkate alındığında; “elektrik tüketimi (I-2)” girdisini 0,28 br. “doğal gaz tüketimi (I-3)” girdisini 53,85 br. “petrol tüketimi (I-4)” girdisini 0,07 br ve “su tüketimi (I-6)” girdisini 5,37 br. azaltarak etkinliği sağlayabileceği düşünülmektedir.

Etkin olmayan KVB-14'e referans olan hipotetik girdi ve çıktılarına ait aylak değişken oranlarından faydalanılarak hedef değerler aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Hedef değer = (Etkinlik Değeri x Gerçekleşen Tüketim) – Aylak Değişken Değeri

Elektrik tüketimi için : (0,9094 x 1,703)- 0,28 = 1,26

Doğalgaz tüketimi için : (0,9094 x 322,93)- 53,85 = 239,82

Petrol tüketimi için : (0,9094 x 0,395)- 0,07 = 0,289

Su tüketimi için : (0,9094 x 66,28)- 5,37 = 54,905

Tablo 4.2'de yer alan çevresel veriler ve hedef değerlerden yararlanılarak etkin olmayan KVB'lere ilişkin girdi ve çıktılarda yapılan "potansiyel iyileştirme" (PI) değerleri 3.9'da verilen formüle göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır. Görece etkin olmayan KVB'nin etkinliğe ulaşabilmesi için, PI yüzdesi negatif çıkanlar azaltılmalı, pozitif çıkanların değeri ise artırılmalıdır.

KVB-14 için yapılan potansiyel iyileştirmeler;

$$PI (\%) = \frac{1,26-1,703}{1,703} \times 100 = -26,012 \% \text{ oranında elektrik girdisi azaltılmalıdır.}$$

$$PI (\%) = \frac{239,82-322,93}{322,93} \times 100 = -25,73 \% \text{ oranında doğal gaz girdisi azaltılmalıdır.}$$

$$PI (\%) = \frac{0,289-0,395}{0,395} \times 100 = -26,83 \% \text{ oranında petrol girdisi azaltılmalıdır.}$$

$$PI (\%) = \frac{54,90-66,28}{66,28} \times 100 = -17,16 \% \text{ oranında su girdisi azaltılmalıdır.}$$

Tablo 4.6. Çıktı odaklı CCR-VZA sonuçları

Karar Verme Birimleri	Etkinlik Skorları	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	O-1	O-2	O-3	O-4	Referanslar
KVB- 1	100,00%	0,38	0	0	0	0,62	0	0	0	0,45	0,55	0
KVB- 2	100,00%	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
KVB- 3	100,00%	0	0	0,61	0	0,39	0	0,71	0	0,29	0	4
KVB- 4	100,00%	0	0	0	0,77	0	0,23	0,38	0	0	0,62	0
KVB- 5	105,92%	0,13	0	0	0	0,87	0	0,96	0	0	0,04	3 (0,59) 6 (0,18) 9 (0,22)
KVB- 6	100,00%	0,2	0	0	0	0,8	0	0,35	0,56	0	0,08	3
KVB- 7	100,00%	0,3	0	0,7	0	0	0	0	1	0	0	0
KVB- 8	103,30%	0,3	0	0,47	0	0	0,22	0,18	0,82	0	0	6 (0,85) 9 (0,04) 10 (0,12) 11 (0,01)
KVB- 9	100,00%	0,18	0,82	0	0	0	0	1	0	0	0	5
KVB- 10	100,00%	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
KVB- 11	100,00%	1	0	0	0	0	0	0,28	0	0	0,72	1
KVB- 12	109,19%	0,06	0	0	0,94	0	0	1	0	0	0	3 (0,47) 9 (0,63)
KVB- 13	106,99%	0,09	0	0	0	0,91	0	1	0	0	0	3 (0,36) 9 (0,66)
KVB- 14	109,96%	0,11	0	0	0	0,89	0	0,79	0,21	0	0	3 (0,05) 6 (0,40) 9 (0,55)

Etkinlik skoru “1” kabul edildiğinde, Tablo 4.6’da yer alan çıktı odaklı CCR sonuçlarına göre ortalama etkinlik skoru %102,53 olarak hesaplanmaktadır. Buna göre; KVB-1, KVB-2, KVB-3, KVB-4, KVB-6, KVB-7, KVB-9, KVB-10 ve KVB-11 kodlu yılların etkin olduğu KVB-5, KVB-8, KVB-12, KVB-13 ve KVB-14 kodlu yılların ise etkin olmadıkları anlaşılmaktadır.

Etkinlik skorunu aşan en yüksek skor % 109,96 oranıyla KVB-14 (2021)’dür. Bu skorun elde edilmesinde %11 oranla çevresel harcamalar (I-1), % 89 oranla LPG tüketimi (I-5), % 79 oranla atık su (O-1) ve %21 oranla katı atık (O-2) miktarları etkindir. KVB-12 (2019) etkinlik skoru % 109, 19 olup bu skorun elde edilmesinde % 6 oranla çevresel harcamalar (I-1), % 94 oranla petrol tüketimi (I-4) ve % 100 oranla atık su miktarı (O-1) etkindir. KVB-13 (2020)’e ait etkinlik skoru % 106, 99 olup bu skorun elde edilmesinde % 9 oranla çevresel harcamalar (I-1), % 91 oranla LPG tüketimi (I-5) ve % 100 oranla atık su miktarı (O-1) etkindir. KVB-5 (2012)’e ait etkinlik skoru %105, 92 olup bu skorun elde edilmesinde % 13 oranla çevresel harcamalar (I-1), % 87 oranla LPG tüketimi (I-5), % 96 oranla atık su miktarı (O-1) ve % 4 oranla SO₂ (O-4) değişkenleri etkindir. KVB -8 (2015)’e ait etkinlik skoru da % 103,30 olup bu skorun elde edilmesinde % 3 oranla çevresel harcamalar (I-1), % 47 oranla doğal gaz tüketimi (I-3), % 22 oranla su tüketimi (I-6), % 18 oranla atık su miktarı (O-1) ve % 82 oranla katı atık miktarı (O-2) etkindir.

Çıktı odaklı CCR sonuçlarına göre etkinlik skoru en yüksek olan KVB-14’ün etkin olabilmesi için % 5 oranla KVB-3’ü, % 40 oranla KVB-6’yı ve % 55 oranla KVB-9’u referans alması gerekmektedir.

Tablo 4.7. Çıktı odaklı CCR’da etkin olmayan birimlere ait aylak değişkenler

Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri	Etkinlik Skoru	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}
		{I}-2	{I}-3	{I}-4	{I}-6	{O}-2	{O}-3
KVB- 5	105,92 %	0,16	34,66	0	4,44	11,92	0
KVB- 8	103,30 %	0,02	0	0,01	0	0	0
KVB- 12	109,19 %	0,10	61,62	0	2,39	35,49	0,01
KVB- 13	106,99 %	0,24	90,8	0,09	9,2	21,91	0,01
KVB- 14	109,96 %	0,31	59,22	0,08	5,91	0	0

Çıktı odaklı analiz sonuçlarına göre etkin olmayan en yüksek etkinlik skoru % 109,96 ile KVB-14 çıkmıştır. Bu KVB’nin % 100 etkinliği sağlayabilmesi için “elektrik tüketimi (I-2)” girdisini 0,31 br. “doğal gaz tüketimi (I-3)” girdisini 59,22 br. “petrol tüketimi (I-4)” girdisini 0,08 br.

ve “su tüketimi (I-6)” girdisini 5,91 br. azaltması gereklidir. Etkin olmayan diğer KVB’ler için girdilerdeki azalış ve çıktılardaki artış miktarları tabloda açıkça gösterilmiştir.

Etkin olmayan KVB-14’e referans olan hipotetik girdi ve çıktılara ait aylak değişken oranlarından faydalanılarak hedef değerler aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Hedef değer = (Etkinlik Değeri x Gerçekleşen Tüketim) – Aylak Değişken Değeri

Elektrik tüketimi için; $1,0996 \times 1,703 - 0,31 = 1,56$

Doğal Gaz tüketimi için; $1,0996 \times 322,93 - 59,22 = 295,87$

Petrol tüketimi için; $1,0996 \times 0,395 - 0,08 = 0,35$

Su tüketimi için; $1,0996 \times 66,28 - 5,91 = 66,97$

KVB-14 için yapılan potansiyel iyileştirmeler;

$$PI (\%) = \frac{1,56-1,703}{1,703} \times 100 = - 8,39 \% \text{ oranında elektrik girdisi azaltılmalıdır.}$$

$$PI (\%) = \frac{295,87-322,93}{322,93} \times 100 = - 8,37 \% \text{ oranında doğal gaz girdisi azaltılmalıdır.}$$

$$PI (\%) = \frac{0,35-0,395}{0,395} \times 100 = -11,39 \% \text{ oranında petrol girdisi azaltılmalıdır.}$$

$$PI (\%) = \frac{66,97-66,28}{66,28} \times 100 = 1,04 \% \text{ oranında su girdisi artırılmalıdır.}$$

Tablo 4.8. Girdi odaklı BCC-VZA sonuçları

Karar Verme Birimleri	Etkinlik Skorları	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	O-1	O-2	O-3	O-4	Referanslar
KVB- 1	100,00%	0,93	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,00	0,82	0,00	0,18	1
KVB- 2	100,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0
KVB- 3	100,00%	0,12	0,17	0,16	0,29	0,06	0,20	0,59	0,00	0,39	0,02	3
KVB- 4	100,00%	0,12	0,20	0,14	0,10	0,23	0,20	0,04	0,00	0,00	0,96	0
KVB- 5	99,18%	0,14	0,00	0,00	0,59	0,26	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3 (0,51) 6 (0,16) 7 (0,29) 11 (0,04)
KVB- 6	100,00%	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,73	0,00	0,19	4
KVB- 7	100,00%	0,23	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,10	0,90	0,00	0,00	1
KVB- 8	98,73%	0,26	0,44	0,10	0,00	0,00	0,20	0,78	0,08	0,02	0,12	1 (0,03) 6 (0,77) 10 (0,04) 11 (0,16)
KVB- 9	100,00%	0,45	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,71	0,29	0,00	0,00	2
KVB- 10	100,00%	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	2
KVB- 11	100,00%	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,27	2
KVB- 12	91,67%	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3 (0,41) 9 (0,59)
KVB- 13	94,23%	0,11	0,00	0,00	0,00	0,89	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3 (0,27) 6 (0,36) 9 (0,37)
KVB- 14	94,07%	0,29	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00	0,97	0,02	0,00	0,00	6 (0,85) 10 (0,15)

Tablo 4.8'deki sonuçlara göre girdi odaklı değişken ölçekli etkinlik skoru tüm yıllar için hesaplandığında ortalaması %98,42 olarak çıkmaktadır. Bu etkinlik skoruna göre KVB-1, KVB-2, KVB-3, KVB-4 KVB-6, KVB-7, KVB-9, KVB-10 ve KVB-11 etkin iken; bunlar dışındaki KVB-5, KVB-8, KVB-12, KVB-13 ve KVB-14 kodlu yılların etkin olmadıkları görülmektedir.

KVB-12 (2019), % 91,67 oranıyla en düşük etkinlik skoruna sahiptir. Bu skorun elde edilmesinde %100 oranında petrol tüketimi (I-4) ve % 100 oranında atık su miktarı (O-1) değişkenleri etkindir. KVB-14 (2021)'ün etkinlik skoru % 94,07 olup skorun elde edilmesinde % 29 oranında çevre harcamaları (I-1), % 71 oranında LPG tüketimi (I-5), % 97 oranında atık su miktarı (O-1) ve % 2 oranında katı atık miktarı (O-2) etkindir. KVB-13 (2020)'e ait etkinlik skoru %94,23 olup, skorun elde edilmesinde % 11 oranında çevre harcamaları (I-1), % 89 oranında LPG tüketimi (I-5) ve % 100 oranında atık su miktarı (O-1) etkindir. KVB-8 (2015)'e ait etkinlik skoru % 98,73'dür. Tablo dikkatlice incelendiğinde diğerlerinden farklı olarak bu KVB'nin çıktı değişkenlerinin tamamından etkilendiği anlaşılmaktadır. Öncelikli olarak etkinlik skorunun sağlanmasında % 26 çevre harcamaları (I-1), % 44 oranla elektrik tüketimi (I-2), % 10 oranında doğal gaz tüketimi (I-3) ve % 20 oranında da su tüketim miktarı (I-6) girdileri etken olmuştur. Çıktı değişkenlerinde de % 78 oranında atık su miktarı (O-1),% 8 oranında katı atık miktarı (O-2), % 2 oranında PM 10 (O-3) ve % 12 oranında SO₂ (O-4) miktarları etken olmuştur. KVB-5 (2012)'in % 99,18 etkinlik skoruna sahip olmasında da % 14 oranında çevre harcamaları (I-1), % 59 oranında petrol tüketimi (I-4), % 26 oranında LPG tüketimi (I-5) ve % 100 oranında atık su miktarı (O-1) değişkenleri etken olmuştur.

Girdi odaklı BCC sonuçlarına göre en düşük etkinlik skoruna sahip KVB-12'nin etkin olabilmesi için % 41 oranında KVB-3 ve % 59 oranında KVB-9 dönemindeki tüketimleri referans alması gerekmektedir.

Tablo 4.9. Girdi odaklı BCC modelinde etkin olmayan birimlere ait aylak değişkenler

Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri	Etkinlik Skoru	{S} {I}-2	{S} {I}-3	{S} {I}-4	{S} {I}-6	{S} {O}-1	{S} {O}-2
KVB- 5	99,18 %	0,07	37,08	0	0,67	0	32,27
KVB- 8	98,73 %	0	0	0,01	0	1,55	4,95
KVB- 12	91,67 %	0,09	56,00	0	2,13	0	31,26
KVB- 13	94,23 %	0,17	81,01	0,08	5,77	0	32,54
KVB- 14	94,07 %	0,20	44,20	0,07	1,47	0,42	26,39

Girdi odaklı BCC analiz sonuçlarına göre etkin olamayan KVB-12' nin etkin olabilmesi için "elektrik tüketimi (I-2)" girdisini 0,09 br. "doğal gaz tüketimi (I-3)" girdisini 56 br. "su

tüketimi (I-6)” girdisini 2,13 br. azaltmalı “toplanan katı atık miktarını (O-2)” çıktısını 31,26 br. artırmalıydı. Etkin olmayan diğer KVB’ler için girdilerdeki azalış ve çıktılardaki artış miktarları Tablo4.9.’da açıkça gösterilmiştir. Aylak değişkenlere göre etkinliğin yakalanabilmesi için olması gereken tüketim miktarları KVB-12 için aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Etkin olmayan KVB-12’ye referans olan hipotetik girdi ve çıktılara ait aylak değişken oranlarından faydalanılarak hedef değerler aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Hedef değer = (Etkinlik Değeri x Gerçekleşen Tüketim) – Aylak Değişken Değeri

Elektrik tüketimi için; (0,9167 x 1,528) – 0,09 = 1,31

Doğal gaz tüketimi için;(0,9167 x 336,00) – 56,00 = 252,01

Su tüketimi için; (0,9167 x 63,77) – 31,26 = 27,19

Katı atık miktarı; (0,9167 x 285,69) + 31,26 = 293,15

KVB-12 için yapılan potansiyel iyileştirmeler;

PI (%) = $\frac{1,31-1,52}{1,52} \times 100 = - 1,31$ % oranında elektrik girdisi azaltılmalıdır.

PI (%) = $\frac{252,01-336,00}{336,00} \times 100 = - 24,99$ % oranında doğal gaz girdisi azaltılmalıdır.

PI (%) = $\frac{27,19-63,77}{63,77} \times 100 = -57,36$ % oranında su girdisi azaltılmalıdır.

PI (%) = $\frac{293,15-285,69}{285,69} \times 100 = 2,61$ %oranında katı atık girdisi artırılmalıdır.

Tablo 4.10. Çıktı odaklı BCC-VZA sonuçları

Karar Verme Birimleri	Etkinlik Skorları	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	O-1	O-2	O-3	O-4	Referanslar
KVB- 1	100,00%	0,28	0	0	0	0,2	0,52	0,08	0,12	0,09	0,72	0
KVB- 2	100,00%	0	0	1	0	0	0	0,87	0,08	0,02	0,03	0
KVB- 3	100,00%	0	0	0,14	0,86	0	0	1	0	0	0	4
KVB- 4	100,00%	0,09	0,12	0,01	0,02	0,02	0,75	0,04	0	0	0,96	0
KVB- 5	104,40%	0,14	0	0	0,59	0,26	0	1	0	0	0	3 (0,57) 6 (0,31) 7 (0,04) 11 (0,08)
KVB- 6	100,00%	0,27	0,22	0,13	0	0,38	0	0,05	0,09	0,03	0,82	3
KVB- 7	100,00%	0,23	0	0,77	0	0	0	0,38	0,49	0,08	0,06	1
KVB- 8	102,81%	1	0	0	0	0	0	0,2	0,72	0	0,08	3 (0,04) 6 (0,77) 10 (0,15) 11 (0,05)
KVB- 9	100,00%	0,19	0,81	0	0	0	0	1	0	0	0	3
KVB- 10	100,00%	0,22	0,78	0	0	0	0	0,01	0,26	0,73	0	2
KVB- 11	100,00%	0,29	0	0,66	0	0	0,05	0,39	0,24	0,11	0,26	2
KVB- 12	104,33%	0,03	0,25	0,05	0,11	0,34	0,23	1	0	0	0	9 (1,00)
KVB- 13	106,02%	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3 (0,23) 9 (0,77)
KVB- 14	109,76%	0,2	0	0	0	0,8	0	0,37	0,63	0	0	3 (0,07) 6 (0,35) 9 (0,55) 10 (0,03)

Etkinlik skoru “1” kabul edildiğinde, ortalama etkinlik skoru % 101,95 olarak hesaplanmaktadır. Burada da etkin yıllar KVB-1, KVB-2, KVB-3, KVB-4, KVB-6, KVB-7, KVB-9, KVB-10 ve KVB-11 tespit edilmiştir. Bunlar dışında kalan KVB-5, KVB-8, KVB-12, KVB-13 ve KVB-14 kodlu yıllar ise etkin değildir.

KVB-14 (2021), % 109,76 oranla en yüksek etkinlik skoruna sahiptir. Bu skorun elde edilmesinde % 20 oranında çevresel harcamalar (I-1), % 80 oranla LPG tüketimi (I-5), % 37 oranla atık su miktarı (O-1) ve % 63 oranla katı atık miktarı (O-2) etkindir. KVB-13 (2020)'e ait etkinlik skoru % 106,02 olup skorun elde edilmesinde % 100 oranında LPG tüketimi ve % 100 oranında da atık su miktarı (O-1) değişkenleri etken olmuşlardır. KVB-5 (2012) etkinlik skoru % 104,40 olup skorun elde edilmesinde % 14 oranında çevresel harcamalar (I-1), % 59 oranında petrol tüketimi, % 26 oranında petrol tüketimi (I-5) ve % 100 oranında atık su miktarı (O-1) etkindir. KVB-12 (2019) etkinlik skoru % 104,33'dür. Bu skorun elde edilmesinde % 3 oranında çevresel harcamalar (I-1), % 25 oranında elektrik tüketimi (I-2), % 5 oranında doğal gaz tüketimi, % 11 oranında petrol tüketimi (I-4), % 34 oranında LPG tüketimi (I-5) ve % 23 oranında su tüketimi miktarı (I-6) etken olmuştur. Çıktı değişkenlerinden atık su miktarının skora etkisi ise % 100 oranındadır. Son olarak KVB-8 (2015)'in etkinlik skoru % 102,81 olarak tespit edilmiş olup skorun elde edilmesinde % 100 oranında çevresel harcamalar (I-1), % 20 oranında atık su miktarı (O-1), % 72 oranında katı atık miktarı (O-2) ve % 8 oranında SO₂ (O-4) etken olmuşlardır.

Etkinlik sınırına aralarında en uzak olan KVB-14' ün etkin olabilmesi için %7 oranında KVB-3, %35 oranında KVB-6, % 55 oranında KVB-9 ve %3 oranında KVB-10' u referans alması gerekmektedir.

Tablo 4.11. Çıktı odaklı BCC' de etkin olmayan birimlere ait aylak değişkenler

Etkin Olmayan Karar Verme Birimleri	Etkinlik Skoru	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}	{S}
		{I}-1	{I}-2	{I}-3	{I}-4	{I}-6	{O}-2
KVB- 5	104,40 %	0	0,12	35,03	0	2,89	20,43
KVB- 8	102,81 %	0	0,02	0	0,01	0,59	0
KVB- 12	104,33 %	3	0,10	58,90	0,01	2,84	8,56
KVB- 13	106,02 %	1	0,23	89,06	0,10	9,1	14,77
KVB- 14	109,76 %	0	0,31	58,77	0,08	6,27	0

Çıktı odaklı BCC analizinde etkin olmayan KVB-14'ün etkin olabilmesi için, Tablo 4.11'deki bilgilere göre; "elektrik tüketimi (I-2)" girdisini 0,31 br. "doğal gaz tüketimi (I-3)" girdisini 58,77 br. petrol tüketimi (I-4)" girdisini 0,08 br. ve "su tüketimi (I-6)" girdisini 6,27 br. artırması gerekmektedir. Etkin olmayan diğer KVB'ler için yapılması gereken girdilerdeki artış ve çıktılardaki azalış miktarları Tablo 4.11'de açıkça gösterilmiştir.

Etkin olmayan KVB-14'e referans olan hipotetik girdi ve çıktılara ait aylak değişken oranlarından faydalanılarak hedef değerler aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Hedef değer = (Etkinlik Değeri x Gerçekleşen Tüketim) – Aylak Değişken Değeri

Elektrik tüketimi için; $(1,0976 \times 1,703) - 0,31 = 1,55$

Doğal Gaz tüketimi için; $(1,0967 \times 322,93) - 58,77 = 295,38$

Petrol tüketimi için; $(1,0967 \times 0,395) - 0,08 = 0,353$

Su tüketimi için; $(1,0967 \times 66,28) - 6,27 = 66,41$

KVB-12 için yapılan potansiyel iyileştirmeler;

$PI (\%) = \frac{1,55-1,703}{1,703} \times 100 = - 8,98 \%$ oranında elektrik girdisi azaltılmalıdır.

$PI (\%) = \frac{295,38-322,93}{322,93} \times 100 = - 8,53 \%$ oranında doğal gaz girdisi azaltılmalıdır.

$PI (\%) = \frac{0,353-0,395}{0,395} \times 100 = -10,63 \%$ oranında petrol azaltılmalıdır.

$PI (\%) = \frac{66,41-66,28}{66,28} \times 100 = 0,19 \%$ oranında su girdisi artırılmalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçmişten bugüne gelerek sürmekte olan hızlı tüketim eğilimi ve sanayileşmenin getirdiği gelişmeler, kaynak kullanımını arttırarak çevreye verilen zararın da artmasına sebep olmuştur. Günümüzde devam etmekte olan ekonomik kriz artan enerji, gıda ve su tüketimi talepleriyle birleşerek sürekli büyüyen ve çözüm üretmesi gereken problemler yaratmaktadır. Küresel anlamda karmaşaya neden olan bu olumsuzlukların hızlıca tüm ülkelere yayılarak önce bölgelerin sonra da doğrudan şehirlerin gelişim süreçlerine zarar verdiği düşünülmektedir. Ülkelerin, bölgelerin ve şehirlerin kaynaklarını etkin ve doğru kullanabilmesi için sürdürülebilir çevresel stratejilerin geliştirilip, uygulanması artık kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu alanda yapılacak araştırmalar da hem literatüre hem de uygulayıcılara gelecek planlamalarını yapma hususunda katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, Çorum ilinin sürdürülebilir çevresel etkinliğini ölçerek, hangi yıllarda kaynak tüketimlerinin etkin ve etkinsiz olduğunu tespit etmektir. Bunun için etkinlik ölçümünde son zamanlarda sıkça kullanılan niceliksel bir teknik olan VZA'dan yararlanılmıştır. Yöntem uygulama ve yorumlamada önemli yönetsel bilgiler taşımaktadır. Etkin sınırın sabit veya değişken getirili olması, etkinliğin farklı bileşenleri konusunda fikirler vermektedir. Etkin olmayan birimler için etkin referansların ve potansiyel iyileştirmelerin yapılması, diğer performans yöntemlerinden farklı olarak araştırmacıya faydalı bilgiler sağlamaktadır. Araştırma sürecinde kullanılacak girdi ve çıktıların hatalardan arındırılmış olmasına oldukça dikkat edilmelidir. Aksi takdirde doğru sonuçlar elde etmek mümkün olmayacaktır.

Yapılan çalışma, Çorum il bazında çevresel etkinlik ölçümü açısından ilk çalışma niteliğini taşımaktadır. Diğer yandan literatürde VZA'nın kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde genellikle seçilmiş illere ve ülkelere dayalı analizler görülmektedir. Bu araştırma, ülkemizin ihracatında önemli bir payı olan ve bir sanayi şehri olan Çorum'un yıllara göre değerlendirilmesi bakımından farklılık göstermektedir. Aynı zamanda bölgesel düzeyde de böyle bir çalışma bulunmaması sebebiyle, gelecek araştırmalara da ışık tutması amaçlanmaktadır. Ayrıca son yıllarda etkin kaynak kullanımı ve çevresel sürdürülebilirliği destekleyen döngüsel ekonomi merkezli çalışmaların yaygınlaşması nedeniyle il düzeyinde böyle bir çalışma yapmak önemli bir gereklilik olmuştur.

Çalışmada çevresel performans endeksi (EPI), yeşil şehir endeksi ve küresel raporlama standartlarında (GRI) yer alan ortak kriterlere bağlı olarak ve veri elverişliliği dikkate alınarak altı girdi ve dört çıktı seçilmiştir. Çevre harcamaları, elektrik tüketimi, doğal gaz tüketimi, petrol tüketimi, LPG tüketimi ve su tüketimi girdileri oluşturmuştur. Çıktıları ise atık su, katı atık, PM₁₀(Partiküler Madde) ve SO₂ (Kükürt dioksit) miktarları oluşturmuştur. Toplanan verilerden doğru sonuçlar elde edebilmek adına Çorum nüfusuna oranlamalar yapılarak kişi başı tüketim miktarları hesaplanmış ve daha homojen veriler ile analiz

gerçekleştirilmiştir. Analizde CCR girdi ve çıktı, BCC girdi ve çıktı odaklı dört model kullanılmıştır.

Analize tabi tutulan 2008 – 2021 dönemlerine ait verilerden elde edilen sonuçlara göre gerek CCR gerek BCC varsayımına bağlı olarak; 2008 (KVB-1), 2009 (KVB-2), 2010 (KVB-3), 2011 (KVB-4), 2013 (KVB-6), 2014 (KVB-7), 2016 (KVB-9), 2017 (KVB-10) ve 2018 (KVB-11) yıllarının etkin olduğu gözlemlenmiştir. Etkin olmayan yıllar ise 2012 (KVB-5), 2015 (KVB-8), 2019 (KVB-12), 2020 (KVB-13) ve 2021 (KVB-14) olarak tespit edilmiştir. Yapılan girdi ve çıktı odaklı dört analiz yönteminde de çıkan sonuçlar birbirleriyle tutarlıdır.

Etkin olmayan birimlere ait ortak aylak değişkenlerde (elektrik, doğal gaz, petrol, su ve katı atık) potansiyel iyileştirmeler yapılarak bir sonraki dönemde daha etkin sonuçların elde edilmesi mümkündür. Buna göre, örnek dönemler için potansiyel iyileştirme değerleri hesaplanarak gösterilmiştir. Girdi değerlerinde çevreye doğrudan etki eden fosil enerjinin fazla kullanımı ve çıktı değerlerinde de toplanan atık miktarındaki artışların etkinsizliği artırdığı düşünülmektedir. Ekonomik nedenlerden dolayı şehrin çevresel harcama oranlarında meydana gelen düşüşün de etkinsiz çıkan dönemlerde değişkenlik gösterdiği göz ardı edilmemelidir. Çorum şehir merkezinde nüfusun son yıllarda artış göstermesi ve gelişmekte olan bir sanayi yapısının olması elektrik, doğal gaz, petrol ve su tüketimlerinin yükselmesinde neden olarak gösterilebilir. Tüketim değerlerinin aniden düşüp ve yükseldiği dönemlerde etkinsizliğin arttığı varsayılmaktadır.

Etkin çıkmayan son üç dönemde Covid-19 pandemisinin izlerinin görüldüğü söylenebilir. Süreç tüm dünyayı ağır etkilediği gibi ülkemizde ağır etkilemiştir. Özellikle gelişmekte olan şehirlerde tarım, ticaret, sanayi, sağlık, ulaşım, finans ve enerji alanlarında birbirine bağlı sektörler süreçten negatif etkilenerek durgunluk yaşamışlardır. Pandemi döneminde üretim ve tüketim alışkanlıklarında yaşanan değişimler çevresel kriterleride yakından etkilemiştir.

Katı atıkların toplanması, taşınması, ayrıştırılması, geri kazanımı, ortadan kaldırılması ve depolanması Çorum Belediyesi sorumluluğunda gerçekleşmektedir. Şehirde katı atıkların değerlendirilmesine yönelik çeşitli faaliyetler gerçekleştirilmiştir. Bu alanda yürütülen en önemli faaliyetlerden biri vahşi depolamadan düzenli depolama sistemine geçiş olmuştur. Ancak katı atıkların kaynağında ayrıştırılamaması bu süreci olumsuz etkilemektedir. Önemli faaliyetlerden bir diğeri de enerji tüketiminde etkinliği yakalayabilmek için biyokütle enerji tesisi kurmak olmuştur. Bu sayede ağaç, çimen, pazar, hal ve evlerdeki organik atıklardan biyometenazasyon gazlaştırma prosesi sonucu açığa çıkan gazdan elektrik enerjisi üretilmektedir. Rüzgâr santrali ve güneş enerji yatırımları da enerjide etkinliği sağlayabilmek adına yapılan önemli yatırım faaliyetleri arasında gösterilmektedir. EPDK'nın aylık yayınlamış olduğu elektrik piyasası raporlarından Çorum'da biyokütle, güneş ve rüzgâr enerjisi üretim kaynaklarının da kullandığı belirtilmiştir. Söz konusu alternatif kaynaklardan elde edilen enerji üretim değerleri oldukça düşüktür. Bu tür alternatif kaynaklara yapılacak

ek yatırımlar neticesinde ilerleyen yıllarda şehrin enerji tüketiminde daha etkin olacağı varsayılabilir. Bu sayede de çevresel etkinlik değerlerinde artış gözlemlenebilecektir.

Enerji tüketimlerinin yıllık hava kalitesine olan ortalama etkisi 14 yıllık zaman periyodunda orta (101-150) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kaliteden iyi (0-50) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kaliteye taşınmıştır. Geçmiş dönemlerde doğal gazın kullanılmamış olması şehrin çevresel hava kalitesini oldukça olumsuz etkilemiştir. Neyse ki doğal gaz kullanımının yaygınlaşması bu durumu tersine çevirmiştir.

Şehirdeki yıllık su tüketim değerlerinde giderek artışlar yaşandığı gözlemlenmektedir. 2020 yılında görülen aşırı kuraklık ve tüketimlere bağlı olarak türlü tedbirler alınmıştır. En önemli içme suyu kaynakları olan barajlardaki suların azalmaya başlaması yeni su kaynakları açma çalışmalarını başlatmıştır. 2021 yılında 11 adet yeni su kaynağı faaliyete geçirilmiştir. Bu gelişmelerin ileriki dönemlerde çevresel etkinliğe su kalitesi açısından olumlu yansıması beklenmektedir.

Bu araştırmanın kısıtları olarak 2008 öncesi verilerin düzenli olarak kaydedilmemesi sebebiyle tüketim miktarlarına ulaşamaması söylenebilir. Bunun yanında daha fazla girdi ve çıktı verisinin sağlanamaması da kısıtlar arasında ifade edilebilir. Bu nedenle yapılan analiz on dört yıllık dönemi altı girdi ve dört çıktı kapsamında değerlendirmektedir.

Şehirler düzeyinde sürdürülebilir çevresel stratejiler geliştirmek bölgesel kalkınma açısından yeni fırsatlar yarattığı gibi geleceğe karşı insanların iyimser bakmasını da beraberinde getirmektedir. Bu araştırma, Çorum'da çevresel açıdan tüketilen kaynakların etkinlik analizinin yapılması hususunda araştırmacı ve uygulayıcılara yol gösterici olmaktadır. Sürdürülebilir çevresel etkinliğin gelecekte artırılması için çalışmanın bulguları değerlendirilerek geleceğe yönelik projeksiyonlar geliştirilebilir. İlerleyen zamanlarda yapılacak yeni çalışmalarda gözlem kümesine eklenecek farklı KVB'ler ve daha fazla çevresel verinin kullanılması ile bu çalışma geliştirilebilir. Bunun yanında gelecek çalışmalarda, VZA'nın yanı sıra çok kriterli karar verme yöntemleri ve yapay sinir ağları gibi farklı teknikler ile bunların bulanık biçimleri kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilebilir ve sonuçlar kıyaslanabilir. Ayrıca VZA ile bütünleşik olarak kriter ağırlıklandırma yöntemleride kullanılarak farklı sonuçların elde edilmesi mümkün olabilir.

KAYNAKÇA

- Abbott, M., & Doucouliagos, C. (2003). The Efficiency of Australian Universities: A Data Envelopment Analysis. *Economics Of Education Review*, 22(1), 89-97.
- Acar, M., & Temiz, H. (2018). Sürdürülebilirlik Endeksinde İşlem Gören Firmaların Finansal Performansı: Olay Çalışması Örneği. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 1971-1987.
- Aigner, D. J., & Chu, S. F. (1968). On Estimating the Industry Production Function. *The American Economic Review*, 58(4), 826-839.
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.
- Akdeniz, H. A., & Durmaz, F. (1998). Verimliliğin Genel Performans Üzerindeki Yansımalarının Uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(2), 85-99.
- Akgül, U. (2010). Sürdürülebilir Kalkınma: Uygulamalı Antropolojinin Eylem Alanı. *Antropoloji*, (24), 133-164.
- Aksu, E. Ö., & Gencer, C. T. (2018). Veri Zarflama Analizi İle OECD Ülkelerinin Çevre Performansının İncelenmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 191-206.
- Anandalingam, G., & Kulatilaka, N. (1987). Decomposing Production Efficiency Into Technical, Allocative And Structural Components. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 150(2), 143-151.
- Angay, B. (2006). *Halka Açık Şirketlerde Sosyal Raporlama ve Türkiye Uygulaması*. (Doktora Tezi), İstanbul: Marmara Üniversitesi Bankacılık Ve Sigortacılık Enstitüsü
- Arnade, C. A. (1994). *Using Data Envelopment Analysis To Measure International Agricultural Efficiency and Productivity* (No. 1831). US Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Aslankaraoğlu, N. (2006). Veri Zarflama Analizi Ve Temel Bileşenler Analizi İle Avrupa Birliği Ülkelerinin Sıralanması. *Yüksek Lisans. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.
- Atan, M. (2003). Türkiye Bankacılık Sektöründe Veri Zarflama Analizi İle Bilançoya Dayalı Mali Etkinlik Ve Verimlilik Analiz. *Ekonomik Yaklaşım*, 14(48), 71-86.
- Atan, M., Karpat, G., & Göksel, A. (2002). Ankara'daki Anadolu Liselerinin Toplam Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) ile saptanması. *XI. Eğitim Bilimleri Kongresi*, 1-10.
- Atakan, N., Coşkun, A., & Sonuvar, S. M. (1997). Performans Denetimi Pakistan Sayıştay Uygulaması. *Sayıştay Başkanlığı, Ankara*.

Ateş, S. & Usman, Ö. (2021). Gelişmekte Olan Ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Performanslarının Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 6(15), 225-248.

Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu, (2016). *Geleceğe Dair: Paris İklim Antlaşması*, Erişim tarihi: 20 Şubat 2022. www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure_4_v2.pdf

Aybarç, S., & Selim, S. (2017). Seçilmiş OECD Ülkelerinde Ar-Ge Faaliyetlerine Yönelik Kamu Harcamalarının Karşılaştırmalı Etkinlik Analizi. *Journal of Entrepreneurship & Development/Girisimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 12(2).

Aydağın, A. (2003). Veri Zarflama Analizi (HUTEN Yıl Sonu Semineri). *Hava Harp Okulu, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul*.

Aydemir, Z. C. (2002). *Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması*. DPT.

Ayyıldız, E., & Murat, M. (2018). Türkiye Süper Ligi'nin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 13(1), 73-86.

Babacan, A., Kartal, M., & Bircan, H.(2007). Cumhuriyet Üniversitesi'nin Etkinliğinin Kamu Üniversiteleri İle Karşılaştırılması: Bir VZA Tekniği Uygulaması. *C.U. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*,8, 2, 97-114

Babacan, A., Kısakürek, M. M., & Özcan, S. (2009). İMKB'ye Kote Edilmiş VZA Yöntemi ile Performans Ölçümleri. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (24), 23-36.

Bakırcı, F. (2006). Sektörel Bazda Bir Etkinlik Ölçümü: VZA İle Bir Analiz. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(2), 199-217.

Bal, V. (2010), *Bilgi Sistemlerinin Sağlık İşletmeleri Performansına Etkilerinin Veri Zarflama Analizi İle Ölçümü: Türkiye'deki Devlet Hastanelerinde Bir Araştırma*, (Yayınlanmış Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.

Balbay, Ş., Sarıhan, A., & Avşar, E. (2021). Dünyada ve Türkiye'de "Döngüsel Ekonomi/Endüstriyel Sürdürülebilirlik" Yaklaşımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 557-569.

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.

Basiago, A. D. (1999). Economic, Social, and Environmental Sustainability in Development Theory and Urban Planning Practice. *Environmentalist*, 19(2), 145-161.

Bayrak R. ve Polat M. (2020). *Sürdürülebilir Kalkınma Disiplinlerarası Yaklaşım*, Ankara: Nobel Bilimsel Eserler

Bayramoğlu, M. M. (2013). *Devlet Orman İşletmelerinin Etkinlik Düzeylerinin Ölçülmesi Ve Optimal İşletme Büyüklüğünün Belirlenmesi* (Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği), (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

- Baysal, M. E., & Toklu, B. (2001). Veri Zarflama Analizi İle Bazı Orta Öğretim Kurumlarının Performanslarının Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 203-220.
- Berger, A. N., & Humphrey, D. B. (1991). The Dominance of Inefficiencies Over Scale and Product Mix Economies in Banking. *Journal of Monetary Economics*, 28(1), 117-148.
- Berger, A. N., & Humphrey, D. B. (1997). Efficiency of Financial Institutions: International Survey and Directions for Future Research. *European Journal of Operational Research*, 98(2), 175-212.
- Biçen, Ç. (2010). *Otomotiv Sektöründe Veri Zarflama Analizi ile Finansal Etkinlik Ölçümü*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,
- Bikker, J. A. (2004). Competition and Efficiency in a Unified European Banking Market. *Books*.
- BİST, (2019), *Şirketler için Sürdürülebilirlik Rehberi*, Erişim tarihi: 18 Ocak 2022. www.borsaistanbul.com/data/kilavuzlar/surdurulebilirlik-rehberi.pdf
- Boussofiane, A., Dyson, R. G., & Thanassoulis, E. (1991). Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 52(1), 1-15.
- Chapin III, F. S., Torn, M. S., & Tatenno, M. (1996). Principles of Ecosystem Sustainability. *The American Naturalist*, 148(6), 1016-1037.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). *A Data Envelopment Analysis Approach to Evaluation of the Program Follow through Experiment in US Public School Education*. Carnegie-Mellon Univ Pittsburgh Pa Management Sciences Research Group.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1994). Data Envelopment Analysis Theory, Methodology and Applications. *Journal of the Operational Research Society*, 48(3), 332-333.
- Cinemre, N. (2011). *Doğrusal Programlama*, İstanbul: Evrim Yayınevi
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Springer Science & Business Media.
- Colbert, A., Levary, R. R., & Shaner, M. C. (2000). Determining the Relative Efficiency of MBA Programs Using DEA. *European Journal of Operational Research*, 125(3), 656-669.
- Cooper, W. W. (2005). Origins, Uses of, and Relations Between Goal Programming and Data Envelopment Analysis. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 13(1), 3-11.
- Cooper, W. W., Seiford, L., & Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Springer.
- Coşkun, A. (2005). *İşletmelerde Performans Yönetimi: Bir Yönetim Muhasebesi Aracı Olarak Performans Karnesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Çağlar, V. (2012). *Türk Özel Limanlarının Etkinlik Ve Verimlilik Analizi* (Doktora Tezi), İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü.

- Çakır, S. (2011). *Kamu Şeker Fabrikalarında Etkinlik Ölçümü: VZA-Malmquist TFV Uygulaması* (Doktora Tezi), Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Çakmak, E. H., Dudu, H., & Öcal, N. (2008). *Türk Tarım Sektöründe Etkinlik*, Ankara: Tepav
- Çelik, A. Küçük, A. (2020). Tüketim Toplumunun Çevre Sorunlarına Etkileri, *Econharran Harran Üniversitesi İİBF Dergisi* Cilt: 4 Sayı: 5
- Çevre Şehircilik İklim Değişikliği Bakanlığı (2021), *Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı*, Erişim Tarihi: 31.12.2021. https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/StationDataDownloadNew
- Çorum Belediyesi (2021), Faaliyet Raporları 2009 - 2021, Erişim Tarihi: 31.12.2021. www.corum.bel.tr/hesap-verilebilirlik/stratejik-yonetim-araclari/faaliyet-raporlari/
- Demir, E., & Durakoğlu, M. (2013). Çorum İlindeki Liselerin 2012-2013 Eğitim Öğretim Sürecindeki Etkinliğinin Veri zarflama Analizi ile Ölçülmesi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 19-42.
- Demir, G. (2004). *İstatistiksel Veri Zarflama Analizi Ve Bir Uygulama* (Yüksek Lisans Tezi), Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Demirci, A. (2018). *Teori ve Uygulamalarla Veri Zarflama Analizi*. Ankara: Gazi Kitabevi
- Derici, S., & Atalay, E. (2018). Veri Zarflama Analizi (VZA) İle Türkiye'deki Zincir Tekno (Loji) Market Mağazalarının Etkinlik Ölçümü. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1387-1399.
- DeYoung, R. (1997). A Diagnostic Test for the Distribution-Free Efficiency Estimator: An Example Using US Commercial Bank Data. *European Journal of Operational Research*, 98(2), 243-249.
- Diamond, A. M., & Medewitz, J. N. (1990). Use of Aata Envelopment Analysis In an Evaluation of the Efficiency of the DEEP Program for Economic Education. *The Journal of Economic Education*, 21(3), 337-354.
- Dikmen, F.C. (2008) Veri Zarflama Analizi İle Üniversitelerin Etkinliğinin Ölçülmesi, *Kocaeli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, c. 3. s. 6 (2008): 1-22.
- Dinc, M., & Haynes, K. E. (1999). Sources of Regional İnefficiency An İntegrated Shift-Share, Data Envelopment Analysis and Input-Output Approach. *The annals of regional science*, 33(4), 469-489.
- Djordjević, D. P., Vujošević, M., & Martić, M. (2015). Measuring Efficiency of Football Teams by Multi-Stage DEA Model. *Technical Gazette*, 22(3), 763-770.
- Duran, B. (2018). *Sürdürülebilirlik Kavramının Önemi, Karşılaşılan Sorunlar ve Şirketlerin Sürdürülebilirlik Raporlarının İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Ankara: Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Durmuş, M. (2008). *Kamu Ekonomisi:(kamu harcamaları ders notları)*. Gazi Kitabevi.
- Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A survey and Analysis of the First 40 Years of Scholarly Literature in DEA: 1978–2016. *Socio-economic Planning Sciences*, 61, 4-8.

Emrouznejad, A., Parker, B. R., & Tavares, G. (2008). Evaluation of Research in Efficiency and Productivity: A Survey and Analysis of the First 30 Years of Scholarly Literature in DEA. *Socio-economic planning Sciences*, 42(3), 151-157.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2021), *Doğal Gaz Piyasası Yıllık Sektör Raporları 2010-2020*, Erişim Tarihi: 31.12.2021. www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94-1007/dogal-gazyillik-sektor-raporu

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2021), *Elektrik Piyasası Yıllık Sektör Raporları 2010-2020*, Erişim Tarihi: 31.12.2021. www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/elektrikaylik-sektor-raporlar

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2021), *LPG Piyasası Yıllık Sektör Raporları 2008-2020*, Erişim Tarihi: 31.12.2021. www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-108-1002/lpgyillik-sektor-raporlari

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2021), *Petrol Piyasası Yıllık Sektör Raporları 2008-2020*, Erişim Tarihi: 31.12.2021. www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu

Ergeneli, A. (1995). Örgütsel Etkililik Kriteri Olarak Lider Davranışının Örgütsel İklim İle İlişkisi: Görev Karmaşıklığı Bakımından Farklılaşan İki Örgüte İlişkin Bir Uygulama. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 50(01).

Erkut, H., & Polat, S. (1993). Türk Sanayinde Verimlilik Analizi İçin Simülasyon Modeli. *Yayınlanmamış Araştırma Projesi Raporu, İTÜ, İstanbul*.

Erpolat, S. (2011). *Veri Zarflama Analizi*. İstanbul: Evrim Yayınevi

European Commission. (2015). Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Erişim Tarihi: 25.06.2022 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>

Fan, Y., Bai, B., Qiao, Q., Kang, P., Zhang, Y., & Guo, J. (2017). Study on Eco-Efficiency of Industrial Parks in China Based on Data Envelopment Analysis. *Journal of Environmental Management*, 192, 107-115.

Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.

Fernandes, E., Pires, H. M., Ignacio, A. A. V., & Sampaio, L. M. D. (2007). An Analysis of the Supplementary Health Sector in Brazil. *Health Policy*, 81(2-3), 242-257.

Førsund, F. R., & Sarafoglou, N. (2002). On the Origins of Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 17(1), 23-40.

Førsund, F. R., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1980). A Survey of Frontier Production Functions and of Their Relationship to Efficiency Measurement. *Journal of Econometrics*, 13(1), 5-25.

García-Sánchez, I. M., das Neves Almeida, T. A., & de Barros Camara, R. P. (2015). A Proposal for a Composite Index of Environmental Performance (CIEP) for Countries. *Ecological indicators*, 48, 171-188.

Gattoufi, S., Oral, M., & Reisman, A. (2004). Data Envelopment Analysis Literature: A Bibliography Update (1951-2001). *Journal of Socio-Economic Planning Sciences*, 38(2-3), 159-229.

- Gilman, R. (1992). Sustainability By Robert Gilman from the 1992 UIA/AIA Call for Sustainable Community Solutions.
- Giokas, D. I., & Pentzaropoulos, G. C. (2008). Efficiency Ranking of the OECD Member States in the Area of Telecommunications: A composite AHP/DEA Study. *Telecommunications Policy*, 32(9-10), 672-685.
- Gong, W., & Lyu, H. (2017). Sustainable City Indexing: Towards the Creation of An Assessment Framework for Inclusive and Sustainable Urban-Industrial Development. *BRIDGE for Cities Issue Paper*, (2).
- Goodland, R. (2002). The Biophysical Basis of Environmental Sustainability. *Handbook of Environmental and Eesource Economics*, 709-721.
- Gök, Murat; Yiğit, Sema (2017). (2017). Türkiye'deki Büyükşehirlerin Sürdürülebilirlik Kriterleri Açısından İncelenmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 15(30), 253-273.
- Gregoriou, G. N., & Zhu, J. (2005). *Evaluating Hedge Fund and CTA Performance: Data Envelopment Analysis Approach*. John Wiley & Sons.
- GRI (2019). *Raporlama İlkleri ve Standart Bildirimler*, Erişim tarihi: 10 Mart 2022. <https://surdurulebilirlik.garantibbva.com.tr/media/1059/turkish-g4-part-one.pdf>
- GRI (2019). *Raporlama İlkleri ve Standart Bildirimler*, Erişim tarihi: 10 Mart 2022. <https://surdurulebilirlik.garantibbva.com.tr/media/1059/turkish-g4-part-one.pdf>
- GRI, (2022). *A Short Introduction to the GRI Standards*, Erişim tarihi: 10 Mart 2022. <https://www.globalreporting.org/media/wtaf14tw/a-short-introduction-to-the-gri-standards.pdf>
- Guo, J., Zhu, D., Wu, X., & Yan, Y. (2017). Study on Environment Performance Evaluation and Regional Differences of Strictly-Environmental-Monitored Cities in China. *Sustainability*, 9(12), 2094.
- Gülen, K. G. (1994). İşletme Performans Ölçüm Teknikleri ve Çimento Sanayii Uygulaması. *Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İstanbul*.
- Güner, U. (2020). *Çevresel Sürdürülebilirlik*. Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Erişim tarihi: 01 Mart 2022. <https://124.im/eKmqN8>
- Güran, M. C., & Cingi, S. (2002). Devletin Ekonomik Müdahalelerinin Etkinliği. *Akdeniz Üniversitesi İİBF Dergisi*, 3(1), 56-89.
- Güzhan, G. (2007). *Mesleki Ve Teknik Eğitim Sisteminin Performansının Değerlendirilmesinde Bir Veri Zarflama Analizi Uygulaması*, (Yüksek Lisans Tezi) İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı.
- Hawdon, D. (2003). Efficiency, Performance and Regulation of the International Gas Industry—a Bootstrap DEA Approach. *Energy policy*, 31(11), 1167-1178.
- Hourneaux Jr, F., Hrdlicka, H. A., Gomes, C. M., & Kruglianskas, I. (2014). The Use of Environmental Performance Indicators and Size Effect: A study of Industrial Companies. *Ecological Indicators*, 36, 205-212.

- Hwang, S. N., & Chang, T. Y. (2003). Using Data Envelopment Analysis to Measure Hotel Managerial Efficiency Change in Taiwan. *Tourism management*, 24(4), 357-369.
- Ismail, Z., Tai, J. C., Kong, K. K., Law, K. H., Shirazi, S. M., & Karim, R. (2013). Using Data Envelopment Analysis in Comparing the Environmental Performance and Technical Efficiency of Selected Companies in their Global Petroleum Operations. *Measurement*, 46(9), 3401-3413.
- İMKB, (2011). *Sürdürülebilirlikle İlgili Özet Bilgiler*, Erişim tarihi: 8 Mart 2022. www.borsaistanbul.com/datum/surdurulebilirlik/SURDURULEBILIRLIK_OZET_BILGILER.pdf
- İnan, E. A. (2000). Banka Etkinliğinin Ölçülmesi Ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik. *Bankacılar Dergisi*, 34(1), 82-98.
- Jenkins, L., & Anderson, M. (2003). A Multivariate Statistical Approach to Reducing the Number of Variables in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 147(1), 51-61.
- Kahya, E., & Karaböcek, K. (2004). Bir Atölyede Oranlarla İşgücü Verimlilik (WPMR) Modelinin Tasarımı ve Uygulaması. III. *Endüstri Müh. Bahar Konferansı, TMMOB MMO İzmir Şb, Atatürk Kültür Merkezi, İzmir*, 7-9.
- Kale, S. (2009). *"Veri Zarflama Analizi İle Banka Şubelerinin Performansının Ölçülmesi"*, (Doktora Tezi), İstanbul: Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 42-50
- Karataş, E. (2016). *Veri Zarflama Analizi Yöntemi Kullanılarak Türkiye'deki Kamu, Özel Ve Yabancı Sermayeli Bankaların Etkinliklerinin İncelenmesi*.(Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Karlı, M. D. (1998). *Yönetmelik Etkinlik*. Ankara: Pegem A Yayıncılık.
- Kaya, N., & Kuruuzum, A. A. (2014). A study on Social Responsibility Projects by top 500 Manufacturer Companies in Turkey. *Research Journal of Business and Management*, 1(3), 240-252.
- Kecek, G. (2010). *Veri Zarflama Analizi Teori Ve Uygulama Örneği*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Kilickaplan, S., & Karpaz, G. (2004). Türkiye Hayat Sigortası Sektöründe Etkinliğin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 1-14.
- Kocakoç, İ. D. (2003). Veri Zarflama Analizi'ndeki Ağırlık Kısıtlamalarının Belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Sürecinin Kullanımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(2), 1-12.
- Koçak, İ., & Boran, K. (2019). Türkiye'deki İllerin Elektrik Tüketim Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 22(2), 351-365.
- Kök, R., & Deliktaş, E. (2003). Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme ve Strateji Geliştirme Teknikleri, İzmir: *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Yayını*,
- Köne, A. Ç., & Büke, T. (2012). A Comparison for Turkish Provinces' Performance of Urban Air Pollution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 1300-1310.
- Kubalı, D. (1999). Performans Denetimi. *Amme İdaresi Dergisi*, 32(1), 31-62.

- Kula, V. & Özdemir, L. (2007). Çimento Sektöründe Göreceli Etkinsizlik Alanlarının Veri Zarflama Analizi Yöntemi İle Tespiti. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 55-70.
- Lélé, S. M. (1991). Sustainable Development: a Critical Review. *World Development*, 19(6), 607-621.
- Liu, W., Tian, J., Chen, L., Lu, W., & Gao, Y. (2015). Environmental Performance Analysis of Eco-Industrial Parks in China: A Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of Industrial Ecology*, 19(6), 1070-1081.
- Lorcu, F., (2008), "Veri Zarflama Analizi (DEA) ile Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkelerinin Sağlık Alanındaki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi", (Doktora Tezi), İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Lovelock, J. (2000). *The Ages of Gaia: A Biography of our Living Earth*. Oxford University Press, USA.
- Manzi, T., Lucas, K., Jones, T. L., & Allen, J. (Eds.). (2010). *Social Sustainability in Urban Areas: Communities, Connectivity and the Urban Fabric*. Routledge.
- Matsumoto, K. I., Makridou, G., & Doumpos, M. (2020). Evaluating Environmental Performance Using Data Envelopment Analysis: The Case of European Countries. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122637.
- McKenzie, Stephen (2004). "Social Sustainability: Towards Some Definitions", *Hawke Research Institute Working Paper Series No 27*, South Australia
- Meadowcroft, J. (1997). Planning, Democracy and the Challenge of Sustainable Development. *International Political Science Review*, 18(2), 167-189.
- Meadows, D. H., Meadows, D. H., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). The Limits to Growth: A Report to the Club of Rome (1972). *Google Scholar*, 91.
- Meng, F. Y., Fan, L. W., Zhou, P., & Zhou, D. Q. (2013). Measuring Environmental Performance in China's Industrial Sectors With Non-Radial DEA. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(5-6), 1047-1056.
- Miller, S. M., Clauretje, T. M., & Springer, T. M. (2006). Economies of Scale and Cost Efficiencies: A Panel-Data Stochastic-Frontier Analysis of Eeal Estate Investment Trusts. *The Manchester School*, 74(4), 483-499.
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to Understand and Measure Environmental Sustainability: Indicators and Targets. *Ecological Indicators*, 17, 4-13.
- Nakıboğlu, G., & Bulğurcu, B. (2017). İşletmelerin Çevresel Sürdürülebilirlik Göstergelerine Yönelik Farklı Bir Değerlendirme: Modifiye Edilmiş Dijital Mantık (MDL). *International Journal Of Economic And Administrative Studies*, 709-728.
- Nathanson, B. H., Higgins, T. L., Giglio, R. J., Munshi, I. A., & Steingrub, J. S. (2003). An Exploratory Study Using Data Envelopment Analysis to Assess Neurotrauma Patients in the Intensive Care Unit. *Health Care Management Science*, 6(1), 43-55.

- Norman, M., & Stoker, B. (1991). *Data Envelopment Analysis: the Assessment of Performance*. John Wiley & Sons, Inc..
- Odeck, J. (2000). Assessing the Relative Efficiency and Productivity Growth of Vehicle Inspection Services: An Application of DEA and Malmquist Indices. *European Journal of Operational Research*, 126(3), 501-514.
- Ozmehmet, E. (2008). Dünyada ve Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları. *Journal of Yaşar University*, 3(12), 1853-1876.
- Ömürbek, N., Altın, F. G., Şimşek, A. & Eren, H. (2021). Entropi Tabanlı Veri zarflama Analizi Yöntemi İle Türkiye'deki İllerin Sağlık Göstergeleri Açısından Etkinliğinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 12(29), 16-45.
- Önder, H. (2018). Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışında Yeni Bir Kavram: Döngüsel Ekonomi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (57), 196-204
- Önüt, S., & Soner, S. (2006). Energy Efficiency Assessment for the Antalya Region Hotels in Turkey. *Energy and Buildings*, 38(8), 964-971.
- Özden, Ü. (2008). Veri Zarflama Analizi (VZA) İle Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 167-185.
- Özkan, B. (2004). Ekonomiye Giriş. *Basım, Antalya: Akdeniz Üniversitesi Basımevi*.
- Özkan, M., & Özcan, A. (2018). Veri Zarflama Analizi (VZA) İle Seçilmiş Çevresel Göstergeler Üzerinden Bir Değerlendirme: OECD Performans İncelemesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 485-508.
- Özsoy, V. S. (2012). *Performans Analizi İçin Yeni Karar Destek Sistemi* (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Pehlivanlı, E. A. (2020). Covid-19'un Havalimanları Performansları Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi: Türkiye Havalimanları Örneği. *Electronic Turkish Studies*, 15(4).
- Portney, K. E. (2015). *Sürdürülebilirlik*. MIT Press.(A. Bucak Çev.) Baskı Yeri: Pan Yayıncılık
- Potting, J., Hekkert, M. P., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain. *Planbureau voor de Leefomgeving*, (2544).
- Quaddus, M. A., & Siddique, M. A. B. (Eds.). (2011). *Handbook of Corporate Sustainability: Frameworks, Strategies and Tools*. Edward Elgar Publishing.
- Ramanathan, R. (2003). *An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement*. Sage.
- Ramanathan, R. (2005). An Analysis of Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions in Countries of the Middle East and North Africa. *Energy*, 30(15), 2831-2842.
- Ratiu, D. E. (2013). Creative Cities and/or Sustainable Cities: Discourses and Practices. *City, Culture and Society*, 4(3), 125-135.

- Ray, S. C. (2004). *Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research*. Cambridge University Press
- Reddy, T. L., & Thomson, R. J. (2015). Environmental, Social and Economic Sustainability: Implications for Actuarial Science. *Actuaries Institute*, 23-27.
- Reisman, A. (2004), Preface, *Socio-Economic Planning Sciences*, Cilt:38, Sayı:2-3, ss.115-121.
- Ruckelshaus, W. D. (1989). Toward a Sustainable World. *Scientific American*, 261(3), 166-175.
- Ruggiero, J. (2000). Measuring Technical Efficiency. *European Journal of Operational Research*, 121(1), 138-150.
- Salancik, G. R., & Pfeffer, J. (1978). A Social Information Processing Approach to Job Attitudes and Task Design. *Administrative Science Quarterly*, 224-253.
- Sarı Z. (2015). "Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama", (Yüksek Lisans Tezi),Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental Sciences, Sustainable Development and Circular Economy: Alternative Concepts for Trans-disciplinary Research. *Environmental Development*, 17, 48-56.
- Savaş, H. (2012). Tüketim Toplumu Çevre Performans İndeksi Ve Türkiye'nin Çevre Performansının İndekse Göre Değerlendirilmesi, *Journal of History Culture and Art Research*, 1(4), 132-148.
- Schaffnit, C., Rosen, D., & Paradi, J. C. (1997). Best Practice Analysis of Bank Branches: An Application of DEA in a Large Canadian Bank. *European Journal of Operational Research*, 98(2), 269-289.
- SEDAC, (2020). *Çevresel Performans Endeksi (1950-2020)*, Erişim tarihi: 15.12.2020. <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/epi-environmental-performance-index-2020>
- Seiford, L. M. (1996). Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995). *Journal of Productivity Analysis*, 7(2), 99-137.
- Sherman, H. D. (1984). Hospital Efficiency Measurement and Evaluation: Empirical Test of A New Technique. *Medical care*, 922-938.
- Sherman, H. D., & Gold, F. (1985). Bank Branch Operating Efficiency: Evaluation With Data Envelopment Analysis. *Journal of Banking & finance*, 9(2), 297-315.
- Sink, D. S., Tuttle, T. C., & Shin, S. I. (1989). Planning and Measurement in Your Organization of the Future.
- Smith, P. (1997). Model Misspecification in Data Envelopment Analysis. *Annals of Operations Research*, 73, 233-252.
- Sowlati, T., & Paradi, J. C. (2004). Establishing The "Practical Frontier" In Data Envelopment Analysis. *Omega*, 32(4), 261-272.
- SSEI, (2022). *Sürdürülebilir Borsalar Girişimi*, Erişim tarihi: 07 Şubat 2022. <https://sseinitiative.org/about/>

Şahin, N. (2019). Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama (Yüksek Lisans Tezi), Kayseri: Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

T.C. Dışişleri Bakanlığı (1976). *Habitat I*, Erişim tarihi: 15 Ocak 2022. <https://www.mfa.gov.tr/bm-insan-verlesimleri-programi.tr.mfa>

T.C. Dışişleri Bakanlığı (2005). *Kyoto Protokolü*, Erişim tarihi: 20 Ocak 2022. <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>

T.C. Dışişleri Bakanlığı (2016). *Paris Anlaşması*: 20 Şubat 2022. <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>

Tanç, A., & Gümrah, A. (2015). Sürdürülebilirlik Raporlaması ve Çevresel Performans: Borsa İstanbul'da Bir Uygulama. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 258-273.

Tarım, A. (2001). Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı. *Sayıştay Yayınları, Ankara*, 15, 5-40.

Taşçı, F. (2011). Verimlilik Artışında Emek Etkinliği Üzerine Bir Yaklaşım: Ah-Me-T Modeli. In *Conference Journal of Social Policy/Sosyal Siyaset Konferanslar Dergisi* (No. 61).

Taşdoğan, C., Mollavelioğlu, M. Ş., & Mıhçı, H. (2014). Türkiye'nin Kentsel Çevresel Sürdürülebilirliğinin Kategorik Veri Zarflama Analiziyle Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 69(01), 141-164.

Taymaz, E. (1998). Türkiye İmalat Sanayiinde Teknolojik Değişme ve İstihdam. *Teknoloji ve İstihdam, Devlet İstatistik Enstitüsü*.

Tepe, M. (2006). *Kıyaslama Çalışmasında Veri Zarflama Analizi Kullanımı* (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Thanassoulis, E. (1995). Assessing Police Forces in England and Wales Using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 87(3), 641-657.

Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Tokgöz, N., & Önce, S. (2009). Şirket Sürdürülebilirliği: Geleneksel Yönetim Anlayışına Alternatif. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 249-275.

Tosun, Elif K. (2009). Okulu, Sosyal Bilimler Meslek Yüksek. Sürdürülebilirlik Olgusu ve Kentsel Yapıya Etkileri

TUİK (2021), *Bölgesel İstatistikler İller Düzeyinde- Çorum İli Elektrik Tüketimi 2007-2020*, Erişim Tarihi: <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do>

Tunca, H. (2021) Türkiye'deki İllerin Çevresel Etkinliğinin Ölçülmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi*, 5(12), 47-57.

Tunca, H., & Deliiktas, E. (2015). OECD Ülkelerinde Tarımsal Etkinlik Ölçümü: Dinamik Veri Zarflama Analizi. *Ege Akademik Bakis*, 15(2), 217.

- Turner, G. M. (2008). A Comparison of the Limits to Growth With 30 Years of Reality. *Global environmental change*, 18(3), 397-411.
- Türkmen, M. A., & Kiliç, F. (2020). Sürdürülebilir Kalkınma Anlayışına Yönelik Döngüsel Ekonomi Modeli. *Third Sector Social Economic Review*, 55(4), 2538-2556.
- Ulutaş, Barış Burak (2006), "Türkiye'de Havaalanı Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi", (Yüksek Lisans Tezi), Eskişehir: Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- UN Global Compact Network Türkiye, *UN Global Compact'in 10 İlke'si*, Erişim tarihi: 5 Şubat 2022. <https://www.globalcompactturkiye.org/10-ilke/>
- UN, (1972). *Stokholm Konferansı*, Erişim tarihi: 01 Şubat 2022. <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>
- UN, (1992). *Çevre ve Kalkınma Konferansı*, Erişim tarihi: 03 Şubat 2022. <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>
- UN, (2000). *Milenyum Zirvesi*, Erişim tarihi: 03 Şubat 2022. <https://www.un.org/en/conferences/environment/newyork2000>
- UN, (2022). *Stokholm Konferansı + 50*, Erişim tarihi: 25 Şubat 2022. <https://www.stockholm50.global/>
- Ünsal, E. M. (2007), *İktisadi Büyüme*, Birinci Baskı, Ankara: İmaj Yayıncılık.
- Ünsal, F. M., Rüzgar, B., & Rüzgar, N. (2000). *İşletme Ve Ekonomi İçin Bilgisayar Uygulamalı Sayısal Yöntemler*. Türkmen Kitabevi.
- Üreten, S. (2006). *Üretim/İşlemler Yönetimi: Stratejik Kararlar Ve Karar Modelleri*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Vassiloglou, M., & Giokas, D. (1990). A Study Of The Relative Efficiency Of Bank Branches: An Application Of Data Envelopment Analysis. *Journal of the operational research society*, 41(7), 591-597.
- Wang, E. C., & Huang, W. (2007). Relative Efficiency of R&D Activities: A Cross-Country Study Accounting for Environmental Factors in the DEA Approach. *Research Policy*, 36(2), 260-273.
- Wang, W. K., Lu, W. M., & Wang, S. W. (2014). The Impact of Environmental Expenditures on Performance in the US Chemical Industry. *Journal of Cleaner Production*, 64, 447-456.
- WCED, S. W. S. (1987). World Commission On Environment and Development. *Our Common Future*, 17(1), 1-91.
- World Wildlife Fund, & National Commission on the Environment. (1993). *Choosing a Sustainable Future: The report of the National Commission on the Environment*. Island Press.
- Yaşar, F. (2019). *Veri Zarflama Analizi İle BIST100de İşlem Gören İmalat İşletmelerinin Etkinliklerinin Ölçümü*. (Doktora Tezi), Erzincan: Binali Yıldırım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Yavuz, İ. (2001). Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü (Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama). *MPM yayınları*, (654).

- Yayla, F., & Özer, G. Covid-19 Salgınının Bıst100 Endeksinde Yer Alan Şirketler Üzerine Etkisi: Veri Zarflama Analizi Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27(1), 15-29.
- Yıldırım, O., & Nuri, F. İ. (2018). Sustainable Development Under the Historical Development Process.
- Yıldız, A. (2006). Yatırım Fonları Performanslarının Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 61(02), 211-234.
- Yolalan, R. (1993). *İşletmelerarası Göreli Etkinlik Ölçümü*. Ankara: Millî Prodüktivite Merkezi Yayınları No:483,
- Yörüker, S., Karabeyli, L., Kaya, S., & Özeren, B. (2003). Sayıştayın Performans Ölçümüne İlişkin Ön Araştırma Raporu. *Ankara: Sayıştay, Dizi, 28*.
- Yu, Y., & Wen, Z. (2010). Evaluating China's Urban Environmental Sustainability with Data Envelopment Analysis. *Ecological Economics*, 69(9), 1748-1755.
- Yükçü, S., & Atağan, G. (2009). Etkinlik, Etkililik Ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 1-13.
- Zha, Y., Zhao, L., & Bian, Y. (2016). Measuring Regional Efficiency of Energy and Carbon Dioxide Emissions in China: A Chance Constrained DEA Approach. *Computers & Operations Research*, 66, 351-361.
- Zuo, X., Hua, H., Dong, Z., & Hao, C. (2017). Environmental Performance Index at the Provincial Level for China 2006–2011. *Ecological Indicators*, 75, 48-56.

