



**TÜRK İMALAT SANAYİNİN BÖLGESEL DÜZEYDE ETKİNLİK,
VERİMLİLİK VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ (2003-2012)**

Yücel ÖZKARA

**DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2015

Yücel ÖZKARA tarafından hazırlanan “TÜRK İMALAT SANAYİNİN BÖLGESEL DÜZEYDE ETKİNLİK, VERİMLİLİK VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ (2003-2012)” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ATAK

Endüstri Mühendisliği ABD, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan : Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Endüstri Mühendisliği ABD, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Prof. Dr. İhsan ALP

İstatistiksel Bilgi Sistemleri ABD, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Doç. Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER

Endüstri Mühendisliği ABD, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kazım Barış ATICI

Sayısal Yöntemler ABD, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 15/06/2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Yücel ÖZKARA

15/06/2015

TÜRK İMALAT SANAYİNİN BÖLGESEL DÜZEYDE ETKİNLİK, VERİMLİLİK VE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ (2003-2012)

(Doktora Tezi)

Yücel ÖZKARA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2015

ÖZET

Bu çalışmada 2003–2012 yılları arasındaki dönemde Türkiye’de istatistikî bölge birimleri sınıflamasına göre düzey 2’de yer alan 26 adet bölgenin imalat sanayinin veri zarflama analizi (VZA) modelleri ile etkinlik ve toplam faktör verimliliği ölçümü yapılmıştır. Çalışmada tercih edilen girdi ve çıktı değişkenleri olarak sermaye stoku, istihdam, elektrik ile üretim değeri ve karbondioksit emisyonu alınmıştır. Çalışma kapsamında radyal VZA modelleri ve aylak temelli VZA modelleri olmak üzere iki tür VZA modeli üzerinden ekonomik etkinliğin yanı sıra, istenmeyen çıktı ve enerji girdisini de ele alan modeller ile enerji ve çevre boyutunu da içeren etkinlik değerleri hesaplanmıştır. Literatür incelendiğinde, ekonomi ya da sektör genelindeki çalışmalarda görülen bir eksiklik, etkinlik sonuçlarının değerlendirilmesinin sadece bir girdi ya da çıktı özelinde yapılması ve diğer üretim faktörlerine dair iyileştirme önerilerinin ihmal edilmesi olarak görülmektedir. Makro düzeyde yapılan etkinlik ölçümlerinin politika üretme süreçlerine katkıda bulunması amaçlandığında, tüm temel üretim faktörlerinin birlikte değerlendirilmesi, politikaların gerçekçi ve uygulanabilir bir temelde oluşturulması için önem arz etmektedir. Buradan hareketle, tez çalışmasında çevresel VZA teknolojisi ile kurulan aylak temelli modele sermaye stoku ve istihdama ilişkin azaltım miktarına üst sınır getirilerek yeni bir etkinlik ölçüm modeli geliştirilmiştir. Bu modelin amacı; bölgelerin etkin olmayan imalat sanayinin sermaye ve istihdam yapısını koruyarak, üretim miktarlarında artış ve enerji tüketimlerinde azaltım yoluyla etkin olabilmesi hususunda bilgi sunmaktır. Tez çalışmasında, radyal modeller yoluyla bölgelerin imalat sanayinin enerji tasarrufu potansiyelleri belirlenmiş, geliştirilen aylak temelli model ile de enerji yoğunluğu azaltım hedefleri hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, literatürde Türk imalat sanayi için hem bölgesel hem de ulusal düzeyde bahsi edilen dönem için ilk kez ortaya konulan bilgiler olması sebebiyle, bölgesel gelişme ve enerji verimliliği çalışmalarına ışık tutacak niteliktedir. Çalışmada elde edilen bu sonuçlar ile bölgesel gelişmişlik arasında U tipi bir ilişki görülmüştür. Ayrıca, bahsi edilen dönem için bölgeler düzeyinde toplam faktör verimliliği ve bileşenlerindeki değişimler hesaplanmış ve Türk imalat sanayi için ilk kez çevresel verimliliği ölçen Malmquist-Luenberger toplam faktör verimliliği değişim endeksi hesaplanmıştır.

Bilim Kodu : 906.1.148

Anahtar Kelimeler : veri zarflama analizi, imalat sanayi, etkinlik ölçümü, istenmeyen çıktı, enerji tasarrufu, enerji yoğunluğu, toplam faktör verimliliği

Sayfa Adedi : 208

Danışman : Doç. Dr. Mehmet ATAĞ

EFFICIENCY, PRODUCTIVITY AND ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF
TURKISH MANUFACTURING INDUSTRY AT REGIONAL LEVEL (2003-2012)

(Ph. D. Thesis)

Yücel ÖZKARA

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2015

ABSTRACT

In this study, efficiency and total factor productivity measurement of manufacturing industry in 26 regions of Turkey according to NUTS classification are performed using data envelopment analysis (DEA) between the years 2003 and 2012. Capital stock, employment and electricity consumption are considered as inputs; production value and carbon dioxide emissions are utilized as outputs. Efficiency measurement is conducted with two types of models: radial and slacks-based DEA models. Efficiency scores include not only economic efficiency but also energy and environmental efficiency by dealing with undesirable output and energy input. In the literature, most of the studies evaluate efficiency scores focusing on only one input or output and ignore the improvements on other production factors in evaluation. Efficiency assessments at macro level are aimed to contribute policy making. Thus, considering improvement recommendations of all factors in efficiency evaluation will provide a more realistic and applicable basis for policy making. From this point of view, a new slacks-based model which restricts reduction of capital and employment under environmental DEA technology is presented in the study. The purpose of this model is to present information for inefficient regions about how to be efficient by increasing production level and reducing energy consumption while conserving the capital and employment structure of manufacturing industry. In this thesis, regional energy saving potential of manufacturing industry is determined by radial DEA models and regional energy intensity reduction targets are calculated by proposed new slack-based model. These results are presented for the first time in literature regarding Turkish manufacturing industry at regional and national level; hence, this study introduces informative findings for regional development and energy efficiency studies for Turkey. The relation between these results and regional development is also investigated and a U-shaped relationship is found. Moreover, changes of total factor productivity indexes and its components are calculated for manufacturing industry of regions during the analysis period; and for the first time, Malmquist-Luenberger total factor productivity index which measures environmental productivity is employed for Turkish manufacturing industry

Science Code : 906.1.148

Key Words : data envelopment analysis, manufacturing industry, efficiency measurement, undesirable output, energy saving, energy intensity, total factor productivity

Page Number : 208

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mehmet ATAĞ

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması süreci de dâhil olmak üzere, lisansüstü öğrenimim boyunca katkıları ile bana yön veren kıymetli hocam Doç. Dr. Mehmet ATAĞ'a, bu süreçte desteklerini benden esirgemeyen tez izleme komitesi üyesi değerli hocalarım Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN ve Prof. Dr. İhsan ALP'e şükranlarımı sunarım.

Tez çalışması süresince gösterdikleri ilgi ve yardımlardan dolayı Doç. Dr. Diyar AKAY'a, İbrahim TAŞYURT'a, Dr. Mustafa YÜKSEL'e ve Şakir KARAKAYA'ya ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezimi, tüm bu çalışmalarım sırasında, destek ve ilgilerini benden esirgemeyen sevgili eşime ve aileme ithaf ediyorum.

Doktora öğrenimim boyunca sağladığı desteklerden ötürü, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. TEMEL KAVRAMLAR, ETKİNLİK ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI VE BÖLGE KAVRAMI	13
2.1. Verimlilik, Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Kavramları.....	13
2.1.1. Etkinlik ölçümünde temel kavramlar	16
2.1.2. Etkinlik sınırı	17
2.1.3. Teknik etkinlik ve ölçek etkinliği.....	19
2.2. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri	22
2.2.1. Oran analizi.....	22
2.2.2. Parametrik yöntemler	23
2.2.3. Parametrik olmayan yöntemler.....	24
2.3. AB Bölgesel Politikalarında Bölge Kavramı ve Türkiye İBBS Sistemi	25
2.3.1. AB bölgesel politikalarında bölge kavramı ve amacı.....	25
2.3.2. Türkiye’de İBBS ve Kalkınma Ajansları	27
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ METODOLOJİSİ.....	31
3.1. Literatür Araştırması	31
3.2. Veri Zarflama Analizi	43
3.2.1. Temel VZA modeli.....	43

	Sayfa
3.2.2. Referans teknoloji ve istenmeyen çıktıların modellenmesi	47
3.2.3. Veri zarflama analizinde referans teknoloji.....	48
3.2.4. Güçlü atılabilirlik varsayımı altında istenmeyen çıktılar	49
3.2.5. Zayıf atılabilirlik varsayımı altında istenmeyen çıktılar.....	49
3.2.6. Karar verme birimlerinin sayısı	53
4. İMALAT SANAYİNDE BÖLGESEL DÜZEYDE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİYLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ ..	55
4.1. Çalışmada Kullanılan Veri Kümesi.....	57
4.1.1. Üretim verileri	59
4.1.2. Sermaye stoku verileri	62
4.1.3. İşgücü verileri.....	67
4.1.4. Elektrik verileri.....	67
4.1.5. Karbondioksit emisyonu verileri	67
4.2. Radyal Modeller Yoluyla Etkinlik Ölçümü	68
4.2.1. Temel VZA modeli.....	69
4.2.2. İstenmeyen Çıktıların yer aldığı VZA modeli	71
4.2.3. Enerji dışı girdilerin sabitlendiği VZA modeli.....	73
4.2.4. Toplam faktör enerji etkinliği endeksi.....	75
4.3. Radyal Modellere Göre Etkinlik Sonuçları, TFEE Endeksleri ve Analizler..	76
4.3.1. RM1 modeli sonuçları	77
4.3.2. RM2 modeli sonuçları	79
4.3.3. RM3 modeli sonuçları	82
4.3.4. Türk imalat sanayinin bölgelere ve yıllara göre elektrik tasarrufu potansiyeli.....	84
4.3.5. Bölgesel gelişmişlik ile etkinlik ve enerji etkinliği ilişkisi	91
4.4. Aylak Temelli Modeller Yoluyla Etkinlik Ölçümü	94
4.4.1. Aylak temelli temel model (ATM1).....	95

Sayfa

4.4.2. İstenmeyen çıktının varlığında aylak temelli model (ATM2.1 ve ATM2.2)	96
4.4.3. Sermaye stoku ve istihdama ait aylak değişkenlerin sınırlandırmaları ile istenmeyen çıktıyı içeren aylak temelli model (ATM3).....	102
4.5. Aylak Temelli Modeller Göre Etkinlik Sonuçları ve Analizler	105
4.5.1. ATM1 modeli sonuçları	106
4.5.2. ATM2.1 ve ATM2.2 modellerinin sonuçları	107
4.5.3. ATM3 modelinin sonuçları	111
4.5.4. Çevresel düzenlemelerin fırsat maliyeti	118
4.5.5. Sermaye stoku ve istihdama yönelik azaltım sınırlamaları olması durumunda fırsat maliyeti.....	124
4.6. Etkinlik Ölçüm Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi.....	128
4.6.1. Model sonuçlarının enerji yoğunluğu azaltım hedefleri ile girdi ve çıktı iyileştirmeleri	129
4.6.2. Enerji yoğunluğu azaltım hedeflerinin ulusal hedeflerle karşılaştırılması.....	135
4.6.3. ATM3 modeli ile elde edilen iyileştirmeler ve gelişmişlik karşılaştırması	136
5. TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜMÜ	143
5.1. Uzaklık Fonksiyonları ve Etkinlik İlişkisi	144
5.2. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ve Metodolojisi.....	145
5.2.1. Çıktı odaklı Malmquist toplam faktör verimliliği hesaplaması için kullanılan VZA modelleri.....	146
5.2.2. Girdi odaklı Malmquist toplam faktör verimliliği hesaplaması için kullanılan VZA modelleri.....	147
5.3. Malmquist-Luenberger Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ve Metodolojisi.....	148
5.4. İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği Sonuçları	152
5.4.1. İstenmeyen çıktının olmadığı hesaplamalar (TFV1).....	152

Sayfa

5.4.2. İstenmeyen çıktı ve enerji girdisi üzerinden yapılan hesaplamalar (TFV2).....	154
5.4.3. Malmquist-Luenberger toplam faktör verimliliği endeksi (TFV3)	155
5.4.4. Toplam faktör verimliliği modellerinin karşılaştırılması	157
5.4.5. İmalat sanayinde TFV değişimlerinin değerlendirilmesi	160
6. TARTIŞMA.....	165
6.1. Enerji Tasarrufu Potansiyeli Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	165
6.2. Enerji Yoğunluğu Azaltım Hedefi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	167
6.3. ATM2.1 ve ATM2.2 Modellerinin Değerlendirilmesi.....	168
6.4. Toplam Faktör Verimliliği Değişimi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	169
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	171
KAYNAKLAR	179
EKLER.....	189
EK-1. Türkiye İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflaması (İBBS)	190
EK-2. RM3 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları.....	192
EK-3. ATM1 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları	195
EK-4. ATM2.1 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları	198
EK-5. ATM2.2 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları	201
EK-6. ATM3 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları	204
EK-7. Bölgelerin imalat sanayinin yıllar itibariyle elektrik yoğunlukları	207
ÖZGEÇMİŞ	208

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Literatürde öne çıkan bazı çalışmalar	40
Çizelge 3.2. Literatürde tercih edilen girdi ve çıktı türleri	41
Çizelge 3.3. Girdiye yönelik CCR modeli	46
Çizelge 4.1. Türkiye İBBS Düzey 2 Bölgeleri	57
Çizelge 4.2. Yerel birim ve ekonomik faaliyetlere göre imalat sanayinde üretim ve ciro değerleri (cari fiyatlarla)	60
Çizelge 4.3. TR10 İstanbul için 2005 yılı üretim değeri tahmini örneği	60
Çizelge 4.4. Tahmin edilen üretim değerlerinin gerçek değerlerle karşılaştırılması	61
Çizelge 4.5. Üretim ve yatırım serileri için kullanılan deflâtörler	66
Çizelge 4.6. Girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki korelasyonlar	68
Çizelge 4.7. Bölgelere ve yıllara göre RM1 modeli etkinlik değerleri	77
Çizelge 4.8. Bölgelere ve yıllara göre RM1 modeli ile elde edilen TFEE1 endeksi	79
Çizelge 4.9. Bölgelere ve yıllara göre RM2 modeli etkinlik değerleri	80
Çizelge 4.10. Bölgelere ve yıllara göre RM2 modeli ile elde edilen TFEE2 endeksi	81
Çizelge 4.11. Bölgelere ve yıllara göre RM3 modeli etkinlik değerleri	83
Çizelge 4.12. Bölgelere ve yıllara göre RM3 modeli ile elde edilen TFEE3 endeksi	84
Çizelge 4.13. Yıllar itibariyle imalat sanayi enerji tasarrufu potansiyeli	87
Çizelge 4.14. RM3 modeline göre imalat sanayinin bölgesel ve ulusal düzeyde elektrik tasarrufu potansiyeli (GWh)	88
Çizelge 4.15. İBBS-Düzey 2 bölgelerinin 2004-2011 dönemi kişi başına gayri safi katma değerleri (\$)	92
Çizelge 4.16. İstenmeyen çıktıda aylak değişken kullanımına dair literatür	98
Çizelge 4.17. Bölgelere ve yıllara göre ATM1 modeli etkinlik değerleri	107
Çizelge 4.18. Bölgelere ve yıllara göre ATM2.1 modeli etkinlik değerleri	108
Çizelge 4.19. Bölgelere ve yıllara göre ATM2.2 modeli etkinlik değerleri	109
Çizelge 4.20. Bölgelerin RM2 ve ATM2.2 ortalama etkinlik değerlerine göre sıraları	110

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.21. Bölgelere ve yıllara göre ATM3 modeli etkinlik değerleri	112
Çizelge 4.22. ATM3 modellerinde etkin olmayan ve referans kümeye giren bölgeler.	116
Çizelge 4.23. Önerilen yaklaşım ile hesaplanan ATM3 modeli sonuçları	117
Çizelge 4.24. ATÇE endeksi için örnek.....	120
Çizelge 4.25. ATÇE endeksine göre çevresel düzenlemelerin fırsat maliyeti (milyon TL).....	121
Çizelge 4.26. Çevresel düzenlemeler sonucunda ton CO ₂ emisyonu başına ekonomik kayıplar (TL)	122
Çizelge 4.27. GASE endeksi için örnek.....	125
Çizelge 4.28. GASE endeksine göre girdi azaltım sınırlandırmalarının fırsat maliyeti (milyon TL)	127
Çizelge 4.29. Yıllara göre modellerin etkinlik değerleri ortalaması.....	128
Çizelge 4.30. Yıllara göre modellerin enerji tasarrufu potansiyelleri, enerji yoğunluğu azaltım hedefleri ve iyileştirmeler.....	131
Çizelge 5.1. TFV1'e göre bölgelerin ortalama toplam faktör verimliliği değişimleri...	153
Çizelge 5.2. TFV2'ye göre bölgelerin ortalama toplam faktör verimliliği değişimleri.	155
Çizelge 5.3. TFV3'e göre bölgelerin ortalama toplam faktör verimliliği değişimleri...	156
Çizelge 5.4. Toplam faktör verimliliği değişim endekslerinin ve bileşenlerinin yıllara göre karşılaştırılması.....	158
Çizelge 6.1. Tasarruf potansiyellerinin literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılması	166
Çizelge 6.2. Enerji yoğunluğu azaltım hedefinin literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılması.....	168

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Üretim imkân kümeleri.....	17
Şekil 2.2. Girdiye yönelik etkin sınır	18
Şekil 2.3. Çıktıya yönelik etkin sınır	19
Şekil 2.4. Teknik etkinlik ve ölçek etkinliği	19
Şekil 2.5. Teknik değişme.....	22
Şekil 3.1. Çıktıların zayıf ve güçlü atılabilirliği	51
Şekil 4.1. Tez çalışmasında etkinlik ölçümü için kullanılan modellerin şeması	56
Şekil 4.2. Bölgelerin analiz dönemindeki on yıllık toplam elektrik tasarrufu potansiyeli.....	85
Şekil 4.3. Türk imalat sanayinin yıllara ve modellere göre toplam elektrik tasarrufu potansiyeli.....	86
Şekil 4.4. Bölgesel gelişmişlik gruplarına göre modellerin etkinlik skoru ortalamaları	92
Şekil 4.5. Bölgesel gelişmişlik gruplarına göre modellerin TFEE endeksi ortalamaları	93
Şekil 4.6. TRA1 ve TR82 bölgelerinde sermaye stoku ve üretimin seyri	113
Şekil 4.7. ATM3 modelinde tutarlı çözümün sağlanması için önerilen yaklaşım	115
Şekil 4.8. Bölgesel gelişmişlik gruplarına göre toplam fırsat maliyeti ve emisyon başına üretim kaybı ortalaması	123
Şekil 4.9. Radyal ve aylak temelli modellerde fırsat maliyeti karşılaştırması.....	124
Şekil 4.10. Türkiye geneli ve imalat sanayinin enerji yoğunluğu karşılaştırması	135
Şekil 4.11. Modellere göre imalat sanayinin enerji yoğunluğu seviyesi ve azaltım hedefleri.....	136
Şekil 4.12. Yıllar itibariyle ATM3 modeline göre imalat sanayi genelinde iyileştirmeler	137
Şekil 4.13. Bölgesel gelişmişlik gruplarına göre ATM3 modelinin etkinlik skoru ve elektrik yoğunluğu azaltım hedefi ortalamaları	139
Şekil 5.1. Girdiye yönelik (A) ve çıktıya yönelik (B) uzaklık fonksiyonu.....	144

Şekil	Sayfa
Şekil 5.2. Uzaklık fonksiyonları	149
Şekil 5.3. Dönemler arası ölçümde uzaklık fonksiyonları	150
Şekil 5.4. TFFV1'e göre toplam faktör verimliliği değişimi ve bileşenleri	153
Şekil 5.5. TFFV2'ye göre toplam faktör verimliliği değişimi ve bileşenleri	154
Şekil 5.6. TFFV3'e göre toplam faktör verimliliği değişimi ve bileşenleri	156
Şekil 5.7. TFFV1 sonuçlarına göre 2003–2012 döneminde bölgelerin ortalama verimlilik değişimleri	159
Şekil 5.8. TFFV3 sonuçlarına göre 2003–2012 döneminde bölgelerin ortalama verimlilik değişimleri	160
Şekil 5.9. TFFV değişimlerinin diğer verimlilik değişkenleriyle ilişkisi	161
Şekil 6.1. TFFV değişimi bulgularının Saylam Bölükbaş (2013)'a göre değerlendirilmesi	169

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 4.1. RM3 sonuçlarına göre bölgelerin enerji tasarrufu potansiyeli ortalaması (2003-2012).....	90
Harita 4.2. ATM3 sonuçlarına göre bölgelerin enerji yoğunluğu azaltım hedefi ortalamaları (2003-2012)	138
Harita 5.1. TFM3 sonuçlarına göre bölgelerin toplam faktör verimliliği değişimleri ortalamaları (2003-2012)	164



1. GİRİŞ

Ülkelerin ana hedeflerinden biri olan ekonomik gelişme ve bu bağlamda şekillenen kalkınma kavramları ekonominin yönetimi açısından hep ön planda olagelmıştır. Refah artışının yanında bu artışın dengeli dağılımı toplumsal gelişme ve sosyal refah için gereklidir. Dağılımın mekânsal boyutu olarak bölgesel düzeyde de ekonomik gelişmenin doğru yansıtılması, bölgesel farklılıkların azaltılması için önem arz etmektedir. Bölgesel gelişmişlik farklarının tüm boyutları ile irdelenmesi hangi faktörlerin ne oranda bölgesel gelişmişliğe etki ettiğinin bilinmesi bakımından ilgi çekmektedir.

Bir ekonominin performansını belirleyen pek çok faktör bulunmaktadır. Sanayi yapısı, mevcut teknoloji, sermaye birikimi, işgücü, enerji ve hammadde gibi etmenlerin yanı sıra iş ilişkileri, işgücünün niteliği, entelektüel sermaye, teknolojinin bilgi boyutu gibi pek çok somut ve soyut etmen; üretimi, kaynak kullanımındaki etkinliği, verimliliği, ekonomik gelişmeyi, kalkınmayı, gelir dağılımını ve diğer pek çok iktisadi göstergiyi etkilemektedir.

Bölgesel farklılıklar makro ekonomik düzeyde görülmekle beraber, bölgelere birer ekonomik birim olarak bakıldığında bölgelerin üretim ve nüfus yapıları, geçim kaynakları, üretim biçimleri ve tüketim davranışları gibi pek çok boyutta göze çarpmaktadır. Sektörel düzeyde bakıldığında ise kimi bölgelerde bazı sektörlerin yoğun faaliyet gösterdiği, kimi bölgelerde ise daha homojen bir sektörel yapıda olduğu göze çarpmaktadır. Bölgesel farklılıkları, pek çok sakıncası ortaya çıkan ve istenilen başarıya ulaşmayan merkezi bir bölüşüm yerine, yerel potansiyellerin ortaya çıkarılması ve etkin değerlendirilmesi ile azaltmak dünyada önem kazanan bir yaklaşım olarak görülmektedir.

Ekonomik gelişmenin sürdürülebilirliği, orta dönemde verimlilik artışları ile sağlanabileceğinden; verimlilik, ekonomik büyümenin en temel yapıtaşını oluşturmaktadır. Verimlilik artışı, bu bağlamda üretim kaynaklarının etkin kullanımlarının bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkelerin ekonomik büyüme düzeylerinin farklılaşmasının altında yatan temel neden verimlilik düzeylerinin farklılığından ileri gelmektedir (Altıok ve Tuncer, 2013). Benzer şekilde, imalat sanayinin bölgeler arası gelişmelerinde gözlenen farklılıkların nedenleri arasında da bölgelerin verimlilik farklılıkları bulunmaktadır. Bu nedenle bölgesel gelişmenin sürdürülebilir biçimde sağlanması amacıyla, lokomotif sektör olan imalat sanayinin, bölgesel düzeyde verimlilik değişimlerinin ölçülmesi ve

bileşenlerinin belirlenmesi, bölgesel gelişmenin sürdürülebilmesi açısından karar vericilere yön verecektir. Bölgesel gelişmişlik seviyelerinin sürdürülebilir bir yapıda artması ve az gelişmiş bölgelerin diğer bölgelere yakınsaması teknolojik gelişme temelinde yaşanacak verimlilik artışları ile olacaktır. Bölgesel verimlilik ölçümü üzerinden bölgelerin rekabetçiliği, istihdamı ve sanayi yapısını geliştiren politikalar tasarlanmalıdır.

Diğer taraftan içinde bulunduğumuz yirmi birinci yüzyıl enerji ve çevre konularının her zamankinden daha fazla incelendiği ve üzerinde durulduğu bir dönem olacaktır. Bunun nedeni şüphesiz insanlığının ortak geleceğini tehdit eden ve etkilerini yavaş yavaş hissettirmeye başlayan küresel ısınma ve iklim değişikliği gerçekleridir. Dünyada her geçen gün daha fazla fosil kaynaklı enerji tüketilmekte ve bu tüketimin sebep olduğu sera gazları olarak ifade edilen zararlı gazlar ve kirleticiler çevreye karışarak küresel ısınmaya yol açmaktadır. Ayrıca, ülkelerin enerji taleplerinin ekonomik gelişmeleri ile birlikte artması sonucu enerjinin yönetimi günümüzde daha önemli bir hale gelmiştir. Enerji kaynakları kıt olan ülkeler dışında net enerji ihracatçısı olan ülkeler için de kritik bir duruma dönüşen enerji kaynaklarının tükeneceği olgusu, ülkelerin politika ve stratejilerine daha etkili biçimde yön vermektedir. Enerji dışında diğer hammadde ve doğal kaynaklar için de geçerli olan bu durum, sürdürülebilir kalkınma kavramının temelini oluşturmaktadır. Özellikle dünyanın en çok tükettiği enerji kaynağı olan fosil yakıtların çevresel etkilerinin de dünya genelinde artık hissedilir hale gelmesi enerji ve çevre sistemlerinin bütüncül olarak ele alınması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Enerji ve çevre etkileşimini dikkate alarak ülkeler, enerji kullanımında etkinliği ve verimliliği ön plana çıkaran, teknolojik gelişme ve değişimleri bu ekseninde yapılandıran politikalara ihtiyaç duymaktadırlar. Ekonomik gelişme sürecinde olan Türkiye için de diğer ülkeler ile rekabet edilebilirlik ve verimli ekonomik büyüme hedefleri, doğru ve etkili politikalar ile gerçekleşecektir.

Türkiye'nin içinde bulunduğu gelişme ve kalkınma sürecinde enerji tüketimi ekonomik büyümeye paralel biçimde artmaktadır. Enerji tüketimi artışı, gelişmekte olan ülkelere olduğu gibi ekonomik büyüme hızının üzerinde seyretmektedir. Enerji tüketiminin bir anlamda gelişmişlik göstergesi olmasının yanında bu tüketimin kişi başına düşen değerlerinin gelişme ile beraber hızla artıyor olması da enerji sistemlerinin yönetimi, planlanması, modellenmesi ve kıyaslanması konularını, bilim dünyasının ve ülkelerin enerji yönetimlerinin gündeminde daha fazla yer tutar hale getirmiştir.

Dünyada küresel iklim değişikliğiyle mücadelede sera gazı emisyonlarının azaltılması ya da en azından sabit tutulması yönünde çareler aranmaya başlanmıştır. Ülkeler, mevcut ekonomik büyüme trendlerini aksatmayacak biçimde sera gazı emisyonlarını azaltmaya çalışmakta ve bu yolda küresel hedeflere ulaşmak için kendi ulusal politikalarını uygulamaya başlamışlardır. Sera gazlarının ana kaynağı olan fosil yakıt tüketimlerini azaltmak bu politikalarının ana ekseninde yer almaktadır. Fosil kaynaklarda azalış yerine ikame edilecek enerji kaynağı bulma zorunluluğu ortaya çıkarmakta ve bu zorunluluk ülkeleri temiz enerji kaynaklarına yöneltmektedir. Fosil kaynaklarının tüketimlerindeki azalma ayrıca üretimden tüketime tüm enerji dönüşüm süreçlerinin etkinliklerinin ve verimliliklerinin artışı ile sağlanabilir.

Ülkeler, mevcut teknolojik yapıları ile küresel sera gazı emisyonlarına katkı vermektedirler. Ancak teknolojik farklar, enerji yoğunluğu göstergelerinden de anlaşılacağı üzere sera gazı emisyonlarına doğrudan etki etmektedir. Aynı miktardaki çıktıyı daha az enerji ile üreten bir ekonomik birim doğal olarak daha az emisyon ortaya çıkaracaktır. Enerji kullanımı ve ekonomik çıktı arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda genellikle enerji yoğunluğu ve enerji etkinliği olmak üzere iki kavram yer almaktadır. Bu iki kavram farklı açılardan benzer bir durumu ifade etmektedirler. Enerji etkinliği esasında teknolojiye ve üretim yöntemlerine bağlı olan bir gösterge olup aynı zamanda ekonomilerin enerji performanslarının değerlendirilmesinde sıklıkla başvuru alan enerji yoğunluğunu (üretim değeri başına enerji tüketimi) da etkilemektedir. Enerji yoğunluğu tüketici istek ve tercihlerinden; yaşam standartları ve alışkanlıklar gibi yapısal koşullardan etkilenmektedir. Enerji yoğunluğu kısmi faktör verimliliği anlamıyla sadece enerjinin tüketim boyutuyla ilgilenmektedir. İktisadi anlamı ile enerji etkinliği ise, toplam faktör bakış açısı ile hesaplandığında enerji yoğunluğundan farklılaşmakta ve daha açıklayıcı olmaktadır.

Enerji kaynaklarının tükenir olduğunun ve artan enerji kullanımının çevreye giderek daha fazla zarar verdiğinin anlaşılması ile birlikte enerjiyi etkin bir şekilde üretmek, üretilen enerjiyi etkin kullanmak, enerji tüketiminin çevreye verdiği zararları yönetebilmek; enerji ile çevre konularında ileriye dönük rasyonel politikalar geliştirebilmek gibi politika yapımına dair konular geçmişe nazaran çok daha fazla üzerinde durulur hale gelmiştir. Enerji ve çevre konularına yönelik son otuz yılda ortaya çıkan ve gittikçe artan bu farkındalık, bu alanlarda birçok teknik ve yaklaşımın geliştirilmesinin yolunu açmıştır. Ekonometrik ve istatistiksel yöntemler, optimizasyon, doğrusal programlama temelli

yaklaşımlar ve karar analizi teknikleri gibi birçok matematiksel yöntem, enerji ve çevre alanında uygulama olanağı bulmuştur. Bu yöntemler, enerji ve çevre politikalarını hem makro, hem de mikro düzeylerde daha iyi şekilde analiz etmek amacı ile enerji ve çevre alanına uygun hale getirilerek yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Ekonomiler, tarım, sanayi ve hizmet sektörlerinin bütününden oluşmaktadır. Sanayi kesimi, özellikle de imalat sanayi, ekonomik gelişme açısından bakıldığında ülke ekonomisinin üretken gücünü temsil etmektedir. Kalkınma hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için sanayi kesiminde üretim artışlarının yüksek düzeyde olması gerekir. Sanayi sektörü, diğer tarım ve hizmet sektörlerinden her türde ara girdi talep etmekte, tarım ve hizmetler için yaşamsal ürünleri üretmekte ve dış ticarete konu olan pek çok ürün de sanayi kesimi tarafından işlenmektedir. Aynı zamanda sanayinin ortaya koyduğu katma değer ve refahtan tarım ve hizmetler hem faydalanmakta, hem de kendi üretimlerinin talebini sanayi kesiminde bulmaktadırlar. Tarımı özel üretim yapısından ve biyolojik kaynaklarından dolayı ayrı tutmak gerekirse, özellikle hizmet sektörü sanayi gelişimi ile dinamizm kazanmaktadır. Aynı zamanda sanayi sektörü diğer sektörler tarafından gereksinim duyulabilecek teknik ve yönetsel bilgilerin de kaynaklandığı yer olarak önemlidir. Sanayi sektörü yalnızca ürün değil bilgi de ortaya koymaktadır.

Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflamasında (NACE), sanayi kesimi imalat sanayi, madencilik ile elektrik ve gaz üretimi ve dağıtım faaliyetleri olmak üzere üç temel bölümden oluşmaktadır. İmalat sanayi, istihdam ve üretim artışındaki azımsanmayacak katkısı nedeniyle ekonomilerin kalkınma ve büyüme sürecindeki itici gücü olarak nitelendirilmekte ve gelişmekte olan ülkeler için ayrı bir konumda bulunmaktadır. Çünkü imalat sanayi, sanayi kesiminde teknolojik ve yönetsel bilginin ortaya çıktığı, uyumlaştırıldığı ve ekonominin diğer kesimlerine aktarıldığı yegâne sanayi sektörü olmasından dolayı, tüm ülkelerde sürdürülebilir kalkınmanın anahtar sektörü olmaktadır. Örneğin, imalat sanayinin geliştirdiği teknolojilerden tarımsal makineler ve zirai ilaç, gübre gibi kimyevî maddeler tarımda; iletişim araçları, bilgi teknolojileri ve ulaştırmaya dönük makina ve teçhizatlar hizmet sektöründe verimliliğin artışına doğrudan etki etmektedir. Tüm bu yönleriyle imalat sanayi, kalkınma, refah artışı ve ekonomik gelişme için kilit rol oynamaktadır.

İmalat sanayinin ekonomi içinde bahsedilen bu rolü, Türkiye için de geçerlidir. Tüm teknolojik seviyelerde sanayileşmenin sağlanması ve erişilen bu yapı ile ortaya çıkan refahın hem diğer sektörlerde hem de mekansal anlamda tüm ülkede uygun biçimde bölüşümünün sağlanması, sürdürülebilir, dengeli ve dinamik bir kalkınma sürecini ortaya çıkaracaktır. Türkiye’de imalat sanayinin 2012 yılı itibariyle ekonomi içindeki yerine bakılacak olursa imalat sanayi, çalışanlar sayısının %27,3’ünü, girişim sayısının ise %12,7’sini; üretim değerinin %45,4’ünü ve faktör maliyetiyle katma değer %33,7’sini oluşturmaktadır (TÜİK, 2014a). 2012 yılında imalat sanayinin cari fiyatlarla gayri safi yurtiçi hasıladaki payı ise %15,5 olmuş (TÜİK, 2014b), toplam ihracattaki payı ise %93,9 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2013a). Bu haliyle ihracatın çok büyük bir kısmını; ekonomik üretimin ise yaklaşık olarak yarısını tek başına ortaya koyan imalat sanayinde, bu üretimin etkin ve verimli biçimde yapılması sonucu elde edilecek kaynak tasarrufu ve bununla birlikte gerçekleşecek üretim artışları, ülke ekonomisine oldukça büyük katkı sunacaktır.

İmalat sanayinin toplam ekonomiye katkısını ortaya koyan Tuncer ve Özügurlu (2004)’nin çalışmasındaki bulgulara kısaca değinmek gerekirse toplam ekonominin çoklu faktör üretkenliğine en fazla katkıyı %34 ile imalat sanayi vermektedir. Ayrıca 1982–2000 yılları arası imalat sanayinin yıllık ortalama %5,65 oranında büyüdüğü, bu yüzde büyümenin kaynaklarına bakıldığında ise 3,93’ünün sermaye birikiminden, 0,33’ünün işgücü artışlarından, 1,39’unun da verimlilik artışından kaynaklandığı ortaya konulmuştur. Daha güncel olan Saylam Bölükbaş (2010)’ın çalışmasına göre ise imalat sanayinde 1976–2009 döneminde ekonominin yıllık ortalama büyümesi % 4,23 olarak gerçekleşmiştir. Bu yüzde büyümenin 2,86’sı sermaye birikiminden, 0,74’ü istihdam artışından ve 0,63’ü verimlilik artışından kaynaklanmaktadır.

Büyüme muhasebesi yaklaşımıyla ele alınan verimlilik araştırmaları özellikle verimliliğin hangi bileşenler ile geliştiğinin; teknolojik ilerlemelerin ve bunun yarattığı etkilerin belirlenmesi amacı ile yapılmaktadır. Burada bahsi geçen teknolojik gelişim sermaye ve ara mallar gibi somut varlıklar içinde içerilmiş (ing. *embodied*) olabileceği gibi, yeni iş yapıları, örgütsel yapılar, bilim ve teknolojiye, yöntem ve tekniklerdeki gelişmeler gibi içerilmemiş (ing. *disembodied*) biçimde de olabilir. Bu gelişmelerin toplam üzerinde açıklanamayan kısmı tüm üretim faktörlerinin bileşimi ile ortaya çıkan bir artık olarak ele alınmakta ve toplam faktör verimliliği ile incelenmektedir. Toplam faktör verimliliği bir

ekonominin üretim yeteneğinin (kapasitesinin) bilgisini de içermektedir. Ayrıca, çevre konularının giderek daha fazla önem kazanması nedeniyle, Türk imalat sanayinin yapısını daha iyi incelemek adına çevresel boyutu da içeren bölgesel düzeyde bir toplam faktör verimliliği değişim endeksi hesaplaması gerekli görünmektedir. Bu gereksinimi karşılamak amacıyla, bölgelerin Malmquist-Luenberger toplam faktör verimliliği değişim endeksi ilk kez bu tez çalışmasında hesaplanmıştır.

Verimlilik araştırmalarının bir diğer amacı da var olan teknoloji ve mevcut girdiler ile en yüksek çıktının ortaya konmasını ifade eden “etkinlik” üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu değerlerin ortaya konması etkin durumdan uzaklaşma anlamında etkinsizlikleri belirleme ve bunu giderecek faaliyetlerde bulunmayı sağlar. Kaynakları israf etmeden etkin biçimde kullanmak, verimliliği doğrudan etkileyecektir. Oluşacak yüksek verimlilik artışları, ekonomik büyümeye büyük oranda temel oluşturacaktır.

Genel anlamda verimlilik analizleri, verimlilikteki değişimi bahsedilen çerçevede teknolojik gelişme, etkinlik değişimi ve ölçek etkileri olarak ayrıştırabilmektedir. Böylece bu ayrıştırma ile elde edilen bilgiler analiz edilen birimlerin politika oluşturmalarında kullanılabilir, üretime ilişkin diğer değişkenlerin belirlenmesine yönelik analizlere kaynaklık edebilir. Türkiye’de bölgesel gelişmişlik farklılıklarının olduğu bilinmekte ve bu farklılıkların giderilmesi hususuna önem verilmektedir. Ekonomik gelişme dinamiklerinin giderek karmaşık hale gelmesiyle birlikte bölgesel ve yerel ekonomiler, ekonomik yapılanma ve gelişmenin temeli kabul edilmektedir. Ülkemizde üretim biçimleri ve teknoloji düzeyinin gelişmiş ülkelere kıyasla düşük olduğu kabul edilirse bölgesel gelişme araçlarının ekonominin mekânsal organizasyonu açısından önemli bir rol üstlenebileceği söylenmektedir (Devlet Planlama Teşkilatı [DPT], 2008). Ekonomik gelişmenin ana belirleyicisinin imalat sanayi olması nedeniyle bölgesel gelişmenin sağlanabilmesi için bölgesel düzeyde imalat sanayinin üzerinde önemle durulmaktadır.

Literatür araştırmasında da değinileceği üzere pek çok çalışma verimliliğin bileşenleri ortaya çıkarmaya yönelik gerek dönemsel gerekse mekânsal çalışmalardır. Türk imalat sanayinin ele alındığı pek çok çalışma 2001 yılı öncesi döneme dair yapılmıştır. Zira 2001 yılı ve öncesinde TÜİK tarafından yapılan imalat sanayi anketi ayrıntılı istihdam, kamu-özel sektör ayrımı, sermaye stokuna ilişkin temsil edici olarak çevrici güç kapasitesi, sabit sermayeye yıl içerisinde yapılan gayri safi ilaveler, girdi, çıktı, katma değer gibi pek çok

değişkeni iller düzeyinde içermektedir. Bu ayrıntıda yapılan anket sonucunda gerçekleşen çalışmalarda imalat sanayi ve alt kollarında dönemsel ve mekânsal pek çok analiz kolaylıkla yapılabilmiştir. Ancak Türkiye’de 2001 sonrası AB uyumu sürecinde Eurostat ile uyumlu istatistik sistemi uygulamaya girmiş, kapsam ve değişkenlerde farklılıklar oluşmuş, açık olarak ifade etmek gerekirse seriler kırılmaya uğramıştır. Daha önce uygulanan anket 10 ve daha fazla çalışanı olan işyeri kapsamında yapılmakta iken 2002 ve sonrasında uygulanan Eurostat ile uyumlu anket 25 ve daha fazla çalışanı olan girişimler ve yerel birimler üzerinden yapılmaya başlanmıştır. Verilerde oluşan bu kırılma, 2001 yılı öncesi ve 2002 yılı sonrası olarak iki dönemde yıllık sanayi ve hizmet istatistiklerini ayırmıştır.

2002 yılında kurulan İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırması ile bölgelerin sosyo-ekonomik analizlerinin yapılması ve bölgesel politikaların çerçevesinin belirlenmesinde bu sistemin kullanılması öngörülmektedir. Tez çalışması kapsam itibarıyla istatistikî bölge birimleri sınıflamasını kullanmakta ve böylece imalat sanayinde bölgesel düzeyde bilgi üretimine katkı sağlamaktadır.

Büyüme iktisadında, büyümeyi etkileyen nedenlerin arasında işgücünün yüksek verimli sektörlerden düşük verimli sektörler kayması da yer almaktadır. Bu görüşe göre işgücü, geleneksel sektörlerden modern sektörler doğru hareket etmektedir (Altıok ve Tuncer, 2013). Sanayileşmenin bir sonucu olarak tarımdan sanayiye ve hizmetler sektörüne geçişler söz konusu olmaktadır. Bölgesel açıdan bakıldığında, istihdam artışı sağlayamayan imalat sanayi, az gelişmiş bölgelerde tarımsal üretimde çalışan işgücünün doğrudan hizmetler sektörüne geçmesine yol açmakta ve Türkiye özelinde değerlendirildiğinde ise bu durum, hizmetler sektörünün yoğunlaştığı bölgelere, az gelişmiş bölgelerden bir iç göç hareketinin yaşanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bölgesel düzeyde imalat sanayinin gelişiminin istihdam yaratacak şekilde sağlanması, sosyo-ekonomik nedenlerle de gerekli olmaktadır.

Üretim sistemlerinde ilgili üretim teknolojisini en iyi biçimde temsil edecek üretim faktörlerinin ele alındığı modeller, veri zarflama analizi ve ilgili pek çok yaklaşım ile geniş bir alanda uygulanmıştır. Veri zarflama analizinin güçlü yönleri araştırmacılara hem etkinlik karşılaştırması hem de toplam faktör verimliliği endeksleri hesaplamalarına yardımcı olmaktadır. Bu metodoloji ile sermaye stoku, istihdam, enerji tüketimi gibi

üretimin ana girdilerini ve üretim değeri, gayri sâfi yurtiçi hâsıla gibi çıktıları esas alan çalışmalar yaygın biçimde literatürde yer almaktadır. Çevresel performans ölçümü söz konusu olduğunda ise istenmeyen çıktı olarak emisyonlar analizlere dâhil edilmektedir. İstenmeyen çıktılar, veri zarflama analizi modellerinde üretim teknolojisi geliştirilerek uygulanmaya başlanmıştır. Buna benzer şekilde teorik yönden veri zarflama analizinde yapılan her yenilik, etkinlik analizi ve performans ölçümünde yeni bakış açılarını ve yaklaşımları beraberinde getirmektedir.

Bu çalışmada veri zarflama analizi kullanılarak Türkiye’de imalat sanayinin bölgesel düzeyde enerji ve çevre performansını da içeren etkinlik ölçümü yapılmaktadır. Enerji ve çevre performansını iyi bir şekilde değerlendirmek üzere, toplam faktör bakış açısı ile istenmeyen çıktı durumunu da hesaba katan radyal ve aylak temelli veri zarflama analizi modeller sunulmuş ve 2003–2012 yılları arasındaki dönem değerlendirilmiştir. Mevcut veri zarflama analizi modellerinin makro seviyede uygulanması sonucu üretim birimlerinin etkinliklerinin artırılması yönünde elde edilen önerilerin, girdilerin yapıları ve ekonominin öncelikleri bakımından ele alındığında çoğu zaman gerçekçi olmaması, mevcut modellerin bir dezavantajı olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, etkinlik ölçümü sonucunda gerçekçi iyileştirme önerileri sağlamak için çalışmada aylak temelli veri zarflama modelleri farklı girdi değişkenlerine ilişkin yeni kısıtlarla modellenmiş, mevcut modeller üzerinden geliştirilen yeni model de elde edilen sonuçlar açısından değerlendirilmiştir.

Bu çalışma, Türk imalat sanayi için hem ulusal hem de İBBS Düzey 2 kapsamında bölgesel düzeyde aşağıdaki sorulara yanıt aramaktadır:

- Bölgelerin imalat sanayinin, sadece ekonomi değil, enerji ve çevre boyutları da ele alındığında etkinlik düzeyleri nedir? Bu etkinlik düzeyleri, bölgesel gelişmişlik ile değerlendirildiğinde nasıl bir farklılık göstermektedir?
- Türkiye’de sanayinin enerji tasarrufu potansiyelinin, farklı yaklaşımlar çerçevesinde yaklaşık %25 civarında olduğu tahmin edilmektedir. İmalat sanayinin genel yapısı toplam faktör bakış açısı ile göz önüne alındığında, bu potansiyel nedir ve bölgeler düzeyinde nasıl bir farklılık göstermektedir?
- Türkiye’nin 2023 yılı hedefleri doğrultusunda hazırlanan strateji belgelerinde enerji yoğunluğunun %20 oranında azaltılması hedeflenmektedir. Acaba bu oran imalat

sanayi için de geçerli ve gerçekleştirilebilir midir? Ulusal hedeflerin başarılmasında, imalat sanayinin enerji yoğunluğu azaltımına katkısı anlamlı olacak mıdır?

- Literatürdeki çalışmalarda, Türkiye'nin çevresel performansının artırılması için emisyonlar özelinde vergilendirme yapılması önerilmektedir. Böyle bir emisyon vergisinin uygulanması ya da benzer bir çevresel düzenlemenin getirilmesi durumunda, imalat sanayinde ortaya çıkacak sınırlamaların fırsat maliyeti ne olacaktır ve bölgeler düzeyinde böyle bir uygulama karşısında ortaya çıkacak üretim kayıpları nasıl bir dağılım gösterecektir?
- Sadece imalat sanayi özelinde değil, sektörel ya da uluslararası kıyaslamalar için toplam faktör bakış açısıyla kullanılabilecek, enerji ve çevre performansını da bütünleşik olarak belirleyen, uygulanabilir ve gerçekçi öneriler sunan VZA modeli ne olmalıdır?

Yukarıdaki sorulara yanıt vermek üzere bu çalışmanın amacı, Türk imalat sanayinde, bölgesel düzeyde etkinliği, enerji ve çevre boyutlarını da içine alacak şekilde ölçmek ve değerlendirmek, bu ölçüm neticesinde elde edilen ekonomik bulgular ile bölgelerin enerji etkinliklerini ve enerji tasarrufu potansiyellerini belirlemek; literatürde yer alan yaklaşımların girdi azaltımları üzerindeki olumsuz bazı yönlerini gidermek ve bölgelerin sermaye ve işgücü miktarlarını en rasyonel biçimde belirlemek üzere geliştirilen yeni ölçüm yaklaşımını da değerlendirerek ulusal ve bölgesel düzeyde en uygun enerji yoğunluğu azaltım hedeflerini tespit etmektir. Ayrıca elde edilen bulguların, ekonomik gelişmişlik ile karşılaştırılması yoluyla imalat sanayinin bu anlamda karakteristiklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Bunun yanında 2003 yılı ve sonrasında, imalat sanayinin bölgesel düzeyde toplam faktör verimliliği ve bileşenlerinin değişimlerini hesaplamak ve analiz etmek çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır. Toplam faktör verimliliği değişimini istenmeyen çıktıları da ele alarak çevresel verimlilik performansını ölçen Malmquist-Luenberger endeksi de Türk imalat sanayi için ilk kez bu çalışmada uygulanmıştır. Ayrıca, emisyonları sınırlayan bir çevresel düzenlemenin olması durumunda bölgelerin karşılaşacağı üretim kayıpları fırsat maliyetleri olarak hesaplanmış ve bölgelerin birim emisyon başına fırsat maliyeti değerleri hesaplanmıştır.

Alt sektörlerine inmeden, imalat sanayinin genelinin bölgesel düzeyde incelendiği bu çalışmanın en büyük kısıtlılığını veri yokluğu oluşturmaktadır. Ele alınan problemde kullanılan veriler arasında yer alan enerji verisi için, imalat sanayinin enerji girdisini temsil

etmek üzere bölgesel düzeyde temin edilebilen tek enerji türü olan elektrik tüketimleri tercih edilmiştir. Ayrıca, toplam faktör bakış açısıyla ele alınan imalat sanayi üretiminde literatürde sıklıkla tercih edilen girdi ve çıktı türleri kullanılmış ve imalat sanayinin ana çıktısı olarak ise üretim değeri seçilmiştir. 2002 yılı ve sonrasında Türkiye istatistik sisteminde bölgesel düzeyde görülen ve literatürdeki çalışmaların sayısında azalmaya neden olan veri yokluğu, bu çalışmada büyük oranda aşılmış ve böylece ilgili dönem için ilk kez geniş kapsamlı bir analiz yapılabilmektedir.

Literatürde pek çok boyutu ile incelenen 2001 yılı ve öncesi dönemlerin ardından bu çalışma Türkiye’de 2003 yılı ve sonrası dönem için ilk kez bölgesel düzeyde imalat sanayinin toplam faktör bakış açısı ile etkinlik seviyeleri ve toplam faktör verimliliği değişimleri üzerinden bilgi sunmaktadır. Önceki kısımlarda belirtilen nedenlerden dolayı etkinliğin ve verimliliğin gerek ulusal gerekse bölgesel düzeyde ölçümü, değerlendirilmesi ve izlenmesi; ekonominin, sektörlerin ve bölgelerin ekonomik büyümeleri ile gelişmeleri için bir önem taşımakta ve bu anlamda planlama ve politika oluşturma süreçlerine katkı sağlamaktadır.

Çalışmanın ortaya koyduğu bulgular arasında yer alan, bölgelerin imalat sanayinin farklı senaryolar altında analizi olarak nitelendirilebilecek farklı veri zarflama modelleriyle hesaplanan enerji ve çevre performansını da içeren etkinlik seviyeleri, elektrik tasarrufu potansiyelleri, elektrik yoğunluğu azaltım hedefleri ve toplam faktör verimliliği ile bileşenlerine ait bilgiler, pek çok politika alanında ihtiyaç duyulan veriyi sağlamaktadır. Bu bilgilerin ana faydalanıcısı, özellikle bölgesel plan yapan kamu kurum ve kuruluşları olarak değerlendirilmektedir. Özellikle Kalkınma Ajansları’nın faaliyetleri arasında bulunan bölge planlarının hazırlanması, bölgelerin kaynak ve olanaklarının tespit edilip artırılması, işletmelerin desteklenmesi gibi karar süreçlerine, imalat sanayi özelinde stratejik düzeyde bilgi üretmesi ve bu sektör özelinde yapılacak çalışmalara yol gösterecek bir araştırma yöntemi sunması bakımından da tez çalışması önem arz etmektedir.

Çalışmanın bir başka önemli yanı da literatürde yer alan VZA çalışmalarında olduğu gibi sektörel ya da ekonomi geneli ölçümlerde, etkin olmayan karar birimlerini sadece tek bir girdi özelinde değil, tüm girdi ve çıktı iyileştirmelerini birlikte değerlendirilerek, ilgilenilen üretim sistemini gerçekçi bir şekilde ele alan ve öneri sunan modeli tespit etmesidir.

Çalışmanın ilgilendiği dönem olan 2003 yılı ve sonrasında, yukarıda da belirtildiği üzere imalat sanayinde bölgesel düzeyde veri kaynaklarının yetersizliği, etkinlik ve verimlilik çalışmalarındaki en büyük kısıtlılık olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın da en büyük kısıtlılığını oluşturan bu durum, mevcut bölgesel verilerden imalat sanayinin üretim sistemini en uygun biçimde modellenmesinde kullanılabilecek veri kümelerinin çeşitli varsayımlar ve türetmelerle oluşturulması yoluyla aşılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde detaylı bir şekilde anlatılan bu türetmeler neticesinde, Türkiye’de ilk defa 2003 yılı ve sonrası için bölgesel düzeyde imalat sanayi için sermaye stoku serisi oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, veri eksikliği nedeniyle, bölgesel düzeyde elde edilebilen tek enerji girdisi olan elektrik tüketimi verileri, enerji girdisini temsil edecek bir girdi olarak ele alınmıştır.

Tez çalışmasının diğer bölümlerinin içeriği şu şekildedir: İkinci bölümde etkinlik, verimlilik ve etkinlik ölçümü ile ilgili temel kavramlar verilmekte ve etkinlik ölçüm yaklaşımlarından kısaca söz edilmekte, çalışmanın mekânsal kapsamını tanımlayan bölge kavramı ile Avrupa Birliği (AB)’nin bölge politikalarındaki yaklaşımlarına ve Türkiye’deki bölge sınıflandırmasına değinilmektedir. Üçüncü bölümde öncelikle literatür araştırması verilmiştir. Literatür araştırmasında, enerji ve çevre konularındaki etkinlik ölçümünde yaygın olarak kullanılan ve çalışmada tercih edilen veri zarflama analizi ile ilgili çalışmalara yer verilmektedir. Bu çalışmaların ardından, Türkiye özelindeki literatür incelenmektedir. Literatür araştırmasının ardından, veri zarflama analizi metodolojisi temel model ile verilmektedir. Bu modelin ardından, çalışmada çevresel performansın ölçülmesinde kullanılan istenmeyen çıktıların modellenmesi üzerinde ayrıntılı bir bilgilendirme yapılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümü ise ilk olarak kullanılan veri kaynakları ve yapılan türetmeler ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunulmaktadır. Verilerin açıklanmasının ardından, etkinlik analizinde kullanılan modeller ve sonuçları ayrı ayrı verilmektedir. Bu modellerin ilk grubu, temel veri zarflama modeli ve geliştirilmesi ile elde edilen radyal modellerdir. Radyal modellere göre yapılan etkinlik ölçüm sonuçları ve bu sonuçlardan elde edilen toplam faktör enerji endeksi değerlerinin ve elektrik tasarrufu potansiyelleri gibi diğer bulguların verilmesinin ardından ikinci grup modeller olan aylak temelli modellere geçilmektedir. Aylak temelli modeller de temel model ile başlayarak verilmekte, bu modelin istenmeyen çıktıları içerecek şekilde geliştirilmesi (ATM2 modelleri) ile devam

etmekte ve gerçekçi etkinlik ölçümü için önerilen yaklaşımı içeren ATM3 modeli ile sonlanmaktadır. Bu modellerin verilmesinin ardından, model sonuçları sunulmuş ve bu sonuçlar üzerinden hesaplanan elektrik yoğunluğu azaltım hedefleri, diğer iyileştirme önerileri ile değerlendirilerek en uygun VZA modeli seçilmiş ve ayrıca çevresel düzenlemelerin fırsat maliyetleri gibi diğer bulgulara yer verilmiştir.

Beşinci bölüm Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi kullanılarak yapılan üç adet toplam faktör verimliliği hesaplamasını içermektedir. Bu bölümde ilk olarak Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi yöntemi ile istenmeyen çıktıların olmadan verimlilik hesaplaması yapılmış, ardından aynı yöntem ile RM3 modelinin kullanıldığı bir verimlilik endeksi hesaplanmıştır. Son aşamada ise literatürde çevresel boyutu içerdiği için sıklıkla başvurulmuş ve Türkiye’de imalat sanayi için bölgesel düzeyde ilk kez uygulanan Malmquist-Luenberger Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ile hesaplamalar tamamlanmıştır.

Altıncı bölüm ise, çalışma kapsamında elde edilen sonuçların ve bulguların tartışmasını içermektedir. Gerek elektrik tasarrufu potansiyelleri, gerekse elektrik yoğunluğu azaltım hedeflerine ilişkin sonuçlar literatürdeki benzer çalışma sonuçları ile kıyaslanmaktadır. Yedinci ve son bölümde ise çalışmanın geneline ait sonuç ve önerilere yer verilmektedir.

2. TEMEL KAVRAMLAR, ETKİNLİK ÖLÇÜM YAKLAŞIMLARI VE BÖLGE KAVRAMI

Bu bölümde, tez çalışmasında sıklıkla bahsedilen temel kavramların açıklamalarına yer verilmektedir. Kavramların açıklanmasının ardından, etkinlik ölçümüne ilişkin yöntemler hakkında kısa açıklamalar verilmiş ve bölüm sonunda çalışmanın mekânsal boyutunu oluşturan bölge kavramı ile bölgesel politikaların gelişimine dair bilgiler sunulmuştur. Etkinlik ölçümüne dair yöntemlerin arasında yer alan ve çalışmanın temel metodolojisini oluşturan veri zarflama analizi ise üçüncü bölümde literatür araştırmasının ardından detaylı olarak yer almaktadır.

2.1. Verimlilik, Etkinlik ve Toplam Faktör Verimliliği Kavramları

Etkinlik analizlerinde kullanılan temel kavramlar olan verimlilik, etkinlik ve toplam faktör verimliliği kavramları, bu kısımda açıklanmaktadır.

Verimlilik: Verimlilik kavramı en yaygın ve basit tanımı ile bir üretim sisteminde üretilen çıktılar ile üretimde kullanılan girdilerin oranı olarak ifade edilebilir. Burada üretim kavramı mal veya hizmet üretimini içeren çıktıları içermektedir.

Verimlilik kavramı, girdilerin, üretim süreci sonucunda yaratılan çıktı veya çıktıların (üretime) katkısını ifade etmektedir. Bu çıktı ve girdi kümelerinin birbirine oranı olarak ifade edilen verimlilik, üretim süreçlerindeki değişimlerin ekonominin tamamına bağlı olduğu ve ekonomik yapıdaki tüm değişimlerden etkilendiği göze alındığında karmaşık bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır (Köse, 1992:3-4).

Başka bir ifade ile verimlilik, bir üretim birimindeki işgücü, hammadde ve malzeme, enerji, makine ve teçhizat gibi temel üretim kaynaklarının yanı sıra, sermayenin kullanım biçimi, teknolojik seçim, örgütlenme ve yönetim, çalışma ve yaşam koşulları ile günümüzde daha çok değer kazanan bilgi, zaman gibi kaynaklar arasındaki etkileşimlerin bir sonucudur. Bu ilişkinin çıktı/girdi gibi tek ve basit bir oran ile açıklanması ise karar vericiler için yeterli olmamakta, bu oranın belirli dönemler için izlenmesi ya da farklı birimler için karşılaştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Akal, 2005:45-48)

Ancak verimliliğin ölçülmesi ya da hesaplanması, üretim sisteminin yapısı, verimlilik ölçümünün amaçları gibi pek çok etmene göre değişiklik göstermektedir. Esas olan, üretim sürecinin girdileri ile çıktılarını iyi biçimde ele alabilecek, üretim faaliyetinin esas fonksiyonunu temsil edebilecek bir model ya da yaklaşım ile verimliliği hesaplayabilmektir. Ayrıca üretim sürecini girdi ve çıktı taraflarına göre daha detaylı inceleme imkânı da vardır.

Etkinlik: Etkinlik, üretim ekonomisinden temelini alan; işletme düzeyinde kaynakların, diğer bir deyişle mal ya da hizmet üretimi için kullanılan girdi unsurlarının fiili kullanımının, belli tekniklerle saptanmış standartlarla karşılaştırılması yolu ile elde edilen bir göstergedir. Etkinlik, bir üretim sürecinde mevcut bir girdi kümesi kullanılarak en fazla çıktının üretilmesi olarak yorumlanabilmekle beraber; mevcut çıktı seviyesini mümkün olan en az girdi faktörü ile sağlanması olarak ifade edilebilir.

Girdi ya da *kaynak kullanım katsayısı* (Debreu, 1951) kavramı ile bakıldığında etkinlik oranı, bir üretim biriminde belirlenen amaçların gerçekleştirilmesi için tüketilmesi beklenen kaynak seviyesi ya da miktarı ile gerçekte tüketilen kaynak miktarı arasındaki ilişki olarak tanımlanabilir.

Tüketilmesi beklenen kaynaklar, bir ürünün üretimi sırasında kullanılacak olan girdilerin önceden saptanmış olan standart ya da tahmini değerleridir. Bu değer, standart olarak belli olabilmekle beraber, ileride detaylandırılacak olan veri zarflama analizindeki göreceli etkinlik kavramı ile referans alınan kümenin girdi-çıkı kompozisyonlarına göre de belirlenebilir. Bir üretim biriminin (veri zarflama analizi literatüründeki ismiyle karar verme biriminin) etkinlik oranının “1” olması istenir. “1” değerine sahip olan karar verme birimlerinin performansları; etkinlik oranı 1’den küçük olan diğer karar verme birimlerinden daha iyidir ve “etkin karar verme birimi” olarak nitelendirilir. Oranın bu değere ulaşamaması durumunda, söz konusu faaliyetin gerçekleştirilmesinde hedefin ya da planlananın altında bir performans sergilendiği düşünülür. Performansı diğerlerine göre iyi olmayan karar verme birimleri ise “etkin olmayan karar verme birimi” olarak tanımlanır.

Etkinlik değeri, girdilerin hangi düzeyde kullanıldığını, kaynak kullanımında gerçekleşen performansı ve üretim biriminin bu bakımdan benzer birimlere göre nerede konumlandığını göstermektedir. Performansın bir boyutu olarak değerlendirildiğinde

etkinlik, kaynak kullanımına ilişkin bir boyut olarak karşımıza çıkmaktadır (Yavuz, 2003a:12)

Literatürde, etkinlik kavramının yanında *etkililik* kavramı da yer almaktadır. Etkililik, çıktılarla veya amaçlarla ilgili bir kavramdır. Ulaşılabilecek bir hedefi, bir performans standardının başarılmamasını ifade etmektedir. Üretilen mal ve hizmetlerin amaca uygun ve faydalı çıktılar olup olmadığının ya da istenilen sonuçlar olup olmadığının göstergesi etkililik kavramıdır. Bir oran olarak etkililik genellikle gerçekleşen çıktının planlanan ya da amaçlanan çıktıya oranı olarak hesaplanmaktadır (Yavuz, 2003a:12). Etkililik ayrıca “doğru şeylerin yapılması” olarak da tanımlanabilir. Eğer bir organizasyon, amaçlara yönelik işlev göstermiyor, doğru olan ya da yapması gereken faaliyetleri tam olarak gerçekleştiriyorsa etkili değildir ve ne kadar verimli olursa olsun sonuçta başarısız sayılabilir (Akal, 2005:34-46). Literatürde, etkinlik kavramının yanında ayrıca tanımlansa da, bu çalışmanın temelini oluşturan veri zarflama analizinde çıktı yönlü etkinlik analizleri de mümkün olduğundan etkililik kavramı, göreceli etkinlik kavramının kapsamında değerlendirilebilir. Bu nedenle, çalışmada etkililik kavramı üzerinden analiz yapılmamıştır.

Toplam Faktör Verimliliği: Verimlilik, bir üretim sisteminde üretim faaliyeti sonunda elde edilen çıktının bu üretimde kullanılan girdilere oranı olarak tanımlandığına göre verimlilik artışının tanımı da diğer faktörler göz önüne alınarak çıktı artışının girdi artışları ile açıklanamayan kısmı olarak ortaya çıkmaktadır (Taymaz, Voyvoda ve Yılmaz, 2008)

Verimlilik artışının bir ekonominin ya da üretim biriminin üretim potansiyeli üzerindeki etkisi düşünüldüğünde, verimlilik değişiminin doğru ve tam bir şekilde ortaya koyan bir göstergeye ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Ekonominin verimliliğindeki değişim, üretimde kullanılan tüm girdilerdeki bütünsel verimlilik değişimlerinin ölçülmesi ile mümkün olup bu ölçüm toplam faktör verimliliği (TFV) olarak adlandırılmaktadır. Neoklasik iktisatta toplam faktör verimliliği, girdilerin ağırlıklandırılmış ortalaması başına üretim olarak tanımlanmaktadır. TFV analizleri, hem verimlilik düzeyini ve değişimlerini saptamakta hem de değişimin kaynaklarına ve sebeplerine ilişkin değerlendirilme yapılmasına imkân sağlamaktadır (Köse, 1992:7).

Ekonomik gelişme, ekonominin daha fazla üretmesi ile sağlanabilir. Bunun için daha fazla kaynak tüketmektense, verimlilik artışı sayesinde mevcut çıktı girdi oranını artırarak daha

fazla çıktı üretmek mümkündür. Toplam faktör verimliliği artışı ile sağlanan ekonomik gelişme, sürdürülebilir ve sağlıklı bir büyümeye temel oluşturacaktır. Bu nedenle, verimliliğin kaynaklarının ortaya çıkarılması; üretim faktörlerinin değişimlerini incelenmesi ve bu faktörlerin üretim sürecindeki etkilerinin anlaşılması ile anlam kazanmaktadır.

Kısmi faktör verimlilik göstergelerinde, ilgili girdi faktörünün çıktı üzerindeki etkisi, diğer üretim faktörlerinin çıktı üzerindeki etkisinin sabit olduğu kabul edilerek hesaplanmaktadır. Örneğin, işgücü girdisinin üretim ya da katma değer üzerindeki etkisi demek olan işgücü verimliliği; sermaye stoku, enerji ve benzeri diğer girdi faktörlerinin çıktı üzerindeki etkisinin sabit olduğu varsayımı altında hesaplanmaktadır.

Ancak üretim süreçlerinde pek çok faktör çıktının miktarını etkilemektedir. Üretim sürecinde farklı girdilerin bileşimi ile elde edilen çıktı miktarını etkileyen ve ölçülemeyen bazı faktörlerin varlığı tüm üretim faktörlerinin birlikte incelenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, tüm faktörleri içine alan toplam faktör kavramı, verimlilik ve etkinlik analizlerinin içinde yer almalıdır.

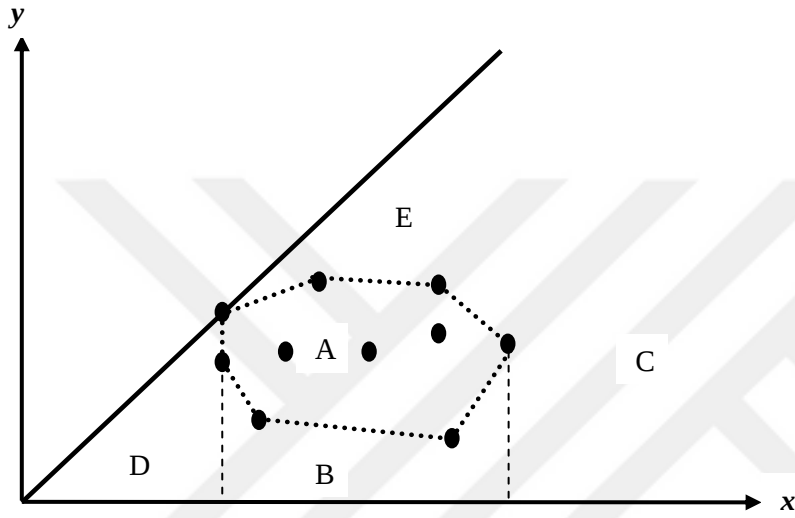
2.1.1. Etkinlik ölçümünde temel kavramlar

Bu kısımda etkinlik ölçümüne dair literatürde karşımıza çıkan kavramlar, şekiller yardımıyla açıklanmıştır. Bu kavramların açıklanmasında, Sayıştay tarafından 2001 yılında yayımlanan ve Türk dilinde yazılmış en kapsamlı eserlerden biri olan Armağan Tarım'ın "Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı" isimli kitabı takip edilmiştir.

Üretim imkânları kümesi

Üretim teknolojisi, bir üretim sürecinde girdilerin çıktıya dönüştürülmesi bilgisi ya da yeteneği şeklinde tanımlanabilir. Bu dönüşümün etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için girdi ve çıktı dönüşümü, ya belirli bir girdi bileşimi ile en çok çıktı üretilecek şekilde (çıkta odaklı yaklaşım) ya da belirli bir çıktı miktarı için en az girdi kullanılacak şekilde (girdi odaklı yaklaşım) yapılmalıdır. Üretim imkânları kümesi ise belirli bir üretim teknolojisi tarafından mümkün kılınan, etkin olsun ya da olmasın, tüm girdi ve çıktı

dönüşümlerini kapsamaktadır. Şekil 2.1'de tek girdi (x) kullanarak, tek çıktı (y) elde edildiği üretim sistemi göz önüne alınmıştır. Şekil 2.1'deki noktalar, üretim vektörlerini (girdi-çıkıtı vektörlerini) temsil etmektedir. A'nın içinde bulunduğu alan bir üretim imkân kümesini göstermektedir. A ile B kümelerinin birleşimi ile bir başka üretim imkânları kümesi elde edilebilmektedir. Bu şekilde çeşitli üretim imkân kümeleri tanımlanabilmektedir (Yolalan, 1993:11).

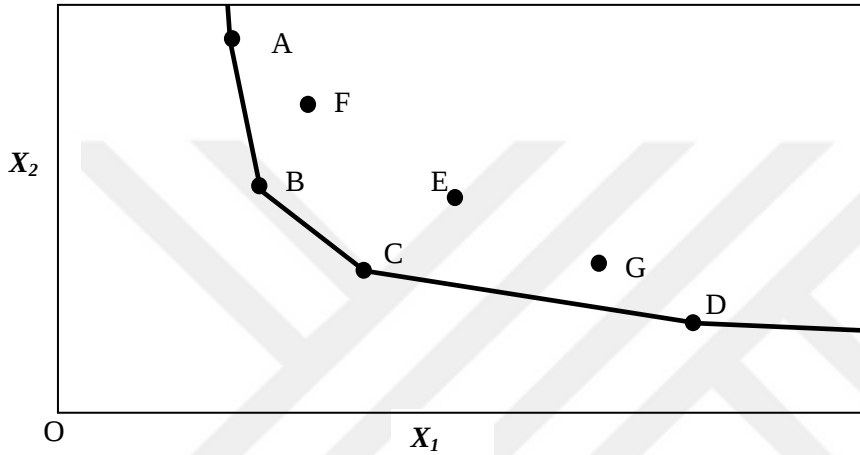


Şekil 2.1. Üretim imkân kümeleri

2.1.2. Etkinlik sınırı

Etkinlik sınırı, girdi yönelimli yaklaşımda bir karar verme biriminin sabit bir çıktı miktarını, girdilerinden ne miktarda kullanarak üretebileceğini göstermektedir. Girdi faktörleri, tek bir çıktı faktörünün üretiminde farklı oranlarda kullanılabiliriyorsa, yani birbirleri yerine ikame edilebiliyorsa, üretim fonksiyonu iki girdinin olduğu durumda $y=f(x_1, x_2)$ şeklinde yazılabilmektedir. Bu ifadede, y sabit çıktı miktarını, x_1 ve x_2 ise iki girdi faktörünün y çıktı miktarını üretebilecek bileşimlerini göstermektedir. Sabit çıktı düzeyini sağlayan girdi bileşimleri, geometrik olarak eş-ürün eğrisi'ni oluşturmaktadır. Eş-ürün eğrisi üzerinde yer alan gözlemler, eğri üzerinde bulunmayan diğer birimlerden daha iyi performans göstermektedir. Bu konuyla ilgili literatürde eş-ürün eğrileri yerine *etkin sınır* (ing. *efficient frontier*) terimi aynı anlamda kullanılmaktadır. Şekil 2.2, etkinlik bakımından göz önüne alındığında etkin sınır üzerinde yer alan A, B, C ve D gözlemleri ile diğer E, F ve G gözlemleri iki ayrı küme olarak karşımıza çıkmaktadır. y çıktısının bir birim olarak sabit alındığı girdiler (x_1 - x_2) düzleminde, orijine en yakın olan nokta en düşük

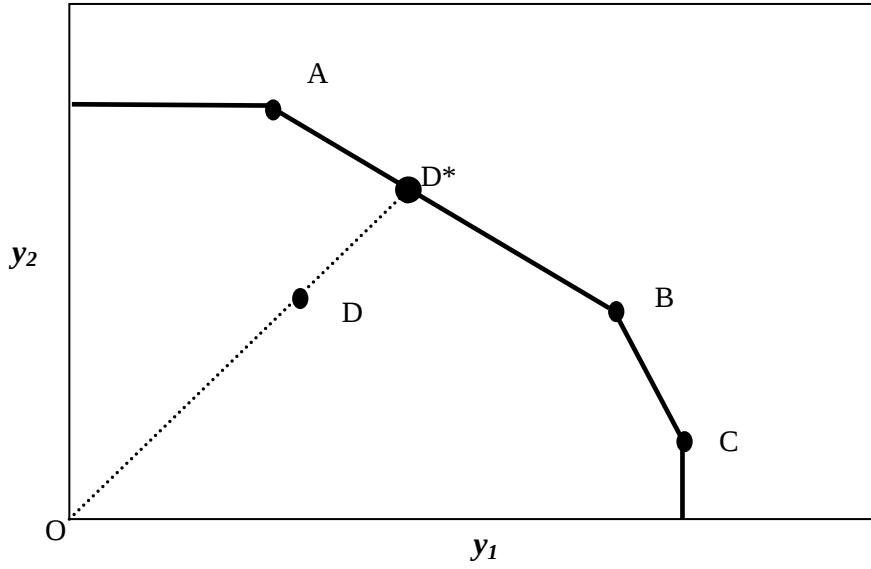
girdi miktarı ile bir birimlik çıktıyı üretmiştir. Bu bakımdan, etkin sınır olarak tanımlanan ve veri zarflama analizine ismini veren *zarf*, E, F ve G karar verme birimlerine göre göreci olarak etkin olan karar verme birimlerinin geometrik yeri olarak karşımıza çıkmakta ve etkin olmayan karar verme birimlerinin zarflamaktadır. Etkin sınırla belirlenen zarfın içinde yer alan tüm üretim birimleri, zarfın üzerinde konumlanan karar verme birimlerinin doğrusal kombinasyonlarıyla hesaplanabilen hipotetik karar verme birimlerinden, etkinlik anlamında daha düşük performans sergilemiş durumdadır (Tarım, 2001:22-26).



Şekil 2.2. Girdiye yönelik etkin sınır

Yukarıda verilen girdi yönelimli etkinlik tanımlamalarına benzer şekilde, girdileri sabit olarak, çıktı miktarlarını artırmaya dönük olmak üzere, tek girdi ve iki çıktının olduğu bir üretim süreci varsayılarak *çıkıtıya yönelik etkinlik* ele alınabilir. Bu çerçevede incelenen tüm karar verme birimlerinin kullandığı girdi miktarı aynı, ancak üretilen çıktı miktarları farklıdır.

Şekil 2.3'de y_1 ve y_2 olarak iki çıktı faktörünün yer aldığı, çıkıtıya yönelik etkin sınırı tanımlayan A, B ve C karar birimleri ile etkin olmayan D karar birimi verilmektedir. D karar birimi üretim sürecinde bulunan tek girdi faktöründen diğer birimler kadar tüketmiş ancak etkin sınır üzerinde bulunmadığından, göreci olarak daha az çıktı üretmiştir. Sonuç olarak D, A ve B'nin bir doğrusal kombinasyonu olarak tanımlanabilen olan D^* ile karşılaştırıldığında girdilerini daha etkin kullanabilecekken israf etmiştir. D^* , D ile aynı girdi miktarı ile üretim yapmış ve aynı çıktı bileşimine yani y_2/y_1 oranına sahip olmasına karşın şekilde de görüleceği üzere daha fazla çıktı ortaya koymuştur (Tarım, 2001:26-27).

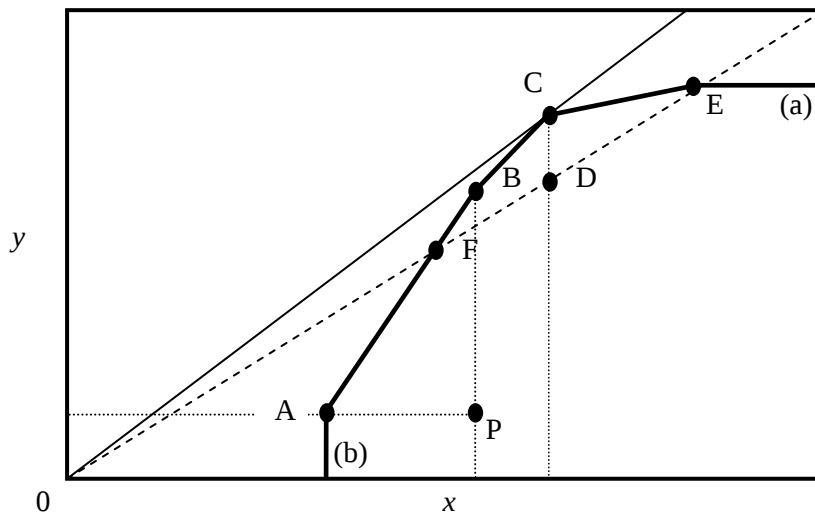


Şekil 2.3. Çıktıya yönelik etkin sınır

2.1.3. Teknik etkinlik ve ölçek etkinliği

Teknik etkinlik, bir üretim biriminin girdilerini en verimli biçimde kullanmasıyla mümkün olan en fazla miktardaki çıktıyı üretme başarısıdır. Böylece teknik etkin olan karar birimlerinin üretim sınırı üzerinde yer almaları gerekmektedir. Etkin sınırın altında yer alan karar birimleri ise, görel olarak, kaynaklarını israf etmektedirler. İsrafta bulunmayan üretim birimleri ise teknik etkindirler (Tarım, 2001:14).

Bu aşamada, kavramın daha iyi anlaşılması için Şekil 2.4 verilmiştir.



Şekil 2.4. Teknik etkinlik ve ölçek etkinliği

Şekil 2.4'te verilen A ve B karar verme birimleri etkin sınırdaki yer almakta ve teknik etkin olarak tanımlanmaktadır. P birimi ise, A ile aynı çıktı düzeyini üretmekte fakat daha fazla girdi kullanmaktadır. Diğer taraftan, P birimi, B ile aynı miktarda girdi kullanmakta ancak B'ye kıyasla daha az çıktı üretmektedir. Bu nedenle, P'nin, girdi azaltımı ya da çıktı artırımı imkânı bulunmasından dolayı teknik etkinsizlik içinde olduğu söylenebilir. Bu üç gözlemin verimliliklerini, çıktı/girdi oranını temel alarak hesapladığımızda ise, B'nin diğer iki karar verme biriminden daha verimli olduğu, P'nin ise en verimsiz birim olduğu ortaya çıkmaktadır. A ve B birimleri teknik etkin olmalarına karşın, A biriminin B'ye göre verimliliğinin düşük olduğu ortaya çıkmıştır (Tarım, 2001:14-18).

Buraya kadar yapılan yorumlarda, etkin sınırın parçalı doğrusal olduğu incelenmiştir. Şekilde de görüleceği üzere parçalı doğrusal sınırın, her bölümünde farklı getiri durumları söz konusudur. Bu aşamada ölçek etkinliği kavramı ortaya çıkmaktadır.

Ölçek etkinliği, en verimli ölçek büyüklüğüne olan yakınlık olarak ifade edilmektedir (Tarım, 2001:17). Şekil 2.4'teki P biriminin B'ye doğru ilerleyerek teknik etkinliğini ve verimliliğini arttırabilmesi söz konusudur. Çünkü böylece üretim sınırına yaklaşır ve çıktı/girdi oranı büyür. A karar verme birimi ise B'ye doğru ilerleyerek teknik etkinliğini korumakla beraber ölçekten kaynaklanan avantajla verimliliğini (çıktı/girdi oranı) arttırabilir. Göreli olarak en verimli olan C gözlemi ise, *en verimli ölçek büyüklüğüne* (ing. *Most Productive Scale Size-MPSS*) sahiptir (Banker, 1984). C birimi ile D birimi karşılaştırılırsa, D karar biriminin üretim sınırı üzerinde yer almaması sebebiyle kaynak israfında bulunduğu görülmektedir. Ancak, D birimi, en verimli ölçek büyüklüğünde bulunan C ile aynı girdi ölçeğinde yer almaktadır. Sonuç olarak, D karar verme biriminin optimum ölçekte olduğu ancak girdilerini iyi kullanamadığı için teknik etkinsizliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır. Benzer şekilde A ile D birimleri kıyaslandığında, A biriminin teknik olarak etkin olduğu ancak D biriminin teknik etkin olmadığı görülmektedir. Buna karşın çıktı/girdi oranı ile verimlilikleri karşılaştırıldığında, D karar biriminin verimliliği, A karar biriminin verimliliğinden yüksektir. Benzer şekilde F, D ve E karar birimlerinin üçü de aynı verimlilik seviyesinde bulunmaktadır. Ancak sadece D karar birimi optimum ölçekte faaliyette bulunmakta, diğer birimler F ve E ise teknik etkin olmalarına rağmen faaliyetleri optimum ölçekte değildir. Buradan anlaşılmaktadır ki, etkinlik ve verimlilik kavramları, ayrı tanımlamaları olmasından dolayı, birbirlerini içermemektedir (Tarım, 2001:14-18).

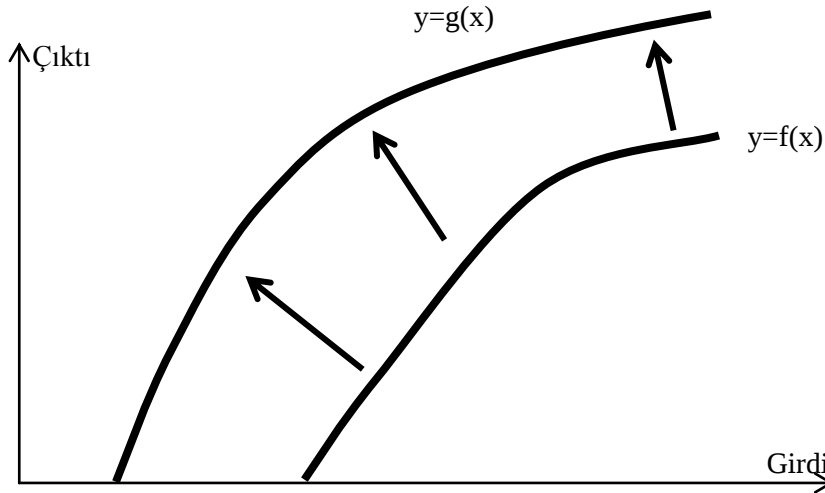
Bir üretim sürecinde girdiler belirli oranda arttırıldığında çıktı miktarındaki artış, girdilerdeki artış oranından fazla (ya da az) ise ölçeğe göre artan (ya da azalan) getiri söz konusudur. Çıktı miktarı, girdilerdeki artış ile aynı oranda artıyorsa ölçeğe göre sabit getiriden bahsedilir. Şekil 2.4'te görüldüğü üzere, C ve D karar verme birimleri ölçek etkindir. Ancak yalnızca C'nin teknik etkin, D'nin ise teknik etkinsiz olduğu anlaşılmaktadır. A, B, E ve F birimleri ise teknik etkinliğe sahip olmalarına rağmen ölçek etkinliği bakımından etkin olmadıkları görülmektedir. P birimi ise hem ölçek hem de teknik etkinlik bakımından etkinsizdir. Aynı verimlilik seviyesine sahip ve teknik etkin olan F ve E birimleri ölçek etkinliği bakımından ele alındığında, ölçek etkinsizliğinden başka bir durum da göze çarpmaktadır. F açısından, bu birimin, teknik etkinliğini muhafaza ederek ölçeğini büyüttüğü takdirde verimliliğinin artacağı görülmektedir. Bu durum *ölçeğe göre artan getiri* (ing. *Increasing Return to Scale-IRS*) olarak adlandırılır. E birimi açısından ise, teknik etkinliğini muhafaza ederek ölçeğini küçültmesi, verimliliğinin artmasına neden olacaktır. Bu durum ise, *ölçeğe göre azalan getiri* (ing. *Decreasing Return to Scale-DRS*) olarak isimlendirilir (Tarım, 2001:17).

Bu açıklamalardan görüleceği üzere, etkinlik değeri ölçeğe göre sabit getiri ile hesaplandığında, içerisinde ölçek etkinliğini de barındırmaktadır. Üretim teknolojisinin ölçeğe göre sabit getiri (CRS) sınırı ile ölçeğe göre değişken getiri (VRS) sınırı arasındaki uzaklığı, ölçek etkinliği olarak karşımıza çıkmaktadır. CRS varsayımı ile hesaplanan etkinlik değerinin, VRS varsayımı ile hesaplanan etkinlik değerine oranlanması ölçek etkinliği değerini verecektir.

Teknik değişme

Teknoloji, en basit anlamda üretim faktörleri ile üretim miktarı arasındaki ilişkidir. Bununla beraber iktisat literatüründe teknoloji genel olarak, üretim faktörlerini ve bu faktörlerin arasındaki birleşim oranlarını ifade eden bir üretim fonksiyonu şeklinde ele alınmaktadır (Gökçen, 1987).

Bir s döneminde Ω teknolojisi kullanılarak üretilmesi mümkün olan girdi-çıktı kombinasyonlarının sınırı $y=f(x)$ olsun. t döneminde ise üretim fonksiyonu $y=g(x)$ olan bir Φ teknolojisi ortaya çıkar ve $\Omega \subseteq \Phi$ olursa s döneminden t dönemine bir teknik (teknolojik) ilerleme olduğu söylenir. İlgili şekil aşağıda verilmektedir (Tarım, 2001:15).



Şekil 2.5. Teknik değişme

2.2. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri

Etkinlik ölçüm yöntemleri, önceki kısımlarda verilen tanımlar ekseninde değerlendirildiğinde üç ana grupta sınıflandırılabilir. Bunlar oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler olarak aşağıda açıklanmaktadır.

2.2.1. Oran analizi

Gerek ekonomi genelinde gerekse sektör ya da işletme düzeyinde, performansın belirlenmesi ve değerlendirilmesi için en basit ve yaygın olarak kullanılan yöntem “oran analizi”dir. Bir üretim sistemindeki girdi ve çıktı miktarlarının ortak bir birim ile ifade edilemediği durumlarda, üretim faktörlerinin çıktıyla olan ilişkisini ve bu faktörlerin bir zaman aralığında kullanım etkinliğini belirlemek adına oran analizi ilk başvurulacak yöntem olmaktadır. Oran analizleri, uygulama safhasında nispeten az bilgiye gereksinim duydukları ve başka bir alandaki benzer bir üretim birimi veya aynı alandaki bağlantılı bir üretim birimi ile kıyaslama olanağı sağladığı için yaygın biçimde tercih edilmektedir. Genellikle birer adet girdi ve çıktı ile tanımlanmalarından dolayı, üretim birimi hakkında oldukça dar bilgi vermektedirler.

Birden fazla girdi ve çıktının olduğu üretim birimlerinde, girdi ve çıktı sayısının çarpımı kadar oran elde etmek mümkündür. Ancak bu durumda elde edilen oranları, topluca değerlendirmek ve üretim sistemi hakkında yorum ve değerlendirme yapmak oldukça zor olmaktadır. Bu durumun üstesinden gelebilmek adına tek çıktının, birden fazla girdi ile

açıklanmaya çalışıldığı çoklu regresyon tercih edilebilir. Ancak bu yöntemle yapılan etkinlik analizlerinde, regresyon tahminleri ortalama bir etkinlik ölçüsü olarak bulunacak ve kıyaslanmak istenen üretim birimlerinin, ortalamanın üstünde bulunanları etkin olarak değerlendirilecektir. Bu durum, etkin birimlerin oluşturduğu sınır yaklaşımına göre oldukça olumsuz sonuçlar verebilir. Diğer taraftan, üretim birimlerinin üretim yapılarını regresyon analizi ile tek bir formda tanımlamak gerçekçi olmayabilir. Zira benzer karar verme birimlerinin, farklı üretim yapıları olabilir ve bu üretim fonksiyonlarını tek bir formda parametrik olarak belirlemek yanlış sonuçlar ortaya çıkarabilir. Bu nedenlerden dolayı, birden fazla girdi ve çıktının olduğu üretim sistemlerinin etkinlik ölçümlerinde, regresyon analizini kullanmak sakıncalı olmaktadır (Cingi ve Tarım, 2000).

2.2.2. Parametrik yöntemler

Parametrik yöntemler, etkinlik ölçümü yapılacak sektör ya da üretim birimlerin üretim fonksiyonunun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımı ile bu fonksiyonun parametrelerinin belirlendiği yaklaşımlardır. Genellikle Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonu temelinde hareket eden bu yöntemlerde, ilgili parametrelerin belirlenmesi ve hesaplamaların bu değerlere göre yapılması esastır. Bu yöntemlerde girdiler ve çıktılar arasındaki ilişki parametrik temelde incelenmektedir. Regresyon teknikleri ve sıradan en küçük kareler yöntemi bu yöntemlerin sıkça başvurduğu tekniklerdir. Bu yöntemler, birden fazla değişken ile kuruldukları için, çoklu regresyon analizinde bahsedilen olumsuzluklar ve çekinceler geçerlidir.

Ekonometrik yöntemler, parametre değerlerine ilişkin istatistiksel testlerin yapılmasına olanak sağlamakta ve bu yönüyle son yıllarda sıkça kullanılmaktadır. Ekonometrik yöntemler ile üretim fonksiyonunun, verimliliğin ve teknolojik gelişme gibi değişkenlerin tahmin edilmesinde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Teknik etkinliğin de eş zamanlı olarak tahmin edilmesini sağlayan stokastik sınır yaklaşımı da literatürde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Taymaz, Voyvoda ve Yılmaz, 2008)

Parametrik olmayan yöntemlerin tersine parametrik yöntemlerde, üretim sınırını temsil eden fonksiyonun parametreleri belirlenmektedir. Parametrik olmayan etkinlik ölçümü yaklaşımında etkin sınıra göre oluşan sapmaların tümü etkinsizlik olarak

değerlendirilirken, parametrik yöntemlerin yaklaşımında bu sapmaların gürültü ve etkinsizlik bileşenlerinden oluştuğu varsayılmaktadır (Tarım, 2001:46).

2.2.3. Parametrik olmayan yöntemler

Parametrik yöntemlerden farklı olarak bu yöntemler, üretim fonksiyonunun tam bir tanımına ve dolayısıyla parametre tahminine ihtiyaç duymamakta ve girdiler ile çıktılar arasında ilişkiyi deterministik olarak belirlemektedir (Seiford ve Thrall, 1990). Bundan dolayı, bu tekniklerin ölçme hatalarına ve verilere daha duyarlı olduğu söylenebilir. Parametresiz yöntemler endeks sayıları yaklaşımı ve matematiksel programlama olarak iki grupta ele alınabilir. Laspeyres ve Fisher gibi endeks sayıları yaklaşımları uygulama kolaylığına sahiptir. Matematiksel programlama olarak temel yöntemler ise Veri Zarflama Analizi ve Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi'dir.

Yolalan (1993), parametrik olmayan yöntemlerde bazı kısıtlamaların olduğunu ifade etmiştir. Bunların en önemlisi, yukarıda da ifade edildiği gibi parametresiz etkinlik ölçümlerinin verilere karşı son derece hassas olmalarıdır. Bu nedenle, girdi ve çıktılara ilişkin verilerde olası hatalardan uzak durulması ve ayrıca belirlenen girdi ve çıktı faktörlerinin üretim sistemini iyi bir şekilde temsil etmesi gerekmektedir. Etkinlik ölçümü için kurulan parametrik olmayan modelin üretimi uygun bir şekilde temsil edemediği durumlarda etkinlik ölçümü, üretim birimleri hakkında doğru sonuçlar vermeyebilir.

Aşağıda özetle matematiksel programlama kökenli etkinlik ölçütleri olan parametresiz yöntemlerin güçlü ve zayıf yönleri yer almaktadır (Yolalan, 1993:85-87):

Parametresiz etkinlik ölçütlerinin güçlü yönleri

- Parametresiz etkinlik ölçümleri, birden fazla girdi ve çıktının bulunduğu üretim sistemlerinde performansı tek bir etkinlik ölçüsü ile ifade etmeye imkân sağlamaktadır.
- Parametresiz etkinlik ölçümü yöntemlerinde girdi ve çıktılarının ölçüm birimleri farklı olabilir.
- Parametresiz etkinlik ölçümü, üretim fonksiyonunun analitik formu hakkında herhangi varsayıma gerek duymamaktadır.

- Matematiksel programlama tabanlı parametresiz etkinlik ölçütleri üretim birimlerini etkin olanlar ve etkin olmayanlar olmak üzere belirlemekten öte, etkin olmayan birimlerin etkin duruma gelebilmeleri için girdi ve çıktı faktörlerinin ne miktarda iyileştirmeleri gerektiğine dair karar vericilere önemli bilgiler vermektedir.

Parametresiz etkinlik ölçütlerinin zayıf yönleri

- Parametresiz etkinlik ölçümleri, girdi ve çıktı faktörlerine ilişkin verilerde olabilecek hatalara karşı son derece duyarlıdır. Bu sebeple verilerinin olası hatalardan arındırılmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca seçilen girdi ve çıktı faktörlerinin üretim sistemini uygun ve iyi bir şekilde temsil edemediği durumlarda etkinlik ölçümü yanlış ve yanlış sonuçları beraberinde getirecektir.
- Özellikle matematiksel programlama tabanlı ölçümler, bir gözlem kümesine dayanarak göreceli etkinliği ölçtükleri için bu kümede bulunan aşırı derecede büyük ya da küçük girdi ve çıktı değerlerine sahip olan bazı karar verme birimleri etkinlik sınırının belirlenmesinde sorun oluşturabilir.
- Parametresiz etkinlik ölçümleri sonucunda etkin olan ve olmayan karar verme birimleri karşılaştırılabilir olarak belirlenmekle beraber, etkin sınır üzerinde yer alan etkin karar birimlerinin karşılaştırılabilirliği olmamaktadır. Ancak veri zarflama analizinde geliştirilen bazı yaklaşımlar, bu sorunun üstesinden gelebilmektedir.

2.3. AB Bölgesel Politikalarında Bölge Kavramı ve Türkiye İBBS Sistemi

Tez çalışmasının mekânsal boyutunu, Türkiye'nin İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflaması (İBBS) Düzey 2 bölgeleri oluşturmaktadır. Sözü edilen bu sınıflama, geleneksel olarak yedi coğrafi bölgeden oluşan Türkiye'yi farklı bir sınıflama ile üç ayrı düzeyde bölgelere ayıran ve AB uyum sürecinde Bakanlar Kurulu'nun 2002/4720 sayılı kararı ile yürürlüğe giren sınıflama sistemidir. Temelini AB Bölgesel Politikasından alan bu yaklaşım, AB'nin geçmişinde yer alan bazı gelişmeler doğrultusunda aşağıda detaylandırılmaktadır.

2.3.1. AB bölgesel politikalarında bölge kavramı ve amacı

Bölge kavramı, AB Bölgesel Politikası açısından ulusal ve yerel düzey arasında orta bir kategoriye tanımlamaktadır. Bölgesel sınıflama, temel ilkeleri olmakla beraber, coğrafi

olarak benzer bölge yapılarını içeren, üretim ya da tüketim yapılarındaki benzerliğe dayanan bir sistematik sunmaktadır (Altan, 2007). Bu sınıflama Avrupa’da, Fransızca *Nomenclature d'Unités Territoriales Statistiques* teriminin kısaltmasıyla *NUTS* olarak kullanılmakta, Türkiye’de ise *İBBS* olarak kısaltılmaktadır.

AB’nin kuruluşundan bu yana amaç edildiği bölgesel gelişme, farklı dönemlerde çeşitli kurumlar tarafından üstlenilmiş; 1992 yılında ise Maastricht Anlaşması ile Avrupa Topluluğu Anlaşmasının içine alınmış ve böylece AB’nin öncelikli amaçlarından biri haline gelmiştir. Bu süreçte, geleneksel yeniden bölüştürücü yaklaşım yerine yereldeki iç dinamikleri harekete geçirerek içsel kalkınmayı destekleyen bir yapıya doğru evrilen bölgesel politikalar, coğrafi anlamda ekonomik faaliyetlerin dağılımında görülen ve liberal ekonominin yol açtığı birtakım sorunları düzeltmek amacıyla her çeşit kamu müdahale aracını kullanarak AB genelinde sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı hedeflemektedir. Bu hedefler doğrultusunda, yenilikçiliğin ve beşeri sermayenin gelişimi, bölgelere uyarlanmış politikaların tasarlanması yoluyla bölgesel potansiyeller harekete geçirilmeye çalışılmıştır. Bunun sonucu olarak da özellikle genişleme sürecinde, büyüme ve uyum anlamında olumlu gelişmeler kaydedilmiştir (Altan, 2007).

Geleneksel yeniden bölüştürücü yaklaşımda, bölgesel düzeyde görülen gelişmişlik farklılıklarını gidermek amacıyla, az gelişmiş bölgelerde altyapı yatırımlarının yoğunlaştırılması, bölgesel teşvik ve sübvansiyonların uygulanması yoluyla üretim ve istihdam artışı sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak merkezi yönetim tarafından seçici davranılan, nispeten katı olan bu yaklaşımın bölgesel gelişme üzerindeki etkisi uzun dönemde sürdürülebilir olmamaktadır. Ancak, yeni bölgesel politika yaklaşımında ise geleneksel yaklaşımda olduğu gibi az gelişmiş bölgelere yeni yatırımlar çekmek ve teşvik programı uygulamak gibi araçlar tercih edilmekle beraber, bölgelerin hiç kullanılmamış ya da az kullanılmış potansiyellerini harekete geçirmeye önem verilmektedir. Bu politikalar, düşük istihdam maliyetleri sağlamak yerine işgücünün donanımını artırıcı, yenilikçiliğe önem veren, kaliteli ve çeşitli ürünler sunabilen bir üretim yapısı öngörmekte ve bölgesel gelişmeyi yeni organizasyon yöntemleri, iş kültürü ve işbirlikleri ile soyut açıdan da desteklemektedir. Politikaların oluşturulmasında yerel katılımcılığın sağlanması da bu yaklaşımın getirdiği önemli bir unsurdur (Altan, 2007).

2.3.2. Türkiye’de İBBS ve Kalkınma Ajansları

2002 yılında Bakanlar Kurulu tarafından bölgesel istatistiklerin toplanması, geliştirilmesi, bölgelerin sosyo-ekonomik analizlerinin yapılması, bölgesel politikaların çerçevesinin belirlenmesi ve AB Bölgesel İstatistik Sistemine uygun karşılaştırılabilir istatistiki veri tabanı oluşturulması amacıyla ülke çapında İstatistiki Bölge Birimleri Sınıflandırmasının tanımlanmasına ilişkin 28 Ağustos 2002 tarihli ve 2002/4720 sayılı karar yürürlüğe girmiştir. Bu kararın dördüncü maddesine göre, tüm kamu kurum ve kuruluşlarınca; bölgesel istatistiklerin toplanması, bölgelerin sosyo-ekonomik analizlerinin yapılması ve bölgesel politikaların çerçevesinin belirlenmesi gibi çalışmalarda, bu karar ile belirlenen İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflandırması esas alınacaktır. Bu sınıflandırmaya ilişkin düzey 1, düzey 2 ve düzey 3 bölgeleri EK-1’de verilmektedir.

Bu karar, bölgesel düzeyde yapılacak sosyo-ekonomik analizlerin gerekliliğine dikkat çekmekte ve Türkiye’de kamunun bölgesel gelişme konusunda yapılacak politikaların mekânsal altyapısını oluşturması açısından ayrıca önem arz etmektedir. Bu karar doğrultusunda, İBBS Düzey 2 bölgelerinde 5449 sayılı Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun uyarınca *Kalkınma Ajansları* kurulmuştur (TBMM, 2006).

Bu kanunun genel gerekçesinde belirtildiği üzere (DİKA, 2006); AB tarafından Türkiye’den bölgesel gelişme alanında, 2003 Yılı Katılım Ortaklığı Belgesinde Ulusal Kalkınma Planı ve İBBS Düzey 2 bölgelerinde bölgesel kalkınma planları hazırlanması suretiyle; i) bölgesel farklılıkları azaltmayı amaçlayan bir ulusal ekonomik ve sosyal uyum politikasının geliştirilmesi, ii) bu başlık altındaki mevzuatın uygulanmasını kolaylaştıracak yasal çerçevenin kabul edilmesi, iii) bölgelere yönelik kamu yatırımlarına ilişkin öncelik kriterlerini ortaya koyan çok yıllık bütçeleme usullerinin oluşturulması, iv) bölgesel kalkınmayı yürütecek idari yapıların güçlendirilmesi ve v) bölgesel kalkınma planlarını uygulamak üzere İBBS-Düzey 2 kapsamında bölge birimlerinin kurulması istenmektedir. Kanun gerekçesinde ayrıca belirtildiği üzere, bu ajansların kuruluşu ve işler hale getirilmesiyle, AB katılım öncesi hibeleriyle desteklenen bölgesel programların yerelde bu birimler tarafından koordine edilmesi ve uygulanması planlanmaktadır. Bu doğrultuda oluşturulacak proje birimlerinde bu alanda elde edilen bilgi, deneyim ve teknik altyapının ise geçici maddelerde yapılan düzenleme ile ajanslara aktarılması ve kaybolmaması

sağlanacaktır. Ajanslar bu alanda da çok önemli bir ihtiyacı karşılayacak ve gelecekte genişleyerek devam etmesi beklenen AB destekli bölgesel kalkınma programlarının, yereldeki uygulama ve koordinasyon altyapısını meydana getirecektir.

Bu kanunun 5. maddesinde Kalkınma Ajansları'nın görevleri arasında yer alan bazı maddeler aşağıda verilmektedir:

- Yerel yönetimlerin planlama çalışmalarına teknik destek sağlamak.
- Bölge plan ve programlarının uygulanmasını sağlayıcı faaliyet ve projelere destek olmak; bu kapsamda desteklenen faaliyet ve projelerin uygulama sürecini izlemek, değerlendirmek ve sonuçlarını Kalkınma Bakanlığı'na bildirmek.
- Bölge plan ve programlarına uygun olarak bölgenin kırsal ve yerel kalkınma ile ilgili kapasitesinin geliştirilmesine katkıda bulunmak ve bu kapsamdaki projelere destek sağlamak.
- Bölgede kamu kesimi, özel kesim ve sivil toplum kuruluşları tarafından yürütülen ve bölge plan ve programları açısından önemli görülen diğer projeleri izlemek.
- Bölgesel gelişme hedeflerini gerçekleştirmeye yönelik olarak; kamu kesimi, özel kesim ve sivil toplum kuruluşları arasındaki işbirliğini geliştirmek.
- Ajansa tahsis edilen kaynakları bölge plan ve programlarına uygun olarak kullanmak veya kullandırmak.
- Bölgenin kaynak ve olanaklarını tespit etmeye, ekonomik ve sosyal gelişmeyi hızlandırmaya ve rekabet gücünü artırmaya yönelik araştırmalar yapmak, yaptırmak, başka kişi, kurum ve kuruluşların yaptığı araştırmaları desteklemek.
- Bölgenin iş ve yatırım imkânlarının, ilgili kuruluşlarla işbirliği halinde ulusal ve uluslararası düzeyde tanıtımını yapmak veya yaptırmak.
- Yönetim, üretim, tanıtım, pazarlama, teknoloji, finansman, örgütlenme ve işgücü eğitimi gibi konularda, ilgili kuruluşlarla işbirliği sağlayarak küçük ve orta ölçekli işletmelerle yeni girişimcileri desteklemek.

Bu gelişmelerin yanında, AB müzakereleri ile ilgili olarak 22. Fasıl olan *Bölgesel Politika ve Yapısal Araçların Koordinasyonu* faslı 5 Kasım 2013 tarihinde açılmıştır (AB Bakanlığı, 2015). Bu faslın açılmasıyla beraber Türkiye'nin, AB üyeliği ile birlikte kullanabilmesi mümkün olacak yapısal fonların uygulanabilmesine yönelik; alan

organizasyonu, programlama, izleme ve değerlendirme, mali yönetim ve kontrol konularında idari ve hukuki düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.





3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ METODOLOJİSİ

3.1. Literatür Araştırması

Veri zarflama analizinin önceki bölümlerde belirtildiği üzere pek çok alanda geniş bir uygulama imkânının bulunması, enerji ve çevre sistemlerinin etkinlik ölçümünde de bu yöntemin oldukça tercih edilmesi ile kendini göstermektedir. İşletme düzeyinden ülkeler arası karşılaştırmalara uzanan geniş bir yelpazede, hem ekonomik boyutu hem de enerji ve çevre konularını kapsayan pek çok çalışma, literatürde karşımıza çıkmaktadır. Önceleri, üretimi ekonomik boyutu ile ele alan çalışmalar, dünyada enerji ve çevre konularında meydana gelen gelişmeler doğrultusunda enerji etkinliği ölçümü, çevresel performans, enerji ve çevre sistemlerinin bütünsel olarak değerlendirilmesi konularında ilerleme kaydetmektedir. Bu kısımda, literatürde karşımıza çıkan bazı çalışmalara yer verilmektedir.

Çıktıların girdilere oranlanması ile ifade edilen verimlilik kavramı, girdi olarak sadece enerjinin alınması durumunda enerji verimliliği olarak değerlendirilebilir. Ancak önceki kısımlarda ele alınan üretim sınırı ve etkinlik ölçümü perspektifinden bakıldığında, üretim sistemlerini bütünsel olarak ele alındığı ölçümlerde, enerji girdisi özelinde yapılan yorumlar, üretim sisteminin sadece bu kaynak boyutu ile ilgilenilmesinden dolayı enerji etkinliği kavramı ile ele alınmaktadır.

Patterson (1996) enerji etkinliğini bir sürecin faydalı çıktıları ile enerji girdisinin oranı olarak tanımlayarak, enerji etkinliği ile ilgili göstergeleri dört ana grupta değerlendirmektedir. Bu gruplar kaynağını termodinamik biliminden alan (entalpi ve Gibbs serbest enerjisi değişimi gibi) termodinamik göstergeler; çıktıyı fiziksel, enerji girdisini ise termodinamik olarak (örn. joule) ele alan fiziksel-termodinamik göstergeler; çıktının parasal olarak ifade edildiği ekonomik-termodinamik göstergeler ve tüm değişkenlerin parasal olarak ifade edildiği ekonomik göstergeler olarak ifade edilmiştir. Ang (2006) ise bu tür göstergeleri parasal bazlı, fiziksel bazlı, ekonomi geneli ve sektörel enerji etkinliği göstergeleri olarak tanımlamaktadır.

Makro düzeyde değerlendirildiğinde, parasal ya da ekonomik bazlı göstergeler enerji etkinliği çalışmaları için uygun gözükmemektedir. Ancak, enerji yoğunluğu (GSYİH başına

enerji girdisi) gibi geleneksel göstergeler, oran analizinden de hatırlanacağı üzere üretimin sadece enerji girdisi ile yapıldığını varsaymakta ve işgücü ile sermaye gibi üretimin diğer esas bileşenlerini hesaba katmamaktadırlar (Patterson, 1996; Hu ve Wang, 2006). Benzer şekilde emisyon yoğunluğu (örn. GSYİH başına CO₂ emisyonu) ve karbon faktörü (enerji kullanımı başına CO₂ emisyonu) gibi göstergeler de çevresel performansı değerlendirmek amacıyla tercih edilmektedir (Ang ve Choi, 2002). Bu tür göstergeler yaygın biçimde kullanılsa da üretim sistemi hakkında kısmî olarak nitelendirilebilecek bilgi sunmakta ve kısmî verimlilik ya da etkinlik ölçütleri olarak değerlendirilmektedir. Bu tür göstergelerin yapısından da anlaşılacağı üzere, kısmî ölçütler sadece enerji girdisi ya da istenmeyen çıktılar olan emisyon ya da atıklar üzerinden ölçüm yaptıkları için üretim sistemlerinin enerji ve çevre performansını bütüncül olarak değerlendirmede yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı, enerji ve çevre etkinliğinin değerlendirilmesinde kısmî faktör ölçütleri yerine çoklu faktör ölçütlerinin kullanılması daha yararlı olacaktır (Zhang ve Kim, 2014).

Bahsedilen bu gerekçelerle, enerji ve çevre performansının belirlenmesi özelinde yapılacak etkinlik ölçümünde, tüm girdi ve çıktıları bünyesinde barındıran yani toplam faktör bakışıyla üretim sistemini ele alan bir model tercih etmek üretim sisteminin bütüncül olarak değerlendirilmesinde gerekli olmaktadır (Hu ve Wang, 2006; Zhang ve Kim, 2014)

Veri zarflama analizi kullanılarak enerji ve çevre etkinliği ölçümünü konu alan çalışmaların sayısında son yıllarda belirgin bir artış gözlenmektedir (Zhou, Ang ve Poh, 2008a). Bununla birlikte, işletme düzeyinde etkinlik ölçümüyle kıyaslandığında bölgesel ve ülkeler düzeyinde etkinlik ölçümüne odaklanan çalışmaların sayısı oldukça fazladır.

Literatürde enerji ve çevre alanında veri zarflama analizi temelli yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar, uygulama alanlarına göre dört ana grupta toplanabilir (Zhou ve diğerleri, 2008a):

- 1) Elektrik Sanayi
- 2) Çevresel Performans Ölçümü
- 3) Enerji Etkinliği Ölçümü
- 4) Enerji Alt Sektörlerinde Performans Ölçümü

Hu ve Wang (2006), Çin’de yer alan bölgelerin etkinliğini toplam faktör bakış açısı ile analiz etmiştir. Bu çalışmada, girdi olarak sermaye stoku, işgücü ve enerji; çıktı olarak ise sadece GSYİH alınmış ve VZA sonuçları üzerinden toplam faktör enerji etkinliği (TFEE) endeksi geliştirilerek literatüre sunulmuştur. Chien ve Hu (2007) OECD üyesi olan ve olmayan ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının teknik etkinlikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Benzer bir çalışmada ise Japonya’nın bölgelerinin toplam faktör bakış açısı ile enerji etkinlikleri hesaplanmıştır (Honma ve Hu, 2008). Xiaoli ve diğerleri (2014) sermaye, işgücü ve enerjiyi girdi; katma değeri çıktı olarak ele alarak, Çin sanayisinde, hem bölgesel hem de sektörel olarak TFEE endeksinin değişimlerini incelemişlerdir. Aktarılan bu çalışmalarda görüldüğü üzere üretim sistemleri, istenen çıktı olarak ifade edilebilen tek bir çıktının bulunması üzerinden modellenmektedir. Ancak gerçekte, enerji kullanan tüm üretim sistemleri, istenen çıktı ile birlikte eşanlı olarak emisyon da üretmektedir. Zhang ve Kim (2014) ekonomik ya da sınaî üretimin müşterek bir süreç olduğuna değinerek, bu üretimin enerji girdisi ile birlikte diğer girdileri (sermaye ve işgücü) kullanarak hem üretim değeri, katma değer ya da GSYİH gibi istenen çıktıları hem de emisyonlar, sera gazları ya da atıklar gibi istenmeyen çıktıları ürettiğini ifade etmektedir. Literatürde, enerjinin etkin kullanımı, ekonomik faaliyetlerin ortaya çıkardığı çevresel anlamda olumsuz etkiler ile küresel iklim değişikliği üzerinde artan ilgi nedeniyle pek çok araştırmacı, enerji ve çevre performansını uygun ve iyi biçimde ölçmek için pek çok farklı VZA modeli ile istenmeyen çıktıları da ele alan yaklaşımlar üzerine yoğunlaşmaktadırlar.

Zaim ve Taşkın (2000a), OECD ülkelerinin 1980–1990 yılları arasındaki çevresel performanslarını GSYİH’yi istenen çıktı, karbondioksit emisyonlarını istenmeyen çıktı; işgücü ve sermaye stokunu ise girdi olarak ele alarak modellemişlerdir. Zaim (2004), ABD eyaletlerinin kirlilik yoğunluklarını çevresel performans ölçümü kavramı ile ele almıştır. Lansink ve Bezlepkın (2003), Hollandalı sera üreticilerinin karbondioksit ve enerji etkinliklerini hesaplamışlardır. VRS ve zayıf atılabilirlik varsayımıyla hesapladıkları etkinlik değerlerini de firma ve ürün tipine göre istatistiksel testlere tâbi tutarak sonuçlar çıkarmışlardır. Zhou, Ang ve Poh (2006) istenmeyen çıktıları çevresel VZA teknolojisi ile zayıf atılabilirlik varsayımı altında aylak temelli modele uyarlamışlar, 30 OECD ülkesi için yaptıkları uygulamada ise hem etkinlik ölçümü hem de çevresel düzenlemelerin fırsat maliyetlerini hesaplamışlardır. Bu çalışmaya, tezin ilerideki bölümlerinde detaylı biçimde değinilmiştir. Zhou, Ang ve Poh (2008b)’nin çalışmasında, çevresel VZA teknolojisi temelinde kurulan aylak temelli etkinlik ölçüm modellerinde, ölçümü sadece enerji girdisi

üzerinden yapan ve saf enerji etkinliği endeksi veren bir model de sunmuşlardır. Bu modelde, eşitlik olarak ifade edilen istenmeyen çıktılara ait kısıtın aylak değişkeni yoktur. Ancak yazarlar, ekonomi-enerji ve çevre etkinliğini bütünleşik olarak ölçmek için, etkinlik değerinin amaç fonksiyonunda enerji dışı girdileri de kapsayacak şekilde aylak değişkenler üzerinden modellenmesini önererek Zhou ve diğerleri (2006)'nin çalışmasını adres göstermektedir. Watanabe ve Tanaka (2007) istenmeyen çıktıları zayıf atılabilirlik varsayımı ile ele alan doğrusal uzaklık fonksiyonları kullanarak, Çin sanayisini iller düzeyinde iki farklı etkinlik ölçüsü ile analiz etmiştir. Shi ve diğerleri (2010) literatürde yer alan önceki çalışmaların, istenmeyen çıktıları içermediğinden ve enerji tasarrufu maksimizasyonu ele almadığından dolayı bazı kısıtlılıkları olduğunu ifade etmiş ve Çin sanayisinde bölgesel düzeyde enerji dışı girdileri sabitleyerek enerji tasarrufunu maksimize eden ve istenmeyen çıktıları girdi olarak ele alan radyal VZA modeli yardımıyla etkin ölçümü yapmıştır. Wang ve diğerleri (2013) ise bu yaklaşımı takip etmişler, ancak istenmeyen çıktıları zayıf atılabilirlik varsayımı ile ele almışlar ve Window analizi ile 2000–2008 yılları arasında Çin'in 29 bölgesinin enerji ve çevre etkinliği sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Goto ve diğerleri (2014) ise Japonya'nın 47 bölgesini ele alarak, istenmeyen çıktılar yardımıyla operasyonel ve çevresel değerlendirme yapabilmek için yeni bir metodoloji önererek imalat sanayi ve diğer sanayiler için üç farklı etkinlik ölçüsü belirlemişlerdir. Halkos ve Tzeremes (2012) ise Avrupa Birliği üyesi olan Almanya'nın İBBS Düzey 2 bölgelerinde çevresel performans endeksleri geliştirmek amacıyla doğrusal uzaklık fonksiyonları kullanmıştır. Chang (2014) ise 27 Avrupa Birliği üye ülkesinin enerji kullanım etkinliğini istenmeyen çıktıları ele almadan inceleyerek, enerji yoğunluğunun geliştirilmesi özelinde bir metodoloji sunmuştur.

Bölgesel gelişmeyi sağlamada ve uzun dönemli ulusal hedefleri başarmada politikalara yön veren ve ilgili sektörlerin gelişimi hakkında bilgi sağlayan verimlilik ve etkinlik ölçümü konusunda Türkiye'de yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Milli Prodüktivite Merkezi (MPM)¹, Türkiye ekonomisi ve sektörler kapsamında verimlilik analizleri gerçekleştiren kurumların başında yer almıştır. Özellikle 2001 yılında yaşanan ekonomik krizden sonra her yıl bir Verimlilik Raporu yayımlanmıştır. Bu raporlarda verimlilik, teknolojik gelişme ve yapısal özellikler yönünden ülke ekonomisi gerek

¹ Milli Prodüktivite Merkezi, 17 Ağustos 2011 tarih ve 28028 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 649 Sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile ilga edilerek Verimlilik Genel Müdürlüğü adı altında Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı bünyesine alınmıştır.

makroekonomik gerekse sektörel düzeyde incelenmektedir. İlki, kriz dönemlerinin sağlıklı biçimde aşılabilmesine yardımcı olması düşüncesi ile 2002 yılında MPM tarafından “Birinci Verimlilik Raporu”dur. Bu çalışmada, makro ve mikro düzeyde verimlilik analizleri yapılmış, bu bağlamda kamu, işveren ve çalışanların sorunlarına yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir.

İkinci ve üçüncü verimlilik raporlarında ise verimliliğin büyüme ve kalkınmadaki katkısı, makro değişkenlerle ilişkilerine değinilmiştir. Dördüncü verimlilik raporu (Taymaz ve Suiçmez, 2005) ve beşinci verimlilik raporu (Saraçoğlu ve Suiçmez, 2006) ise; imalat sanayine odaklanarak verimlilik, teknolojik gelişme, yapısal özellikler ile büyüme ve verimlilik ilişkisini 80 yıllık tarihsel dönem (1923–2003) içinde ve 2001 krizi sonrasında reel göstergelerle incelemiştir. Bu çalışmalarda da orta ve uzun dönem büyümede temel faktörün verimlilik artışı ve teknolojik gelişme olması gerektiği vurgulanarak, bu gerçeğin politika araçları ile uygulanma koşulları kapsamlı olarak incelenmiştir. Verimlilik raporlarında üzerinde durulan bir diğer husus, Türkiye’de 2002 yılı sonrası dönem için TFV hesaplamalarının veri kaynaklarındaki eksikliklerden dolayı oldukça az olduğu ve bu alanda yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğunun belirtilmesidir.

2010 yılında yayımlanan “Küresel Ekonomik Krizin Türkiye’de Reel Sektöre Yansımaları” başlıklı Altıncı Verimlilik Raporunda (Köse ve Togay, 2010) küresel ekonomik krizin Türkiye’de reel sektöre yansımalarını ekonometrik yöntemlerle inceleyerek ve krizin daha sağlıklı biçimde aşılabilmesi amacıyla bazı politika önerilerine yer vermişlerdir.

1980 öncesi dönem için, Türkiye ekonomisi üzerine verimlilik analizi gerçekleştiren ilk çalışma Krueger ve Tuncer (1982)’in çalışmasıdır. Bu çalışmada Krueger ve Tuncer, bir ayrıştırma yöntemi ile imalat sanayi sektörleri için büyüme muhasebesi analizi yaparak 1963–1976 dönemi için TFV artış oranlarını özel ve kamu işletmeleri için ayrı ayrı hesaplamışlardır.

İmalat sanayi kamu ve özel kesim arasında TFV farklılıkları üzerine bir başka çalışmada, Malmquist endeks yöntemi ile imalat sanayinde 1974–1991 döneminde TFV artışı açısından kamu kesiminin özel kesime göre daha kötü bir performans sergilediğini bulunmuştur (Zaim ve Taşkın, 1997).

Tuncer ve Özüğurlu (2004), 1980–2000 dönemine ilişkin imalat sanayi verilerini ele alarak iki haneli alt sektörler ile İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflaması (İBBS) Düzey 1 çerçevesinde sektörel sermaye stoku tahminleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada bölgeler bazında (TR1-TRC) imalat sanayi ve alt kollarında işgücü verimliliği, sermaye verimliliği ve toplam faktör verimliliği hesaplamalarında bulunmuşlardır.

Yavuz (2003a)'un illere göre imalat sanayinde etkinlik karşılaştırması yaptığı çalışması hem sektörel hem de bölgesel anlamda önemli bir çalışmadır. MPM tarafından kitap olarak da yayımlanan bu çalışma Türkiye imalat sanayinin etkinlik profilini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. 1998 yılı için 67 il düzeyinde imalat sanayinin iller bazında karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler Devlet İstatistik Enstitüsünden (DİE) elde edilen imalat sanayi istatistikleridir. Bu istatistikler 2001 yılı ve öncesinde uygulanan anket detayında temin edilebildiği için tüm kamu işletmeleri ve 10 ve daha fazla işçi çalıştıran özel sektör işletmelerini kapsamaktadır. Yöntem olarak VZA'nın kullanıldığı çalışma, ISIC-Rev 2'ye göre imalat sanayi ve ikili kodda imalat sanayi kolları kapsamında yapılmıştır. Çalışmada ele alınan veriler için girdi olarak DİE tarafından verilerin derlendiği ankette tanımlanan girdi değeri, sermaye olarak çevirici güç kapasitesi ve işgücü olarak çalışılan saat değerleri; çıktı olarak ise gene DİE tarafından tanımlı çıktı değeri alınmıştır. İller bazında, her bir alt sektör için ölçek etkinliği, teknik etkinlik ve toplam etkinlik hesaplanmış, ilgili sektörün her bir il düzeyinde ölçeğe göre getiri yönü ortaya konulmuştur. İmalat sanayi genelinde illerin ortalama toplam teknik etkinlik düzeyi 0,682 olarak bulunmuştur (Yavuz, 2003a:82).

Deliktaş (2002), özel sektör imalat sanayinin 1990–2000 dönemi performans düzeyini ölçmüştür. Performans ölçümünde, illerin sektörel bazda teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği ile bileşenlerindeki değişmelerin ölçümü esas alınmıştır. Teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliğindeki değişimleri ölçmede VZA ve Malmquist verimlilik endeksi yöntemleri kullanılmıştır. Etkinlik düzeyi ve toplam faktör verimliliğindeki değişim endekslerine göre en yüksek performanslı illerin Marmara Bölgesi'nde yer aldıkları ve en düşük performanslı illerin Ege Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesi'nde yer aldıkları görülmüştür.

Yavuz (2003b), bir diğer çalışmasında imalat sanayi ve alt kollarında iller düzeyinde TFV gelişimini incelemiştir. VZA kullanılarak yapılan Malmquist toplam faktör verimliliği

hesaplamasında diğerk çalışması ile benzer biçimde girdi olarak işgücü, çevirici güç ve girdi değerini, çıktı olarak da DİE tarafından tanımlı çıktı değerini almıştır. 1981–2000 yıllarını kapsayan çalışmada imalat sanayinin 20 yıllık gelişmesine bakıldığında hesaplamaya dahil edilen 64 il için toplam faktör verimliliğinin yılda ortalama %0,8 arttığı görülmüş; bu değişimin %2,4 artan teknik etkinlik ve %1,5 düzeyinde ortalama negatif değişim gösteren teknolojik değişimin bir birleşimi olduğu ortaya çıkmıştır (Yavuz, 2003b:150).

Büyükkılıç ve Yavuz (2005), yaptıkları çalışmada 1994–2001 yılları arasında Türkiye imalat sanayinin alt kollarında toplam faktör verimliliği değişimi, teknik değişim ve teknik etkinlik değişimlerini incelemişlerdir. Diğerk çalışmalarından farklı olarak bu çalışmada bölgesel boyut yer almamaktadır, sadece imalat sanayi ve alt kolları özelinde hesaplamalar yapılmıştır.

Türkiye imalat sanayinin bazı seçilmiş illerde 1990–1998 yılları arası teknik etkinlik, teknik değişim ve TFV’ni hesaplayan bir çalışma translog stokastik üretim sınırı yaklaşımını ele almıştır (Önder, Deliktaş ve Lenger, 2003). Özel sektör ve kamu ayrımı da göz önüne alınan çalışma ile seçilen 18 ilin performansı karşılaştırılmıştır. Modelde kullanılan girdiler sermaye, işgücü ve hammadde. Çalışmanın dikkat çekici bulguları, imalat sanayinde özel sektörün kamu sektörüne göre ve büyük firmaların daha küçük firmalara göre daha etkin olduğu yönündedir.

Armağan, Özden ve Bekçioğlu (2010)’nun tarım alanındaki çalışmasında, Türkiye’nin İBBS Düzey 1 bölgelerinde hububat üretimi için etkinlik ve Malmquist toplam faktör verimliliği hesaplaması yapmışlardır. Örkücü ve Bal (2012), Türkiye’de illerin 2003 yılı itibariyle performans değerlendirmelerini, yeni bir VZA modeli önererek sosyo-ekonomik değişkenler yardımıyla gerçekleştirmişlerdir. Şengül, Eslemian ve Eren (2013) ise 2007–2008 yılları arasındaki dönemde İBBS Düzey 2 bölgeleri arasından 24 bölgenin ekonomik etkinliklerini incelenmişlerdir. Girdi olarak kişi başı kamu yatırım gerçekleştirmeleri, teşvik belgeli yatırımlar, toplam banka kredileri; çıktı olarak; Gayri Safi Katma Değer (GSKD), teşvik belgeleri ile yaratılan istihdam, açılan işyeri sayısı ve dış ticaret dengesi verileri kullanılmıştır. Tobit modeli kullanılarak, etkinliğe etki eden girdi ve çıktı faktörleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Şimşek (2011) ise 24 OECD ülkesi ile Türkiye'yi 1995–2008 döneminde, çevresel performans ve toplam faktör verimliliği değişimi temelinde analiz etmiştir. Süper aylak temelli model kullanılarak yapılan çalışmada, uluslararası veritabanları ve kaynaklardan derlenen veriler yardımıyla, üç farklı enerji girdisi, işgücü ve çalışma özelinde hesaplanmış sermaye stoku serisi girdi olarak; GSYİH ve karbondioksit emisyonları çıktı olarak ele alınmıştır. Model sonuçları diğer ülkeler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, Türkiye'nin etkin olabilmesi için, ortalama olarak çalışan sayısını % 65, petrol-doğal gaz tüketimini %28, hidrogüç-nükleer tüketimini % 60, kömür tüketimini % 61, sermaye kullanımını % 3; karbondioksit emisyonları % 43 oranında azaltması gerektiği bulunmuştur.

Karadağ (2010), 1980–2001 yılları arasındaki dönemde Türkiye'nin İBBS Düzey 2 bölgeleri arasından 25 bölgeyi kapsayan çalışmada özel kesim imalat sanayinin verimliliği üzerinde kamu yatırımlarının etkisini araştırmıştır. VZA ve ardından panel regresyon uygulanan çalışmada, kamu yatırımlarının özel kesim imalat sanayinin verimliliği üzerinde olumlu etkisinin olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Sözen, Alp ve Özdemir (2010)'ın çalışmasında Türkiye'deki termik santrallerin çevresel performansları değerlendirilmiştir. 15 adet santral için CCR ve BCC girdi odaklı modeller kullanılmıştır. Girdi olarak birinci modelde kapasite kullanım faktörü, termal etkinlik, ortalama üretim süresi ve proje üretim kapasitesi, çıktı olarak da GWh başına yakıt maliyeti alınmıştır. Çevresel performansı ölçen ikinci modelde ise termal etkinlik, ortalama üretim süresi ve GWh başına yakıt maliyeti girdi; CO₂, SO₂ ve N₂O ile diğer emisyonlar olmak üzere dört adet çıktı seçilmiştir. Bu analizler ile birlikte etkinsizlik gösteren santrallerin iyileştirilmesi ile enerji üretim maliyetlerinin düşürülebileceği gözlenmektedir.

Sözen, Alp ve Kılınç (2012)'in çalışmasında ise Türkiye'deki hidroelektrik santrallerin etkinlikleri değerlendirilmiştir. Ülkemizde kurulu güç içindeki payı en fazla olan hidroelektrik üretimimin incelendiği bu çalışmada CRS ve VRS varsayımli veri zarflama analizi modelleri kullanılmıştır. Çıktı odaklı birinci modelde girdi olarak kapasite kullanım faktörü (kontrol edilemeyen değişken), kurulu güç ve toplanan su (kontrol edilemeyen değişken) girdi olarak; net üretim çıktı olarak ele alınmıştır. Girdi odaklı ikinci modelde ise brüt üretim, işletme maliyetleri ve toplanan su (kontrol edilemeyen değişken) girdi olarak, GWh başına birim maliyet ise çıktı olarak ele alınmıştır. Etkinlik ölçümüne ek olarak

çalışmada Window analizi de yapılmıştır. Bu çalışma ile birlikte etkin olan birimler ve çıktı azlığı ya da girdi fazlalığından dolayı etkinsiz olan santraller tespit edilmiştir.

Ulucan ve Atıcı (2010) Türkiye'deki elektrik dağıtım şirketlerinin etkinliklerini incelemişler ve ölçüt odaklı veri zarflama analizi yaklaşımını kullanmışlardır. Bu yaklaşımla, veri zarflama analizinin her bir girdi ve çıktıyı odak noktası olarak gerçekleştirilen bir turu olan ölçüt odaklı veri zarflama analizinin uygulanması ve hedeflerin sadece bir girdiye veya çıktıya yönelik olarak belirlenmesi daha ulaşılabilir hedefler sunmaktadır.

Türkiye'nin çevresel performansının diğer ülkelerle karşılaştırıldığı bir çalışma ise Sözen ve Alp (2009) tarafından yapılmıştır. İki ayrı model kullanılarak yapılan analizlerde, sektörel enerji tüketimlerinin ve toplam nihai enerji tüketimlerinin yol açtığı farklı emisyonlar CRS ve VRS varsayımları altında süper etkinlik hesaplaması ile incelenmiştir. 1998–2005 yılları için elde edilen çevresel performans değerleri, Kyoto Protokolünün Türkiye için öngördüğü sera gaz emisyonları seviyesi doğrultusunda değerlendirilerek, politika önerileri geliştirilmiştir. Yenilenebilir kaynakların artırılması, emisyon vergilerinin uygulanması, enerji kayıplarının azaltılması, yakıt kalitesinin iyileştirilmesi ve sera gazı azaltımını sağlayan teknolojilerin yaygınlaştırılması önerileri ile sera gazı emisyonlarının %10 oranında azaltılabileceği vurgulanmıştır.

Türkiye'nin çevresel performansının karbonizasyon endeksi (enerji başına karbondioksit) üzerinden Avrupa Birliği ülkeleri ile değerlendirildiği bir başka çalışmada (Alp ve Sözen, 2011) ise girdi olarak GSYİH, birincil enerji üretimi, toplam elektrik üretimi ve net enerji ithalatı, çıktı olarak ise karbonizasyon endeksi alınmıştır. 1999–2006 dönemi için girdi odaklı CRS ve VRS modellerinin uygulandığı çalışmada Malmquist endeks yardımı ile etkinlik ve verimlilik değişimleri analiz edilmiştir. Analiz döneminde Türkiye'nin toplam faktör verimliliği değişimi teknik değişimden kaynaklanmak üzere 0,983 olarak hesaplanmıştır. Diğer ülkelerle kıyaslandığında ise bu dönemde Türkiye, tüm yıllar için etkin bulunmuştur.

Literatür incelendiğinde, gerek uluslararası alanda gerekse Türkiye özelinde öne çıkan bazı çalışmalar aşağıda listelenmektedir.

Çizelge 3.1. Literatürde öne çıkan bazı çalışmalar

Yazar	Analiz Dönemi	Karar Verme Birimleri	Model Türü	İstenmeyen Çıktı	Uygulama Türü
(Alp & Sözen, 2011)	1999–2006	Türkiye ve AB ülkeleri	Radyal	Var	Çevresel performans
(Bi, Song, Zhou, & Liang, 2014)	2007–2009	Çin’deki 29 bölgenin termik santralleri	Aylak Temelli (Girdi odaklı)	Var	Enerji performans göstergesi
(Honma & Hu, 2008)	1993–2003	Japonya’daki 47 bölge	Radyal	Yok	TFEE Endeksi
(Hu & Wang, 2006)	1995–2002	Çin’deki 29 bölge	Radyal	Yok	TFEE Endeksi
(Li & Hu, 2012)	2005–2009	Çin’deki 30 bölge	Aylak Temelli	Var	Ekolojik TFEE Endeksi
(Mei, Gan, & Zhang, 2015)	2000–2011	Çin’deki 29 bölge	Metafrontier Aylak Temelli	Var	Çevresel etkinlik
(Rao, Wu, Zhang, & Liu, 2012)	2000–2009	Çin’deki 30 bölgenin sanayisi	Aylak Temelli	Var	Sanayide enerji tasarrufu potansiyeli
(Riccardi, Oggioni, & Toninelli, 2012)	2005–2008	21 ülkenin çimento üretimi	BCC ve uzaklık fonksiyonu	Var	Ekonomik-çevresel performans
(Shi, Bi, & Wang, 2010)	2000–2006	Çin’deki 28 bölgenin sanayisi	Radyal	Var	Sanayide enerji tasarrufu potansiyeli
(Sözen & Alp, 2009)	1998–2005	Türkiye ve AB ülkeleri	Radyal CRS ve VRS ile süper etkinlik	Var	Emisyon ve kirleticilerin performans karşılaştırması
(Ulucan & Atıcı, 2010)	2006	Türkiye’deki 20 Elektrik Dağıtım Şirketi	Ölçüt Odaklı Radyal Modeller	Yok	Ölçüt odaklı etkinlik ölçümü
(Wang, Yu, & Zhang, 2013)	2000–2008	Çin’deki 29 bölge	Radyal	Var	Enerji ve çevre performansı
(Xiaoli, Rui, & Qian, 2014)	1997–2007	Çin’in 10 bölgesinin imalat sanayi alt kolları	Radyal	Yok	TFEE Endeksi ve büyümesi
(Yörük & Zaim, 2005)	1983–1998	28 OECD ülkesi	Uzaklık fonksiyonu	Var	Malmquist ve Malmquist-Luenberger TFV analizi
(Zhang & Choi, 2013)	2001–2010	Çin’in 30 bölgesi	Aylak temelli	Var	Çevresel enerji etkinliği
(Zhou, Ang, & Poh, 2006)	1998–2002	30 OECD ülkesi	Aylak temelli	Var	Çevresel performans ve fırsat maliyeti
(Zhou, Ang, & Han, 2010)	1997–2004	18 Ülke	Uzaklık fonksiyonu	Var	Malmquist endeks (bootstrap)
(Halkos & Tzeremes, 2012)	2008	Almanya İBBS Düzey 2 Bölgeleri	Uzaklık fonksiyonu	Var	Çevresel performans ölçümü
Chang (2014)	2006–2010	27 AB Ülkesi	Uzaklık fonksiyonu	Yok	Enerji yoğunluğu hedefi
Deliktaş (2002)	1990–2000	Türkiye’nin iller düzeyinde imalat sanayi ve alt kolları	Radyal	Yok	Malmquist endeks

Çizelge 3.1. (Devam) Literatürde öne çıkan bazı çalışmalar

Yavuz (2003)	1998	Türkiye'nin iller düzeyinde imalat sanayi ve alt kolları	Radyal	Yok	Etkinlik Analizi
(Tuncer & Özügür, 2004)	1980-2000	Türkiye İBBS Düzey 1 Bölgeleri	Parametrik yöntem	Yok	Etkinlik ve verimlilik ölçümü
(Büyükkılıç & Yavuz, 2005)	1994-2001	Türkiye'nin imalat sanayi ve alt kolları	Radyal	Yok	Malmquist endeks
(Yalama & Sayim, 2008)	2005	İMKB'ye kote imalat sanayi kuruluşları	Radyal	Yok	Finansal rasyolarla etkinlik ölçümü
(Örkcü & Bal, 2012)	2003	Türkiye'nin illeri	Radyal	Yok	Etkinlik ölçümü
(Şimşek, 2011)	1995-2008	Türkiye ve 24 OECD ülkesi	Aylak temelli	Var	Çevresel performans ve TFV analizi

Literatür ile ilgili olarak Zhou ve diğerleri (2008)'nin enerji ve çevre alanında VZA temelli olarak yapılan yüz çalışmayı inceledikleri literatür taraması, oldukça kapsamlı bir içerik sunmaktadır. Türkiye'de 1997–2012 yılları arasında VZA ile yapılan çalışmaların ayrıntılı bir derlemesi ise Ayriçay ve Özçalıcı (2014)'nin çalışmasında yer almaktadır.

Enerji ve çevre alanında VZA ile yapılan etkinlik, verimlilik ve çevresel performans ölçümü çalışmalarında büyük ölçüde tercih edilen girdi ve çıktı türleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 3.2. Literatürde tercih edilen girdi ve çıktı türleri

Girdiler	Çıktılar
➤ Enerji Tüketimleri: – Sektörel Enerji Tüketimleri – Birincil Enerji Tüketimleri – Nihai Enerji Tüketimleri – Fosil Kaynaklı Enerji Tüketimleri – Yenilenebilir Enerji Tüketimleri – Elektrik Tüketimleri ➤ Sermaye Stoku ➤ İstihdam, Nüfus	➤ Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (GSYİH) ➤ Katma Değer ➤ Üretim Değeri
	İstenmeyen Çıktılar
	➤ Emisyonlar: – CO₂ – SO_x – NO₂ – Organik Uçucular/Kirleticiler ➤ Atıklar

Türkiye özelinde literatür incelendiğinde özellikle 2001 yılından önceki dönemlerde, gerek ekonomi ya da sektör geneli, gerekse iller ve bölgeler düzeyinde çalışmaların yoğun olduğu görülmektedir. Bunun başlıca nedeni, ilgili dönemde Devlet İstatistik Enstitüsü (2005 yılı itibariyle Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından derlenen geniş kapsamlı veriler olduğu görülmektedir. Bu veriler arasında hem özel-kamu ayrımında işletme verileri, hem de sermaye stokuna dair vekil değişken olarak kullanılabilecek verilerin (çevirici güç) olması kısmî faktör göstergelerinden daha kapsayıcı bilgiler sunan toplam faktör göstergelerini hesaplayabilme olanağını sağlamıştır. 2002 yılından sonra ise bu veriler AB uyum süreci ile yeni bir istatistik sistemine geçişle birlikte artık üretilmemektedir. Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (*Eurostat*) normları temel alınarak düzenlenen yeni istatistik sisteminde, kapsamlılığı ve derleme metodu farklı yeni seriler yayımlanmaya başlamıştır. Bu konu ile ilgili detaylar, çalışmada kullanılan verilerin anlatıldığı §0'te verilmektedir. Veri setlerinde yaşanan bu kırılmanın, araştırmacıları 2002 yılı sonrası dönem için kısıtlayan en büyük etken olduğu düşünülmektedir.

Literatür araştırmasında verildiği üzere, 2002 yılı sonrasında Türkiye'de bölgesel düzeyde yapılan çalışmaların içinde özellikle imalat sanayi için üretim sistemini toplam faktör bakış açısıyla ele alan; sermaye, işgücü ve enerji gibi temel üretim kaynakları üzerinden VZA temelinde etkinlik ve toplam faktör verimliliği ölçümü yapan bir çalışma bulunmadığı gibi, çevresel performansı da değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlanılmamaktadır.

Bölgesel gelişme kavramının giderek önem kazanmasıyla birlikte Türkiye'de sürdürebilir bir bölgesel gelişmeyi sağlamak amacıyla, bölgesel politikalara verilen önem artmaktadır. Bu alanda uygulanacak politikalara yön vermesi açısından, imalat sanayinin kalkınmadaki önemi de göz önüne alındığında, bölgesel düzeyde etkinlik ve toplam faktör verimliliği ölçümünün önemi daha da artmaktadır. Bölgesel düzeyde imalat sanayinin yapısını etkinlik ve verimlilik penceresinden anlamaya çalışmak ve bu doğrultuda politikalar geliştirmek, imalat sanayinde bölgesel düzeyde sürdürülebilir, enerjiyi etkin kullanan ve çevre dostu bir yapının oluşturulmasına da kapı aralayacaktır.

Bu çalışma, Türkiye'de imalat sanayinin bölgesel düzeyde hem ekonomik hem de enerji ve çevre etkinliğini belirlemede öne sürdüğü yeni yaklaşımla, literatürdeki eksikliği tamamlamakla kalmayıp, elde ettiği bulgularla da bölgesel politikalara yön vermeyi amaçlamaktadır.

3.2. Veri Zarflama Analizi

Günümüzde giderek karmaşık hale gelen üretim ve yönetim sistemlerinde performans ölçümü; işletmeleri, sektörleri ve ekonomi düzeyinde üretim sistemlerini ayrıntılı olarak analiz etme ihtiyacı ile bu sistemlerin mümkün olan tüm seviyelerde iyileştirilmelerine duyulan ihtiyaçlardan dolayı oldukça önem kazanmıştır.

Üretim ya da hizmet sistemlerinde birden fazla girdi ile birden fazla çıktının üretilmesi durumunda bir önceki bölümde sözü edilen ve matematiksel programlama tabanlı bir etkinlik ölçüm yöntemi olan veri zarflama analizi, karar vericilere detaylı bilgi sunan kolay uygulanabilir bir teknik olarak ortaya çıkmaktadır. Birbirinden farklı birimlerle ifade edilen girdi ve çıktıların bir arada analizine olanak sağlayan bu yöntem, oldukça geniş bir alanda, mal ya da hizmet üreten sistemlerde başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir.

Farrell (1957) tarafından yapılan çalışma sonrasında literatürde üretim sınırı kavramı ele alınmaya başlanmış ve 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından Amerika Birleşik Devletleri'ndeki okulların etkinliklerini hesaplamak amacıyla yapılan çalışmada veri zarflama analizi ilk kez literatürde yer bulmuştur. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı ile uygulanan veri zarflama analizi modeline yazarların soy isimlerinin baş harfleri kısaltılarak CCR modeli adı verilmiştir.

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımı ile geliştirilerek literatüre giren bir diğer temel model ise Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından sunulan BCC modelidir. Hem CCR hem de BCC modeli, girdiye ve çıktıya yönelik olmak üzere iki ayrı biçimde kurulabilmektedir. Bu durum VZA uygulanarak çözülen problemlerin sonuçlarını irdeleme ve yorumlama yeteneğini arttırdığı gibi uygulama alanını da genişletmiştir.

VZA, metodolojisi sayesinde çoklu girdi ve çıktılarından oluşan üretim sistemlerinde, benzer karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerini tek bir değer ile ifade edebilmesinden dolayı hem üretim hem de hizmet sektörlerinde tüm düzeylerde uygulanabilmektedir.

3.2.1. Temel VZA modeli

Bir karar verici için birden çok karar verme birimi (KVB) varsa, bu karar verme birimlerinin etkinliklerinin ölçülmesi ve karar verme birimleri hakkında verilecek yönetsel

kararların bu etkinlik ölçümü sonucunda şekillendirilmesi önemlidir. Karar verici, etkinsizliğin yol açtığı israf ve maliyetlerden ötürü etkin olmayan karar verme birimlerinin etkinliklerini artırmak ister. Karar verici bu noktada, gerekli iyileştirmelerin ne oranda, hangi ölçüde, ya da hangi girdi ya da girdi kümeleri ve dahası hangi çıktı ya da çıktı kümeleri için yapması gerektiğini bilmek istemektedir. Bu durumda ele alınan KVB kümesinin gerçeği temsil edecek biçimde modellenmesi ve çözümü sonucunda sistem hakkında bilgi edinilebilmesi için veri zarflama analizi modelleri iyi bir analiz aracı olarak karşımıza çıkmaktadır.

VZA, benzer türden karar verme birimleri arasında göreceli etkin olanlardan oluşan bir sınır tespit ederek (etkin sınır), göreceli olarak etkin olmayan karar birimlerinin performansını bu etkin sınırdan uzaklıklarını hesaplamak yoluyla etkinliğin ölçümünü gerçekleştirmektedir. Bunu yaparken, matematiksel olarak bir karar biriminin ağırlıklandırılmış çıktılar toplamının ağırlıklandırılmış girdiler toplamına oranını temel almakta ve bu yönüyle çözüm tekniği olarak doğrusal programlamayı kullanmaktadır.

Herhangi bir karar verme biriminin etkinliği (herhangi bir j KVB için), aşağıdaki gibidir.

$$E = \frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots + u_s y_s}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + \dots + v_m x_m} \quad (3.1)$$

Bu formülde j . karar verme birimi için s adet çıktı ve m adet girdi vardır. Burada, u_s , s . çıktının ağırlığını; y_s , s . çıktının miktarını; v_m , m . girdinin ağırlığını ve x_m , m . girdinin miktarını göstermektedir.

Genel etkinlik formülü çıktıların girdilere oranlanması şeklinde olduğu için bir karar biriminin etkinliğini artırmanın iki yolu vardır:

- Çıktılar sabit tutulurken, girdi miktarının azaltılması (Girdiye yönelik)
- Girdiler sabit tutulurken, çıktı miktarının artırılması (Çıktıya yönelik)

Birinci yaklaşım girdiye yönelik, ikinci yaklaşım ise çıktıya yönelik olarak bilinmektedir. Girdiye yönelik VZA modelleri, belirli bir çıktı bileşimini en etkin şekilde üretebilmek amacıyla, kullanılacak en düşük girdi bileşiminin nasıl olması gerektiği üzerinde

durmaktadır. Çıktıya yönelik VZA modelleri ise, aynı düşünce ile belirli bir girdi bileşimi ile en fazla ne kadar çıktı bileşimi elde edilebileceği üzerinde durmaktadır.

Modeller ayrıca, etkin sınırın hangi ölçek getirisi varsayımı ile analiz edildiğine göre de sınıflandırılabilir. Bu ayrım, ölçeğe göre sabit getirili (CRS) modeller ve ölçeğe göre değişken getirili (VRS) modeller olarak isimlendirilir. Ölçeğe göre sabit getirili modelde, girdideki bir birimlik artış, tüm karar verme birimleri için çıktıyı sabit oranda artırırken; ölçeğe göre değişken getirili modelde girdideki bir birimlik artış, çıktıyı sınırın farklı bölgelerinde farklı oranlarda etkilemektedir.

Charnes ve diğerleri (1978) tarafından sunulan temel VZA modeli olan CCR modeli şu şekildedir:

j : Karar Verme Birimi (KVB) $j= 1,2, \dots, n$

i : Girdiler $i= 1,2, \dots, m$

r : Çıktılar $r= 1,2, \dots, q$

e_o : (KVB) $_o$ 'nin göreceli etkinliği,

x_{io} : (KVB) $_o$ 'nin i . girdisi, x_{ij} : j . KVB'nin i . girdisi,

y_{ro} : (KVB) $_o$ 'nin r . çıktısı, y_{rj} : j . KVB'nin r . çıktısı,

v_i : i . girdinin ağırlığı, u_r : r . çıktının ağırlığı, olmak üzere model,

$$\text{Max } e_o = \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad \text{s. t.} \quad (3.2)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

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

$$r = 1,2,\dots,q; i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n$$

olarak tanımlanır.

Modelde m adet girdisi ve q adet çıktısı bulunan n adet karar birimi için amaç fonksiyonu, Eş. 3.2'de ifade edildiği gibi ağırlıklandırılmış toplam çıktıların, ağırlıklandırılmış toplam girdilere oranının maksimizasyonudur. Bu ölçütün diğer karar birimleri açısından da 1'den

küçük ya da eşit olması ise tanımlanan ilk kısıttır. İkinci kısıt ise ağırlık değerlerinin (u_r, v_i) pozitif değer almasını sağlamaktadır. Model, her j karar birimi için çözülür ve her birim için bir etkinlik değeri elde edilir. Eğer $e_o = 1$ olarak hesaplanırsa, analizi yapılan KVB_o diğer KVB'lerine göre etkin; eğer $e_o < 1$ olarak hesaplanırsa, KVB_o'nun gözlem kümesindeki diğer birimlere göre etkin olmadığı söylenir.

Yukarıda verilen VZA modeli kesirli olarak tanımlanmıştır. Ancak doğrusal programlama yöntemleri ile modelin çözülebilmesi için bu model, bazı dönüşümlerden yararlanılarak doğrusal programlama modeli haline getirilebilir. Dönüşümden sonra elde edilen modelin primal veya dual formu etkinlik ölçümü için uygundur. Doğrusal hale gelmiş model ile bunun dual modeli aşağıda verilmektedir. Primal model $m+q$ adet karar değişkeni içermektedir. Primal-dual ilişkisine göre ise dual model $m+q$ adet kısıt içermektedir. Dual modelde yer alan λ_j , ilgili karar verme biriminin yoğunluk değerini ifade etmektedir. Problemin dual modeli kullanıldığında etkinlik değerinin yanında ayrıca elde edilen λ_j 'lerin oluşturduğu çözüm kümesi kullanılarak analizi yapılan j_o karar biriminin referans kümesi de tespit edilebilmektedir. Böylece, etkinlik analizi sonucu önemli ekonomik yorumlar yapılabilmektedir.

Çizelge 3.3. Girdiye yönelik CCR modeli

<i>Primal Model</i>	<i>Dual Model</i>
<u>Amaç fonksiyonu</u> $\text{Max } e_o = \sum_{r=1}^q u_r y_{rj_o}$ s.t. $\sum_{r=1}^q u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_o} = 1$ $u_r \geq 0, v_i \geq 0$ $r = 1, 2, \dots, q; \quad i = 1, 2, \dots, m$	<u>Amaç fonksiyonu</u> $\text{Min } \theta$ s.t. $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rj_o} \quad r = 1, \dots, q$ $-\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + \theta x_{ij_o} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$ $\lambda_j \geq 0, \quad \theta : \text{serbest}$ $j = 1, 2, \dots, n$

BCC modelinin CCR modelinden farkı, ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında her bir KVB özelinde çözülecek doğrusal programı sonucunda elde edilecek λ_j değerlerinin toplamının 1'e eşit olmasını sağlayan bir kısıt barındırmasıdır. Bu kısıt, üretim sınırını konveks hale getirerek, modelin VRS varsayımını içermesini sağlayacaktır. Yukarıda

verilen CCR modelinin dual formuna konvekslik kısıtı olan $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ eklendiğinde BCC modeli elde edilir.

Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında hesaplanan etkinlik değerleri, önceki kısımlarda bahsedildiği üzere, hem ölçek hem de teknik etkinlik değerlerini içerdiği için, CCR modeli sonuçları, BCC modeli sonuçlarından küçük ya da eşit olmaktadır. Bir KVB'nin CRS varsayımı altında bulunan etkinlik değeri 1 ise, bu KVB hem teknik hem de ölçek etkinliğine sahiptir. Buradan hareketle, CRS varsayımı ile bulunan etkinlik değerlerinin VRS varsayımı ile bulunan teknik etkinlik değerine bölünmesi sonucu, ilgili KVB'nin ölçek etkinliği değerine ulaşılır.

3.2.2. Referans teknoloji ve istenmeyen çıktıların modellenmesi

Temel VZA modelleri, üretim sisteminde üretim faktörü olarak girdilerin kullanımı ve dönüşümü sonucu faydalı çıktıların oluşması temelinde kurulmaktadır. Böylece, üretim sisteminin etkin bir şekilde işlemesi için daha az girdi ile daha çok çıktı üretmek düşüncesi, bu tekniğin temel varsayımıdır. Ancak modellenen üretim sistemlerinde üretilen çıktılar her zaman artırılması istenen ya da artırılmasında bir zarar ya da kaybın olmayacağı çıktılar olmayabilir. Örneğin, kömür kullanarak elektrik enerjisi üreten bir termik santral ele alınsın. Bu üretim sisteminde, kömür girdisi kullanılarak (yakılarak) elektrik enerjisi üretilmekte ve bunun yanında zararlı emisyonlar (CO_2 , SO_2 vb.) ve katı atıklar da elektrik üretimi ile birlikte ortaya çıkmaktadır. Temel VZA modeli ile bu üretim sisteminin etkinliğini ölçmeye çalıştığımızda, etkinlik modeli, daha az kömür ile daha çok elektrik ve daha çok emisyon üretme yönünde karar vericilere bilgi sunacaktır. Ancak, özellikle çevresel duyarlılıkların arttığı ve çevresel düzenlemelerin (regülasyonların) olduğu durumlarda (emisyon miktarında üst sınırın konulması, birim emisyon başına ek vergilerin uygulanması gibi) istenmeyen çıktıların nasıl modelleneceği konusu literatürde tartışılmaya başlanmıştır. Seiford ve Zhu (2002), bir karar verme biriminin etkinliği artırmak için istenmeyen çıktıların miktarının da azaltılması gerektiğini belirterek, istenmeyen çıktıları doğrudan girdi olarak ele almanın üretim sürecini doğru biçimde yansıtmayacağını ifade etmektedir.

Zhou ve diğerlerine (2008) göre literatürde istenmeyen çıktılar iki yaklaşım altında gruplanabilmektedir. İlk grup, istenmeyen çıktıları veri dönüşümüne tabi tutarak ele

almakta ve geleneksel VZA modelleri kullanarak istenmeyen çıktıları girdilerle birlikte azaltmaya çalışmaktadır. İkinci grup ise *zayıf atılabilirlik varsayımı* (ing. *weak disposability assumption*) altında üretim sürecini, üretimin teorik yapısına dayanarak modellemektedir. Zayıf atılabilirlik varsayımı altında modellenen üretim süreci, referans teknoloji anlamında *çevresel VZA teknolojisi* olarak da isimlendirilmektedir (Färe ve Grosskopf, 2004). Yukarıda verilen iki grup yaklaşım, esasında referans teknolojinin güçlü (ing. *strong*) ya da zayıf atılabilirlik varsayımları altında olup olmaması temelinde farklılık göstermektedir.

3.2.3. Veri zarflama analizinde referans teknoloji

Veri zarflama analizinde referans teknoloji, etkinlik ölçüsü tipi ile birlikte etkinlik ölçüm modellerini karakterize eden önemli niteliklerden biridir. Güçlü ya da zayıf atılabilirlik varsayımına dayanan teknolojilere değinmeden önce temel tanımlamalara yer verilmiştir. Modellenmek istenilen üretim sisteminde n adet x girdi miktar vektörü, m adet de y çıktı miktar vektörü olsun. Teknoloji kümesi T 'nin kapalı bir küme olduğu varsayılırsa, T 'nin basit gösterimi şu şekilde ifade edilir. (Russell, 1998:10-15):

$$T = \{\langle x, y \rangle \in \mathbb{R}_+^{n+m} \mid x, y \text{yi üretebilir}\} \quad (3.3)$$

Tüm $y \in \mathbb{R}_+^m$ için *girdi (tüketim) ihtiyaç kümesi* $L(y) = \{x \in \mathbb{R}_+^n \mid \langle x, y \rangle \in T\}$ ve tüm $x \in \mathbb{R}_+^n$ için *çıktı imkânları kümesi* $P(x) = \{y \in \mathbb{R}_+^m \mid \langle x, y \rangle \in T\}$ olarak tanımlanır.

Bu tanımlamalarla $L(y)$, y 'yi üreten girdi vektörlerinin kümesini; $P(x)$ ise x ile üretilen çıktı vektörlerinin kümesini ifade etmektedir. Bu tanımlamalardan da görüldüğü üzere $L(y)$, tüm y 'ler için kapalı küme; $P(x)$ de tüm x 'ler için kapalı küme özelliğindedir. $\langle x, y \rangle \in T \Leftrightarrow y \in P(x) \Leftrightarrow x \in L(y)$ olarak yazılabilir.

Bu tanımlamalardan hareketle; ölçeğe göre sabit getiri özelliği taşıyan parçalı doğrusal üretim teknolojisi, güçlü atılabilirlik özelliği taşıyan girdi ve çıktıların şu şekilde tanımlanabilir (Färe ve diğerleri, 2011):

$$T = \left\{ (x, y) : \sum_{k=1}^K z_k x_{nk} \leq x_n, \quad n = 1, \dots, N \right. \\ \left. \sum_{k=1}^K z_k y_{mk} \geq y_m, \quad m = 1, \dots, M \right. \\ \left. z_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, K \right\} \quad (3.4)$$

K adet karar verme biriminin olduğu bu teknolojiye, $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ ve $y = (y_1, y_2, \dots, y_M)$ sırasıyla girdi ve çıktı vektörleridir. z_k ise yoğunluk değişkenleri (ing. *intensity variables*) olarak isimlendirilmektedir. Yoğunluk değişkenleri, teknoloji kümesini meydana getiren verilerin konveks kombinasyonlarını oluşturmaktadır. N ve M eşitsizlikleri de sırasıyla girdi ve çıktılar için güçlü atılabilirlik varsayımını vurgulamaktadır. Bu üretim teknolojisi, $z_k \geq 0$ olduğundan dolayı ölçeğe göre sabit getiri özelliğine sahiptir.

3.2.4. Güçlü atılabilirlik varsayımı altında istenmeyen çıktılar

Seiford ve Zhu (2002)'nin kâğıt üretiminde KVB'lerinin performanslarını inceledikleri çalışmada, istenen çıktı ve istenmeyen çıktıları farklı biçimde ele alarak radyal VZA modeli ile etkinlik ölçümü yapmışlardır. Çalışmada, istenmeyen çıktılar, doğrudan girdi olarak ele alınmak yerine doğrusal monoton azalan bir dönüşüme tâbi tutularak *istenen çıktılar* olarak ele alınmış ve bu sayede, istenen çıktıların artırılması yoluyla istenen çıktıya dönüştürülmüş istenmeyen çıktının ise azaltılması yoluyla etkinlik değerinin artırılabilmesi sağlanmıştır. Aynı yaklaşımla Vencheh ve diğerleri (2005) hem istenmeyen çıktıların hem de istenmeyen girdilerin olduğu bir VZA modeli kullanmışlardır. Hua ve diğerleri ise (2007), Seiford ve Zhu (2002)'nin yaklaşımını genişleterek hem istenmeyen çıktıların hem de kontrol edilemeyen değişkenlerin olduğu bir etkinlik ölçüm modeli geliştirmişlerdir.

3.2.5. Zayıf atılabilirlik varsayımı altında istenmeyen çıktılar

Zayıf atılabilirlik varsayımı, istenmeyen çıktıların (emisyonlar, kirleticiler) bulunduğu pek çok performans ölçümü çalışmada tercih edilen bir varsayımdır. Färe ve diğerlerini (2005) takip ederek, üretim sisteminde üretilen $y \in R_+^m$ istenen çıktıların yanında, $u \in R_+^j$ istenmeyen çıktıların da bulunduğu varsayalım. Bu istenmeyen çıktılar, genellikle piyasa fiyatı olmayan, yan ürün ortaya çıkan ve varlığında çevreye ya da çevre sağlığına olumsuz etkileri olan ve bu nedenle bir takım yasal düzenlemelere tâbi olan çıktılardır. Bu nedenle

bu iki tipte var olan çıktıların üretiminin, karakteristik özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkileri göz önüne alınarak etkinlik ölçümünde doğru biçimde modellenmesi önemli bir husus olara ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda *çıkıtların müşterekliği* (ing. *null-joint outputs*) ve *çıkıtların zayıf atılabilirliği* (ing. *weak disposability*) özellikleri incelenmiştir.

Üretim sisteminde, istenen çıktılarla birlikte istenmeyen çıktıların da bir yan ürün olarak üretildiğini fikrinden yola çıkılırsa, bu iki çıktı *müşterek* olarak üretilmektedir. Kömür ile elektrik üretilen örneği tekrar ele alacak olursak, istenen çıktılar kWh cinsinden üretilen elektrik miktarı, istenmeyen çıktılar da kömürün yanması sonucu elde edilen elektrik ile beraber yan ürün olarak üretilen emisyonlardır. Burada temel çevresel problem, teknoloji veri iken, elektrik üretimi faaliyetinin eşanlı olarak istenmeyen çıktı olan emisyon üretimi de olmasıdır. Başka bir deyişle, emisyon olmadan kömür yoluyla elektrik üretmek mümkün değildir. Dolayısıyla, istenen çıktı olan y vektörü, istenmeyen çıktı vektörü olan u ile müşterek üretilmektedir. Şöyle ki:

$$(y, u) \in P(x) \text{ ve } u = 0 \text{ ise } y = 0 \quad (3.5)$$

Bu ifadeden anlaşılmaktadır ki, eğer (y, u) çıktı vektörü mümkün ve burada istenmeyen çıktı üretilmiyor ise (u vektörü sıfır ise), bu durum ancak y vektörünün sıfır olması yani istenen çıktının üretilmemesi ile olur. Benzer şekilde, eğer pozitif bir miktarda istenen çıktı üretiliyorsa, mutlaka belirli bir miktarda istenmeyen çıktı üretiliyordur.

Bu durum girdinin sabit tutulduğu, istenen ve istenmeyen çıktıdan oluşan bir üretim imkanları kümesi çizilerek incelendiğinde daha iyi gözlenmektedir. Eğer bu iki tip çıktı müşterek üretiliyorsa, orijin hariç sadece istenen çıktının ekseninde bir üretimin yapılması mümkün olmamakta, orijin noktasında ise her iki çıktı sıfır değerinde olduğu için üretimin mümkün olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 3.1).

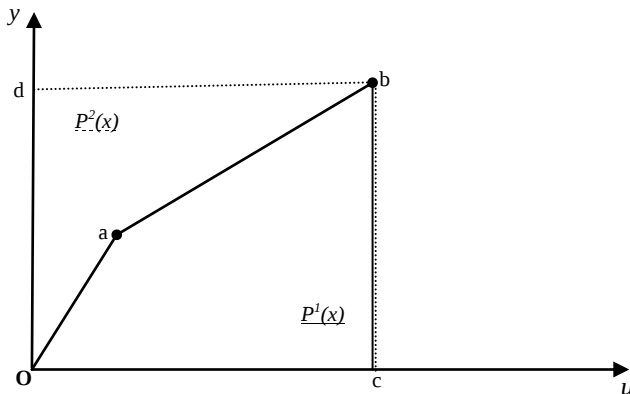
Çıkıtların müşterek üretimi kavramının ardından atılabilirlik kavramına dair iki varsayım aşağıda verilmektedir.

$$(y, u) \in P(x) \text{ ve } 0 \leq \theta \leq 1 \text{ olmak üzere } (\theta y, \theta u) \in P(x) \quad (3.6)$$

$$(y^o, u^o) \in P(x) \text{ ve } (y, u) \leq (y^o, u^o) \text{ ise } (y, u) \in P(x) \quad (3.7)$$

Eş. 3.6, verilen teknolojiye çıktıların zayıf atılabilirliğini vurgulamaktadır. Eğer bir (y,u) çıktı vektörü $P(x)$ kümesinde mümkün ise, bu vektörün sıfır ile bir arasında bir değer olan θ değeri ile oransal olarak azaltılmış vektörü $(\theta y, \theta u)$ da $P(x)$ kümesinin mümkün bir elemanı olur. Eğer istenen ve istenmeyen çıktılar müşterek olarak üretiliyorsa ve istenmeyen çıktılar masrafsız olarak ortadan kaldırılamıyorsa (atılamıyorsa) bu eşitlik, girdiler sabit tutulduğunda, istenmeyen çıktıların azaltılması ile birlikte istenen çıktıların da azaltılması gerektiğinden dolayı, teknoloji üzerinde uygun bir varsayım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu eşitliğin diğer bir yorumu ise (Färe ve Grosskopf, 2004) istenmeyen çıktıların temizlenmesi ya da ortadan kaldırılması hususunda zorlayıcı düzenlemelerin olması durumu ile ilgili olarak yapılabilir. Bu temizleme zorunluluğu maliyet getireceğinden, üretim kaynaklarının bir kısmı bu maliyeti karşılamak üzere kullanılacak ve dolayısıyla daha az girdi kullanımı, istenen ve istenmeyen çıktılarda eşanlı bir azalmaya neden olacaktır.

Güçlü ya da serbest atılabilirlik varsayımı ise Eş. 3.7’de vurgulanmaktadır. Bu eşitlik, herhangi bir çıktının masrafsız olarak ortadan kaldırılabilceğini ifade etmektedir. Ancak bu varsayım, elektrik üretimi örneğinde olduğu gibi istenmeyen çıktıların çevresel düzenlemelerden ötürü maliyetsiz bir şekilde çevreye salınamayacağı durumlarda uygun olmamaktadır. Eğer bu iki çıktı tipi müşterek üretiliyorsa, istenen çıktının güçlü atılabilirlik, istenmeyen çıktının ise zayıf atılabilirlik özelliğine sahip olması durumunu ele alalım. Bu durumda $(y^o, u^o) \in P(x)$, $y \leq y^o$ ve u^o sabit olsun. Eş. 3.7’ye göre $(y, u^o) \in P(x)$ olacaktır ve böylece istenen çıktılar masrafsız olarak ortadan kaldırılabilir. Bu da göstermektedir ki, güçlü ya da serbest atılabilirlik varsayımı zayıf atılabilirlik varsayımını vurgulamaktadır. Ancak tersi doğru değildir (Färe ve diğerleri, 2005:47)



Şekil 3.1. Çıktıların zayıf ve güçlü atılabilirliği

Bu şekilde (Färe ve diğerleri, 2005:48) iki türde çıktı kümesi gösterilmektedir. Birincisi $P^2(x)$ olarak isimlendirilen, güçlü atılabilirlik varsayımı gösteren ve noktalı çizgi ile sınırlandırılan çıktı kümesi ($OdbcO$), diğeri ise $P^1(x)$ olarak isimlendirilen ve düz çizgiler ile zayıf atılabilirlik varsayımını gösteren çıktı kümesi ($OabcO$)’dur. Girdi miktarı sabit tutulduğunda, şeklin eksenlerini u istenmeyen çıktıları ile y istenen çıktıları oluşturmaktadır. $P^1(x)$ kümesi zayıf atılabilirliği sağladığı için küme elemanı herhangi bir (y, u) vektörü orijine doğru oransal olarak büzüldüğünde yine küme içinde kalmaktadır. d noktasındaki çıktı vektörü, $P^1(x)$ ’e dahil olan b noktasındaki çıktı vektöründen daha küçük bir vektör olmasına rağmen, $P^1(x)$ kümesine ait olamamaktadır. İki çıktı kümesi arasında ortaya çıkan bu farklılık, çevresel düzenlemelerin etkililiği ya da etkisinin ortaya çıkması olarak düşünülebilir. Bu etki örneğin, istenmeyen çıktıların serbest atılabilirliğinin bu düzenlemelerle önlenmesi olarak kendisini göstermektedir. $P^1(x)$ teknolojisi açısından şekil tekrar incelendiğinde, $u = 0$ koşulunda, mümkün istenen çıktının sadece orijinde ve $y = 0$ olarak ortaya çıkması durumu, çıktıların müşterek üretimi varsayımını bize göstermektedir.

Buraya kadar aktarılan teorik yaklaşımların devamında, Färe ve diğerleri (2005:49) istenmeyen çıktıların girdi olarak ele alınmasının sakıncalarını belirtmektedir. Bu çıktıları girdi olarak ele almanın ilk etapta, girdilerle beraber oransal olarak azaltılmasına yol açacağı akla gelebilir. Ancak, kavramsal açıdan bakıldığında istenmeyen çıktılar, çıktı kümesi olarak düşünülmelidir. Örneğin, bir adet girdi (kömür) ve bir adet istenmeyen çıktının (emisyon) girdi olarak alındığı durumda oluşan bir eşürün eğrisi düşünelim. Geleneksel eşürün eğrisi bu iki girdi miktarının birbirleri ile ikame edilebileceğini söylemektedir. Bu durumda eşürün eğrisini oluşturan elektrik üretimi, kömürün artırılıp emisyonların düşürüldüğü ya da kömürün azaltılıp emisyonların artırıldığı durumlarda aynı miktarda kalacaktır. Bu durum teknik anlamda mümkün değildir, zira emisyonların kaynağını kömür teşkil etmektedir.

Buna ilaveten, girdilerin güçlü atılabilir olduğu düşünüldüğünde, üretim kümesi bu girdiler için sınırlı olmayacaktır. Yatay eksen girdi olarak ele alınan istenmeyen çıktılarından, dikey eksen ise istenen çıktılarından oluşan bir toplam ürün eğrisini ele alalım. Diğer girdiler sabit tutulduğunda, istenmeyen çıktılarda yapılacak sınırsız artış teknik olarak imkânsızdır. Bu durum çıktı kümelerinin sınırlı olduğu varsayımı ile çelişmektedir (Färe ve diğerleri, 2005:49).

Çıktıların müşterek üretimi ve istenmeyen çıktıların zayıf atılabilirliği varsayımlarını içeren üretim teknolojisi *çevresel VZA teknolojisi* olarak isimlendirilmiştir (Färe ve Grosskopf, 2004) şu şekilde yazılabilir:

$$T_{\zeta} = \left\{ (x, y, u): \sum_{k=1}^K z_k x_{nk} \leq x_n, \quad n = 1, \dots, N \right. \\ \sum_{k=1}^K z_k y_{mk} \geq y_m, \quad m = 1, \dots, M \\ \sum_{k=1}^K z_k u_{jk} = u_j, \quad j = 1, \dots, J \\ \left. z_k \geq 0, \quad k = 1, \dots, K \right\} \quad (3.8)$$

Çevresel VZA teknolojisi (T_{ζ})’de u , $(u_1, u_2, \dots, u_J)$ ’den oluşan istenmeyen çıktı vektörüdür. Bu teknolojiye istenmeyen çıktılar *eşitlik* olarak ifadesi, istenmeyen çıktıların zayıf atılabilirlik özelliğini göstermektedir (Färe ve diğerleri, 1989). Eşitsizlikler ise girdiler ve istenen çıktılar için güçlü atılabilirliği ifade etmektedir.

Färe ve diğerleri (1989)’nin ardından literatürde pek çok çalışma, istenmeyen çıktıları zayıf atılabilirlik varsayımı altında ele almaktadır. Bu çalışmalardan bazıları Färe ve diğerleri (1996), Tyteca (1997), Zaim ve Taşkın (2000b), Lansink ve Bezlepkın (2003) Färe ve Grosskopf (2004), Zaim (2004), Zhou ve diğerleri (2006), Zhou ve diğerleri (2008b), Zhou ve Ang (2008), Bian ve Yang (2010), Zhou ve diğerleri (2010), Podinovski ve Kuosmanen (2011), Riccardi ve diğerleri (2012), Wang ve diğerleri (2013), Bi ve diğerleri (2014) olarak verilebilir.

3.2.6. Karar verme birimlerinin sayısı

VZA ile etkinliği ölçülerek analizi yapılacak karar verme birimlerinin sayısı, girdi ve çıktı faktörlerinin sayısına göre değerlendirildiğinde, ölçüm sonuçların güvenilirliği açısından oldukça önemlidir. Anlamlı ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için karar verme birimlerinin sayısının belirli bir değerin üzerinde olması gerektiğine dair pek çok görüş olmakla birlikte bu sayının tam olarak ne olmasına dair bir görüş birliği ya da teorik kabul bulunmamaktadır. Karar verme birimlerinin sayısına dair literatürdeki bazı görüşler şu şekildedir.

Vassiloglou ve Giokas (1990) KVB sayısının girdi ve çıktı toplamının üç katından fazla olması gerektiğini söylemişlerdir. Bir başka görüş ise (Norman ve Stoker, 1991) girdi ve çıktı sayısının çokluğuna bağlı olduğunu ifade etmekle birlikte deneyimlerinden yola çıkarak karar verme biriminin en az 20 olması gerektiği yönündedir. Bowlin (1998) her bir girdi ve çıktı değişkeni başına en az üç KVB bulunması gerektiğini belirtmiş, Dyson ve diğerleri (2001) ise KVB sayısının girdi sayısı ile çıktı sayısının çarpımının iki katından az olmaması gerektiğini ifade etmiştir.

Büyük hacimli bir karar verme kümesi, girdi ve çıktılar arasında ilişkilerin daha iyi kurulmasını, yöntemin temelinde yer alan üretim sınırının gerçeğe daha uygun biçimde belirlenmesini ve üretim sınırına dayalı etkinlik değerlerinin karşılaştırmaya elverişli olarak hesaplanabilmesini sağlayacaktır.

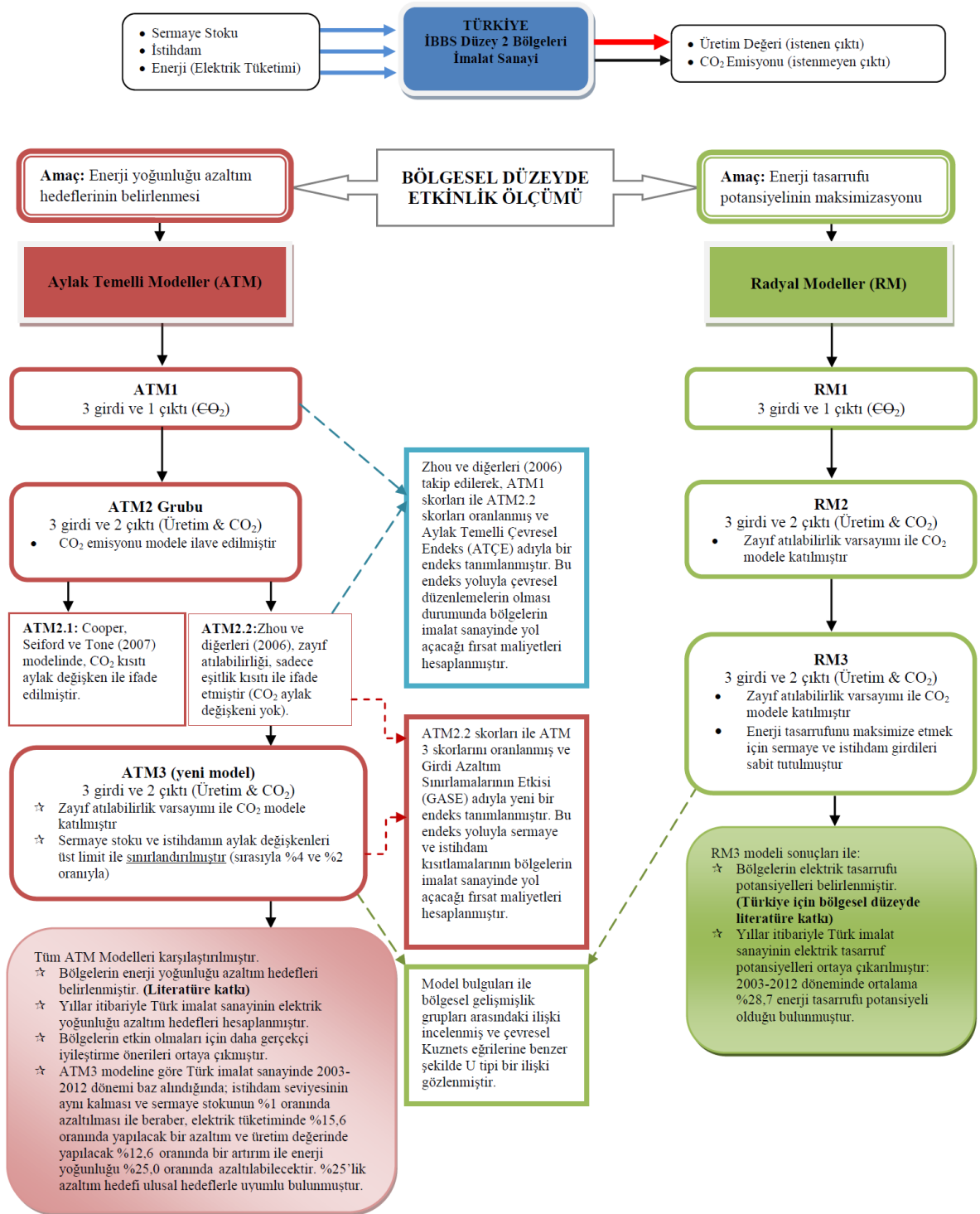
Bir sonraki bölümde verildiği üzere çalışmamızın kapsamındaki bölge sayısı (26 adet), üç adet girdi ve iki adet çıktı ile bu görüşlere göre değerlendirildiğinde, yazarların ifade ettiği şartların tümünü sağladığı görülmektedir.

4. İMALAT SANAYİNDE BÖLGESEL DÜZEYDE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİYLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

İmalat sanayinin bölgesel düzeyde etkinlik ölçümü için kullanılan VZA modelleri ile bu modellerden elde edilen sonuçlar, bu bölümde yer almaktadır. Çalışma kapsamında uygulanan modeller, iki VZA yaklaşımı altında verilmektedir. Birinci grup modeller olarak §3.2.1’de verilen temel CCR modelinin geliştirilmesi ile elde edilen radyal modeller (RM), ikinci grup modeller olarak da literatüre aylak temelli VZA modeli olarak Tone (2001) tarafından sunulan modellerin geliştirilmesi ile elde edilen aylak temelli modeller (ATM)’dir. Çalışmada yer alan modellerin tümü, ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı ile uygulanmıştır. Literatürde önerildiği üzere (Chung ve diğerleri, 1997; Zhou ve Ang, 2008; Choi ve diğerleri, 2012) modellerin CRS varsayımı ile çözülmesinin nedeni, bu yolla elde edilen etkinlik değerlerinin hem teknik etkinlik hem de ölçek etkinliği bilgisini içermesinden dolayı bu ölçütlere göre ayırım gücünün daha yüksek olmasıdır. Modellerin bilgisayar ortamında çözümü ise GAMS/Cplex Solver kullanılarak yapılmıştır.

Giriş bölümünde bahsedildiği üzere, 2002 yılı ve sonrasındaki dönemde Türkiye’de imalat sanayinin etkinlik ve verimlilik ölçümü üzerinde yapılan çalışmaların en büyük kısıtlılığını imalat sanayine ilişkin veri yokluğu oluşturmuştur. Bu sorun, benzer şekilde tez çalışmasının uygulama aşamasında kısıtlılık yaratmış, imalat sanayinde toplam faktör bakışıyla üretim sistemini modellemek için erişilebilen verilerden, belirli varsayımlar altında türetmeler yoluna gidilerek analize temel teşkil edecek bir veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan veri kümesi ve başvuru varsayımlara ilişkin bilgiler, etkinlik modelleri ve sonuçlarına geçmeden önce takip eden kısımda verilmektedir.

Tez çalışması kapsamında farklı modeller kullanılarak yapılan etkinlik ölçümleri ile ilgili olarak, genel bir bilgi vermesi amacıyla aşağıdaki şekil hazırlanmıştır. Bu şekilde yer alan şema, ana hatları ile çalışmada etkinlik ölçümü için kullanılan modelleri ve bu modeller yardımıyla hesaplanan bulguları özetlemektedir.



Şekil 4.1. Tez çalışmasında etkinlik ölçümü için kullanılan modellerin şeması

4.1. Çalışmada Kullanılan Veri Kümesi

Analizde kullanılan veriler kümesi 2003–2012 döneminde ait her bir yıl ve her bir bölgenin imalat sanayine ait bir adet istenen çıktı, bir adet istenmeyen çıktı ile üç adet girdiden oluşmaktadır. İstenen çıktı olarak üretim değeri, istenmeyen çıktı olarak CO₂ emisyonu; girdi olarak da sermaye stoku, istihdam ve enerji girdisi olarak tüketilen elektrik miktarı alınmıştır. Çalışmada kullanılan verilerin ana kaynağı TÜİK tarafından Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri kapsamında yayımlanan “Yerel birim faaliyetlerine göre bazı temel göstergeler” verileridir. Bu kısımda girdi ve çıktı değişkenleri tanımlanacak ve analiz için resmi verilerde uygulanan türetmeler açıklanacaktır. Çalışmanın mekânsal kapsamı İBBS Düzey 2’de yer alan bölgelerdir. İBBS sınıflandırması hiyerarşisi hakkında örnek vermek gerekirse Türkiye İBBS Düzey 3’te bulunan TR613 kodlu Burdur ili, Düzey 2’de TR61-Antalya-Isparta-Burdur bölgesinin, Düzey 1’de ise TR6-Akdeniz bölgesinin altında yer almaktadır. Aşağıdaki çizelgede Türkiye İBBS Düzey 2 kapsamındaki bölgeler verilmektedir.

Çizelge 4.1. Türkiye İBBS Düzey 2 Bölgeleri

Bölge Kodu	Bölgede yer alan iller
TR10	İstanbul
TR21	Tekirdağ, Edirne, Kırklareli
TR22	Balıkesir, Çanakkale
TR31	İzmir
TR32	Aydın, Denizli, Muğla
TR33	Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak
TR41	Bursa, Eskişehir, Bilecik
TR42	Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova
TR51	Ankara
TR52	Konya, Karaman
TR61	Antalya, Isparta, Burdur
TR62	Adana, Mersin
TR63	Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye
TR71	Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir
TR72	Kayseri, Sivas, Yozgat
TR81	Zonguldak, Karabük, Bartın
TR82	Kastamonu, Çankırı, Sinop
TR83	Samsun, Tokat, Çorum, Amasya
TR90	Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane
TRA1	Erzurum, Erzincan, Bayburt
TRA2	Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan
TRB1	Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli
TRB2	Van, Muş, Bitlis, Hakkâri
TRC1	Gaziantep, Adıyaman, Kilis
TRC2	Şanlıurfa, Diyarbakır
TRC3	Mardin, Batman, Şırnak, Siirt

Çalışmada analizi yapılan dönemlere ait İBBS Düzey 2’de yer alan bölgelerin imalat sanayine ilişkin verilerinin kısıtlı olması ve bazı durumlarda verinin bulunmaması, ilgili değişkene ait verilerin belirli varsayımlarla türetilmesi durumuna yol açmıştır. Bunlardan ilki üretim değerlerinin ciro verilerinden türetilmesi olmuştur. Yine benzer şekilde 2005 yılı için Düzey 2 bölgelerinin bazı temel verilerin bulunmaması da türetmeyi gerektiren ikinci bir durumdur. Burada bahsedilen türetme, olmayan verileri temsil edebileceği düşünülen benzer veriler ile oranlanması ve dağıtımı işlemleri ile yapılmıştır. Aynı zamanda çalışmada kullanılan ana değişkenlerden biri olan sermaye stoku serisinin olmaması da ayrıca Düzey 2 bölgelerinin imalat sanayinde sermaye stoku hesaplamalarının yapılmasını gerektirmiş, ilgili yıllarda bölgesel düzeyde imalat sanayi için önemli bir veri kümesi literatürde ilk kez bu tez çalışması kapsamında oluşturulmuştur.

Çalışmada kullanılan verilerin kaynağı elektrik verisi hariç Türkiye İstatistik Kurumu verileridir. Elektrik verileri Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.’den resmi başvuru ile elde edilmiştir. Diğer verilerin tümü TÜİK’den elde edilmiştir. 2003-2008 yılları için Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistiklerinde girişimlerin ve yerel birimlerin ekonomik faaliyetleri, Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistiki Sınıflaması NACE Rev.1.1’ e göre, 2009 yılından itibaren de NACE Rev. 2’ ye göre sınıflandırılmaktadır.

Çalışmada kullanılan değişkenlerin TÜİK (2002) tarafından verilen tanımlarına aşağıda yer verilmektedir.

- Girişim: Kaynakların tahsisine ilişkin karar alma özerkliğini kullanarak, mal ve hizmet üreten bir organizasyon birimidir. Girişim bir veya birden fazla yerde bir veya birden fazla faaliyet yürüterek piyasaya mal ve hizmet üreten gerçek veya tüzel kişiliklerdir. Girişim ve yasal birim arasındaki ilişki şu tanımla doğrudan ifade edilir “Bir girişim ya yasal birime ya da yasal birimlerin birleşimine karşı gelmektedir”
- Yerel Birim: Coğrafi olarak tanımlanan bir yerdeki mal ve hizmetlere ilişkin faaliyetleri ya da bunların bir kısmını yürüten bir girişim ya da girişimin bir parçasıdır. Yerel birim girişimin; merkez, büro, mağaza, büfe, fabrika, atölye, maden ocağı, şantiye, otel, lokanta, kafe, okul, hastane, depo gibi adresi coğrafi olarak tanımlanabilen bir yerdeki yerleşik olan bölümüdür. Bu yerde ekonomik faaliyet tek bir girişim için bir ya da daha çok kişinin tam gün ya da kısmi olarak çalışmasıyla yürütülür. Girişim merkezinin bulunduğu yer de bir yerel birimdir.

- Çalışanlar sayısı: Ücretle çalışanların yıllık ortalama sayısına iş sahibi ve ortaklarla, ücretsiz çalışan aile fertlerinin ve çırakların yıllık ortalama sayısının eklenmesi ile bulunmaktadır.
- Ciro: Ciro referans dönemde gözlem birimi tarafından fatura edilmiş mal ve hizmet satışlarının toplamıdır.
- Üretim değeri: Üretim değeri, satışa dayalı, stok değişimlerini ve mal ve hizmetlerin yeniden satışını içeren, birim tarafından fiilen üretilen miktarın parasal değeridir.
- Maddi mallara ilişkin brüt yatırım: Referans dönemi süresince tüm maddi mallara yapılan yatırımdır.

4.1.1. Üretim verileri

İmalat sanayi geneline bakıldığında bölgesel verilerin yegâne kaynağı olarak, TÜİK tarafından yayımlanan Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri'dir. 2003-2009 yılları arası NACE Rev 1.1'e göre, 2009 ve sonrası yıllar ise NACE Rev. 2'ye göre yayımlanmaktadır. Bu istatistikler altında yer alan ve bölgesel düzeyde veri sağlayan "Yerel birim faaliyetlerine göre bazı temel göstergeler" (TÜİK, 2011c, 2014d) veri kümesinde üretim değeri verisi yer almamaktadır. Veri kümesinde yer alan "ciro" verisinin, üretimi temsil edebileceği düşünülmüş ve bazı işlemlere başvurulmuştur.

Bu işlemlerden ilki, gene Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri altında yer alan, imalat sanayinin bir başka veri kümesi olan ve ulusal düzeyde girişim bazlı yayımlanan "Ekonomik faaliyetlere göre bazı temel göstergeler" (TÜİK, 2011a, 2014c) veri kümesinden yararlanmaktır. Bu veri kümesinde ulusal düzeyde ve sektörel ayrımında hem üretim hem de ciro değerleri mevcuttur. İmalat sanayinde ülke genelinde (düzey TR) belirli bir yıl için üretim değerinin, ciro değerine oranının tüm İBBS Düzey 2 bölgelerinde aynı olduğu varsayımıyla hareket edilerek, her bir yıl için imalat sanayinde Türkiye'nin *üretim değeri/ciro* oranı hesaplanmıştır. İlgili değerler aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Yerel birim ve ekonomik faaliyetlere göre imalat sanayinde üretim ve ciro değerleri (cari fiyatlarla)

Yerel birim faaliyetlerine göre bazı temel göstergeler		Ekonomik faaliyetlere göre bazı temel göstergeler (girişim bazlı ve ulusal düzeyde)		
Yıllar	Ciro Değerleri (TL)	Üretim (TL)	Ciro (TL)	Üretim/Ciro Oranı
2003	229 514 155 649	224 284 680 228	230 690 521 729	0,972
2004	296 262 643 757	285 330 450 561	298 230 286 730	0,957
2005	-	311 885 425 845	328 781 491 700	0,949
2006	395 778 646 630	379 215 461 557	397 916 986 422	0,953
2007	435 478 332 313	414 732 875 431	435 892 945 051	0,951
2008	498 934 500 281	477 136 614 405	499 430 702 785	0,955
2009	448 366 352 950	420 380 698 940	449 456 575 288	0,935
2010	552 812 783 363	524 468 955 103	552 772 110 637	0,949
2011	728 416 323 393	696 363 747 424	732 943 360 329	0,950
2012	793 116 393 084	750 397 994 743	796 967 603 559	0,942

Yerel birim faaliyetlerine göre mevcut olan İBSS düzey 2'deki bölgelerin ciro değerleri ile hesaplanan üretim/ciro oranları çarpılarak İBBS Düzey 2'de her bir bölge için ilgili yıla ait üretim değerleri tahmin edilmiştir. Ancak bu üretim değeri tahminini yapmadan önce, veri kümesindeki yer alan bir problem de burada karşımıza çıkmaktadır. Daha önceden de bahsedildiği gibi, 2005 yılında yerel birim faaliyetleri temel göstergelerinde ciro değeri ekonomi genelinde olmak üzere sadece TR düzeyinde yani ulusal düzeyde bulunmakta, imalat sanayi için hem ulusal düzeyde hem de İBBS Düzey 2'de ciro değeri bulunmamaktadır.

İmalat sanayinde 2005 yılında düzey 2'de bölgelerin ciro değerinin verilmemesi sonucunda bu aşamada gereksinim duyulan üretim tahmini için 2004 ve 2006 yıllarında bölgelerin imalat sanayinin tahmini üretiminden aldıkları payların ortalama değerleri 2005 yılı oranı olarak seçilmiştir. Bu varsayım aşağıdaki tabloda TR10-İstanbul bölgesi için gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. TR10 İstanbul için 2005 yılı üretim değeri tahmini örneği

		2004	2005	2006
İmalat Sanayi Tahmin edilen Üretim (TL)	TR bölgeler toplamı	283 447 917 227	(Ciro değerinin verilmemesinden dolayı üretim tahmini yok)	377 177 620 653
	TR10-İstanbul	99 990 544 615	(Ciro değerinin verilmemesinden dolayı üretim tahmini yok)	124 610 740 629
Toplamdan aldığı paylar	TR10-İstanbul	%35,28	%34,16	%33,04

TR10-İstanbul bölgesi imalat sanayinin, tahmin edilen üretim değerinin 2004 yılında bölgeler toplamına oranı %35,28 iken 2006 yılında bu oran %33,04 olmuştur. Üretim deseninin ve üretim miktarının 2005 yılında bir önceki ve bir sonraki yılların ortalamasında değişeceği varsayımı ile 2004 ve 2006 yıllarındaki bu payların ortalaması alınarak 2005 yılı için bölgenin toplam üretime katkıda bulunduğu pay %34,16 olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama 2005 yılı için tüm bölgelerde yapılmıştır.

Ancak bu noktada, ciro değerinin de 2005 yılına özgü olarak “yerel birim faaliyetlerine göre bazı temel göstergeler” verilerinde sadece ekonomi geneli ve TR düzeyinde verilmesinden dolayı, diğer veri kaynağı olan girişim temelinde ulusal düzeyde veri içeren “ekonomik faaliyetlere göre bazı temel göstergeler”e başvurularak Türkiye imalat sanayinin 2005 yılı üretim değeri alınmıştır. Bu üretim değeri, daha önce bahsedilen 2005 yılına ait ilgili bölgesel paylar ile düzey 2’de bölgelere dağıtılmıştır. Aşağıdaki çizelgede verildiği üzere, tahmin edilen bölgeler toplamı ile ulusal düzeyde ekonomik faaliyetlere göre bazı temel göstergeler verilerinde yayımlanan gerçek üretim değerlerinin karşılaştırılması verilmektedir. Bahsedilen varsayımlar altında kurgulanan bu yaklaşımla elde edilen bölgesel düzeyde imalat sanayi üretim değeri verileri, 2005 yılında aynı veriler alınması bir kenara bırakıldığında, gerçek verilere oldukça düşük bir hata oranıyla yaklaşmıştır.

Çizelge 4.4. Tahmin edilen üretim değerlerinin gerçek değerlerle karşılaştırılması

Yıllar	İmalat Sanayinde Cirodan Tahmin Edilen Üretim Değerinin Bölgeler Toplamı (TL)	İmalat Sanayi Üretim Değeri Yayımlanan Veriler (TL)	Hata Yüzdesi (%)
2003	223 140 979 619	224 284 680 228	0,51
2004	283 447 917 227	285 330 450 561	0,66
2005	311 885 425 845	311 885 425 845	0,00
2006	377 177 620 653	379 215 461 557	0,54
2007	414 338 389 732	414 732 875 431	0,10
2008	476 662 561 886	477 136 614 405	0,10
2009	419 361 004 372	420 380 698 940	0,24
2010	524 507 545 295	524 468 955 103	-0,01
2011	692 062 645 079	696 363 747 424	0,62
2012	746 771 823 986	750 397 994 743	0,49

4.1.2. Sermaye stoku verileri

Çalışmada kullanılan en önemli girdilerden biri de sermaye birikimine ilişkin verilerdir. Bir üretim faktörü olarak sermayeyi temsil etmesi bakımından çalışmada sermaye stoku bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır.

Sermaye veya sermaye stoku biriktirilmiş makineler, teçhizat, fabrikalar ve diğer dayanıklı faktörleri ifade etmektedir. Bu faktörler çıktı üretiminde kullanıldığı için önem arz etmektedir. Üretilen çıktının bir kısmı söz konusu dönem içinde tüketilirken bir kısmı tasarruf yoluyla yatırıma dönüşür. Bu yatırımlar dönem içinde sermaye stokunu koruma veya arttırma işlevi gören çıktı akımlarını oluştururlar. Yatırımlar genellikle sabit sermaye yatırımları yani firmaların makine-teçhizat ve fabrika gibi alanlara yaptıkları harcamalardır. Stok yatırımları ise hammadde, bitmeyen mamul mallar gibi stoklardır. Bir diğer grup yatırım harcaması da binalardan oluşur. Verimlilik çalışmalarında en büyük sorunu dayanıklılığı nedeniyle sermaye faktörü oluşturmaktadır. Bir dönem satın alınan bir sermaye malı (makine, teçhizat, bina vs) üretim sürecine yaşam süresi boyunca girdi sağlamaktadır, oysa diğer taraftan, işgücü ve enerji gibi girdiler sadece üretime alındıkları dönemde üretim sürecine girdi olarak katkıda bulunurlar (Tuncer ve Özuğurlu, 2004).

Sermaye değişkeni tanımlamak ülkemiz için yapılan çalışmalarda daima sorun teşkil etmiştir. 2001 ve daha önceki yıllara ilişkin Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından derlenen verilerde dört alternatif bulunmaktadır. Bunlar; kurulu makine sayısı, beygirgücü cinsinden toplam kurulu güç, ayrılan amortismanlar ve işletme sabit kıymetlerinin defter değerleridir (Yavuz, 2003a:78).

2003 yılı ve sonrasında Türkiye İstatistik Kurumu tarafından derlenen bölgesel verilerde ise bölgesel düzeyde yukarıdaki veri çeşitlerinden hiçbirinin olmaması, çalışmada sermaye stoku hesaplamasını ayrıca araştırılması gereken bir konu haline getirmiştir. Yerel birim faaliyetlerine göre bazı temel göstergeler veri kümesinde *maddi mallara ilişkin brüt yatırımlar verileri*, sermaye verisi için temel alınarak, bu yatırım serilerinden sermaye stoku verisi elde etmek amacıyla çeşitli yöntemler araştırılmıştır.

Saylam Bölükbaş (2010)'ın çalışması, Türkiye ekonomisi ve ana sektörlerinin sermaye verimliliği ve toplam faktör verimliliği üzerinde detaylı bir çalışmadır. Bu çalışmada

sermaye stoku ve sermaye verimliliği hesaplama yöntemleri ayrıntılı biçimde verilmektedir. Türkiye ekonomisinde 10 sektör detayında ve ekonomi genelinde 1976-2010 dönemini kapsayan sermaye stoku hesaplamaları yapılmıştır. 1972-2009 dönemini kapsayan işgücü ile 1976-2009 dönemini kapsayan sermaye ve toplam faktör verimliliği (TFV) hesaplamaları ana sektörler itibarıyla ve ekonomi geneli için yapılmıştır.

Pek çok sayıda ülkede, ister sektörel ister makro düzeylerde olsun resmi sermaye stoku verisi bulunmamaktadır. Bu durum, OECD içinde bu konuyla ilgili çalışmalar yapılmasına sebebiyet vermiştir. Bu çalışmalar sonucunda ortaya konulan yöntem ile birçok OECD ülkesine yönelik sermaye stoku tahminleri yapılmıştır. Fakat bu ülkeler arasında Türkiye bulunmamaktadır. OECD Uluslararası Sektörel Veri Tabanında (*International Sectorial Database-ISDB*), ülkelere yönelik sabit sermaye stoku verilerinde eksiklik olması durumunda, bu verilerin Aralıksız Envanter Yöntemi (ing. *Perpetual Inventory Model*) ile tahmin edildiği görülmektedir (Saygılı, Cihan ve Yurtoğlu, 2005).

Aralıksız envanter yöntemi

Aralıksız Envanter Yöntemi (AEY) pek çok avantaja sahip bir modeldir. AEY, geçmiş dönemlere ait sermaye yatırımı harcama verilerini kullanarak ve yıpranma paylarını da göz önünde bulundurarak sermaye stoku tahminlerine olanak sağlamaktadır. AEY uygulaması kolay ve açıktır. Ayrıca ülkeler sermaye stoku hesaplamalarında benzer yıpranma ve aşınma metotları kullandığı için bu yöntemle hesaplanan sermaye stoku değerleri uluslararası düzeyde karşılaştırılabilir özellik taşımaktadır. AEY'nin geleneksel uygulama metodunda yıpranma doğrudan tahmin edilir. Alternatif yaklaşım ise her varlık türüne göre yaş-etkinlik (ing. *age-efficiency*) profillerinin tahmin edilmesi ve varlıklar için yaş-fiyat (ing. *age-price*) profillerinin belirlenmesidir. Yaş-fiyat profilleri, yıpranmalardan net sermaye stokunun doğrudan tahmininde kullanılırlar (Saylam Bölükbaş, 2010).

Daha önce de bahsedildiği gibi Aralıksız Envanter Yöntemi, ulusal gelir hesaplarında sermaye stoku tahmini için sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Bununla birlikte farklı varsayımlar altında AEY, farklı şekillerde ifade edilebilir. AEY için genel birikimli model, aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$K_t = (1-d)K_{t-1} + I_t \quad (4.1)$$

Yukarıdaki denklemde K_t , t dönemindeki başlangıç sermaye stokunu; d sermayenin yıpranma oranını; I_t ise t dönemindeki sabit sermaye yatırımlarını göstermektedir (Saylam Bölükbaş, 2010).

AEY'nin en önemli adımı başlangıç sermaye stokunun tahmin edilmesidir. Başlangıç sermaye stokunun tahmini büyük ölçüde uzun dönemli yatırım serilerinin varlığına ve varlıkların hizmet sürelerine bağlıdır. Ancak uzun dönemli yatırım serilerinin Türkiye için bulunmayışı sorun teşkil etmektedir. Bu noktada Tuncer ve Özügürlü (2004)'nin bölgesel düzeyde yaptığı çalışmadan faydalanılmıştır. Bahsedilen yazarlar, başlangıç sermaye stoku tahmininde kullanılan tekniklerden en uygun olanının Harberger yaklaşımı olarak bilinen yöntem olduğunu ifade etmişlerdir. Bu yöntemle göre, belli bir zaman diliminde sermaye çıktı oranı sabit kabul edilirse, birikim denkleminden hareketle başlangıç dönemi sermaye stoku tahmin edilebileceğini söylemektedirler.

Bu yöntem için gerekli olan yatırım serisinin var olduğu dönemlere ait yıllık ortalama yatırımlar ve GSYİH büyümesi ve yıpranma oranı d 'ye² ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemle göre, belirli bir zaman diliminde sermaye çıktı oranı sabit kabul edilirse, birikim denkleminden hareketle başlangıç dönemi sermaye stoku tahmin edilebilir (Tuncer ve Özügürlü, 2004). Yöntem ve formülasyon aşağıda yer almaktadır (Nehru ve Dhareshwar, 1993).

Eş. 4.1'de denklemin her iki tarafından K_{t-1} (sermaye stokunun $t-1$ dönemindeki değeri) çıkarılır ve yine aynı terime bölünürse aşağıdaki eşitliğe ulaşılır:

$$\frac{(K_t - K_{t-1})}{K_{t-1}} = -d + \frac{I_t}{K_{t-1}} \quad (4.2)$$

Eşitliğin sol tarafı sermaye stokunun büyüme oranını göstermekle birlikte uzun dönemde durağan durum denge noktasındaki değerine de eşit olmaktadır. Bu noktada sermaye stokunun büyüme hızı aynı zamanda çıktının büyüme hızına (g_y) da eşit olacağından Eş. 4.2 bu varsayımla

² Yıpranma oranının belirlenmesi başlangıç dönemi sermaye stokunun hesaplanmasından daha önemlidir. Çünkü başlangıç dönemi sermaye stokunda yapılan bir hata zaman içinde yıpranma oranında eriyecektir. Ancak yıpranma oranının hatalı olması zaman içinde katlanarak büyüyecektir (Tuncer ve Özügürlü, 2004).

$$g_y = -d + \frac{I_t}{K_{t-1}} \quad (4.3)$$

olarak yazılabilir.

Buradan K_{t-1} terimi yalnız bırakıldığında başlangıç dönemi sermaye stokunun hesaplanabilmesi için gerekli olan Eş.4.4'e ulaşılır.

$$K_{t-1} = \frac{I_t}{g_y + d} \quad (4.4)$$

Yatırım serileri üzerinde yapılan işlemler

Yerel birim faaliyetlerine göre bazı temel göstergelerde 2003–2012 yılları için İBBS Düzey 2'de bölgelerin imalat sanayi yatırım verileri yer almaktadır. Ancak üretim verileri hesaplanırken ciro değerleri için görülen 2005 yılı veri yokluğu, brüt yatırımlar için de görülmüştür. 2005 yılında yatırımlara ilişkin bölgesel düzeyde değerlerin verilmemesinden dolayı, üretim değeri tahminindeki yol izlenmiştir. Yatırımların 2005 yılı payının bir önceki ve bir sonraki yılların ortalamasında oluşacağı varsayımı ile 2004 ve 2006 yıllarındaki her bir bölgenin toplamdan aldığı payın ortalaması alınarak 2005 yılı için ilgili bölgenin toplam yatırımlardan aldığı pay hesaplanmıştır. Ancak yine imalat sanayinde TR düzeyinde yatırım değeri bulunmamasından dolayı diğer veri kaynağı *ekonomik faaliyetlere göre bazı temel göstergeler*'e başvurularak Türkiye imalat sanayinin 2005 yılı *maddi mallara ilişkin brüt yatırım* değerleri alınmıştır.

Bu yatırım değeri, ilgili paylar ile düzey 2'de bölgelere dağıtılarak 2005 yılının bölgesel düzeyde yatırım değerleri cari fiyatlarla hesaplanmıştır. Yatırım serisinin elde edilmesinden sonraki aşama, bölgesel sermaye stoklarının hesaplanması aşamasıdır. Yukarıda Aralıksız envanter yöntemi bölümünde anlatıldığı şekilde başlangıç stoku K_{t-1} değerini hesaplamak için öncelikle trend büyüme hızı ve yıpranma oranı bulmak gerekecektir.

Trend Büyüme Hızı

Trend büyüme hızı hesaplamak için öncelikle üretim değeri tahminlerini ve yatırım serilerini enflasyon etkisinden arındırmak gerekecektir. Bu amaçla deflatör olarak TÜİK tarafından yayımlanan 2003=100 baz yıllık imalat sanayi üretici fiyat endeksi kullanılmıştır. İlgili veriler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Üretim ve yatırım serileri için kullanılan deflâtörler

2003 =100 bazlı İmalat Sanayi Üretici Fiyatları Endeksi										
Yıllar	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Endeksler	100,00	113,13	121,70	133,07	140,50	157,01	156,10	165,50	187,55	197,79

Her bir yıla ait değerler ilgili deflatörler ile 2003 fiyatlarına çekildikten sonra üretim değerlerinin bir önceki yıla göre değişim oranları hesaplanmış ve üretim değerindeki dalgalanmalardan dolayı Tuncer ve Özuğurlu (2004) tarafından önerildiği gibi ilk üç ya da beş yıl için değil, 2003–2010 yılları için artış hızı oranlarının aritmetik ortalaması alınarak trend büyüme hızı hesaplanmıştır.

Yıpranma oranı

Bu aşamada yıpranma paylarının hesaplanması önem taşımaktadır. Türkiye ekonomisinde yatırımların ömrüne yönelik resmi bir çalışma bulunmamasından dolayı (Saygılı, Cihan ve Yurtoğlu, 2005) yıpranma paylarının hesaplanmasında genel kabul görmüş ve geçerliliğine inanılan bir oran kullanmak adına Saylam Bölükbaş (2010) ve Saygılı, Cihan ve Yurtoğlu (2005)'nin da kullandığı; OECD'nin 1998 yılında yayımladığı çalışma referans alınmıştır. OECD'nin bu çalışmasında farklı sektörler için yatırım ömürleri belirlenerek yayımlamıştır. Yatırım ömrü imalat sanayi için 26 yıl olarak hesaplanmış, dolayısıyla yıpranma oranı ömrün çarpmaya göre tersi olan $(1/26)$ oranı ile belirlenmiştir. Böylece bölgeler için hesaplanmış olan trend büyüme hızları ile $1/26$ olarak belirlenmiş olan yıpranma oranı değerleri ile eşitlik 4.4'te verilen formül uygulanabilir hale gelmiştir. K_t olarak seçilen 2003 yılının yatırım değerleri ile ilgili değişkenler yerine yazıldığında K_{t-1} olan 2002 yılının sermaye stoku ortaya çıkmaktadır. Bu sermaye stokuna Eş. 4.1 uygulandığı takdirde imalat sanayinin bölgesel düzeyde 2003–2012 yılları arası sermaye stoku serisi elde edilmiş olur.

4.1.3. İşgücü verileri

Çalışmada kullanılan işgücü verileri Yerel birim faaliyetlerine göre bazı temel göstergelerde yer alan imalat sanayi İBBS Düzey 2'deki çalışan sayısıdır. Burada diğer ciro ve yatırım değişkenlerinde olduğu gibi 2005 yılı için düzey 2 bölgeler seviyesinde toplam çalışanlar sayısı mevcut iken imalat sanayinde ve diğer sektörlerde çalışanlar sayısı verilmemiştir.

Benzer şekilde ulusal düzeyde istihdam verisinin bulunduğu ekonomik faaliyetlere göre istihdam ve bazı temel göstergeler (TÜİK, 2011b) verilerinden 2005 yılına ait imalat sanayinde çalışanlar sayısı alınmış, bölgelerin 2004 ve 2006 yıllarında toplam istihdama oranlarının ortalama değeri hesaplanarak her bir bölge için 2005 yılı payı bulunmuş ve çalışanlar sayısı paylar oranında dağıtılmıştır.

4.1.4. Elektrik verileri

Bu çalışmanın ana amaçlarından biri olan bölgesel düzeyde enerji kullanım etkinliklerinin hesaplanması bölgesel düzeyde yeterli veri bulunamaması (veri yokluğu) nedeniyle sadece imalat sanayinde kullanılan elektrik enerjisi ile kısıtlı kalmıştır. TÜİK tarafından yayımlanan veriler ise sanayi kesimine ilişkin elektrik tüketim verileri olup imalat sanayi özelinde veri bulunmamaktadır.

Resmi İstatistik Programında sanayi kesimine ilişkin elektrik tüketim istatistiklerinden sorumlu kuruluş olan Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.'den resmi yollarla başvurularak imalat sanayine ilişkin veriler il bazında temin edilmiştir. İl bazında tüketim miktarları İBBS Düzey 2'ye göre toplulaştırılarak çalışmaya dâhil edilmiştir. TEDAŞ'ın tüketim istatistikleri UNIPED sınıflamasına göre olduğundan dolayı, NACE 1.1 kapsamında yürütülen bu çalışmada kapsam farkı olmaması için UNIPED sınıflamasında imalat sanayi ve alt kollarındaki sektörler ile örtüşecek şekilde kısımlar seçilmiş ve imalat sanayi kapsamı sağlanmıştır.

4.1.5. Karbondioksit emisyonu verileri

Çalışma kapsamında istenmeyen çıktı olarak ele alınacak olan çıktılar, imalat sanayinin CO₂ emisyonları olarak seçilmiştir. Emisyon verilerinin de Türkiye için oldukça kısıtlı

olması bu hususta da bazı varsayımlarla imalat sanayi için bölgesel düzeyde CO₂ emisyonu tahminini zorunlu kılmıştır.

Emisyon verileri için kaynak diğer verilerde olduğu gibi TÜİK olmuştur. Kurum tarafından yayımlanan Sera Gazı Emisyon Envanteri'nde NACE sınıflaması kapsamında imalat sanayi için emisyon verileri bulunmamaktadır. Bu bağlamda, imalat sanayine ilişkin CO₂ emisyonu değerleri olarak, envanter kapsamında yer alan sektörel CO₂ emisyonuna ait kalemlerden sanayi sektörü ile endüstriyel işlemler toplamı ele alınmıştır. Bu toplamın, imalat sanayinin ürettiği toplam CO₂ emisyonu olduğu düşünüldüğünde, bunun bölgelere dağıtılması gerekmektedir. İlk olarak çoklu regresyon bu tahmin için akla gelse de, tahmin edici olarak seçilecek bağımsız değişkenlerin de bahsedilen veri yokluğu nedeniyle mümkün olmaması sonucu; imalat sanayi emisyonu bölgelere, yıllar itibariyle çalışan sayılarına oranlanarak dağıtılmıştır. Dağıtımda çalışan sayısının seçilmesinin nedeni, imalat sanayinde kısa dönemde Hicks nötr bir teknolojik gelişim olduğu düşünüldüğünde, faktör birikimi yoluyla elde edilecek üretim artışında işgücü artışının üretimi ve dolayısıyla istenmeyen çıktıyı etkileyeceği varsayımdır.

Aşağıdaki çizelge, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki korelasyonları göstermektedir.

Çizelge 4.6. Girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki korelasyonlar

	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Üretim Değeri	CO ₂
Sermaye Stoku	1				
İstihdam	0,982	1			
Elektrik	0,671	0,631	1		
Üretim Değeri	0,983	0,973	0,748	1	
CO ₂	0,977	0,994	0,624	0,967	1

Korelasyonların tamamı 0,01 düzeyinde anlamlı bulunmuştur

4.2. Radyal Modeller Yoluyla Etkinlik Ölçümü

Parametrik olmayan bir yöntem olarak VZA, benzer nitelikte karar verme birimlerinden oluşan bir kümenin göreceli etkinliklerinin belirlenmesinde kullanılan bir matematiksel programlama tekniğidir. Bu teknik, karar verme birimlerinin yerlerinin, etkin sınırın üzerinde ya da sınırın altında olduğunu matematiksel olarak belirleyerek karar verme birimlerinin etkinliğini ölçmektedir. VZA modeli, etkin olmayan (etkin sınırın altında yer alan) karar verme birimlerine, etkin (etkin sınır üzerinde yer alan) karar verme birimlerinin

girdi-çıktı bileşenlerinin konveks ya da doğrusal bir kombinasyonunu referans vermekte ve bu sayede etkin olmayan birimlerin göreceli etkinliğini, etkin olan birimlere göre ölçmektedir (Luptáčík, 2010). Bu açıdan VZA, parametrik yöntemlerle karşılaştırıldığında kolay uygulanabilir bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Parametrik olmamasından dolayı, analizi yapılan üretim teknolojisi için üretim fonksiyonu tanımlamalarına ihtiyaç duymamaktadır (Seiford ve Thrall, 1990). VZA kullanılarak elde edilen sonuçlar, ilerideki kısımlarda anlatılacağı üzere, karar vericilere etkin olmayan karar verme birimlerinin girdi ya da çıktı faktörlerinde ne gibi iyileştirmelerle etkin olacakları konusunda bilgi sağlamaktadır. Bu avantajlarına ilaveten VZA kullanılarak yapılan analizlerde, girdi ya da çıktı bileşenlerinin fiziksel miktar bilgilerini kullanmak yeterli olmaktadır.

4.2.1. Temel VZA modeli

Veri zarflama analizinin temel modeli Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilmiştir. Bu temel model, adı geçen yazarlara atıfla CCR modeli olarak isimlendirilmektedir. Bu çalışmayı takip ederek ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında girdi odaklı temel CCR modeli aşağıda verilmiştir. Modelde n adet KVB ve her KVB'nin m adet girdisi, q adet çıktısı bulunmaktadır. Bu modelde etkinlik skoru θ_{RI} olarak ifade edilmiştir.

$x_{ij} \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından kullanılan i 'nci girdi miktarı $i = 1, \dots, m$,

$y_{rj} \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından üretilen r 'nci çıktı miktarı $r = 1, \dots, q$,

$x_{ijo} \in \mathbb{R}^+$: analizi yapılan KVB tarafından kullanılan i 'nci girdi miktarı

$y_{rjo} \in \mathbb{R}^+$: analizi yapılan KVB tarafından üretilen r 'nci çıktı miktarı

$s_i^- \in \mathbb{R}^+$: analizi yapılan KVB tarafından kullanılan i 'nci girdi miktarındaki fazlalık

$s_r^+ \in \mathbb{R}^+$: analizi yapılan KVB tarafından üretilen r 'nci çıktı miktarındaki azlık

$\lambda_j \in \mathbb{R}^+$: analizi yapılan KVB'nin dual değişkeni olarak ifade edilirse, etkinlik ölçümü yapılan karar verme birimi “ j_o ” için model şu şekilde yazılır.

Radyal Model 1 (RM1)

$$\begin{aligned}
& \min \theta_{RI} \\
& \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rjo}, \quad r = 1, \dots, q \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta_{RI} x_{ijo}, \quad i = 1, \dots, m \\
& \lambda_j \geq 0, \quad s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n
\end{aligned} \tag{4.5}$$

Girdi odaklı bu modelde, bir KVB'nin etkinliği, o KVB'nin ilgili çıktı miktarlarını azaltmadan girdi miktarlarını *büzme* (ing. *contracting*) kabiliyetini göstermektedir (Riccardi, Oggioni ve Toninelli, 2012). Etkin olmayan bir KVB, çıktı miktarları sabit iken girdilerini $(1 - \theta_{RI})$ oranında azalttığı ve varsa ilgili aylak değişkenler miktarınca düzeltme yaptığı takdirde etkin olabilmektedir. Bu oransal azaltımın tüm girdiler için aynı oranda $(1 - \theta_{RI})$ yapılması gerektiğinden, CCR modeli *radyal* VZA modeli olarak adlandırılmaktadır.

Bu modelde analizi yapılan “jo” KVB için optimum çözüm, θ_{RI}^* , s_i^{-*} , s_r^{+*} ve λ_j^* olarak bulunur ve θ_{RI}^* etkinlik değeri olarak elde edilir. Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) bir KVB'nin etkin olabilmesi için etkinlik değerinin 1'e eşit; girdideki fazlalık ve çıktılardaki azlığı ifade eden aylak değişkenlerin ise sıfır olması gerektiğini ifade etmiştir.

Eğer herhangi bir karar verme biriminin θ_{RI}^* etkinlik değeri 1 ancak aylak değişkenleri pozitif ise bu durum hala olası iyileştirmelerin yapılabileceğini göstermektedir. Bu durumun üstesinden gelebilmek için amaç fonksiyonuna $-\varepsilon \left[\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^q s_r^+ \right]$ terimi eklenebilir. Bu terimde, modelin amaç fonksiyonunda aylak değişkenlerin toplamı ile çarpılan ε değeri çalışmanın verileri göz önüne alındığında 10^{-6} olarak seçilebilir. Bu büyüklükte bir ε değeri; etkinlik değeri $\theta_{RI}^* = 1$ olan ancak aylak değişkenleri pozitif bulunan bir KVB'nin etkinlik değerinin 1'den küçük olmasını sağlayacak ve etkinsizliğe sahip olduğunu gösterecektir (Tarım, 2001:78-84).

Etkinlik değeri 1'den küçük ise, KVB'nin etkin olmadığı anlaşılır. KVB'nin etkin olabilmesi için yapacağı iyileştirmeler ile ulaşması gereken hedef girdiler, optimal çözüm

sonucunda elde edilen λ_j^* değişkenlerinin pozitif olduğu referans alınan karar verme birimlerinin girdilerinin doğrusal kombinasyonu ile bulunur. Aynı zamanda hedef değerler, ilgili KVB'nin girdileri ile optimum θ_{RI}^* skalar değerinin çarpımından optimum s_i^{-*} aylak değişkeninin çıkarılması ile de bulunur.

i girdisi için hedef girdi miktarı, $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* x_{ij} \Leftrightarrow \theta_{RI}^* x_{ijo} - s_i^{-*}$ olarak ifade edilir. Hedef girdiler hesaplanırken KVB'nin herhangi bir i girdisinde $(1 - \theta_{RI}^*) x_{ijo}$ miktarınca yapacağı iyileştirme *radyal düzeltme*, aylak değişken s_i^{-*} miktarınca azaltım yoluyla yapacağı iyileştirme ise *aylak düzeltme* olarak isimlendirilir. $(1 - \theta_{RI}^*) x_{ijo} + s_i^{-*}$ ifadesi ile hesaplanan tüm düzeltmeler ise *toplam düzeltme* olarak adlandırılır.

Girdi odaklı CCR modelinde, çıktıya ilişkin aylak değerlerin pozitif olması (çıkılarda azlık bulunması) durumunda ise r çıktısı için hedef çıktı miktarı ise $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* y_{rj} = y_{rjo} + s_r^{+*}$ ifadesi ile hesaplanır.

4.2.2. İstenmeyen Çıktıların yer aldığı VZA modeli

CCR modeli, temel model olarak literatürde sıkça kullanılmaktadır. Tez çalışmasında ele alınan problemde, imalat sanayinin çıktı olarak *üretim değeri*'nin yanında CO_2 emisyonu da ürettiği gerçeğinden yola çıkılırsa, CCR modeline istenmeyen çıktı olarak ifade edilen bu emisyonların da ilave edilmesi gerekmektedir. Literatürde zayıf atılabilirlik varsayımı olarak geçen ve §3.2.5'te etraflıca anlatılan bu varsayım istenmeyen çıktıların etkinlik ölçümünde hesaba katılması hususunda uygun bir yaklaşım sunmaktadır.

Tyteca (1997)'ya göre istenen çıktılar güçlü atılabilirlik varsayımı altında modellenebilir ve bu çıkılarda yapılabilecek herhangi bir azaltma masrafsız olacaktır. Diğer taraftan istenmeyen çıktılar zayıf atılabilirlik varsayımı altında ele alındığında, bu çıktıların üretiminde azaltma, istenen çıktıların eşanlı olarak azaltılması ya da bazı girdilerin kullanımında artış ile mümkün olmaktadır. Dolayısıyla, istenmeyen çıktıların azaltımı, karar verme birimi için mutlaka bir maliyet ortaya çıkaracaktır.

Literatürde pek çok çalışma istenmeyen çıktıların zayıf atılabilirliği varsayımına dayanan yaklaşımı esas almaktadır. Färe ve diğerleri (1996) uzaklık fonksiyonu kullanırken, Tyteca (1997) *girdi-istenmeyen çıktı odaklı model* adı altında incelemiştir. Zhou ve diğerleri (2006) aylak temelli etkinlik ölçümü uygularken; Riccardi ve diğerleri (2012) diğer etkinlik modelleri ile kıyaslarken, Wang ve diğerleri (2013) ise *enerji ve çevre etkinliğini* (ing. *energy and environmental efficiency*) hesaplarken bu yaklaşımı kullanmışlardır.

İlave edilen yeni bir kısıt olan istenmeyen çıktı kısıtı, *eşitlik* olarak CCR modeline eklenmiştir. Eşitlik olarak ifade edildiği için, bu kısıtta aylak değişkenlere yer verilmemiştir. Bu modelde, Radyal Model 1’de verilen değişken tanımlamalarına ek olarak

$y_{rj}^g \in R^+$: j ’nci KVB tarafından üretilen r ’nci istenen çıktı miktarı $r = 1, \dots, q$,

$y_{kj}^b \in R^+$: j ’nci KVB tarafından üretilen k ’nci istenmeyen çıktı miktarı $k = 1, \dots, l$,

olarak ifade edilirse, etkinlik ölçümü yapılan karar verme birimi “ jo ” için model şu şekilde yazılır.

Radyal Model 2 (RM2)

$$\begin{aligned}
 &\min \theta_{R2} \\
 &s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^g - s_r^+ = y_{rjo}^g, \quad r = 1, \dots, q \\
 &\quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta_{R2} x_{ijo}, \quad i = 1, \dots, m \\
 &\quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj}^b = \theta_{R2} y_{kjo}^b, \quad k = 1, \dots, l \\
 &\quad \lambda_j \geq 0, \quad s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

Radyal Model 2’de etkinlik ölçümü girdiler ve istenmeyen çıktılar üzerinden yapıldığı için, Tyteca (1997) girdiler ve istenmeyen çıktıların eşanlı ve oransal olarak azaltılabileceğini ifade etmektedir. Yine aynı açıdan ele alındığında Riccardi ve diğerleri (2012) ise girdilerdeki azalmanın, istenmeyen çıktılarda artışa neden olmayacağını belirtmiş; istenmeyen çıktıları içermeyen Radyal Model 1 ile bu modeli karşılaştırarak, istenmeyen çıktıları sınırlandıran bir yasal düzenleme olması durumunda istenmeyen çıktıların etkinlik

ölçümünde ele alınmasının zaruri olacağını ifade etmiştir. Bunun yanında, güçlü ve zayıf atılabilirlik varsayımlarının bu iki modelle analizi yapılırsa, girdilerle birlikte emisyonların da düşürülebilmesi amacıyla, örneğin yenilenebilir enerji ya da daha az emisyon yaratan hammadde kullanımının ne düzeyde olabileceği yönünde karar vericiler bilgi sağlayabilirler (Riccardi ve diğerleri, 2012).

Radyal Model 2, istenmeyen çıktıları zayıf atılabilirlik varsayımı altında ele alarak, çevresel boyutu da içeren bir etkinlik ölçüsü sunmaktadır. Ancak, üretimin doğasında emisyonlar (özellikle de CO₂) fosil nitelikli enerji kaynaklarının kullanılmasından dolayı ortaya çıkmakta ve enerji dışı girdiler olarak adlandırdığımız sermaye stoku ve işgücü, CO₂ ve diğer atık gazların üretiminde doğrudan bir rol oynamamaktadır. Bu nedenle, istenmeyen çıktı olan emisyonlara ve bunun esas kaynağı olan enerji girdilerine dayalı bir etkinlik modeli kurmak, enerji ve çevre boyutlarını içeren etkinlik skorlarını elde etmeyi sağlayacaktır.

4.2.3. Enerji dışı girdilerin sabitlendiği VZA modeli

Türkiye'nin enerji arzı yüksek oranda fosil enerji kaynaklarına dayanmaktadır. Bununla beraber, elektrik üretiminde de fosil kaynakların payı oldukça yüksek durumdadır. 2001 yılından bu yana elektrik üretiminin %40'dan fazlası doğalgazdan elde edilmektedir. 2012 yılında ise bu oran %43,6 olarak gerçekleşmiştir. Bu elektrik üretiminin ise yaklaşık olarak yarısı (2012 yılında %47,4'ü) sanayide kullanılmaktadır (TÜİK, 2015). İmalat sanayinin bölgesel düzeyde etkinliğinin ölçüldüğü çalışmamızda, enerji girdisi olarak bölgesel düzeyde temin edilebilen tek enerji girdisi olan elektrik tüketimi, bu gerçeklerle düşünüldüğünde dolaylı olarak ciddi miktarlarda emisyon oluşturmaktadır. Bu kısımdaki etkinlik ölçümünde amacımız, bölgelerin imalat sanayinin mevcut üretim değerini koruyarak enerji (elektrik) tüketimi ile CO₂ emisyonu üretimini mümkün olduğunca azaltmaktır. Böylelikle, etkinlik ölçümü sonucunda enerji tasarrufunu maksimize etme imkânı ortaya çıkmaktadır (Shi ve diğerleri, 2010).

Shi ve diğerleri (2010) çalışmasında Çin sanayisinde istenmeyen çıktıları da göz önüne alarak enerji tasarrufunu maksimize etmeyi amaçlamıştır. Etkinlik ölçümünde, sabit varlıklara yapılan yatırımlar, işgücü ve enerjiyi girdi olarak, katma değer ve atık gazları çıktı olarak ele almışlardır. Ancak yazarlar, istenmeyen çıktılar olan atık gazları, zayıf

atılabilirlik varsayımı kullanmadan, doğrudan girdi olarak modele eklemişler ve etkinlik ölçümünü, enerji dışı girdileri sabit tutarak sadece enerji girdisi ve istenmeyen çıktılar üzerinden gerçekleştirmişlerdir.

Bian ve Yang (2010), literatürdeki çalışmaların girdileri ayırtmadan ölçüm yaptığını belirterek, emisyonun kaynağının enerji girdileri olduğunu ve bu yüzden enerji girdileri ve emisyonlar üzerinden ölçüm yapmanın bütünleşik bir enerji ve çevre etkinliği hesaplamasını sağlayacağını ifade etmişlerdir. Yazarlar çalışmasında, istenmeyen çıktıları zayıf atılabilirlik varsayımı altında değerlendirmişler ve istenmeyen çıktıyı aylak değişken olmadan modele eklemişlerdir. Aylak değişkeni olmadan istenmeyen çıktıyı ele alan bir diğer çalışma da enerji ile enerji ve emisyon performansı değerlendirme modellerini sunan Wang ve diğerlerinin (2012) çalışmasıdır. Wang ve diğerleri (2013) ise enerji tüketiminin mümkün olduğunca azaltarak, emisyonların azalacağı düşüncesi ile Çin’de bölgesel düzeyde toplam faktör bakış açısıyla *enerji ve çevre etkinliği* hesaplaması yapmıştır. Yazarlar, standart VZA modellerinin istenmeyen çıktıların azaltılmasına imkân tanımadığından hareketle, istenmeyen çıktıları zayıf atılabilirlik varsayımı ile modele ilave etmişlerdir. Wang ve diğerleri (2013)’nin, Shi ve diğerleri (2010)’nden ayrıldığı temel nokta burasıdır.

Çalışmamızda, bölgelerin imalat sanayinin enerji ve çevre etkinliğini ölçmek ve enerji dışı girdileri sabit tutarak enerji tasarrufu potansiyelini maksimize etmek düşüncesiyle, Wang ve diğerleri (2013)’nin çalışmasını takip ederek Radyal Model 3 bir önceki model genişletilerek aşağıda verilmektedir.

$x_{ij} \in \mathbb{R}^+$: j ’nci KVB tarafından kullanılan i ’nci enerji dışı girdi miktarı $i = 1, \dots, m$,

$e_{pj} \in \mathbb{R}^+$: j ’nci KVB tarafından kullanılan p ’inci enerji girdisi miktarı $p = 1, \dots, s$ olarak ifade edilirse, etkinlik ölçümü yapılan karar verme birimi “ jo ” için model şu şekilde yazılır:

Radyal Model 3 (RM3)

$$\begin{aligned}
 & \min \theta_{R3} \\
 & s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^g - s_r^+ = y_{rjo}^g, \quad r = 1, \dots, q \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ijo}, \quad i = 1, \dots, m \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j e_{pj} + s_p^- = \theta_{R3} e_{pjo}, \quad p = 1, \dots, s \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj}^b = \theta_{R3} y_{kjo}^b, \quad k = 1, \dots, l \\
 & \quad \lambda_j \geq 0, \quad s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

Wang ve diğerleri (2013)'ne göre Radyal Model 3, istenen çıktının herhangi bir azalma ya da artma olmadan, istenmeyen çıktılar ile enerji girdilerini mümkün olan en yüksek düzeyde oransal olarak azaltmayı mümkün kılmaktadır. Buna ilaveten, modelin ölçüm yaklaşımına göre θ_{R3} , *enerji ve çevre etkinliği endeksi* olarak isimlendirilebilir. θ_{R3} , θ_{R1} ve θ_{R2} gibi skalar bir değerdir ve sıfır ile bir arasında değer almaktadır. Bir KVB'nin θ_{R3} değerinin 1'e eşit ve tüm aylak değişkenlerinin sıfır olması durumunda, o KVB etkindir ve enerji girdisi ile istenmeyen çıktılarında herhangi bir azaltım yapmasına gerek bulunmamaktadır. Eğer θ_{R3} değeri 1'den küçük ya da aylak değişkenlerinde herhangi bir pozitiflik varsa, o KVB'nin enerji ve çevre etkinliğine sahip olmadığı, dolayısıyla etkinsizlik durumunda olduğu ve enerji tasarrufu ile emisyon azaltımı anlamında bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmaktadır.

4.2.4. Toplam faktör enerji etkinliği endeksi

§4.2.1'de verildiği üzere girdi yönelimli radyal etkinlik ölçümünde, etkin olmayan bir KVB için optimal etkinlik skoru olarak hesaplanan θ^* ve aylak değişkenler yoluyla hedef girdi kompozisyonu hesaplanabilmektedir.

Enerji girdisi için bu hesabı RM3 için yeniden yazacak olursak, hedef enerji girdisi miktarı $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* e_{pj}$ ya da $\theta_{R3}^* e_{pjo} - s_p^*$ olarak ifade edilir. Toplam düzeltmeler (DZ_{Toplam}) ise $(1 - \theta_{R3}^*) e_{pjo} + s_p^*$ olarak ifade edilir. RM1 ve RM2 için de aynı şekilde hedef enerji girdisi hesaplamaları yapılabilir.

Literatürde ilk kez Hu ve Wang (2006) tarafından ortaya konulan yaklaşıma göre; hedef enerji girdisi miktarı, mevcut enerji girdisi ile enerji girdisine ilişkin radyal ve aylak düzeltmelerin toplamından oluşan toplam düzeltmelerin farkı olarak ifade edilebilmekte ve hedef enerji girdisi E_{hedef} 'in mevcut enerji girdisi E_{Mevcut} 'a oranlanması sonucunda o KVB için *Toplam Faktör Enerji Etkinliği* olarak ifade edilen *TFEE* endeksi elde edilmektedir. Zhang ve diğerlerine (2011) göre hedef enerji girdisi, etkin enerji kullanım seviyesine ulaşmak için belirlenebilecek mümkün enerji miktarına karşılık gelmektedir. Hu ve Wang (2006)'ın çalışması takip edilerek j 'nci KVB'nin t dönemindeki *TFEE* endeksi şu şekilde hesaplanır:

$$TFEE(j,t) = \frac{E_{Hedef}(j,t)}{E_{Mevcut}(j,t)} = \frac{E_{Mevcut}(j,t) - DZ_{Toplam}(j,t)}{E_{Mevcut}(j,t)} \quad (4.8)$$

Etkin bir KVB için hedef enerji girdisi miktarı mevcut enerji girdisi miktarına eşit olacağından, *TFEE* endeksi 1 değerini alır. Etkin olmayan KVB'leri için ise toplam düzeltmeler sıfırdan büyük olacağı için *TFEE* endeksi 1'den küçük olacaktır. Toplam düzeltmeler, radyal ve aylak düzeltmelerin toplamından oluştuğu için, enerji girdisi için yapılacak olan iyileştirmelerin toplam değerini ifade etmekte ve böylece enerji girdisi için hesaplanan toplam düzeltme miktarı o KVB için enerji tasarrufu potansiyelini ifade etmektedir. Böylece *TFEE* hesabı ile birlikte enerji tasarrufu potansiyeli de hesaplanabilmektedir.

Bir önceki kısımda nakledilen Wang ve diğerleri (2013)'nin ve Shi ve diğerleri (2010)'nin çalışmalarında bu husus öne çıkmaktadır. Meng ve diğerleri (2014) enerji tasarrufu potansiyelini belirlemenin, politika üretme süreçlerine önemli katkılar sunmasından dolayı kritik olduğunu ifade etmektedir.

4.3. Radyal Modellere Göre Etkinlik Sonuçları, *TFEE* Endeksleri ve Analizler

Bu bölümde, daha önce sunulmuş olan VZA modelleri kullanılarak elde edilen etkinlik ölçümü sonuçları verilmektedir. Etkinlik ölçümünde, radyal modeller başlığı altında verilen temel VZA modeli (RM1), istenmeyen çıktıların yer aldığı model (RM2) ile enerji dışı girdilerin sabitlendiği ve ölçümün enerji girdisi ve istenmeyen çıktılar üzerinden etkinliğin ölçüldüğü model (RM3) kullanılmıştır. Enerji girdisi olarak ilgili bölgenin imalat

sanayinin tükettiği elektrik enerjisi, istenmeyen çıktı olarak ise bölgenin imalat sanayinin CO₂ emisyonları alınmıştır.

Tez çalışmasında yapılan radyal etkinlik ölçümleri, girdi odaklı olarak ele alınmıştır.

4.3.1. RM1 modeli sonuçları

RM1 modelinde üç adet girdi ile tek çıktı (üretim değeri) oluşan üretim süreci analiz edilmiş, istenmeyen çıktılar modele dâhil edilmemiştir. RM1 modeli etkinlik sonuçları ile bu sonuçlardan §4.2.4'te verilen metodolojiye göre elde edilen toplam faktör enerji etkinliği endeksi (TFEE1) değerleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 4.7. Bölgelere ve yıllara göre RM1 modeli etkinlik değerleri

RM1	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ortalaması
TR10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TR21	0,628	0,603	0,663	0,523	0,673	0,678	0,911	0,687	0,593	0,855	0,681
TR22	0,487	0,604	0,509	0,467	0,999	1	1	0,865	0,774	0,943	0,765
TR31	0,776	0,697	0,687	0,555	0,757	0,795	0,827	0,782	0,754	0,873	0,750
TR32	0,482	0,508	0,581	0,596	0,649	0,633	0,703	0,602	0,633	0,788	0,618
TR33	0,747	0,783	0,845	0,754	0,875	0,825	0,972	0,769	0,655	0,944	0,817
TR41	0,645	0,651	0,702	0,594	0,845	0,792	0,781	0,781	0,714	0,843	0,735
TR42	1	1	1	0,944	1	1	1	1	1	1	0,994
TR51	1	0,935	1	1	0,941	1	1	1	0,920	1	0,980
TR52	0,463	0,412	0,473	0,364	0,653	0,583	0,781	0,608	0,545	0,852	0,573
TR61	0,405	0,551	0,687	0,734	0,985	0,652	0,691	0,581	0,537	0,699	0,652
TR62	0,603	0,589	0,550	0,472	0,653	0,598	0,733	0,726	0,620	0,680	0,622
TR63	0,599	0,737	0,561	0,410	0,917	0,996	0,684	0,747	0,786	0,737	0,717
TR71	1	1	0,793	0,313	1	1	0,591	1	1	0,810	0,851
TR72	0,557	0,598	0,614	0,534	0,648	0,629	0,748	0,553	0,486	0,784	0,615
TR81	0,690	0,931	0,688	0,521	1	0,984	1	0,891	0,952	1	0,866
TR82	0,570	0,476	0,538	0,427	0,497	0,644	0,694	0,590	0,524	0,668	0,563
TR83	0,540	0,694	0,816	0,590	0,955	1	0,879	0,785	0,875	0,990	0,812
TR90	0,773	1	0,958	0,826	0,823	0,831	1	0,838	0,763	1	0,881
TRA1	0,395	0,539	0,527	0,503	0,399	0,347	0,301	0,358	0,370	0,431	0,417
TRA2	0,353	0,436	0,379	0,277	0,462	0,660	0,366	0,439	0,422	0,474	0,427
TRB1	0,412	0,490	0,509	0,385	0,656	0,551	0,692	0,503	0,680	0,671	0,555
TRB2	0,913	0,897	0,736	0,779	1	0,671	0,445	0,442	0,524	0,637	0,704
TRC1	0,452	0,544	0,549	0,449	0,642	0,639	0,716	0,605	0,582	0,775	0,595
TRC2	0,593	0,559	0,695	0,574	1	0,801	1	1	0,856	1	0,808
TRC3	1	1	1	1	0,676	0,642	0,618	0,685	0,741	1	0,836
Ort.	0,657	0,701	0,695	0,600	0,796	0,767	0,774	0,725	0,704	0,825	

RM1 modeli kullanılarak yapılan etkinlik ölçümünde, TR10-İstanbul bölgesi tüm yıllar için etkin bulunmuştur. Türkiye'nin iktisadi ve sosyal anlamda en büyük ve en fazla sanayileşmiş bölgesi olan ve sadece İstanbul ilinden oluşan bu bölgenin imalat sanayi,

diğer tüm bölgelere kıyasla etkin bir bölge olarak karşımıza çıkmakta ve modellediğimiz üretim sistemi ile etkin olmayan diğer bölgelere rol model olmaktadır. 2003–2012 döneminde etkinlik skoru ortalaması, 0,9 değerinden büyük olan bölgeler ise TR10-İstanbul, TR42-Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova ve TR51-Ankara olmak üzere üç adettir. En düşük ortalama RM1 skoru ise 0,417 ile TRA1- Erzurum, Erzincan, Bayburt bölgesinde görülmüştür. Bu bölgeyi takiben, TRA2-Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan bölgesi 0,427; TRB1-Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli bölgesi ise 0,555 ortalama değerini almıştır. Analiz dönemi boyunca bölgelerin ortalama etkinlik değerlerinin ortalaması ise 0,724 olarak hesaplanmıştır. 26 adet bölgenin 13'ü, bu değer üzerinde bir ortalama etkinlik değerine sahip olmuştur. TRC3-Mardin, Batman, Şırnak, Siirt bölgesi ise, analiz döneminin ilk yarısında etkin bir imalat sanayine sahipken, 2007 ve sonrasında etkinlik skorlarında belirgin bir düşüş yaşamış ve son yılda ise tekrar etkin duruma erişmiştir. Benzer bir gerileme de TRB2-Van, Muş, Bitlis, Hakkâri bölgesinde 2008 ve sonraki dönemde gözlenmektedir.

Yıl ortalamaları bakımından RM1 etkinlik değerleri incelenecek olursa; 2006 yılı, 0,600 değeri ile en düşük etkinlik ortalamasına sahiptir. 2006 yılında sadece üç adet bölgenin imalat sanayinde etkin bir üretim gerçekleşmiştir. 2012 yılında ise analiz döneminin en yüksek yıllık etkinlik ortalaması olan 0,825 değeri görülmüştür.

RM1 modeli çözümünden elde edilen ve aşağıda yer alan çizelgede verilen TFEE1 endeksi değerlerine bakıldığında, gene TR10-İstanbul bölgesi imalat sanayinin tüm yıllarda elektrik enerjisini etkin biçimde kullandığı görülmektedir.

Çizelge 4.8. Bölgelere ve yıllara göre RM1 modeli ile elde edilen TFEE1 endeksi

TFEE1	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ort.
TR10	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0
TR21	%54,0	%49,7	%66,3	%52,3	%67,3	%44,4	%91,1	%44,4	%41,0	%85,5	%59,6
TR22	%44,5	%34,4	%50,9	%35,4	%64,6	%100,0	%100,0	%32,3	%27,5	%62,3	%55,2
TR31	%77,6	%69,7	%68,7	%55,5	%75,7	%75,6	%82,7	%78,2	%75,4	%87,3	%74,6
TR32	%48,2	%50,8	%58,1	%59,6	%64,9	%63,3	%70,3	%60,2	%63,3	%78,8	%61,8
TR33	%74,7	%78,3	%84,5	%75,4	%87,5	%82,5	%97,2	%76,9	%65,2	%94,4	%81,7
TR41	%64,5	%65,1	%70,2	%59,4	%84,5	%79,2	%78,1	%78,1	%71,4	%84,3	%73,5
TR42	%100,0	%100,0	%100,0	%94,4	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%99,4
TR51	%100,0	%93,5	%100,0	%100,0	%94,1	%100,0	%100,0	%100,0	%92,0	%100,0	%98,0
TR52	%46,3	%41,2	%47,3	%36,4	%65,3	%58,3	%78,1	%50,0	%50,6	%85,2	%55,9
TR61	%40,5	%55,1	%68,7	%73,4	%98,5	%65,2	%69,1	%58,1	%32,6	%69,9	%63,1
TR62	%56,6	%49,4	%55,0	%47,2	%65,3	%59,8	%73,3	%72,6	%62,0	%68,0	%60,9
TR63	%33,5	%41,7	%56,1	%40,9	%77,3	%36,5	%32,1	%42,2	%41,0	%39,1	%44,0
TR71	%100,0	%100,0	%79,3	%31,3	%100,0	%100,0	%59,1	%100,0	%100,0	%81,0	%85,1
TR72	%55,7	%59,8	%61,4	%53,4	%64,8	%62,9	%74,8	%55,3	%48,6	%78,4	%61,5
TR81	%36,0	%45,9	%64,6	%46,3	%100,0	%47,3	%100,0	%40,9	%43,8	%100,0	%62,5
TR82	%57,0	%47,6	%53,8	%42,7	%49,7	%64,4	%69,4	%59,0	%33,7	%66,8	%54,4
TR83	%54,0	%69,4	%81,6	%59,0	%60,5	%100,0	%84,1	%78,5	%40,4	%79,4	%70,7
TR90	%77,3	%100,0	%95,8	%82,6	%82,3	%83,1	%100,0	%83,8	%75,0	%100,0	%88,0
TRA1	%39,5	%53,9	%52,7	%50,3	%39,9	%34,7	%30,1	%35,8	%37,0	%43,1	%41,7
TRA2	%35,3	%43,6	%37,9	%27,7	%46,2	%66,0	%36,6	%43,9	%42,2	%47,4	%42,7
TRB1	%37,2	%47,2	%50,9	%38,5	%65,6	%55,1	%68,8	%42,3	%27,8	%48,8	%48,2
TRB2	%91,3	%89,7	%73,6	%77,9	%100,0	%67,1	%44,5	%41,3	%33,0	%63,7	%68,2
TRC1	%45,2	%54,4	%54,9	%44,9	%64,2	%50,9	%71,6	%47,2	%50,9	%77,5	%56,2
TRC2	%59,3	%55,9	%69,5	%57,4	%100,0	%74,4	%100,0	%100,0	%55,7	%100,0	%77,2
TRC3	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%45,9	%47,1	%53,4	%57,7	%65,3	%100,0	%76,9
Ort.	%62,6	%65,2	%69,3	%59,3	%75,5	%69,9	%75,6	%64,6	%56,7	%78,5	

TR10-İstanbul bölgesinin ardından TR42-Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova ve TR51-Ankara bölgeleri sırasıyla %99,4 ve %98 ortalama TFEE1 endeksi değerleri ile takip etmektedir. En düşük ortalama TFEE1 endeksi değerleri RM1 skorlarında olduğu gibi %41,7 ve %42,7 ile TRA1 ve TRA2 bölgelerinde görülmüştür. TR63-Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye bölgesinde ise analiz dönemi boyunca ortalama 0,717 etkinlik skoru bulunmuşken, bu dönemde TFEE1 endeksi ortalaması %44,0 olarak hesaplanmıştır. İki skor arasındaki bu yüksek fark, bölgenin etkin olmayan imalat sanayinin, daha yüksek bir etkinsizlikle elektrik tükettiğini göstermektedir.

4.3.2. RM2 modeli sonuçları

Bu modelde, istenmeyen çıktı olan CO₂ emisyonu, RM1 modelinden farklı olarak zayıf atılabilirlik varsayımı altında aylak değişkeni olmayan bir eşitlik olarak modele ilave edilmiştir. Üç girdi, bir istenen çıktı ve bir istenmeyen çıktının olduğu RM2 modelinin

etkinlik sonuçları ve bu sonuçlardan elde edilen toplam faktör enerji etkinliği endeksi (TFEE2) değerleri aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 4.9. Bölgelere ve yıllara göre RM2 modeli etkinlik değerleri

RM2	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ortalaması
TR10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TR21	0,628	0,641	0,730	0,806	0,673	0,679	0,914	0,688	0,593	0,855	0,721
TR22	0,487	0,823	0,973	0,863	1	1	1	0,867	0,774	0,957	0,874
TR31	0,776	0,697	0,687	0,609	0,757	0,795	0,834	0,784	0,754	0,873	0,757
TR32	0,482	0,512	0,581	0,632	0,649	0,633	0,703	0,617	0,703	0,791	0,630
TR33	0,747	0,787	0,923	0,845	0,875	0,832	0,972	0,806	0,690	0,944	0,842
TR41	0,645	0,651	0,706	0,676	0,845	0,792	0,781	0,785	0,714	0,843	0,744
TR42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TR51	1	1	1	1	0,942	1	1	1	1	1	0,994
TR52	0,463	0,412	0,526	0,510	0,653	0,583	0,784	0,609	0,549	0,852	0,594
TR61	0,405	0,551	0,749	0,856	0,985	1	0,691	0,582	0,577	0,699	0,710
TR62	0,603	0,671	0,586	0,505	0,655	0,600	0,737	0,743	0,620	0,684	0,640
TR63	0,599	0,793	0,841	0,770	0,963	0,999	0,687	0,749	0,815	0,740	0,796
TR71	1	1	0,887	0,628	1	1	0,591	1	1	0,810	0,892
TR72	0,557	0,602	0,669	0,658	0,648	0,629	0,748	0,564	0,495	0,792	0,636
TR81	0,690	1	0,873	1	1	0,985	1	0,892	0,952	1	0,939
TR82	0,581	1	0,660	1	0,497	0,680	0,792	1	0,625	0,687	0,752
TR83	0,545	0,881	0,980	1	0,955	1	1	1	1	1	0,936
TR90	0,773	1	0,968	1	0,823	1	1	1	1	1	0,956
TRA1	1	0,542	0,544	1	0,401	1	0,359	0,402	0,370	0,535	0,615
TRA2	0,353	0,436	1	0,277	0,462	1	1	1	0,599	1	0,713
TRB1	0,412	0,771	0,521	0,468	0,660	0,563	0,781	0,686	1	0,673	0,654
TRB2	1	1	1	1	1	1	0,830	0,442	1	0,638	0,891
TRC1	0,452	0,564	0,589	0,551	0,642	0,639	0,718	0,605	0,582	0,775	0,612
TRC2	1	1	1	0,753	1	0,822	1	1	0,927	1	0,950
TRC3	1	1	1	1	0,676	1	0,622	0,726	1	1	0,902
Ort.	0,700	0,782	0,807	0,785	0,799	0,855	0,829	0,790	0,782	0,852	

RM2 modeli kullanılarak yapılan etkinlik ölçümünde etkinlik değerleri, CO₂ emisyonlarının zayıf atılabilirlik varsayımı altında yeni bir kısıt olarak modele eklenmesinden dolayı RM1 skorlarından büyük ya da eşit olarak gerçekleşmiştir. Çevresel performansı da ekonomik etkinlik ile bünyesinde barındıran RM2 değerleri ortalamalarına bakıldığında TR10-İstanbul ve TR42-Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova bölgeleri analiz döneminde etkin bir imalat sanayine sahip bulunmuştur. TR51-Ankara bölgesi de 2007 yılı hariç etkindir. TR52-Konya, Karaman bölgesi 0,594 ortalama değeri ile en düşük RM2 skoruna ulaşmıştır.

Yıllar itibariyle bakıldığında ise, en düşük ortalama 2003 yılında 0,700 ile görülmüş, en yüksek ortalama ise 0,855 ile 2008 yılında gözlenmiştir.

RM2 modeli sonuçlarından türetilen TFEE2 endeksi değerleri aşağıda sunulmaktadır.

Çizelge 4.10. Bölgelere ve yıllara göre RM2 modeli ile elde edilen TFEE2 endeksi

TFEE2	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ort.
TR10	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0
TR21	%54,0	%64,1	%73,0	%80,6	%67,3	%44,5	%91,4	%44,5	%41,0	%85,5	%64,6
TR22	%44,5	%54,4	%56,9	%70,4	%100,0	%100,0	%100,0	%32,5	%27,5	%50,5	%63,7
TR31	%77,6	%69,7	%68,7	%60,9	%75,7	%75,6	%83,4	%78,4	%75,4	%87,3	%75,3
TR32	%48,2	%51,2	%58,1	%63,2	%64,9	%63,3	%70,3	%61,7	%70,3	%79,1	%63,0
TR33	%74,7	%78,7	%92,3	%84,5	%87,5	%83,2	%97,2	%80,6	%69,0	%94,4	%84,2
TR41	%64,5	%65,1	%70,6	%67,6	%84,5	%79,2	%78,1	%78,5	%71,4	%84,3	%74,4
TR42	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0
TR51	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%94,2	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%99,4
TR52	%46,3	%41,2	%52,6	%51,0	%65,3	%58,3	%78,4	%50,1	%54,7	%85,2	%58,3
TR61	%40,5	%55,1	%74,9	%85,6	%98,5	%100,0	%69,1	%58,2	%57,7	%69,9	%70,9
TR62	%56,6	%67,1	%58,6	%50,5	%65,5	%60,0	%73,7	%74,3	%62,0	%68,4	%63,7
TR63	%33,5	%79,3	%61,5	%77,0	%64,0	%36,8	%32,4	%42,4	%42,1	%39,2	%50,8
TR71	%100,0	%100,0	%88,7	%59,5	%100,0	%100,0	%59,1	%100,0	%100,0	%81,0	%88,8
TR72	%55,7	%60,2	%66,9	%65,8	%64,8	%62,9	%74,8	%56,4	%49,5	%79,2	%63,6
TR81	%36,0	%100,0	%67,8	%100,0	%100,0	%47,4	%100,0	%41,0	%43,8	%100,0	%73,6
TR82	%58,1	%100,0	%66,0	%100,0	%49,7	%68,0	%79,2	%100,0	%62,5	%68,7	%75,2
TR83	%54,5	%88,1	%98,0	%100,0	%60,5	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%90,1
TR90	%77,3	%100,0	%96,8	%100,0	%82,3	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%95,6
TRA1	%100,0	%54,2	%54,4	%100,0	%40,1	%100,0	%35,9	%40,2	%37,0	%53,5	%61,5
TRA2	%35,3	%43,6	%100,0	%27,7	%46,2	%100,0	%100,0	%100,0	%59,9	%100,0	%71,3
TRB1	%37,2	%77,1	%52,1	%46,8	%66,0	%56,3	%78,1	%51,5	%100,0	%53,4	%61,9
TRB2	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%83,0	%41,3	%100,0	%63,8	%88,8
TRC1	%45,2	%56,4	%58,9	%55,1	%64,2	%50,9	%71,8	%47,2	%50,9	%77,5	%57,8
TRC2	%100,0	%100,0	%100,0	%75,3	%100,0	%74,1	%100,0	%100,0	%92,7	%100,0	%94,2
TRC3	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%45,9	%100,0	%52,4	%60,5	%100,0	%100,0	%85,9
Ort.	%66,9	%77,1	%77,6	%77,7	%76,4	%79,3	%81,1	%70,7	%71,8	%81,6	

Çizelge 4.10’da verilen TFEE2 endeksi değerlerine bakıldığında ise en düşük ortalama toplam faktör enerji etkinliği %50,8 TR63-Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye bölgesinde ile gözlenmiştir. Ancak bu bölgenin analiz döneminde ortalama RM2 değeri 0,796 olarak bulunmuştur. Bu bulgu, RM1 modeli sonuçlarında da görüldüğü üzere bölgede ciddi bir elektrik tasarrufu potansiyelinin olduğu kanısını güçlendirmektedir. TR83-Samsun, Tokat, Çorum, Amasya bölgesi ise TFEE2 endeksi sonuçlarına göre analiz dönemi boyunca giderek artan bir elektrik kullanım etkinliği göstererek ortalama %90,1’lik bir TFEE2 skoruna ulaşmıştır.

Yıllık ortalamalar açısından bakıldığında ise analiz döneminde elektriğin en verimsiz kullanıldığı yıl %66,9 ile 2003 yılı olmuştur. Ancak RM2 skoru ortalamasının en yüksek olduğu 2008 yılının aksine, TFEE2 endeksi ortalamasının en yüksek olduğu yıl %81,6 ile 2012 yılı olmuştur.

RM1 ve RM2 modelinden elde edilen TFEE skorları, enerji girdisinde yapılması gereken iyileştirmelerin oransal bilgisini karar vericilere sunmaktadır. Enerji girdisinde (1-TFEE) oranında yapılacak bir azaltım, bu girdinin etkin kullanımını sağlayacaktır. Ancak bu iki model, yapısı gereği enerji girdisi ile birlikte enerji dışı girdilerde de radyal azaltımlar öngördüğü için, etkin olmayan bir bölgenin sadece enerji girdisinde iyileştirme yapması etkin duruma gelmesi için yeterli olmamakta, enerji ile birlikte diğer girdilerin de aynı anda azaltılması gerekli olmaktadır. RM1 ve RM2 modellerinin sonuçlarının değerlendirilmesinde bu husus ihmal edilmemelidir.

4.3.3. RM3 modeli sonuçları

Bu modelde, istenmeyen çıktı olan CO₂ emisyonu, RM2 modelinde olduğu gibi zayıf atılabilirlik varsayımı altında aylak değişkeni olmayan bir eşitlik olarak modele ilave edilmiştir. RM3 modelini diğer modellerden ayıran temel farklılık, etkinliğin enerji dışı girdilerin sabit tutularak, sadece enerji girdisi ve istenmeyen çıktı üzerinden ölçülmesidir. Bu modelin çözümü sonucunda elde edilen etkinlik skorları aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Bu model sonuçlarında, enerji dışı girdilerin aylak değişkeni olacak şekilde sabitlenmesi ve etkinlik ölçümünün, modelde eşitlik ile yer alan istenmeyen çıktıların ve aylak değişken ile yer alan enerji girdisi kısıtları temelinde hesaplanması nedeniyle, diğer iki VZA modeline göre kıyaslandığında farklılıklar gözlenmektedir. TR10-İstanbul bölgesi imalat sanayi, diğer modellerde olduğu gibi RM3 skorlarına göre de etkin bir üretim gerçekleştirmiştir. Analiz dönemi ortalamalarına göre TR10 bölgesini 0,996 ile TR42-Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova ve 0,987 ile TR51-Ankara bölgesi takip etmektedir. En düşük ortalama RM3 skoru 0,332 ile TRA2-Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan bölgesi imalat sanayinde görülmüştür. TRC3-Mardin, Batman, Şırnak, Siirt bölgesi, RM1 skorlarında olduğu gibi RM3 skorlarında da 2007 yılından sonra etkin konumundan geriye düşmüş ancak 2012 yılında tekrar etkin bulunmuştur. Bölge ortalamalarına göre bakıldığında, 15 adet bölge ortalama değer olarak karşımıza çıkan 0,663 değerinden yüksek bir ortalama etkinlik değerine sahip olmuştur.

Çizelge 4.11. Bölgelere ve yıllara göre RM3 modeli etkinlik değerleri

RM3	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ortalaması
TR10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TR21	0,579	0,472	0,557	0,515	0,433	0,498	0,806	0,583	0,536	0,672	0,565
TR22	0,468	0,517	0,446	0,344	0,998	1	1	0,782	0,723	0,812	0,709
TR31	0,776	0,665	0,661	0,558	0,688	0,760	0,824	0,784	0,754	0,858	0,733
TR32	0,482	0,429	0,466	0,496	0,512	0,543	0,580	0,529	0,570	0,642	0,525
TR33	0,720	0,740	0,781	0,668	0,801	0,727	0,936	0,667	0,610	0,878	0,753
TR41	0,645	0,581	0,615	0,578	0,752	0,742	0,746	0,785	0,714	0,811	0,697
TR42	1	1	1	0,956	1	1	1	1	1	1	0,996
TR51	1	0,963	1	1	0,906	1	1	1	1	1	0,987
TR52	0,463	0,350	0,382	0,358	0,465	0,499	0,627	0,570	0,512	0,713	0,494
TR61	0,405	0,511	0,568	0,675	0,968	0,422	0,439	0,457	0,341	0,480	0,527
TR62	0,584	0,471	0,475	0,476	0,655	0,600	0,737	0,731	0,620	0,680	0,603
TR63	0,532	0,631	0,506	0,397	0,837	0,999	0,687	0,728	0,786	0,737	0,684
TR71	1	1	0,720	0,265	1	1	0,434	1	1	0,678	0,810
TR72	0,557	0,512	0,503	0,496	0,521	0,551	0,591	0,509	0,474	0,625	0,534
TR81	0,642	0,906	0,657	0,459	1	0,972	1	0,852	0,941	1	0,843
TR82	0,486	0,372	0,366	0,294	0,311	0,379	0,462	0,394	0,315	0,415	0,379
TR83	0,488	0,608	0,939	0,534	0,853	1	0,733	0,692	0,430	0,781	0,706
TR90	0,740	1	0,927	0,768	0,743	0,609	1	1	1	1	0,879
TRA1	0,395	0,542	0,530	0,506	0,401	0,349	0,302	0,360	0,370	0,431	0,419
TRA2	0,353	0,360	0,305	0,243	0,354	0,380	0,246	0,381	0,362	0,336	0,332
TRB1	0,392	0,430	0,390	0,299	0,391	0,320	0,466	0,330	0,301	0,348	0,367
TRB2	1	1	1	1	1	1	0,290	0,361	0,317	0,403	0,737
TRC1	0,452	0,476	0,462	0,446	0,486	0,522	0,536	0,555	0,563	0,619	0,512
TRC2	0,536	0,491	0,611	0,467	1	0,581	1	1	0,561	1	0,725
TRC3	1	1	1	1	0,676	0,642	0,607	0,658	0,713	1	0,830
Ort.	0,642	0,655	0,649	0,569	0,721	0,696	0,694	0,681	0,635	0,728	

RM3 skorlarının yıllık ortalamalarına bakıldığında ise analiz döneminde 2006 yılı 0,569 ile en düşük ortalama etkinlik değerini vermekte, 2012 yılı ise 0,728 ile en yüksek ortalama etkinlik değerini göstermektedir. Bu durum RM1 skorlarında da gözlenmiştir.

RM3 modeli çözümünden elde edilen ve çizelge 4.12’de verilen TFEE3 endeksi değerlerine bakıldığında en düşük ortalama TFEE3 endeksi %33,2 ile TRA2-Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan bölgesi imalat sanayinde görülmektedir. TR63-Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye bölgesi imalat sanayi, RM1 modeli sonuçlarında olduğu gibi RM3 modeli sonuçlarında da etkinlik değeri ile enerji etkinliği değerleri arasında ciddi farklılıklara sahiptir. Bölgenin ortalama RM3 değeri 0,684 iken, TFEE3 ortalama değeri %42,7 olarak hesaplanmıştır. RM3 modeli temelinde TR63 bölgesine benzer durum TR22-Balıkesir, Çanakkale ve TR81-Zonguldak, Karabük, Bartın bölgelerinde de görülmektedir. Bu bölgelerin TFEE3 değerleri RM3 etkinlik değerlerinden bariz biçimde düşüktür. Bu bulgu, bahsi geçen üç bölgede ciddi oranda enerji etkinsizliği olduğuna işaret etmektedir.

Çizelge 4.12. Bölgelere ve yıllara göre RM3 modeli ile elde edilen TFEE3 endeksi

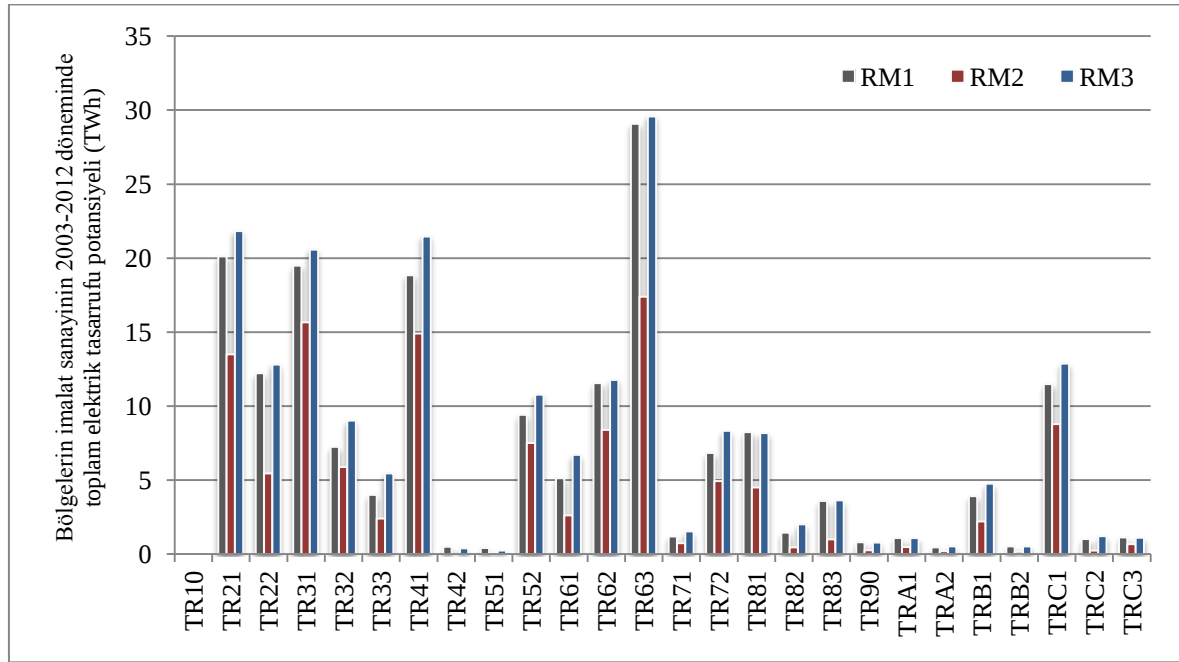
TFEE3	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ort.
TR10	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0
TR21	%57,9	%47,2	%55,7	%51,5	%42,1	%49,8	%80,6	%58,3	%53,6	%67,2	%56,4
TR22	%46,8	%34,9	%44,6	%34,4	%64,7	%100,0	%100,0	%33,0	%33,6	%46,3	%53,8
TR31	%77,6	%66,5	%66,1	%55,8	%68,8	%76,0	%82,4	%78,4	%75,4	%85,8	%73,3
TR32	%48,2	%42,9	%46,6	%49,6	%51,2	%54,3	%58,0	%52,9	%57,0	%64,2	%52,5
TR33	%72,0	%74,0	%78,1	%66,8	%80,1	%72,7	%93,6	%66,7	%61,0	%87,8	%75,3
TR41	%64,5	%58,1	%61,5	%57,8	%75,2	%74,2	%74,6	%78,5	%71,4	%81,1	%69,7
TR42	%100,0	%100,0	%100,0	%95,6	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%99,6
TR51	%100,0	%96,3	%100,0	%100,0	%90,6	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%98,7
TR52	%46,3	%35,0	%38,2	%35,8	%46,5	%49,9	%62,7	%57,0	%51,2	%71,3	%49,4
TR61	%40,5	%51,1	%56,8	%67,5	%96,8	%42,2	%43,9	%45,7	%34,1	%48,0	%52,7
TR62	%58,4	%47,1	%47,5	%47,6	%65,5	%60,0	%73,7	%73,1	%62,0	%68,0	%60,3
TR63	%37,2	%42,1	%47,1	%39,7	%67,5	%36,9	%32,4	%44,0	%41,0	%39,1	%42,7
TR71	%100,0	%100,0	%72,0	%26,5	%100,0	%100,0	%43,4	%100,0	%100,0	%67,8	%81,0
TR72	%55,7	%51,2	%50,3	%49,6	%52,1	%55,1	%59,1	%50,9	%47,4	%62,5	%53,4
TR81	%38,6	%46,1	%59,1	%45,9	%100,0	%47,7	%100,0	%44,7	%45,6	%100,0	%62,8
TR82	%48,6	%37,2	%36,6	%29,4	%31,1	%37,9	%46,2	%39,4	%31,5	%41,5	%37,9
TR83	%48,8	%60,8	%93,9	%53,4	%81,0	%100,0	%73,3	%69,2	%43,0	%78,1	%70,2
TR90	%74,0	%100,0	%92,7	%76,8	%74,3	%60,9	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%87,9
TRA1	%39,5	%54,2	%53,0	%50,6	%40,1	%34,9	%30,2	%36,0	%37,0	%43,1	%41,9
TRA2	%35,3	%36,0	%30,5	%24,3	%35,4	%38,0	%24,6	%38,1	%36,2	%33,6	%33,2
TRB1	%39,2	%43,0	%39,0	%29,9	%39,1	%32,0	%46,6	%33,0	%30,1	%34,8	%36,7
TRB2	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%29,0	%36,1	%31,7	%40,3	%73,7
TRC1	%45,2	%47,6	%46,2	%44,6	%48,6	%52,2	%53,6	%55,5	%56,3	%61,9	%51,2
TRC2	%53,6	%49,1	%61,1	%46,7	%100,0	%58,1	%100,0	%100,0	%56,1	%100,0	%72,5
TRC3	%100,0	%100,0	%100,0	%100,0	%45,9	%47,1	%49,6	%60,8	%71,3	%100,0	%77,5
Ort.	%62,6	%62,3	%64,5	%56,9	%69,1	%64,6	%67,6	%63,5	%58,7	%70,1	

RM3 modeli ile elde edilen etkinlik değerleri ile etkin olmayan bölgeler için azaltılması gereken girdilerin azaltım oranları EK-2’de verilmektedir.

4.3.4. Türk imalat sanayinin bölgelere ve yıllara göre elektrik tasarrufu potansiyeli

Hatırlanacağı üzere, VZA metodolojisi karar vericilere, girdi odaklı bir analizde etkin olmayan bir KVB’nin etkin olabilmesi için çıktı seviyelerini düşürmeden girdilerini mümkün olan en düşük seviyeye indirebilmesi yönünde bilgi sunmaktadır. Doğrusal programlama modelinin çözümü sonucunda ortaya çıkan bu azaltım hedefleri, §4.2.1’de gösterildiği üzere radyal ve aylak düzeltmelerin toplamından oluşan toplam düzeltmeler olarak ifade edilmektedir. Tüm girdiler için ayrı ayrı hesaplanabilen bu düzeltmeler, enerji girdisi özelinde değerlendirildiğinde, ilgili KVB’nin etkin bir üretim yapısına kavuşması için enerji kullanımında yapması gereken tasarruf miktarını karar vericilere sunacaktır.

Bu noktadan hareketle, çalışmada çözümü yapılan üç adet radyal VZA modeli sonuçlarından, her bir İBBS-Düzey 2 bölgesinin imalat sanayinin elektrik tüketimlerinde mümkün olan azaltım miktarları yıl bazında hesaplanmış ve bu çalışma kapsamında enerji girdisi için azaltımlara (toplam düzeltmelere) kavramsal olarak karşılık gelen elektrik tasarrufu potansiyeli ortaya konulmuştur. Bu bağlamda her bir radyal model için, on yıllık analiz dönemi boyunca, bölgelerin azaltım yapabilecekken etkinsizlik nedeniyle israf ettiği elektrik girdisi miktarlarının toplamı aşağıdaki Şekil 4.2’de sunulmaktadır.

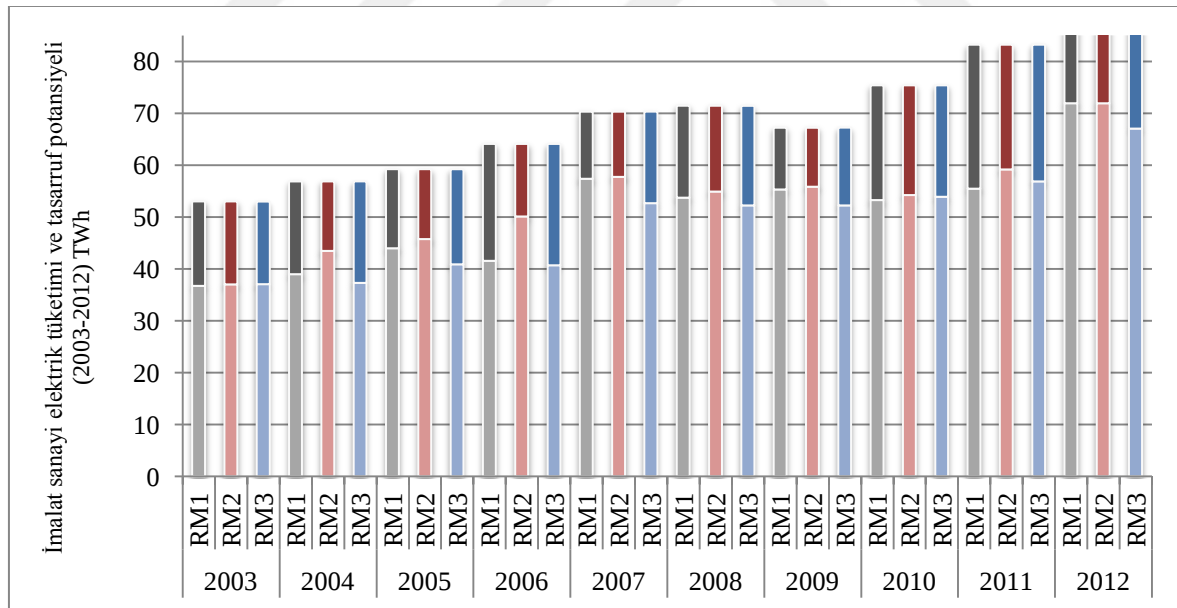


Şekil 4.2. Bölgelerin analiz dönemindeki on yıllık toplam elektrik tasarrufu potansiyeli

2003–2012 yılları arasındaki analiz döneminde bölgelerin toplamda etkinsiz olarak kullandıkları ya da başka bir deyişle israf ettikleri elektrik miktarları Şekil 4.2’te görülmektedir. Model sonuçlarının verildiği yukarıdaki kısımlarda etkinlik ve TFEE oranları üzerinden bakıldığında TR63, TR22 ve TR81 bölgelerinde ciddi enerji tasarrufu potansiyelinin olduğundan bahsedilmişti. Ancak bu şekilde de görüleceği üzere, bahsi edilen bu bölgelerin yanında, etkinlik ve TFEE skoru daha yüksek olan diğer bölgelerin de oldukça yüksek miktarlarda elektrik israfında bulundukları ortaya çıkmaktadır. Örneğin TR31-İzmir bölgesi imalat sanayi, ortalama %73,3’lük bir TFEE3 endeksine sahipken, tükettiği yüksek miktarlardaki elektrik nedeniyle, 20577 GWh’lik bir enerjiyi, on yıl içinde etkin olmayan bir üretim yapısı nedeniyle israf etmiştir.

Analiz döneminde dört bölgenin belirgin biçimde 15 TWh'den yüksek bir toplam elektrik tasarrufu olduğu görülmektedir. Bu bölgeler RM3 sonuçlarına göre, 29,6 TWh'lik bir miktarla TR63-Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye bölgesi; 21,5 TWh ile TR41-Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi; yaklaşık 21,9 TWh ile TR21-Tekirdağ, Edirne, Kırklareli bölgesi ve yukarıda bahsedilen 20,6 TWh potansiyel ile TR31-İzmir bölgesidir. Tüm modellerde etkin bulunan TR10-İstanbul bölgesi imalat sanayi ise elektrik enerjisini etkin kullandığı için analiz kapsamında tasarruf potansiyeline sahip bulunmamaktadır. TR10-İstanbul bölgesi imalat sanayi, üretim yapısından kaynaklanan öncü konumu ile elektrik tüketiminde de diğer bölgelere örnek teşkil etmektedir.

Benzer düşünceyle, yıllar bazında bölgelerin elektrik girdisi azaltım hedefleri toplanacak olursa, imalat sanayinin yıllık tasarruf miktarlarının her bir radyal model için ayrı ayrı hesaplanması mümkün olacaktır. Böylece hem zaman hem de mekân boyutuyla, literatürde ilk kez 2003–2012 yılı dönemi için Türk imalat sanayinin elektrik girdisi özelinde enerji verimliliği potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. İlgili grafik, Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Türk imalat sanayinin yıllara ve modellere göre toplam elektrik tasarrufu potansiyeli

Şekil 4.3'de imalat sanayi genelinin yıllar itibariyle toplam elektrik tasarrufu potansiyelleri verilmektedir. Tüm radyal modeller için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen tasarruf potansiyeli miktarı, yıllık tüketilen elektrik miktarı ile birlikte çubuk grafik olarak sunulmuştur. Çubuk grafiğin koyu renkli kısımları tasarruf potansiyelini, çubuğun tamamı

ise ilgili yılda Türkiye’de imalat sanayinin tükettiği toplam elektrik miktarını göstermektedir. RM3 modeline göre 2006 yılında imalat sanayinde %36,5 oranında bir elektrik tasarrufu potansiyelinin ortaya çıktığı gözlenmektedir. RM1 ve RM3 modeli sonuçlarından da hatırlanacağı üzere, bu yıl etkinlik ortalamasının en düşük gerçekleştiği yıl olmuştur. Tasarrufu potansiyelinin en düşük olduğu yıl ise 2009 yılıdır. Bu yılda imalat sanayinin elektrik tasarrufu potansiyeli RM3 modeline göre %22,2; tüm radyal model ortalamalarına göre ise %19,0 olarak hesaplanmıştır. Enerji tasarrufu potansiyelini maksimize etmek üzere uygulanan RM3 modeli analiz döneminde imalat sanayinin ortalama elektrik enerjisi özelinde enerji tasarrufu potansiyeli %28,7 olarak bulunmuştur. Aşağıdaki çizelge, radyal modellerden her bir yıl ve analiz dönemi toplamı için elde edilen enerji tasarrufu potansiyellerini vermektedir. Yıllara göre hesaplanan ortalama potansiyel değeri, analiz dönemindeki tasarruf potansiyeli miktarı toplamı ile tüketim miktarı toplamının oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13. Yıllar itibariyle imalat sanayi enerji tasarrufu potansiyeli

Yıllar	RM1	RM2	RM3	Modellerin Ortalaması
2003	%30,7	%30,2	%30,1	%30,3
2004	%31,4	%23,6	%34,4	%29,8
2005	%25,7	%22,8	%31,0	%26,5
2006	%35,2	%21,8	%36,5	%31,1
2007	%18,4	%17,9	%25,1	%20,5
2008	%24,8	%23,1	%26,9	%24,9
2009	%17,7	%16,9	%22,2	%19,0
2010	%29,3	%28,1	%28,5	%28,6
2011	%33,3	%28,9	%31,7	%31,3
2012	%17,7	%17,7	%23,3	%19,6
Tüm Yıllar Ortalaması	%26,1	%23,0	%28,7	

Shi ve diğerleri (2010) ile Wang ve diğerleri (2013), enerji dışı girdileri sabit tutarak, etkinliği enerji girdisi ve enerji girdisinin doğal bir çıktısı olan emisyonlar üzerinden ölçmenin, enerji tasarrufu potansiyellerini maksimize edeceğini öne sürmektedir. Yazarların bu yaklaşımı, çalışmanın RM3 modelinde tercih edilmiştir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 ve Çizelge 4.13’ten görülebileceği üzere, diğer modeller ile karşılaştırıldığında RM3 modelinin büyük ölçüde bunu sağladığı görülmektedir. Şekil 4.3’de imalat sanayinin toplam elektrik tasarrufu potansiyeli 2003, 2010 ve 2011 yılları hariç, RM3 modelinde en yüksek bulunmuştur. Bu üç istisna yılda ise, RM1 modeline oldukça yakın sonuçlar elde

edilmiştir. Analiz dönemindeki toplam tasarruf potansiyeli ise %28,7 ile en yüksek RM3 modelinde görülmüştür.

Hem literatürde önerilmesi, hem de ampirik sonuçlarda bu durumun ortaya çıkmasından dolayı, enerji tasarrufu potansiyelini maksimize eden RM3 modeli, bölgelerin imalat sanayinin enerji tasarrufu potansiyelinin belirlenmesi amacıyla tercih edilebilir bulunmuştur.

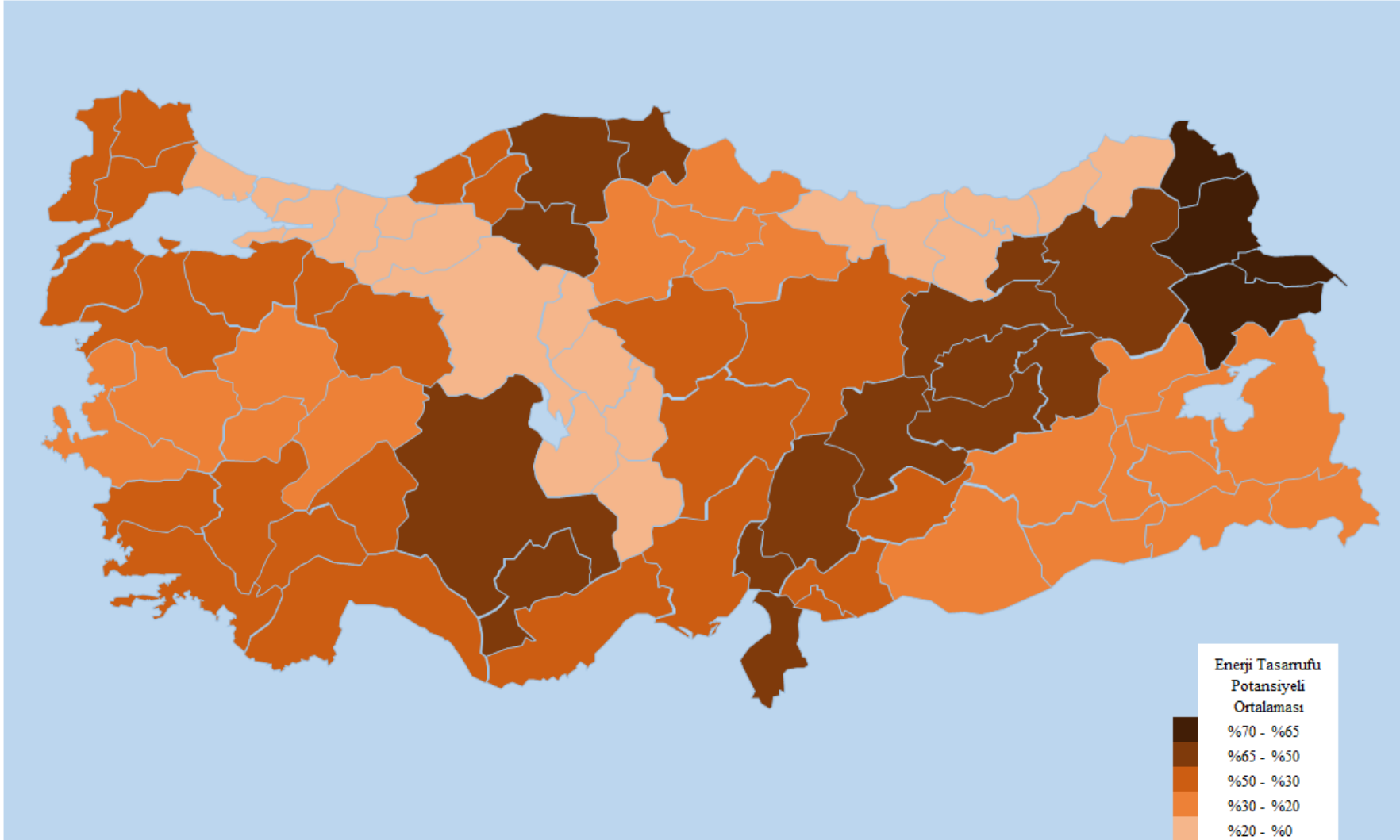
RM3 modelini tercih edilmesi doğrultusunda, aşağıda verilen ($1-TFEE3$) değerlerinin, bölgelerin ilgili yıldaki elektrik tüketim miktarları ile çarpılması sonucu RM3 modeli için bölgelerin elektrik tasarrufu potansiyeli miktarları hesaplanmıştır. Çizelgenin son satırlarında ise, bölgelerin yıl bazında tasarruf potansiyeli toplamaları, imalat sanayinin yıllık elektrik tüketimi miktarları ve bu iki değerlerin oranlanması ile bulunan yıllık elektrik tasarrufu potansiyeli hesaplanmıştır. Çizelge 4.14’de bölgelerin imalat sanayinin yıllar itibariyle RM3 modeline göre bölgelerin elektrik tasarrufu potansiyelleri verilmektedir.

Çizelge 4.14. RM3 modeline göre imalat sanayinin bölgesel ve ulusal düzeyde elektrik tasarrufu potansiyeli (GWh)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Toplam
TR10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR21	1530	2185	1894	2474	3151	2619	982	2327	2650	2017	21830
TR22	594	1204	1124	1499	951	0	0	2412	2576	2455	12814
TR31	1399	2217	2204	3395	2831	2131	1199	1719	2201	1281	20577
TR32	950	1102	969	862	982	824	667	939	883	841	9020
TR33	399	436	405	688	443	613	125	885	1098	362	5454
TR41	2690	3393	2646	2885	1569	1697	1537	1488	2123	1445	21473
TR42	0	0	0	384	0	0	0	0	0	0	384
TR51	0	58	0	0	184	0	0	0	0	0	242
TR52	898	1247	1232	1542	1332	1108	646	1026	1121	615	10766
TR61	599	503	479	268	41	965	943	814	1197	906	6715
TR62	1073	1614	1622	1590	1035	1145	641	690	1242	1118	11770
TR63	1683	1679	1740	2160	1458	3286	4173	3728	4599	5080	29588
TR71	0	0	202	565	0	0	481	0	0	280	1528
TR72	520	657	839	932	931	800	728	1007	1122	790	8326
TR81	1173	1090	865	1174	0	1186	0	1305	1387	0	8179
TR82	89	137	137	164	170	195	191	250	326	343	2003
TR83	428	327	56	528	239	0	357	375	944	378	3633
TR90	137	0	41	139	175	278	0	0	0	0	770
TRA1	65	47	49	52	83	112	147	173	203	148	1081
TRA2	47	53	59	54	51	47	60	46	53	52	521
TRB1	335	343	373	461	416	402	400	588	710	726	4753
TRB2	0	0	0	0	0	0	103	124	158	136	522
TRC1	1183	1041	1232	1316	1381	1318	1299	1365	1354	1376	12864
TRC2	143	206	176	228	0	225	0	0	241	0	1220
TRC3	0	0	0	0	216	251	264	206	158	0	1095
Pot. Toplamı (GWh)	15934	19540	18345	23358	17639	19201	14945	21467	26346	20349	197125
Yıllık Elektrik Tüketimi (GWh)	52983	56835	59198	64064	70280	71423	67181	75357	83187	87400	687908
Yıllık Tasarruf Potansiyeli	%30,1	%34,4	%31,0	%36,5	%25,1	%26,9	%22,2	%28,5	%31,7	%23,3	%28,7

2003–2012 döneminde imalat sanayinin yıllık elektrik tüketimi yaklaşık 53 TWh'den 87 TWh'e yükselmiştir. Bu dönemde tüketilen toplam elektrik miktarı olan 687 709 GWh'in 197 125 GWh'i etkin olmayan biçimde tüketilmiş ve yaklaşık %28,7 oranında bir tasarruf potansiyeli ortaya çıkmıştır. RM3 modeli sonuçlarına göre, bölgelerin analiz dönemindeki ortalama elektrik tasarrufu oranlarına göre hazırlanan harita aşağıda sunulmaktadır.





Harita 4.1. RM3 sonuçlarına göre bölgelerin enerji tasarrufu potansiyeli ortalaması (2003-2012)

4.3.5. Bölgesel gelişmişlik ile etkinlik ve enerji etkinliği ilişkisi

Gerek ülkeler arası, gerekse bölgeler arası karşılaştırmalarda, ekonomi geneli değerlendirmeler için *kişi başına gayri safi katma değer* verisi sıklıkla kullanılan bir göstergedir. Türkiye İstatistik Kurumu (2013c) tanımlamaları şu şekildedir:

- Bölgesel Gayrisafi Katma Değer (GSKD): Bir bölgede yerleşik ekonomik birimlerin belli bir dönemde bu bölgedeki ekonomik faaliyetleri sonucunda ürettikleri mal ve hizmetlerin (çıktı) değerinden, bu üretimde bulunabilmek için kullandıkları mal ve hizmetler (ara tüketim) değerinin çıkarılması sonucu elde edilen değerdir.
- Kişi Başı Bölgesel Gayrisafi Katma Değer: Cari fiyatlarla bölgesel gayri safi katma değer yıl ortası bölge nüfus tahminine bölünmesi ile TL cinsinden kişi başı bölgesel gayri safi katma değer elde edilir. Hesaplanan bu değer ithalat ağırlıklı ortalama dolar kuruna bölünmesi ile dolar değeriyle kişi başı bölgesel gayri safi katma değere ulaşılmaktadır.

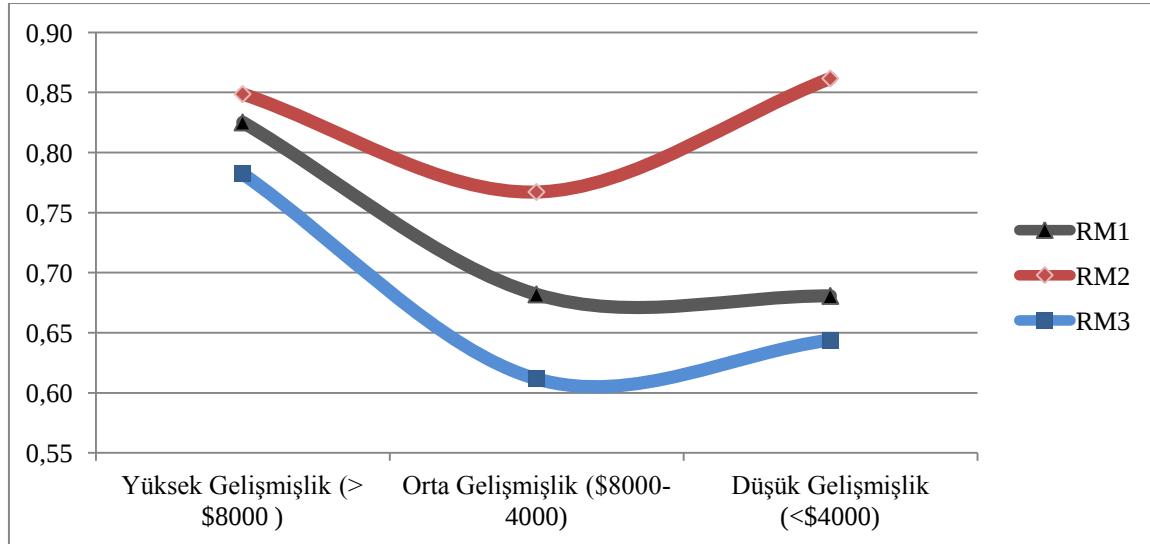
Bölgelerin gelişmişlik düzeylerine göre bir karşılaştırmalar yapmak, gelişmişlik düzeyi ile bölgenin etkinlik performansları arasında bazı örüntüleri ve ilişkileri ortaya çıkarabilecektir. 2004-2011 yılları arasında mevcut olan bölgesel düzeydeki kişi başına gayri safi katma değer (ABD doları cinsinden) verileri (TÜİK, 2013b) bölgesel bir gelişmişlik göstergesi olarak ele alınmıştır. Kişi başına bölgesel gayri safi katma değer (KbGSKD) verileri 2003 ve 2012 yıllarında mevcut olmadığı için, bölgelerin 2004-2011 yılları arasında mevcut olan KbGSKD değerlerinin ortalaması ile aynı dönemdeki etkinlik ve TFEE endeksi ortalaması alınarak değerlendirilmiştir. Bu aşamada 2004-2011 döneminde ortalama kişi başına gayri safi katma değeri 4000 dolar ve altında olan bölgeler düşük gelişmişlik seviyesi, 4000-8000 dolar arası orta gelişmişlik seviyesi ve 8000 dolar ve üzeri yüksek gelişmişlik seviyesi olarak gruplandırılmıştır (bkz. Çizelge 4.15).

Bir bölgeyi ekonomik anlamda temsil eden bir gelişmişlik göstergesi ile o bölgenin imalat sanayinin etkinlik skorları arasında bir ilişkiyi ya da örüntüyü görmek amacıyla; KbGSKD'in üç grupta ele alınması ile ilgili gruplara düşen bölgelerin etkinlik ve TFEE endeksleri karşılaştırılmıştır. Literatürde, benzer karşılaştırma ilk olarak Hu ve Wang (2006) tarafından yapılmıştır.

Çizelge 4.15. İBBS-Düzey 2 bölgelerinin 2004-2011 dönemi kişi başına gayri safi katma değerleri (\$)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Ortalama
Türkiye	5103	6187	6686	8267	9384	7769	8926	9244	7696
TR10-İstanbul	7943	9511	10314	12925	14591	11848	13416	13865	11802
TR42-Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	7183	8725	9612	11563	13265	10641	12128	13138	10782
TR41-Bursa, Eskişehir, Bilecik	6930	8564	9409	11719	12983	10319	11528	12126	10447
TR51-Ankara	6978	8284	9082	11134	12598	10699	11990	12259	10378
TR21-Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	6300	7878	8625	10567	12243	9699	11511	12029	9857
TR31-İzmir	6598	7859	8425	10298	11568	9372	10783	11443	9543
TR61-Antalya, Isparta, Burdur	6048	7337	7785	9503	10334	8672	10094	10122	8737
TR32-Aydın, Denizli, Muğla	5320	6283	6858	8076	9076	7496	8524	8668	7538
TR81-Zonguldak, Karabük, Bartın	5209	6577	7108	8097	8734	7153	7952	8536	7421
TR22-Balıkesir, Çanakkale	4515	5526	5724	7404	9000	7596	8651	8954	7171
TR33-Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	4042	5079	5617	6986	8256	6988	8012	8283	6658
TR62-Adana, Mersin	4065	4965	5327	6593	7363	6125	7147	7232	6102
TR52-Konya, Karaman	3887	4706	4968	6251	7213	6125	6771	7118	5880
TR90-Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	3545	4577	4882	6063	7059	5816	6765	6652	5670
TR82-Kastamonu, Çankırı, Sinop	4178	4679	4825	5968	6676	5670	6612	6594	5650
TR71-Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	3674	4458	4676	5941	6789	5737	6673	7087	5629
TR72-Kayseri, Sivas, Yozgat	3635	4353	4659	6002	6813	5750	6639	6675	5566
TR83-Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	3549	4343	4736	5781	6914	5598	6444	6762	5516
TR63-Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	3155	3814	3907	4999	5937	4902	5724	5904	4793
TRB1-Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	3017	3752	3857	4845	5517	4910	5638	5820	4670
TRA1-Erzurum, Erzincan, Bayburt	2975	3428	3768	4722	5520	4990	5815	5901	4640
TRC1-Gaziantep, Adıyaman, Kilis	2678	3342	3530	4157	4597	3925	4909	4952	4011
TRC3-Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	1853	2484	2865	3405	3812	3549	4531	4689	3399
TRC2-Şanlıurfa, Diyarbakır	2377	2772	2896	3417	3724	3380	4165	4282	3377
TRA2-Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	2048	2507	2661	3174	3601	3254	4055	4001	3163
TRB2-Van, Muş, Bitlis, Hakkari	1877	2319	2341	2934	3419	3137	3712	3515	2907

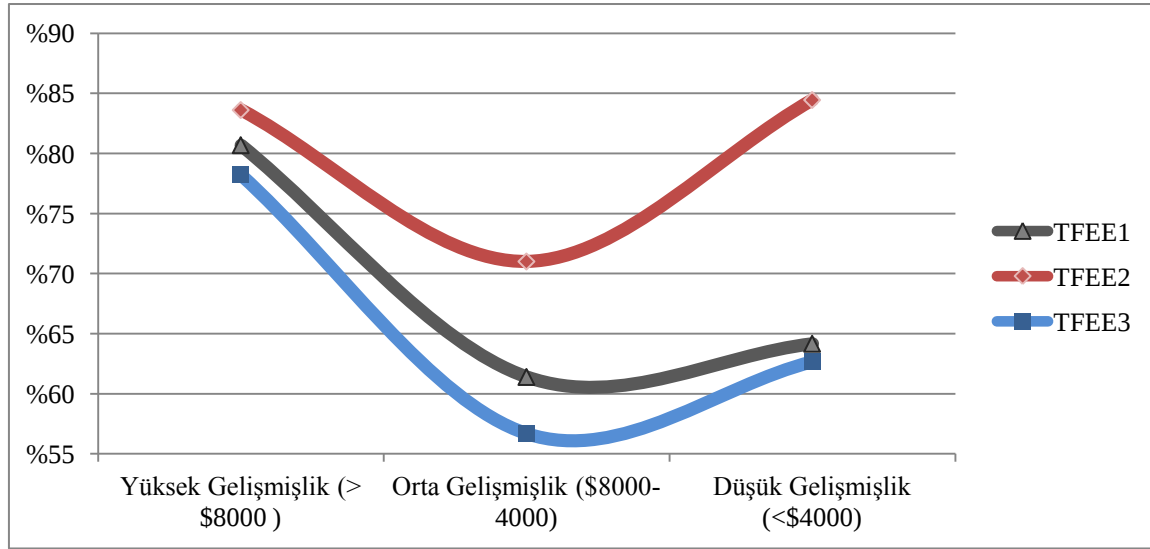
Aşağıda yer alan Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te gelişmişlik grubu ile radyal modellerden elde edilen etkinlik ve TFEE endeksi ortalamalarının karşılaştırması verilmektedir.



Şekil 4.4. Bölgesel gelişmişlik gruplarına göre modellerin etkinlik skoru ortalamaları

Radyal modellerden elde edilen etkinlik skorları ile bölgesel gelişmişlik düzeyleri karşılaştırıldığında özellikle RM3 modelinde belirginleşen U tipi bir ilişki göze

çarpmaktadır. RM2 modeli, model sonuçlarından da hatırlanacağı üzere, etkinlik değerlerini yüksek düzeyde hesaplamıştır. RM3 etkinlik sonuçları değerlendirildiğinde, beklendiği üzere yüksek gelişmişlik grubunda yer alan bölgelerin etkinlik ortalamalarının da yüksek olduğu görülmüştür. Ancak orta gelişmişlik grubundaki bölgeler, en düşük ortalama etkinlik değerine sahip olmuşlardır.



Şekil 4.5. Bölgesel gelişmişlik gruplarına göre modellerin TFEE endeksi ortalamaları

Benzer şekilde radyal modellerden elde edilen TFEE endeksi değerleri ile bölgesel gelişmişlik düzeyleri karşılaştırıldığında, Şekil 4.4'ten daha belirgin olmak üzere U tipi bir ilişki ortaya çıkmıştır. Elektrik tüketiminde etkinliğin bir ölçüsü olan bu endeks, gene beklendiği üzere yüksek gelişmiş bölgelerde en yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Orta gelişmişlik düzeyinde olan bölgelerde en düşük, az gelişmiş bölgelerde ise orta seviyede TFEE endeksi görülmektedir.

Her iki şekilden de anlaşılacağı üzere, gelişmişlik ile etkinlik arasındaki U tipi ilişki tüm model sonuçları için görülmektedir. Bir bölgede gelişmişliğin artışı ile birlikte imalat sanayinde gerek etkinliğin gerekse enerji kullanımı etkinliğinin artması beklentisi olmakla birlikte, orta gelişmişlik düzeyinde bu beklentinin tersi bir durum gözlenmektedir. Bu bulgular, orta gelişmiş bölgelerde (ya da gelişmekte olan bölgelerde) yapısal bir probleme işaret etmektedir. Gözlenen bu durumla beraber, ileride verilecek olan ATM3 modelinden elde edilen benzer bulgular, §4.6.3'de değerlendirilmektedir.

4.4. Aylak Temelli Modeller Yoluyla Etkinlik Ölçümü

Daha önceki kısımlarda verilen VZA modelleri kullanılarak yapılan girdi odaklı etkinlik ölçümlerinde hesaplanan θ etkinlik skoru, girdileri aynı anda oransal olarak büzdüğü için radyal bir ölçüm vermektedir. Bunun yanında modelin eşitsizliklerinden kaynaklanan aylak değişkenler de etkinlik hesabına katıldığında, etkin olmayan bir karar verme biriminin (KVB) etkin olabilmesi için girdilerindeki oransal olarak eşit radyal düzeltmelerle birlikte aylak değişkenlerin toplamı ölçüsünde bir düzeltme yapması gerekmektedir. Radyal VZA modellerinin bu yönü, istenmeyen çıktıların olduğu modellerde bazı uygulama zorluklarına neden olabilmektedir.

Liu ve diğerleri (2010) radyal temelli ölçümde, aynı anda istenen çıktının maksimizasyonu ve istenmeyen çıktının minimizasyonunun mümkün olamayacağını ifade etmektedirler. RM2 ve RM3 modelleri girdi odaklı olacak şekilde kurulmuş, istenmeyen çıktı da eşitlik olarak modele eklenmiştir. Bu durum, mevcut çıktı seviyesini korumak üzere, girdilerde azaltımı sağlamak ve girdi kısıtlarındaki θ değişkeni de istenmeyen çıktı için mümkün ve daha düşük bir istenmeyen çıktı seviyesine olanak sağlamaktadır. Bu kurgu ile girdi yönelimli olarak çözülen radyal model, karar vericiye mevcut çıktı seviyesine sağlaması için daha az girdi ile üretim yapabileceğini ve bu sayede daha düşük miktarlarda istenmeyen çıktı üretebileceği bilgisini sunmaktadır.

Aylak temelli modeller ise radyal ölçüye ihtiyaç duymadan, sadece aylak değişkenler yoluyla etkinlik ölçümü yapmaktadır. Bu açıdan aylak temelli modeller, yönsüz olarak kurulabilir ve bu sayede etkin olmayan KVB'ler için hem girdilerde azaltıma hem de çıktılarda artırıma olanak sağlar. Zhou ve diğerleri (2008a)'nin yaptıkları literatür çalışmasında, aylak temelli etkinlik ölçüm modellerinin, radyal modellerle kıyaslandığında tüm ekonomik etkinsizlikleri tespit edebildiğinden daha yüksek bir ayırım gücüne sahip olduğu ifade edilmekte ve bunun yanında; enerji etkinliğinin ve çevresel performansın modellenmesi anlamında aylak temelli modellerin, radyal modellere göre daha kullanışlı bir endeks ortaya koyduğu belirtilmektedir. İstenmeyen çıktıların olduğu durumda ise doğrusal uzaklık fonksiyonları ve hiperbolik etkinlik ölçülerinin yanında bütünleşik bir ekonomi-enerji-çevre endeksi oluşturulmak istenirse, aylak temelli ölçümün, yüksek ayırım gücünden dolayı çok daha uygun olacağı vurgulanmaktadır.

4.4.1. Aylak temelli temel model (ATM1)

Aylak temelli etkinlik ölçümünde bir karar verme birimi *jo* şöyle tanımlanır:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= y_{rjo}, \quad r = 1, \dots, q \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= x_{ijo}, \quad i = 1, \dots, m \\ \lambda_j &\geq 0, \quad s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (4.9)$$

Burada s_i^- , s_r^+ sırasıyla i girdisindeki *fazlalık* ve r çıktısındaki *azlık* olmak üzere aylak değişkenler olarak adlandırılır. Aylak temelli etkinlik ölçümünde radyal düzeltmeler hesaba katılmayıp, tüm düzeltmelerin aylak değişkenler üzerinden yapılması düşüncesiyle, aylak temelli etkinlik ölçüm modeli şu şekilde yazılabilir (Tone, 2001):

$x_{ij} \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından kullanılan i 'nci girdi miktarı $i = 1, \dots, m$,

$y_{rj} \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından üretilen r 'nci çıktı miktarı $r = 1, \dots, q$, olarak ifade edilirse model şöyle yazılır:

$$\begin{aligned} \rho_{ATM1} &= \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{ijo}}{1 + \frac{1}{q} \sum_{r=1}^q s_r^+ / y_{rjo}} \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ &= y_{rjo}, \quad r = 1, \dots, q \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- &= x_{ijo}, \quad i = 1, \dots, m \\ \lambda_j &\geq 0, \quad s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (4.10)$$

Böylece model (4.6), amaç fonksiyonunda analizi yapılan “*jo*” karar verme biriminin girdilerindeki fazlalıklarının ilgili girdi miktarına oranlarının ortalamasını almakta ve bunu 1 değerinden çıkarmakta; benzer şekilde çıktılarındaki azlığın ilgili çıktı miktarına oranının ortalamasını alarak 1 değeriyle toplamakta ve elde edilen bu iki değerin ortalamasını minimize etmektedir. Dikkat edilmesi gereken husus, radyal ölçülerde girdi ya da çıktı yönelimi olmasına karşın, aylak temelli ölçüm yönsüzdür. Yani bir karar verme biriminin etkin olabilmesi için hem girdilerinde azaltım, hem de çıktılarında artırım yapması

gerekebilir. Etkinlik ölçümü yapılan karar verme biriminin etkin olması ancak ρ değerinin 1'e eşit olması yani tüm aylak değişkenlerin sıfır olması durumunda mümkün olur.

Bu model sonucunda etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin olabilmesi için ulaşması gereken hedef girdi ve çıktı miktarları referans kümeden faydalanılarak hesaplanabileceği gibi girdilerdeki fazlalığı gösteren aylak değişkenlerin ilgili girdilerden çıkarılması ve çıktılarda azlığı gösteren aylak değişkenlerin çıktılara eklenmesi ile de bulunabilir.

$$\begin{aligned}\hat{x}_{ijo} &= x_{ijo} - s_i^{-*} \\ \hat{y}_{rjo} &= y_{rjo} + s_r^{+*}\end{aligned}\tag{4.11}$$

Aylak temelli etkinlik modeli yukarıda verildiği haliyle doğrusal olmayan bir yapıdadır. Modeli doğrusal programlama modeline dönüştürmek için bir t değeri ile tüm kısıtlar ve amaç fonksiyonu çarpılırsa aşağıdaki formda bir doğrusal programlama modeli elde edilmiş olur (Tone, 2001).

$$S_i^- = ts_i^-, S_r^+ = ts_r^+ \text{ ve } A_j = t\lambda_j \text{ olmak üzere}$$

$$\begin{aligned}\min \tau_{ATM1} &= t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^- / x_{ijo} \\ \text{s.t. } 1 &= t + \frac{1}{q} \sum_{r=1}^q S_r^+ / y_{rjo} \\ \sum_{j=1}^n A_j y_{rj} - S_r^+ &= t y_{rjo}, \quad r = 1, \dots, q \\ \sum_{j=1}^n A_j x_{ij} + S_i^- &= t x_{ijo}, \quad i = 1, \dots, m \\ A_j &\geq 0, \quad S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad j = 1, \dots, n\end{aligned}\tag{4.12}$$

Bu modelin optimal çözümü $(\tau^*, t^*, A_j^*, S_i^{-*}, S_r^{+*})$ olur. Doğrusal olmayan modelle ilişkili olarak yazarsak $\rho_{ATM1}^* = \tau_{ATM1}^*$, $\lambda_j^* = A_j^* / t^*$, $s_i^{-*} = S_i^{-*} / t^*$, $s_r^{+*} = S_r^{+*} / t^*$ 'dır.

4.4.2. İstenmeyen çıktının varlığında aylak temelli model (ATM2.1 ve ATM2.2)

Etkinlik ölçümünde, girdi ve çıktı faktörlerinin arasında istenmeyen çıktının olması durumunda, istenmeyen çıktı aylak temelli model ilave edilebilmektedir. Literatürde pek

çok çalışmada böyle bir yaklaşımı esas alarak etkinlik ölçümü yapılmıştır (Li ve Hu, 2012; Zhang ve Choi, 2013; Cooper, Seiford ve Tone, 2007; Rao, Wu, Zhang, ve Liu, 2012; Liu, Meng, Li, ve Zhang, 2010). Örneğin Bi, Song, Zhou ve Liang (2014), hem radyal hem de aylak temelli modellerde istenmeyen çıktıyı zayıf atılabilirlik varsayımı ile ilgili kısıtta aylak değişken olmadan eşitlik olarak ele almışlardır.

Literatür incelendiğinde, istenmeyen çıktıların zayıf atılabilirliği hususunda iki farklı yaklaşım görülmektedir. Bu farklılık, istenmeyen çıktının çevresel teknoloji ile modellenmesi ile eşitlik olarak modele konulmasının ardından, bu kısıta aylak değişkenin eklenip eklenmemesi hususundadır.

Aylak değişken olmadan modellendiğinde, amaç fonksiyonunun payında girdilere ait aylak değişkenler, paydasında ise istenen çıktıların aylak değişkenleri yer almaktadır. İstenmeyen çıktının aylak değişkeni olduğunda ise, bu aylak değişken istenmeyen çıktıdaki fazlalık olarak değerlendirilmekte ve paydaya istenen çıktıların aylak değişkenleri ile birlikte, istenmeyen çıktıların da aylak değişkeni eklenmektedir.

Çizelge 4.16, literatürdeki bazı seçilmiş çalışmaların, bu aylak değişkeni nasıl ele aldıkları yönünde bilgi sunmaktadır.

Bu çalışmalar incelendiğinde, aylak temelli modelde istenmeyen çıktıları ele alan çalışmaların bir kısmı istenmeyen çıktı için de aylak değişken kullanırken, diğer kısmı bu kısıt için aylak değişkene yer vermemektedir. Karbon yoğunluğu, emisyon ya da kirleticiler performansı, emisyon azaltım hedefi vb. istenmeyen çıktı özelinde endeks belirlemeye yönelik çalışmalar, aylak değişken içerirken; böyle bir özel amaç içermeyen ancak üretim sistemini çevresel teknoloji ile modellemeyi ve bütünlük bir enerji ve çevre performansı belirlemeyi amaçlayan çalışmalar ise istenmeyen çıktı kısıtına aylak değişken koymamaktadır.

Çizelge 4.16. İstenmeyen çıktıda aylak değişken kullanımına dair literatür

Çalışma	İstenmeyen Çıktı Kısıtında Aylak Değişken	
	Var	Yok
Slacks-based efficiency measures for modeling environmental performance (Zhou, Ang, & Poh, 2006)		x
Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software (Cooper, Seiford, & Tone, 2007)	x	
Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency (Zhou & Ang, 2008)		x
DEA models with undesirable inputs and outputs (Liu, Meng, Li, & Zhang, 2010)	x	
Energy efficiency and energy saving potential in China: an analysis based on slacks-based measure model (Rao, Wu, Zhang, & Liu, 2012)	x	
Efficiency and abatement costs of energy-related CO ₂ emissions in China: A slacks-based efficiency measure (Choi, Zhang, & Zhou, 2012)	x	
Ecological total-factor energy efficiency of regions in China (Li & Hu, 2012)	x	
Environmental energy efficiency of China's regional economies: A non-oriented slacks-based measure analysis (Zhang & Choi, 2013)	x	
Does environmental regulation affect energy efficiency in China's thermal power generation? Empirical evidence from a slacks-based DEA model (Bi, Song, Zhou, & Liang, 2014)		x
Metafrontier Environmental Efficiency for China's Regions: A Slack-Based Efficiency Measure (Mei, Gan, & Zhang, 2015)	x	
Water use efficiency and related pollutants' abatement costs of regional industrial systems in China: A slacks-based measure approach (Wang, Bian, & Xu, 2015)	x	
Efficiency evaluation of Chinese regional industrial systems with undesirable factors using a two-stage slacks-based measure approach (Bian, Liang, & Xu, 2015)		x
Measuring ecological total-factor energy efficiency incorporating regional heterogeneities in China (Zhang, Kong, & Yu, 2015)	x	

Aylak temelli model 2.1 (ATM2.1)

ATM2.1 modeli olarak adlandırdığımız aşağıda yer alan model (4.10), ATM1'e benzer şekilde aylak değişkenleri belirli bir aritmetikle amaç fonksiyonuna koyarak yönsüz biçimde etkinlik hesaplamaktadır. İstenmeyen çıktılara ait kısıtta bulunan ve istenen çıktılarda aylak değişkeninin anlamının tersine, *fazlalık* olarak değerlendirilen istenmeyen çıktı aylak değişkeni s_k^{b-} amaç fonksiyonunun paydasında yer almaktadır (Li ve Hu, 2012; Zhang ve diğerleri, 2015).

Cooper ve diğerleri (2007:368), aylak temelli VZA modelini ilk kez ortaya koyan Tone (2001)'nin modelini istenmeyen çıktıları da içerecek şekilde genişleterek üretim imkânları kümesini ölçeğe göre sabit getiriye göre şöyle tanımlamıştır:

$$P(x) = \{(y^g, y^b) : x \geq X\lambda, y^g \leq Y^g\lambda, y^b \geq Y^b\lambda, \lambda \geq 0, X > 0, Y^g > 0, Y^b > 0\} \quad (4.13)$$

Buradaki λ , her bir KVB'nin ağırlığını temsil eden yoğunluk vektörüdür.

$j = 1, \dots, n$ olmak üzere

$x_{ij} \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından kullanılan i 'nci girdi miktarı $i = 1, \dots, m$

$y_{rj}^g \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından üretilen r 'nci istenen çıktı miktarı $r = 1, \dots, q$

$y_{kj}^b \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından üretilen k 'nci istenmeyen çıktı miktarı $k = 1, \dots, l$ olarak ifade

edilirse model şöyle yazılır:

$$\begin{aligned} \rho_{ATM2.1} = \min & \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{ijo}}{1 + \frac{1}{(q+l)} \left(\sum_{r=1}^q s_r^{g+} / y_{rjo}^g + \sum_{k=1}^l s_k^{b-} / y_{kjo}^b \right)} \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^g - s_r^{g+} = y_{rjo}^g, \quad r = 1, \dots, q \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj}^b + s_k^{b-} = y_{kjo}^b \quad k = 1, \dots, l \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ijo}, \quad i = 1, \dots, m \\ & \lambda_j \geq 0, \quad s_i^-, s_r^{g+}, s_k^{b-} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (4.14)$$

Bu model de doğrusal olmadığı için, ATM1'de yapılan dönüşüm ile doğrusal programlama modeline çevrilebilir. Dönüşüm yapıldığında ATM2.1 modeli şöyle olacaktır:

$$S_i^- = ts_i^-, S_r^{g+} = ts_r^{g+}, S_k^{b-} = ts_k^{b-} \text{ ve } \lambda_j = t\lambda_j \text{ olmak üzere}$$

$$\begin{aligned}
\min \tau_{ATM\ 2.1} &= t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i^- / x_{ijo} \\
s.t. \ 1 &= t + \frac{1}{(q+l)} \left(\sum_{r=1}^q S_r^{g+} / y_{rjo}^g + \sum_{k=1}^l S_k^{b-} / y_{kjo}^b \right) \\
\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^g - S_r^{g+} &= t y_{rjo}^g, \quad r=1, \dots, q \\
\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj}^b + S_k^{b-} &= t y_{kjo}^b, \quad k=1, \dots, l \\
\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + S_i^- &= t x_{ijo}, \quad i=1, \dots, m \\
\lambda_j &\geq 0, \quad S_i^-, S_r^{g+}, S_k^{b-} \geq 0 \quad j=1, \dots, n
\end{aligned}
\tag{4.15}$$

Bu modelin optimal çözümü $(\tau^*, t^*, \lambda_j^*, S_i^{-*}, S_r^{g+*}, S_k^{b-*})$ 'dir.

Doğrusal olmayan modelin parametreleri ile ilişkili olarak yazarsak

$\rho_{ATM\ 2.1}^* = \tau_{ATM\ 2.1}^*$, $\lambda_j^* = \lambda_j^* / t^*$, $s_i^{-*} = S_i^{-*} / t^*$, $s_r^{g+*} = S_r^{g+*} / t^*$, $s_k^{b-*} = S_k^{b-*} / t^*$ eşitliklerine ulaşılır.

Aylak temelli model 2.2 (ATM2.2)

Literatür incelendiğinde, Zhou ve diğerlerinin (2006) çalışmasında istenmeyen çıktı, aylak değişkeni olmadan eşitlik olarak modele eklenmiştir. Yazarlar, istenmeyen çıktıyı içermeyen bir model kurmuşlar (tez çalışmamızda ATM1 olarak adlandırılan model) ardından bu modeli istenmeyen çıktı ilavesiyle genişletmişler ve istenmeyen çıktıyı, aylak değişkeni olmadan doğrudan eşitlik olarak modele eklemişlerdir. Böylece, Färe ve diğerleri (1989)'nin ortaya koyduğu ve Färe ve Grosskopf (2004) tarafından (bkz. §3.2.5) *çevresel VZA teknolojisi* olarak isimlendirilen teknoloji ile zayıf atılabilirlik ve müşterek üretim varsayımlarını içeren aylak temelli model ortaya çıkmıştır. Bu model ATM2.2 olarak aşağıda verilmektedir:

$$\begin{aligned}
\rho_{ATM2.2} &= \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{ijo}}{1 + \frac{1}{q} \sum_{r=1}^q s_r^{g+} / y_{rjo}^g} \\
s.t. \quad &\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^g - s_r^{g+} = y_{rjo}^g, \quad r = 1, \dots, q \\
&\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj}^b = y_{kjo}^b \quad k = 1, \dots, l \\
&\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ijo}, \quad i = 1, \dots, m \\
&\lambda_j \geq 0, \quad s_i^-, s_r^{g+} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n
\end{aligned} \tag{4.16}$$

ATM2.2 modeli de, ATM2.1 modelinde olduğu gibi yapılacak dönüşüm ile doğrusal programlama modeline çevrilebilir. Ancak burada yapılacak dönüşümde, s_k^{b-} değişkeni yer almayacaktır.

Literatürde yer alan istenmeyen çıktıların aylak temelli modeller üzerinde ele alınması konusu genel anlamda değerlendirildiğinde, Cooper ve diğerleri (2007)'nin öne çıkardığı modeller ile istenmeyen çıktılar için zayıf atılabilirlik özelliği ile ele alınan ve Zhou ve diğerleri (2006)'nin öncülük ettiği modeller (sayfa 97'de bahsedildiği üzere) etkinlik ölçümünün amacı yönünde ayrıışmaktadır.

Birinci grup, genelde emisyon ve enerji odaklı performans ölçümünde sıklıkla tercih edilmektedir. Örneğin, Choi ve diğerleri (2012) yaptıkları çalışmada Çin'in 30 ilinin etkinlik ve CO₂ emisyonu azaltımı maliyetlerini hesaplamışlardır. Yazarlar, Zhou ve diğerleri (2006)'nin çalışmasının zayıf atılabilirlik özelliğinden dolayı aylak değişken bulundurmamasına atıf yaparak, CO₂ çıktılarında azaltım hedefi hesaplanamayacağını belirtmektedir. Bu hesaplamayı yapabilmek adına istenmeyen çıktıların zayıf atılabilirliği varsayımı yerine CO₂ çıktısı için aylak değişken ilave edip, bunu da amaç fonksiyonun paydasına dahil etmişlerdir. Böylece Zhou ve diğerleri (2006)'nin bahsedilen modelini genişletmişler ve ATM2.1 adını verdiğimiz modeli kurmuşlardır.

İkinci grup modeller ise bütünleşik bir etkinlik skoru elde etmede ve çevresel düzenlemelerin etkisini ortaya koymada oldukça kullanışlıdır. Tez çalışmasında her iki yaklaşım da ele alınmış ve model sonuçlarının farklı yönleri değerlendirilmiştir.

4.4.3. Sermaye stoku ve istihdama ait aylak değişkenlerin sınırlandırmaları ile istenmeyen çıktıyı içeren aylak temelli model (ATM3)

Gerek radyal etkinlik ölçümlerinde, gerekse aylak temelli etkinlik ölçümlerinde etkin olmayan karar birimlerinin etkin olması için yapması gereken girdi ya da çıktı düzeltmeleri; farklı pek çok üretim sistemi için uygulanabilir olsa da bu çalışmada üzerinde çalışılan üretim sistemi özelinde (imalat sanayi üretimi) gerçekçi olmayan sonuçlar verebilmektedir. Problemimizi oluşturan üretim süreci, bir bölgenin imalat sanayinin *sermaye stoku*, *istihdam* ve *elektrik tüketimi* girdileriyle *üretim değeri* ve *CO₂ emisyonu* üretmesi temelinde modellenmektedir.

Radyal modeller ile yapılan etkinlik ölçümünün sakıncalarından §4.4 kısmının başında bahsedilmiş ve aylak temelli ölçümün, etkinsizliği daha iyi belirlemesi bakımından bazı üstünlüklere sahip olduğu belirtilmişti. Tez çalışmasının önceki bölümlerinde verilen radyal etkinlik ölçümü sonuçlardan örnek vermek gerekirse; 2010 yılının CCR modeli ile çözümü sonucunda elde edilen RM1 etkinlik değeri, TR32-Aydın, Denizli, Muğla bölgesinin imalat sanayi için 0,602 bulunmuştur. Hesaplama sonuçlarına göre, bu bölgenin mevcut üretim seviyesini koruyarak etkin olabilmesi için elektrik girdisini yaklaşık %40, istihdam girdisini %47, sermaye girdisini de %40 civarında azaltması gerekmektedir.

Elektrik kullanımı, bu bölge özelinde imalat sanayinde bazı teknolojik iyileştirmelerin teşviki, farkındalık ve bilinç oluşturma vb. politika araçları ile düşürülebilir ve %60 seviyelerinde bulunan TFEE1 endeksi bu sayede artırılabilir. Ancak, istihdam ve sermaye stoku için aynı politika araçlarını uygulamak mümkün değildir. Zira Türkiye'nin ekonomik büyüme ve istihdam yaratma yönündeki politikaları bir kenara konularak, bu bölgede istihdamın %47 azaltılması, oluşturacağı ekonomik sorunların yanında sosyal gerekçelerle de imkânsızdır. Buna karşın, imalat sanayinin ekonomi içindeki rolü de düşünüldüğünde, politika araçlarının mevcut istihdam seviyesinde çok makul seviyelerde azaltım yapması öngörülebilir. Benzer durum, biraz da fiziki yapısı nedeniyle sermaye stoku için de geçerlidir. İmalat sanayinin makine, teçhizat ve binalarından oluşan sermaye stokunun %40 dolaylarında azaltılması, uygulanabilir olmaktan uzaktır. Sermaye birikiminde yıpranma payının (1/26) oranında (OECD, 1998) olduğu bilindiğinden, imalat sanayinde bir yılda hiç yatırım yapılmaması durumunda sermaye stoku kendiliğinden yaklaşık %4

azalacaktır. Bu fiziksel gerçek göz önüne alındığında %40 oranında bir azaltım, sermaye stoku için imkânsız gözükmemektedir.

Bölgesel düzeyde toplam faktör bakış açısıyla modellediğimiz imalat sanayi için yukarıda belirttiğimiz gerekçeler düşünüldüğünde; aylak temelli etkinlik ölçümünün oldukça uygun bir etkinlik modeli olduğu görülmektedir. Radyal olmaması bir yana, doğrudan aylak değişkenler üzerinde kısıtlama yaparak ölçüm yapabilmesi (Tone, 2001) ve bu sayede bölgesel kalkınmaya ilişkin mevcut ya da planlanan hedef ve politikalara katkı sunacak uygun etkinlik sonuçlarına imkân sağlaması, aylak temelli modeli avantajlı hale getirmektedir. Literatüre bakıldığında, bölgesel etkinlik ölçümlerinde aylak değişkenlere bu yönde kısıtlamalar getiren bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu doğrultuda, çevresel VZA teknolojisi ile kurulan ATM2.2 modeline sermaye stoku aylak değişkeni üzerinde Ω , istihdamın aylak değişkeni üzerinde de Γ oranında bir kısıtlama getirilmiştir. Bu oranların seçimi politika aracı olarak da kullanılabilmesi açısından karar vericiye bırakılmıştır. Bu düşünceyle kurulan yeni model olan ATM3 modelinin tez çalışmasındaki uygulamasında Ω ve Γ oranları sırasıyla %4 ve %2 olarak seçilmiştir. Bu kısıtlamalar doğrultusunda, bir bölge etkinlik ölçümü sonucunda etkin bulunmaz ise, etkin olabilmesi için diğer üretim faktörleri için farklı iyileştirme oranları ortaya çıkacak, ancak sermaye stokunu en fazla %4, istihdamı ise en fazla %2 azaltılabilecektir.

Zhou ve diğerlerinin (2006) çalışmasında tercih ettiği modele (ATM2.2) benzer şekilde aylak değişkenlerin kısıtlamaları eklenerek ATM3 modeli elde edilmiştir. Bu durumda ATM3 modeli, ATM2.2 modelinde olduğu gibi istenmeyen çıktıya ilişkin kısıt $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj}^b = y_{kjo}^b$ şeklinde yazılmakta ve amaç fonksiyonunda ilgili istenmeyen çıktıya ait aylak değişkenin yer almamaktadır.

$j = 1, \dots, n$ olmak üzere;

$x_{vj}^{cap} \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından kullanılan v 'inci sermaye stoku miktarı $v = 1, \dots, c$

$x_{pj}^{emp} \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından kullanılan p 'inci istihdam miktarı $p = 1, \dots, d$

$x_{hj}^{en} \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından kullanılan h 'inci enerji miktarı $h = 1, \dots, e$

$y_{rj}^g \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından üretilen r 'inci istenen çıktı miktarı $r = 1, \dots, q$

$y_{kj}^b \in \mathbb{R}^+$: j 'nci KVB tarafından üretilen k 'nci istenmeyen çıktı miktarı $k = 1, \dots, l$, olarak ifade edilirse model şöyle yazılır:

$$\begin{aligned} \rho_{ATM3} = \min & \frac{1 - \frac{1}{(c+d+e)} \left(\sum_{v=1}^c s_v^{cap-} / x_{vjo}^{cap} + \sum_{p=1}^d s_p^{emp-} / x_{pjo}^{emp} + \sum_{h=1}^e s_h^{en-} / x_{hjo}^{en} \right)}{1 + \frac{1}{(q)} \left(\sum_{r=1}^q s_r^{g+} / y_{rjo}^g \right)} \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}^g - s_r^{g+} = y_{rjo}^g, \quad r = 1, \dots, q \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{kj}^b = y_{kjo}^b \quad k = 1, \dots, l \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{vj}^{cap} + s_v^{cap-} = x_{vjo}^{cap}, \quad v = 1, \dots, c \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{pj}^{emp} + s_p^{emp-} = x_{pjo}^{emp}, \quad p = 1, \dots, d \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{hj}^{en} + s_h^{en-} = x_{hjo}^{en}, \quad h = 1, \dots, e \\ & s_v^{cap-} \leq \Omega x_{vjo}^{cap} \quad v = 1, \dots, c \\ & s_p^{emp-} \leq \Gamma x_{pjo}^{emp} \quad p = 1, \dots, d \\ & \lambda_j \geq 0, \quad s_v^{cap-}, s_p^{emp-}, s_h^{en-}, s_r^{g+} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \tag{4.17}$$

ATM3 modelinde ilgili aylak değişken kısıtlamaları, Ω ve Γ ile gösterilmiştir. Birer skalar değer olan Ω ve Γ , 0 ile 1 arasında değer alacak şekilde seçilmelidir.

Doğrusal olmayan ATM3 modeline, önceki modellere benzer şekilde t değişkeni kullanılarak, $s_v^{cap-} = t s_v^{cap-}$, $s_p^{emp-} = t s_p^{emp-}$, $s_h^{en-} = t s_h^{en-}$, $s_r^{g+} = t s_r^{g+}$ ve $\lambda_j = t \lambda_j$ olmak üzere dönüşüm yapıldığında aşağıdaki doğrusal programlama modeli elde edilir:

$$\begin{aligned}
\min \tau_{ATM3} &= t - \frac{1}{(c+d+e)} \left(\sum_{v=1}^c S_v^{cap-} / x_{vjo}^{cap} + \sum_{p=1}^d S_p^{emp-} / x_{pjo}^{emp} + \sum_{h=1}^e S_h^{en-} / x_{hjo}^{en} \right) \\
s.t. \quad 1 &= t + \frac{1}{(q)} \left(\sum_{r=1}^q S_r^{g+} / y_{rjo}^g \right) \\
\sum_{j=1}^n \Lambda_j y_{rj}^g - S_r^{g+} &= t y_{rjo}^g, \quad r=1, \dots, q \\
\sum_{j=1}^n \Lambda_j y_{kj}^b &= t y_{kjo}^b, \quad k=1, \dots, l \\
\sum_{j=1}^n \Lambda_j x_{vjo}^{cap} + S_v^{cap-} &= t x_{vjo}^{cap}, \quad v=1, \dots, c \\
\sum_{j=1}^n \Lambda_j x_{pjo}^{emp} + S_p^{emp-} &= t x_{pjo}^{emp}, \quad p=1, \dots, d \\
\sum_{j=1}^n \Lambda_j x_{hjo}^{en} + S_h^{en-} &= t x_{hjo}^{en}, \quad h=1, \dots, e \\
S_v^{cap-} &\leq \Omega t x_{vjo}^{cap}, \quad v=1, \dots, c \\
S_p^{emp-} &\leq \Gamma t x_{pjo}^{emp}, \quad p=1, \dots, d \\
\Lambda_j &\geq 0, \quad S_v^{cap-}, S_p^{emp-}, S_h^{en-}, S_r^{g+} \geq 0 \quad j=1, \dots, n
\end{aligned} \tag{4.18}$$

Bu modelin de optimal çözümü $(\tau^*, t^*, \Lambda_j^*, S_v^{cap-*}, S_p^{emp-*}, S_h^{en-*}, S_r^{g+*})$ olur. Doğrusal olmayan modelle ilişkili olarak, doğrusal modelin optimal sonuçlarını tekrar yazmak gerekirse

$$\begin{aligned}
\rho_{ATM3}^* &= \tau_{ATM3}^*, \quad \lambda_j^* = \Lambda_j^* / t^* \\
s_v^{cap-*} &= S_v^{cap-*} / t^*, \quad s_p^{emp-*} = S_p^{emp-*} / t^*, \quad s_h^{en-*} = S_h^{en-*} / t^* \\
s_r^{g+*} &= S_r^{g+*} / t^*
\end{aligned} \tag{4.19}$$

eşitlikleri geçerli olur.

4.5. Aylak Temelli Modeller Göre Etkinlik Sonuçları ve Analizler

Aylak temelli modellerin verilmesinin ardından, bu bölümde, modeller kullanılarak elde edilen etkinlik ölçümü sonuçları ve sonuçlara ilişkin analizler verilmektedir.

Aylak temelli modellere göre yapılan etkinlik ölçümünde, ilk olarak üç girdi ve tek çıktıdan oluşan temel model (ATM1); bunun ardından istenmeyen çıktıların zayıf atılabilirlik varsayımı ile yer aldığı aylak temelli modeller (ATM2.1 ve ATM2.2) sonuçları

verilmektedir. Son olarak ise, sermaye stoku ve istihdam girdilerindeki aylak değişkenlerin sınırlandırıldığı ve istenmeyen çıktıların da zayıf atılabilirlik varsayımı ile modele eklendiği ATM3 modeli çözülmüştür. Enerji girdisi olarak ilgili bölgenin imalat sanayinin tükettiği elektrik enerjisi, istenmeyen çıktı olarak ise bölgenin imalat sanayinin CO₂ emisyonları alınmıştır.

Buraya kadar verilen ATM modellerinden alınan sonuçlara dayanılarak yapılan analizler kapsamında modeller sonuçları karşılaştırılmış ve farklılıkları ortaya konulmuştur. Ayrıca, çevresel düzenlemelerin ya da aylak değişken kısıtlamalarının olması durumunda ortaya çıkan fırsat maliyetleri ayrıca hesaplanmıştır.

4.5.1. ATM1 modeli sonuçları

ATM1 modelinde üç adet girdi ile tek çıktı (üretim değeri) oluşan üretim süreci analiz edilerek, etkinlik sonuçları Çizelge 4.17’de sunulmaktadır.

Çizelgeden görüleceği üzere, TR10-İstanbul bölgesi imalat sanayi, tüm yıllarda etkin bulunmuştur. Bu bölgenin ardından etkinlik düzeyi en yüksek olan iki bölge, TR42-Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova ve TR51-Ankara bölgeleridir. En düşük ortalama ATM1 skoru ise 0,279 ile TRA1-Erzurum, Erzincan, Bayburt bölgesinde görülmektedir. TRC3-Mardin, Batman, Şırnak, Siirt bölgesinin RM1 modeli sonuçlarında görülen durum, ATM1 modeli sonuçlarında da ortaya çıkmıştır. Bu bölge, analiz döneminde 2007 yılıyla birlikte, etkin üretim yapısından geriye düşmüş ancak 2012 yılında tekrar etkin duruma gelerek, ortalama 0,784 etkinlik düzeyine sahip olmuştur. Genel olarak bakıldığında, RM1 modeli ile ATM1 modeli sonuçları, bölgelerin imalat sanayi etkinliğini benzer karakteristiklerde belirlemiştir.

ATM1 modeli ile elde edilen etkinlik değerleri ile etkin olmayan bölgeler için iyileştirilmesi gereken girdi ve çıktıların iyileştirme oranları detaylı olarak EK-3’te verilmektedir.

Çizelge 4.17. Bölgelere ve yıllara göre ATM1 modeli etkinlik değerleri

ATM1	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ortalaması
TR10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TR21	0,460	0,507	0,557	0,450	0,572	0,597	0,828	0,587	0,500	0,755	0,581
TR22	0,434	0,480	0,438	0,379	0,881	1	1	0,675	0,581	0,748	0,662
TR31	0,563	0,640	0,647	0,419	0,721	0,781	0,816	0,678	0,638	0,845	0,675
TR32	0,378	0,451	0,567	0,443	0,624	0,616	0,634	0,544	0,546	0,710	0,551
TR33	0,583	0,697	0,825	0,545	0,856	0,782	0,904	0,716	0,620	0,841	0,737
TR41	0,481	0,579	0,657	0,451	0,807	0,768	0,728	0,719	0,635	0,819	0,664
TR42	1	1	1	0,759	1	1	1	1	1	1	0,976
TR51	1	0,855	1	1	0,937	1	1	1	0,819	1	0,961
TR52	0,356	0,362	0,398	0,297	0,580	0,567	0,677	0,567	0,522	0,760	0,509
TR61	0,362	0,510	0,514	0,503	0,951	0,553	0,585	0,544	0,403	0,599	0,552
TR62	0,466	0,494	0,481	0,335	0,586	0,535	0,647	0,584	0,485	0,610	0,522
TR63	0,399	0,552	0,484	0,395	0,820	0,789	0,545	0,566	0,531	0,584	0,567
TR71	1	1	0,597	0,240	1	1	0,503	1	1	0,729	0,807
TR72	0,428	0,524	0,547	0,402	0,611	0,617	0,648	0,529	0,475	0,694	0,548
TR81	0,456	0,735	0,582	0,477	1	0,813	1	0,708	0,730	1	0,750
TR82	0,444	0,399	0,405	0,301	0,454	0,529	0,588	0,523	0,382	0,557	0,458
TR83	0,459	0,590	0,634	0,455	0,789	1	0,814	0,719	0,572	0,847	0,688
TR90	0,626	1	0,947	0,619	0,802	0,700	0,905	0,707	0,643	1	0,795
TRA1	0,255	0,338	0,346	0,347	0,270	0,232	0,197	0,247	0,242	0,317	0,279
TRA2	0,269	0,391	0,353	0,206	0,448	0,552	0,307	0,398	0,369	0,421	0,371
TRB1	0,351	0,443	0,399	0,300	0,577	0,461	0,608	0,456	0,422	0,513	0,453
TRB2	0,681	0,681	0,562	0,503	1	0,528	0,374	0,410	0,384	0,537	0,566
TRC1	0,350	0,480	0,472	0,355	0,572	0,590	0,623	0,549	0,537	0,691	0,522
TRC2	0,493	0,524	0,501	0,429	1	0,715	1	1	0,658	1	0,732
TRC3	1	1	1	1	0,542	0,554	0,577	0,564	0,601	1	0,784
Ort.	0,550	0,624	0,612	0,485	0,746	0,703	0,712	0,653	0,588	0,753	

4.5.2. ATM2.1 ve ATM2.2 modellerinin sonuçları

Bu kısımda, aylak temelli modele, istenmeyen çıktının ilave edilmesi ile elde edilen ATM2.1 ve ATM2.2 modellerinin sonuçları verilmektedir. İstenmeyen çıktı olan CO₂ emisyonunun aylak temelli modele eklenmesiyle, RM2 modeline benzer şekilde, imalat sanayinin çevresel boyutu da içeren etkinlik ölçümü bu modeller ile yapılmıştır. Bu iki model arasındaki ayrım, istenmeyen çıktıya ait kısıtın aylak değişken içerip içermemesi üzerindedir. Bu kısmın devamında görüleceği üzere, çevresel VZA teknolojisi ile modellenen RM2 modeli ve ATM2.2 modelinin ölçüm sonuçları açısından benzer karakteristikler gösterdiği ortaya çıkmıştır.

ATM2.1 Modeli Sonuçları

Bu modelde, istenmeyen çıktı olan CO₂ emisyonu, zayıf atılabilirlik varsayımı altında aylak değişkene sahip bir eşitlik olarak modele ilave edilmiştir. Üç girdi, bir istenen çıktı ve bir istenmeyen çıktının olduğu model sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.18’de verilmektedir.

Çizelge 4.18. Bölgelere ve yıllara göre ATM2.1 modeli etkinlik değerleri

ATM2.1	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ortalaması
TR10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TR21	0,405	0,460	0,463	0,348	0,445	0,503	0,789	0,512	0,419	0,639	0,498
TR22	0,346	0,406	0,345	0,283	0,881	1	1	0,616	0,526	0,693	0,610
TR31	0,530	0,543	0,519	0,321	0,620	0,693	0,732	0,642	0,587	0,762	0,595
TR32	0,292	0,358	0,418	0,318	0,467	0,496	0,551	0,426	0,428	0,549	0,430
TR33	0,487	0,622	0,663	0,405	0,727	0,677	0,904	0,601	0,507	0,684	0,628
TR41	0,422	0,522	0,518	0,337	0,661	0,677	0,688	0,636	0,547	0,707	0,572
TR42	1	1	1	0,709	1	1	1	1	1	1	0,971
TR51	1	0,756	1	1	0,858	1	1	1	0,706	1	0,932
TR52	0,284	0,288	0,302	0,217	0,445	0,468	0,610	0,475	0,420	0,602	0,411
TR61	0,278	0,415	0,389	0,363	0,951	0,439	0,486	0,426	0,303	0,455	0,451
TR62	0,400	0,435	0,389	0,254	0,484	0,434	0,559	0,524	0,416	0,506	0,440
TR63	0,341	0,524	0,401	0,299	0,774	0,789	0,471	0,544	0,513	0,521	0,518
TR71	1	1	0,470	0,169	1	1	0,423	1	1	0,576	0,764
TR72	0,342	0,439	0,423	0,295	0,468	0,509	0,578	0,420	0,374	0,538	0,439
TR81	0,406	0,735	0,512	0,374	1	0,805	1	0,680	0,725	1	0,724
TR82	0,335	0,301	0,293	0,211	0,358	0,397	0,479	0,393	0,282	0,411	0,346
TR83	0,354	0,476	0,489	0,327	0,775	1	0,722	0,580	0,446	0,754	0,592
TR90	0,516	1	0,889	0,459	0,682	0,548	0,792	0,554	0,497	1	0,694
TRA1	0,201	0,286	0,290	0,287	0,216	0,182	0,150	0,189	0,187	0,244	0,223
TRA2	0,200	0,299	0,255	0,143	0,323	0,408	0,228	0,298	0,272	0,301	0,273
TRB1	0,272	0,359	0,297	0,212	0,433	0,342	0,490	0,343	0,313	0,379	0,344
TRB2	0,498	0,520	0,416	0,353	1	0,390	0,289	0,311	0,285	0,394	0,446
TRC1	0,282	0,412	0,373	0,263	0,447	0,493	0,520	0,460	0,446	0,553	0,425
TRC2	0,384	0,415	0,377	0,309	1	0,587	1	1	0,540	1	0,661
TRC3	1	1	1	1	0,467	0,470	0,482	0,520	0,552	1	0,749
Ort.	0,484	0,560	0,519	0,394	0,672	0,627	0,652	0,583	0,511	0,664	

Bu model sonuçlarında, TR10-İstanbul bölgesi tüm yıllarda etkin bulunmuştur. En düşük ortalama etkinlik skorları TRA1 ve TRA2 bölgelerinde ortaya çıkmıştır. TRC3 bölgesi için istenmeyen çıktının hesaba katılmadığı modellerde görülen durum, ATM2.1. modelinde de göze çarpmaktadır. TRB2-Van, Muş, Bitlis, Hakkâri bölgesinde ise etkin üretim sadece 2007 yılında görülmüştür. Bu bölge için RM1 ve ATM1 modelleri de aynı şekilde tek etkin yılı 2007 olarak belirlemiş, ancak RM2 modeli TRB2 bölgesini 2003-2008 dönemi ve 2011 yılında etkin olarak belirlemiştir. Diğer bölgelerin sonuçları ile de

değerlendirildiğinde, RM2 modelinin, bölgelerin çevresel performansını ATM2.1 modeline göre yüksek düzeyde ölçtüğü söylenebilir.

ATM2.2 modeli sonuçları

Bu modelde ise, istenmeyen çıktı olan CO₂ emisyonu, zayıf atılabilirlik varsayımı altında aylak değişkeni olmayan bir eşitlik olarak modele ilave edilmiştir. Üç girdi, bir istenen çıktı ve bir istenmeyen çıktının olduğu model sonuçları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.19. Bölgelere ve yıllara göre ATM2.2 modeli etkinlik değerleri

ATM2.2	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Bölge Ortalaması
TR10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TR21	0,460	0,582	0,730	0,782	0,615	0,597	0,829	0,587	0,500	0,826	0,651
TR22	0,434	0,667	0,838	0,787	1	1	1	0,686	0,581	0,780	0,777
TR31	0,563	0,664	0,684	0,609	0,741	0,781	0,820	0,678	0,638	0,868	0,705
TR32	0,430	0,487	0,581	0,627	0,648	0,632	0,656	0,617	0,703	0,791	0,617
TR33	0,687	0,746	0,907	0,845	0,870	0,832	0,904	0,806	0,690	0,944	0,823
TR41	0,481	0,611	0,704	0,676	0,845	0,782	0,728	0,744	0,655	0,838	0,706
TR42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TR51	1	1	1	1	0,937	1	1	1	1	1	0,994
TR52	0,356	0,362	0,526	0,500	0,618	0,571	0,705	0,567	0,542	0,852	0,560
TR61	0,366	0,537	0,749	0,856	0,951	1	0,636	0,582	0,565	0,699	0,694
TR62	0,466	0,604	0,586	0,464	0,600	0,540	0,647	0,588	0,485	0,633	0,561
TR63	0,399	0,660	0,766	0,751	0,820	0,789	0,545	0,566	0,531	0,584	0,641
TR71	1	1	0,877	0,611	1	1	0,515	1	1	0,810	0,881
TR72	0,470	0,578	0,662	0,656	0,646	0,629	0,648	0,564	0,495	0,792	0,614
TR81	0,456	1	0,792	1	1	0,813	1	0,708	0,730	1	0,850
TR82	0,547	1	0,660	1	0,454	0,680	0,792	1	0,605	0,669	0,741
TR83	0,519	0,881	0,980	1	0,789	1	1	1	1	1	0,917
TR90	0,751	1	0,968	1	0,802	1	1	1	1	1	0,952
TRA1	1	0,338	0,358	1	0,270	1	0,245	0,272	0,242	0,392	0,512
TRA2	0,298	0,424	1	0,276	0,461	1	1	1	0,599	1	0,706
TRB1	0,351	0,709	0,521	0,468	0,580	0,563	0,781	0,629	1	0,619	0,622
TRB2	1	1	1	1	1	1	0,796	0,433	1	0,637	0,887
TRC1	0,350	0,546	0,589	0,548	0,609	0,590	0,633	0,549	0,537	0,775	0,573
TRC2	1	1	1	0,753	1	0,795	1	1	0,892	1	0,944
TRC3	1	1	1	1	0,542	1	0,582	0,579	1	1	0,870
Ort.	0,630	0,746	0,788	0,777	0,761	0,831	0,787	0,737	0,730	0,827	

ATM2.2 modeli, RM2 modelinde olduğu gibi, eşitlik olarak yazılan istenmeyen çıktı kısıtında aylak değişken barındırmamakta ve bu haliyle ATM2.1 modelinden ayrılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, RM2 modeli ile ATM2.2 modelinin aynı analiz döneminde aynı bölgeler için benzer etkinlik sonuçları vermesi beklenmektedir. Tone (2001)'ye göre temel aylak temelli modelin (ATM1) optimal sonucu, CCR modelinin

(RM1) optimal sonucundan büyük olamaz. Buna ilaveten çevresel teknolojiyi kullanan ATM2.2 modeli ile RM2 modeli karşılaştırıldığında da aynı durum gözlenmiştir.

RM2 ve ATM2.2 modelinin etkinlik sonuçları, analiz dönemi ortalaması ile sıralandığında, bu durum açıkça görülmektedir. Bu modellerin ortalama etkinlik değerleri bazında yapılan bölge sıralaması ve bu sıralamanın farkları aşağıda yer alan Çizelge 4.20’de verilmektedir.

Çizelge 4.20’de yer alan karşılaştırma incelendiğinde, zayıf atılabilirlik varsayımı altında ele alınan istenmeyen çıktıya ait kısıtın aylak değişken içermemesi, ampirik bulguların da desteklediği anlamda, RM2 modeli ile benzer etkinlik skorlarını ve benzer sıralamaları beraberinde getirmektedir. Hatırlanacağı gibi RM2 modeli, literatürdeki diğer çalışmalarda da görüldüğü üzere de aylak değişkeni olmadan yazılmaktadır. Ortalama etkinlik skorlarına dayanan bölge sıralamaları karşılaştırıldığında en yüksek sıralama farkı, beş sıra farkı ile TR63 bölgesinde görülmektedir. 15 adet bölge ise sıfır ya da bir farkla sıralanmaktadır.

Çizelge 4.20. Bölgelerin RM2 ve ATM2.2 ortalama etkinlik değerlerine göre sıraları

Bölge	RM2 Modeli Sırası	ATM2.2 Modeli Sırası	Sıra Farkı
TR10-İstanbul	1	1	0
TR21-Tekirdağ, Edirne, Kırklareli	16	16	0
TR22-Balıkesir, Çanakkale	10	11	-1
TR31-İzmir	13	14	-1
TR32-Aydın, Denizli, Muğla	22	19	3
TR33-Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak	11	10	1
TR41-Bursa, Eskişehir, Bilecik	15	13	2
TR42-Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova	1	1	0
TR51-Ankara	2	2	0
TR52-Konya, Karaman	25	23	2
TR61-Antalya, Isparta, Burdur	18	15	3
TR62-Adana, Mersin	20	22	-2
TR63-Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye	12	17	-5
TR71-Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir	8	7	1
TR72-Kayseri, Sivas, Yozgat	21	20	1
TR81-Zonguldak, Karabük, Bartın	5	9	-4
TR82-Kastamonu, Çankırı, Sinop	14	12	2
TR83-Samsun, Tokat, Çorum, Amasya	6	5	1
TR90-Trabzon, Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane	3	3	0
TRA1-Erzurum, Erzincan, Bayburt	23	24	-1
TRA2-Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan	17	13	4
TRB1-Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli	19	18	1
TRB2-Van, Muş, Bitlis, Hakkari	9	6	3
TRC1-Gaziantep, Adıyaman, Kilis	24	21	3
TRC2-Şanlıurfa, Diyarbakır	4	4	0
TRC3-Mardin, Batman, Şırnak, Siirt	7	8	-1

ATM2.1 ve ATM2.2 modeli ile elde edilen etkinlik değerleri ile etkin olmayan bölgeler için iyileştirilmesi gereken girdi ve çıktıların iyileştirme oranları detaylı olarak EK-4 ve EK-5'te verilmektedir.

4.5.3. ATM3 modelinin sonuçları

Bu kısımda da, ATM2.2 modelinin sermaye stoku ve istihdama ilişkin aylak değişkenlerine sınırlamalar getirildiği ve yine istenmeyen çıktının zayıf atılabilirlik varsayımı ile ele alındığı ATM3 modelinin sonuçları verilmektedir.

ATM3 modelinde sermaye stokunun aylak değişkenine sınırlama yapmak üzere ayrıca yazılan kısıtta Ω değeri 0,04 olarak seçilmiş ve böylece sermaye stokunda en fazla %4'lük bir azaltım yapılabilmesi sağlanmıştır. Bu oran yaklaşık olarak (1/26) olan sermayenin yıpranma oranına denk gelmektedir. Açık bir ifadeyle, ilgili bölge etkin olabilmesi için gerekli girdi azaltımları arasından sermaye stoku özelinde ele alındığında yeni yatırım yapmaması durumunda sermaye stoku kendiliğinden %4 azalacaktır.

Benzer yaklaşımla istihdam girdisini ele alacak olursak, Γ değeri 0,02 olarak seçilmiş ve etkin olmayan bölgenin etkin olabilmesi için istihdamın en fazla %2 oranında azaltılması mümkün kılınmıştır. İstihdam politikaları gereğince, karar vericilerin tasarrufunda olan bu oran, işgücünün yapısı gereği daha az verimli sektörlere geçiş yapması ve mevcut işgücü verimliliği seviyesinin dönemden döneme artacağı öngörülerek belirlenmiştir.

ATM3 modeli, verilen bu aylak değişken sınırlandırmaları altında çözülmek istendiğinde 2003, 2006 ve 2008 yıllarına ait çözümlerde tutarlı bir VZA çözümünün sağlandığı görülmüştür. Analiz dönemindeki diğer yıllara ait çözümlerde ise referans kümede bulunmaması gereken etkin olmayan bölgelerin, referans kümeye dâhil olduğu ve bu nedenle ölçüm sonuçlarının tutarlılık sağlamadığı ortaya çıkmıştır.

İBBS Düzey-2'de yer alan 26 bölgenin imalat sanayi için ATM3 modelinin uygulanması sonucu, tutarlı çözüm sağlanan 2003, 2006 ve 2008 yıllarına ait etkinlik sonuçları aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 4.21. Bölgelere ve yıllara göre ATM3 modeli etkinlik değerleri

ATM3	2003	2006	2008
TR10	1	1	1
TR21	0,592	0,782	0,599
TR22	0,467	0,787	1
TR31	0,768	0,609	0,782
TR32	0,476	0,627	0,632
TR33	0,741	0,845	0,832
TR41	0,637	0,676	0,788
TR42	1	1	1
TR51	1	1	1
TR52	0,457	0,500	0,571
TR61	0,399	0,856	1
TR62	0,584	0,501	0,616
TR63	0,504	0,751	0,789
TR71	1	0,611	1
TR72	0,550	0,656	0,629
TR81	0,573	1	0,813
TR82	0,577	1	0,680
TR83	0,541	1	1
TR90	0,767	1	1
TRA1	1	1	1
TRA2	0,349	0,276	1
TRB1	0,393	0,468	0,563
TRB2	1	1	1
TRC1	0,447	0,548	0,594
TRC2	1	0,753	0,795
TRC3	1	1	1
Ort.	0,685	0,779	0,834

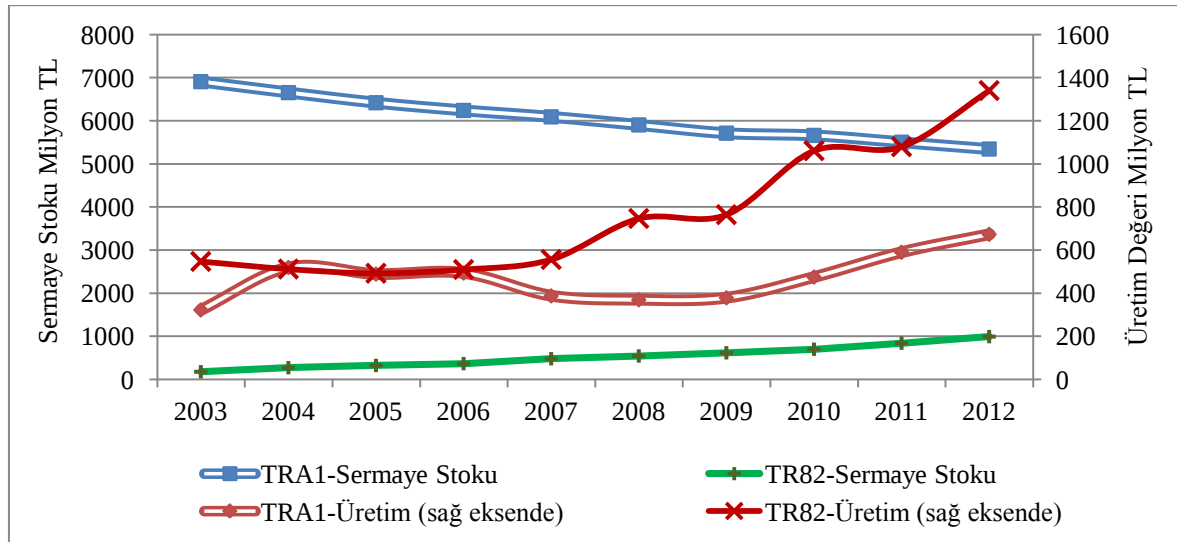
Tone (2001) aylak değişkenler üzerinde alt ya da üst sınır belirlemenin, mümkün çözüm kümesini daraltacağını ifade etmekte ve bu yolla elde edilen etkinlik skorlarının orijinal skarlardan küçük olamayacağını belirtmektedir. ATM2.2 ile ATM3 modelleri kıyaslandığında bu durumun doğrulandığı görülmektedir. ATM3 modelinin ilgili yıllardaki etkinlik değerleri, ATM2.2 modeline göre yüksek bulunmuştur.

Özellikle ATM3 modelinde, çözümün tutarsızlığına yol açan bölgelerden biri olan TRA1-Erzurum, Erzincan, Bayburt bölgesinin diğer modellerde hangi etkinlik sonuçlarına ve ne oranda girdi-iyileştirme imkânlarına sahip olduğunu incelendiğinde (bkz. EK-2, EK-3, EK-4 ve EK-5) adı geçen bölgenin yüksek oranlarda sermaye stoku azaltımı yapması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu bölgenin, RM3 model sonuçlarına göre ortalama olarak sermaye stokunu %87,8 oranında azaltması gerekmektedir. Benzer şekilde bu oran ATM1

modelinde %85,6; ATM2.1 modelinde %93,2; ATM2.2 modelinde ise %60,8 olarak gerçekleşmiştir. ATM2.2 modelinde bu oranın düşük çıkması 2003, 2006 ve 2008 yıllarında TRA1 bölgesinin etkin bulunmasıdır. Üretim artırımı yönündeki iyileştirmelerin ortalaması ise bu değeri veren ATM1 ve ATM2.2 modellerine göre sırasıyla %107,0 ve %70,5 olarak hesaplanmıştır.

Görüldüğü üzere, son derece yüksek bir sermaye stokuna sahip bulunmasına rağmen, elde ettiği üretim değerlerinin diğer bölgelere kıyasla oldukça düşük olması, yani sermaye verimliliğinin son derece düşük olması bu bölgenin analiz sonuçlarında hem sermaye stoku azaltımı hem de üretim artışı yapması yönünde önerilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. TRA1 bölgesindeki bu durum, Çizelge 4.22'deki diğer bölgeler için de benzer şekildedir.

Sermaye stoku fazlalığı ve üretim eksikliği olan ve bu nedenle, bazı yıllarda ATM3 modelinin çözüm tutarlılığını bozan bölgelerden biri olan TRA1 bölgesinin ilgili verilerine benzer ölçekte başka bir bölge (TR82-Kastamonu, Çankırı, Sinop) ile karşılaştırarak incelemek üzere aşağıdaki şekil verilmiştir.



Şekil 4.6. TRA1 ve TR82 bölgelerinde sermaye stoku ve üretimin seyri

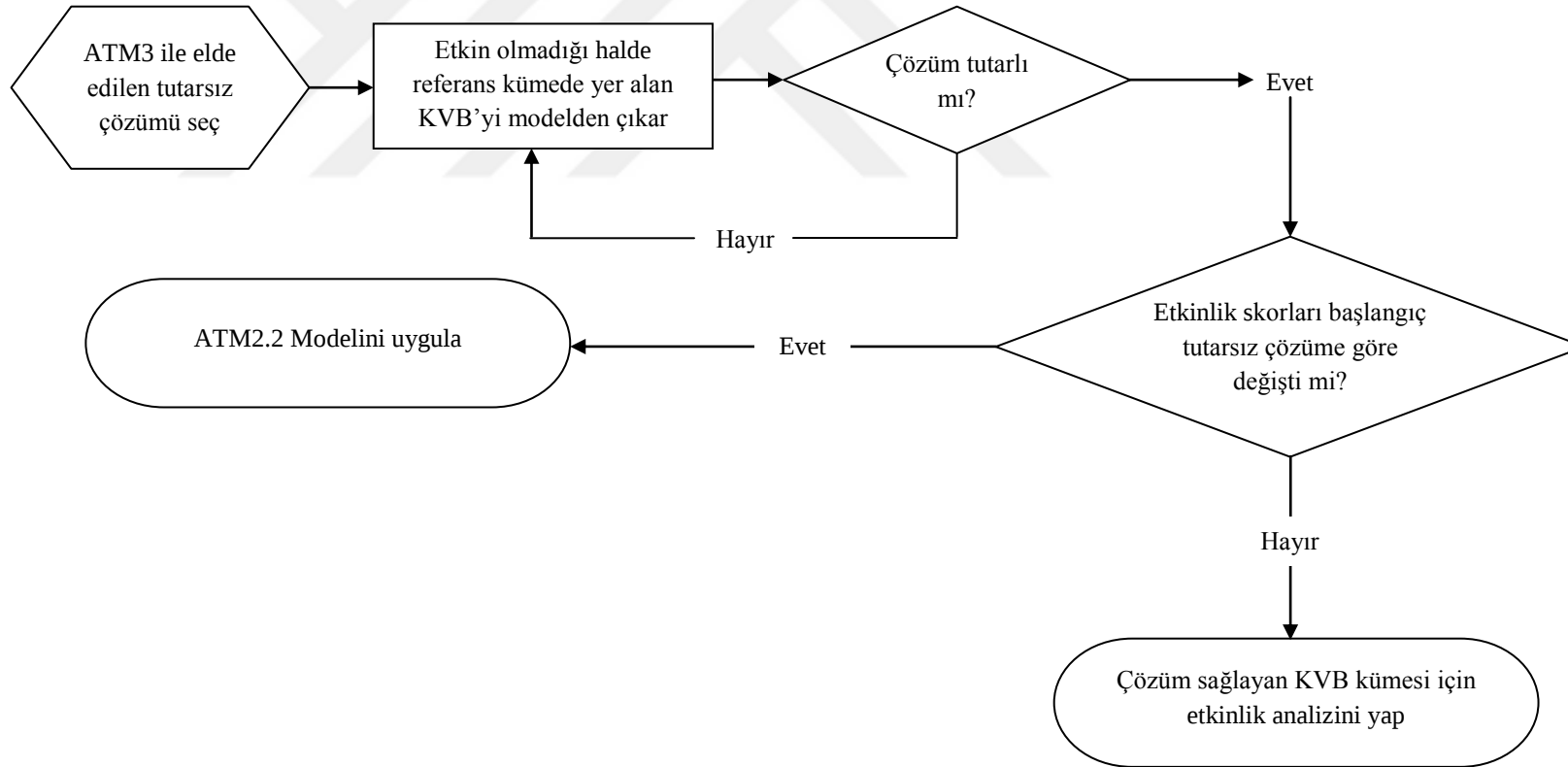
Çalışmada kullanılan yatırım serileri incelendiğinde, TRA1 bölgesi imalat sanayinin TÜİK verilerine göre 2003 yılında sahip olduğu maddi mallara ilişkin brüt yatırımlar değeri, yaklaşık 773 milyon TL (2003 yılı imalat sanayi yatırımlarının %4,6'sı) olarak gerçekleşmiştir. Analiz döneminin geri kalan yıllarında ise bu bölgenin imalat sanayinde

yapılan toplam yatırım tutarı ise 2003 fiyatlarıyla 555 milyon TL civarındadır. Buradan da anlaşılmaktadır ki, 2003 yılında yapılan bu son derece yüksek yatırım, istenilen düzeyde üretim artışı sağlayamamış ve farklı VZA modeli sonuçlarına göre diğer bölgelerle kıyaslandığında da çok yüksek miktarlarda sermaye stoku fazlalığı oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

Buradan anlaşılmaktadır ki, etkinlik ölçümünde genel olarak verilere karşı hassasiyet olmakla birlikte, ATM3 grubu modellerde olduğu gibi üretim teknolojisine getirilecek sınırlandırmalar, analizi yapılacak KVB'lerin bazılarında olumsuzluklar ortaya çıkarabilmektedir. Bu nedenle, bu tür sınırlandırmaları içeren modelleri doğrudan kullanmak yerine, aşamalı olarak diğer aylak temelli modellerin uygulanması ve ampirik sonuçlara bakılarak bu tür sınırlandırmaların yapılması karar vericiler açısından bir seçenek olarak düşünülebilir.

Ancak tez çalışmasında, imalat sanayinde etkin olmayan bölgelerin enerji dışı girdi yapısını koruyarak, enerji ve üretim faktörleri özelinde iyileştirmeler elde etmek amacıyla önerilen ATM3 modelinin, tüm analiz döneminde tutarlı çözüm vermesi ve kabul edilebilir bir kapsamlılıkta imalat sanayi genelinin enerji yoğunluğu azaltım bilgisini sunması amacıyla yeni bir yaklaşım önerilmiştir.

Bu yaklaşım, çözüm tutarsızlığına neden olan bölgelerin, tutarsızlığın gözlemlendiği ilgili yıllarda analiz kümesinden belirli bir yaklaşım dâhilinde çıkarılması ve tutarlı çözümün kalan bölgeler üzerinden bu yolla sağlanması olarak özetlenebilir. Bu yaklaşımı şematik olarak göstermek amacıyla aşağıdaki Şekil 4.7 verilmektedir.



Şekil 4.7. ATM3 modelinde tutarlı çözümün sağlanması için önerilen yaklaşım

Önerdiğimiz bu yaklaşımı açıklayacak olursak, tutarsız çözümün görüldüğü ve 26 adet bölgeyi içeren herhangi bir yılda, etkin olmadığı halde referans kümede yer aldığı için tutarsızlığa neden olan bölge tespit edilir ve analiz kümesinden çıkarılır. Ardından kalan bölgelerde ATM3 modeli uygulanır ve tutarsızlığın ortan kalkıp kalmadığı kontrol edilir. Eğer başka bir bölge, etkin olmadığı halde referans kümede yer aldıysa, bu bölge de analiz kümesinden çıkarılır. Tutarlı çözüm elde edilene kadar buna sebep olan bölgelerin çıkarılmasına bu şekilde devam edilir. Tutarlı çözümün elde edilmesinin ardından bölgelerin hesaplanan etkinlik değerleri, başlangıç tutarsız çözümdeki etkinlik değerleri ile karşılaştırılır. Eğer etkinlik değerlerinde herhangi bir değişiklik oldu ise, bölgelerin çıkarılması ile elde edilen çözümün, bölgelere ait etkinlik bilgisini temsil edemediği düşünülerek, ATM2.2 modelinin uygulanmasına karar verilir. Eğer başlangıç çözüme kıyasla, bölgelerin çıkarılması ile elde edilen çözümde etkinlik değerleri değişmemiş ise analiz kümesinde kalan bölgeler için etkinlik analizinin diğer aşamalarına geçilir.

Kümede kalan bölgelerin analiz aşamasında önceki kısımlarda aktarıldığı üzere, tüm girdi ve çıktılar üzerindeki iyileştirme miktarları ve oranları hesaplanır. Ardından kümede kalan bölgelerin, üretim ve enerji girdisine yönelik olarak ilgili yıldaki tüm 26 bölgeyi ne oranda kapsadığı hesaplanarak, elde edilen çözümün kapsamlılığına göre değerlendirme yapılır. Eğer elde edilen çözümde yer alan bölgeler, yüksek oranda kapsam bilgisi veriyorsa, bu durum uygulanan yaklaşımın güvenilir olduğunu göstermektedir. Bunun yanında analizde kalan bölgelerin §3.2.6’da verilen KVB sayılarına ilişkin koşulları koruyup korumadığına dikkat edilmelidir.

ATM3 modeli, yukarıdaki yaklaşım ile ele alındığında, çözüm tutarsızlığının görüldüğü yıllarda etkin olmadığı halde referans kümeye dâhil olduğu tespit edilen bölgeler aşağıdaki çizelgede verilmektedir.

Çizelge 4.22. ATM3 modellerinde etkin olmayan ve referans kümeye giren bölgeler

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ATM3		TRA1	TRA1		TRA1 TRC3 TR62		TRA1 TR62 TR63	TRA1 TR62	TRA1 TR62 TR63	TRA1 TR62 TR63

Önerilen yaklaşım kullanılarak, tutarsızlığa neden olan bölgelerin analiz kümesinden çıkarılması ile elde edilen etkinlik sonuçları, aşağıdaki çizelgede, girdi ve çıktılara yönelik iyileştirme oranları da EK-6’da verilmektedir.

Çizelge 4.23. Önerilen yaklaşım ile hesaplanan ATM3 modeli sonuçları

ATM3	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2012
TR10	1	1	1	1	1	1	1
TR21	0,603	0,730	0,615	0,829	0,599	0,523	0,826
TR22	0,689	0,838	1	1	0,686	0,599	0,780
TR31	0,694	0,686	0,741	0,830	0,777	0,742	0,869
TR32	0,509	0,581	0,649	0,656	0,617	0,703	0,791
TR33	0,782	0,907	0,870	0,904	0,806	0,690	0,944
TR41	0,647	0,704	0,845	0,756	0,783	0,749	0,841
TR42	1	1	1	1	1	1	1
TR51	1	1	0,937	1	1	1	1
TR52	0,409	0,526	0,618	0,709	0,567	0,542	0,852
TR61	0,545	0,749	0,951	0,636	0,582	0,565	0,699
TR62	0,628	0,586					
TR63	0,692	0,766	0,820		0,635		
TR71	1	0,884	1	0,515	1	1	0,810
TR72	0,599	0,662	0,646	0,650	0,564	0,495	0,792
TR81	1	0,806	1	1	0,723	0,770	1
TR82	1	0,660	0,461	0,792	1	0,605	0,669
TR83	0,881	0,980	0,789	1	1	1	1
TR90	1	0,968	0,810	1	1	1	1
TRA1							
TRA2	0,434	1	0,461	1	1	0,599	1
TRB1	0,722	0,521	0,580	0,781	0,629	1	0,619
TRB2	1	1	1	0,796	0,433	1	0,637
TRC1	0,558	0,589	0,609	0,638	0,553	0,548	0,775
TRC2	1	1	1	1	1	0,892	1
TRC3	1	1		0,582	0,678	1	1
Ortalama	0,776	0,806	0,800	0,829	0,776	0,784	0,865
Elektrik için kapsamlılık	%99,82	%99,82	%94,96	%86,87	%96,23	%86,31	%86,16
Üretim için kapsamlılık	%99,79	%99,81	%96,40	%94,42	%96,88	%93,15	%93,12

Önerilen yaklaşımın uygulanması sonucunda, hiçbir yılda başlangıç tutarsız çözümün etkinlik değerleri ile yeni çözümün etkinlik değerleri farklı çıkmamıştır. Böylece, çıkarılan bölgelerin, diğer bölgelerin etkinliklerine dair bilgiyi bozmadığı görülmektedir. Analiz kümesinde kalan bölgelerin ilgili yılda elektrik girdisinde ve üretim değerinde temsil ettiği kapsam da çizelgenin alt satırlarında verilmiştir. Tutarsızlığa neden olan bölgelerin önerilen yaklaşım ile çıkarılması, tez çalışmasının ele aldığı problem üzerinde kabul edilebilir seviyelerde bir kapsamlılık vermektedir.

ATM3 modeli ile elde edilen etkinlik değerleri ile etkin olmayan bölgeler için iyileştirilmesi gereken girdi ve çıktıların iyileştirme oranları detaylı olarak EK-6'da verilmektedir.

4.5.4. Çevresel düzenlemelerin fırsat maliyeti

İstenmeyen çıktıların zayıf atılabilirlik ile ele alındığı pek çok çalışmada çevresel düzenlemelerin fırsat maliyetleri de hesaplanmaktadır Färe ve diğerleri (1989)'nin çalışması ile birlikte başlayan ve son zamanlarda giderek popülerliği artan fırsat maliyeti hesaplama yaklaşımı, farklı VZA modellerini uygulandığı pek çok çalışmada yer almaktadır. Örneğin Färe ve diğerleri (1996) girdi uzaklık fonksiyonları kullanarak, istenmeyen çıktıların zayıf atılabilirlik varsayımı altında ele alarak hesapladığı etkinlik skorunu; istenmeyen çıktının olmadığı, yani güçlü atılabilirlik varsayımı ile kurulan modelden elde edilen etkinlik skoru ile oranlayarak *çevresel performans göstergesi* (ing. *environmental performance indicator (EPI)*) olarak tanımlamışlardır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, girdi odaklı doğrusal uzaklık fonksiyonunun etkinlik sonuçlarında, güçlü atılabilirlik içeren model sonuçları değeri, zayıf atılabilirlik içeren model sonuçlarından büyük ya da eşit hesaplanmaktadır. Çalışmamızın radyal ve aylak temelli sonuçlarında ise bu durumun tersi söz konusudur ($\theta_{RM2}^* \geq \theta_{ATM1}^*$; $\rho_{ATM2.2}^* \geq \rho_{ATM1}^*$). Bu fark, doğrusal uzaklık fonksiyonu ölçüm metodolojisi (bkz. sayfa 144) ile sözü edilen metodolojilerin farkından kaynaklanmaktadır. Çalışmamızda kullanılan metodoloji, ileride detaylı olarak açıklanmaktadır.

Bu noktada fırsat maliyeti kavramı, istenmeyen çıktılar için üretim teknolojisinde güçlü atılabilirlikten, zayıf atılabilirliğe geçmenin maliyeti olarak anlam kazanmaktadır. Emisyon vb. istenmeyen çıktıların, çevreye ve insan sağlığına verdiği zararlardan dolayı bir otorite tarafından sınırlandırılması, engellenmesi ya da cezalandırılması gibi bir zorunlu çevresel düzenlemeye tâbi tutulması sonucu, üretim birimlerinin istenmeyen çıktıları yok etme ya da azaltma yönünde davranmaları, üretim için ayırdıkları kaynakları bu yöne sevk etmelerine neden olacaktır. İstenmeyen çıktıların bertaraf edilmesi ya da önlenmesi için ayrılan kaynak, üretim faktörlerinin kaynaklarını azaltacağı için, istenen çıktı olan üretim miktarında bir azalmaya ya da girdilerde bir israfa neden olacaktır. (Färe ve diğerleri, 1989; Zaim ve Taşkın, 2000a; Zhou ve diğerleri, 2006; Bi ve diğerleri, 2014).

Zhou ve diğerlerinin (2006) çalışmasında §4.4.2’de verildiği üzere “SBEI₂” olarak adlandırdıkları endeksin, çevresel boyutta yasal herhangi bir düzenleme ya da kısıtlama olması durumunda bunun *ekonomik etkinlik* üzerinde ne oranda bir etkisinin olduğunu gösterdiğini ifade etmektedirler.

Yazarların çalışmasında “SBEI₂” olarak ifade ettikleri endeks değeri, bizim çalışmamızda $(\rho^*_{ATM1}/\rho^*_{ATM2.2})$ değerine karşılık gelmektedir. Bu endeksin değeri $(\rho^*_{ATM2.2} \geq \rho^*_{ATM1})$ eşitsizliğinden dolayı birden büyük olamaz ve bire eşit olması, çevresel düzenlemelerin etkinlik değerine bir etkisinin olmadığını, birden küçük olması ise düzenlemelerin etkisinin varlığını ve boyutunu göstermektedir. Bu yaklaşımdan hareket ederek, tez çalışmasında Türk imalat sanayi için bölgesel düzeyde istenemeyen çıktıların güçlü atılabilirliğini ortadan kaldıran çevresel düzenlemelerin istenen çıktı üzerindeki etkisi, fırsat maliyetleri ve ton CO₂ başına fırsat maliyetleri olarak araştırılmıştır.

Zhou ve diğerleri (2006), yukarıda bahsedildiği üzere çevresel düzenlemelerin girdilerde bir israfa ya da istenen çıktılarda bir kayba yol açacağını öne sürmüşlerdir. 30 OECD ülkesi için yaptıkları uygulamada ise çevresel düzenlemelerin etkisinin ülkelerin gayri safi yurtiçi hâsıla (GSYİH)’sında bir kayba neden olacağını varsaymışlar ve bu düzenlemelerden dolayı oluşan fırsat maliyetinin $(1-SBEI_2) \times GSYİH$ formülü ile hesaplanabileceğini belirtmişlerdir. İlgili çalışmada, girdi olarak toplam birincil enerji arzı ve nüfus; çıktı olarak ise GSYİH ile CO₂ emisyonları alınmıştır.

Bu çalışmayı izleyerek *Aylak Temelli Çevresel Endeks (ATÇE)* şöyle tanımlanabilir:

$$ATÇE = \rho^*_{ATM1} / \rho^*_{ATM2.2} \quad (4.20)$$

$$Fırsat\ Maliyeti_{ATÇE} = (1 - ATÇE) * \ddot{U}retim\ Değeri \quad (4.21)$$

olarak yazılır. Tahmin edilen bu fırsat maliyetlerinin, CO₂ emisyonunun hesaba katılması ve böylece üretim teknolojisinin değişmesi sonucu, etkinlik değerlerinin değişmesi ile oluştuğu düşünüldüğünden, Zhou ve diğerleri (2006), ton cinsinden CO₂ emisyonu başına ekonomik kaybı da hesaplamışlardır. Bizim çalışmamızda da aynı yaklaşımla bölgelerin imalat sanayinin bir ton CO₂ emisyonu başına kaybı ayrıca hesaplanmıştır.

Konu ile ilgili detaya girmeden önce çalışma kapsamında analizi yapılan bir bölgenin etkinlik skorlarına ve ortaya çıkan fırsat maliyeti ya da üretim kaybına bakmakta fayda görülmektedir. TRA2-Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan bölgesinin 2010 yılı ATM1 ve ATM2.2 modellerinin analiz sonuçlarında hesaplanan değerler ve örnek fırsat maliyeti hesaplaması aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.24. ATÇE endeksi için örnek

2010 Yılı	Girdi ve Çıktılar	Mevcut Değerler	Hedef Değerler		Etkinlik Değeri		ATÇE Endeksi	Fırsat Maliyeti	Üretim Kaybı (TL)/ton CO ₂
			ATM1	ATM2.2	ATM1	ATM2.2			
TRA2	I-SER	250	211	250	0,398	1,000	0,398	(1-0,398)*196 Milyon TL	822
	I-IST	38	27	38					
	I-EL	75	75	75					
	O-UR	196	416	196					
	O-CO ₂	14	—	14					

2010 yılında TRA2 bölgesi, imalat sanayinde emisyonlarını serbestçe atabildiği (güçlü atılabilirlik) ve bununla ilgili herhangi bir düzenlemeye tabi olmadığı durumda yani ATM1 üretim teknolojisi ile 0,398 seviyesinde bir etkinlik ile üretim yapmıştır. Bu sonuca göre, TRA2 bölgesinin, çizelgede verilen girdi azaltımları ile aslında 416 birime çıkarabileceği bir üretim imkânı bulunmaktadır. Ancak, bu bölge istenmeyen çıktıları serbestçe atabilmesinin regüle edildiği çevresel üretim teknolojisinde (ATM2.2) üretim yaptığı düşünülerek analiz edildiğinde etkin bulunmuştur.

Bu bölgenin, VZA teknolojisinin çevresel VZA teknolojisine dönüşmesi ile etkinsiz durumdan etkin duruma geçmesi elbette bir maliyet içermektedir. Ancak çevresel teknoloji açısından bakıldığında, etkin olduğu için girdilerini azaltmak ya da çıktıları artırmak gibi bir hedefi bulunmayan TRA2 bölgesinin; emisyon üretiminin de çevresel düzenlemelerden dolayı üretim kaynaklarını ayrıca tüketmesi ve bu yüzden maliyet içermesi sonucu 14 birimlik emisyon üretimi ile mevcut 196 birimlik üretim seviyesinde bulunması yeterli olmaktadır. Çevresel VZA teknolojisinde, bir ton CO₂ emisyonu üretmenin 822 TL üretim kaybına neden olduğunun ortaya çıkması, toplamda bu bölge için 118 milyon TL’lik fırsat maliyeti oluşturmuştur.

Yukarıdaki formüllerden hareketle tüm bölgelerin imalat sanayi için 2003–2012 döneminde elde edilen fırsat maliyetleri 2003 fiyatlarıyla, milyon TL olarak aşağıdaki çizelgede verilmektedir:

Çizelge 4.25. ATÇE endeksine göre çevresel düzenlemelerin fırsat maliyeti (milyon TL)

Bölgeler	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
TR10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR21	0	1152	2517	5683	701	0	14	0	0	1556
TR22	0	786	1500	1959	508	0	0	99	0	297
TR31	0	843	1222	7353	749	0	112	0	0	944
TR32	692	443	151	2076	261	174	226	881	2112	976
TR33	1054	503	734	3301	147	546	0	1228	1255	1433
TR41	0	1303	1622	8522	1309	529	0	1103	1123	823
TR42	0	0	0	10184	0	0	0	0	0	0
TR51	0	1518	0	0	0	0	0	0	3297	0
TR52	0	0	959	1863	355	40	221	0	289	927
TR61	24	133	891	1355	0	1497	237	258	1144	620
TR62	0	1196	1215	2105	220	72	0	64	0	415
TR63	0	864	2133	3243	0	0	0	0	0	0
TR71	0	0	625	747	0	0	43	0	0	339
TR72	353	427	864	2256	306	110	0	388	283	960
TR81	0	1076	1112	2451	0	0	0	0	0	0
TR82	103	308	190	356	0	166	197	506	398	224
TR83	285	918	1006	1724	0	0	563	1131	1926	714
TR90	477	0	70	1155	0	827	267	981	1350	0
TRA1	240	0	16	322	0	284	74	44	0	129
TRA2	16	18	115	33	6	124	94	118	94	113
TRB1	0	469	279	440	7	214	307	416	1098	316
TRB2	89	93	117	130	0	161	117	20	316	86
TRC1	0	611	1044	2080	373	0	97	0	0	1203
TRC2	509	481	530	519	0	124	0	0	542	0
TRC3	0	0	0	0	0	407	8	31	716	0
Bölge Başına Ortalama	148	505	727	2302	190	203	99	280	613	464
Toplam Fırsat Maliyeti	3840	13143	18914	59855	4940	5275	2576	7268	15942	12074
Toplam Fırsat Maliyetinin Yıllık Üretim Değerine Oranı	%1,7	%5,2	%7,4	%21,1	%1,7	%1,7	%1,0	%2,3	%4,3	%3,2

2003 yılı fiyatları ile verilen fırsat maliyeti değerlerine bakıldığında, bir çevresel performans göstergesi olarak tanımlanabilen aylak temelli çevresel endeks değeri 1'e eşit olan bölgelerin fırsat maliyetinin oluşmadığı görülmektedir. Bölgelerin toplam fırsat maliyetinin yaklaşık 60 milyar TL'ye ulaştığı 2006 yılı oldukça dikkat çekicidir. Bu yıl hatırlanacağı üzere ATM1 modeli sonuçlarında etkinlik değerlerinin en düşük olduğu yıl olarak görülmüştü. 2006 yılında imalat sanayinde ortaya çıkan fırsat maliyetinin üretim değerine oranı %21,1 ile analiz döneminin en yüksek değeri olarak hesaplanmıştır.

Bölgelerin imalat sanayinin ton CO₂ emisyonu başına üretim kaybı değerleri 2003 fiyatlarıyla aşağıdaki çizelgede sunulmaktadır.

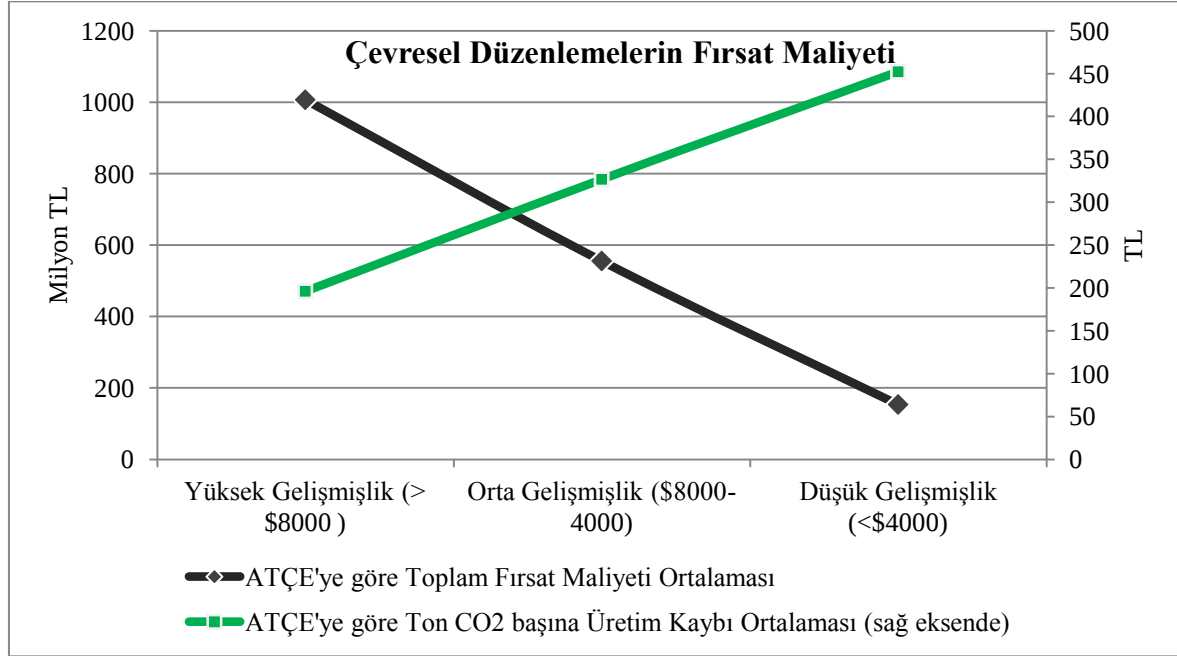
Çizelge 4.26. Çevresel düzenlemeler sonucunda ton CO₂ emisyonu başına ekonomik kayıplar (TL)

Bölgeler	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
TR10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR21	0	341	705	1378	160	0	4	0	0	321
TR22	0	595	1107	1285	316	0	0	54	0	185
TR31	0	114	169	948	97	0	20	0	0	122
TR32	187	119	40	500	65	60	70	221	524	247
TR33	340	163	224	865	38	191	0	285	292	312
TR41	0	145	177	833	125	63	0	103	108	76
TR42	0	0	0	1465	0	0	0	0	0	0
TR51	0	300	0	0	0	0	0	0	547	0
TR52	0	0	446	833	128	19	102	0	99	301
TR61	16	91	565	731	0	996	158	121	515	307
TR62	0	444	472	785	72	33	0	22	0	125
TR63	0	488	1079	1350	0	0	0	0	0	0
TR71	0	0	729	762	0	0	43	0	0	274
TR72	167	190	370	849	112	51	0	124	96	303
TR81	0	973	958	1833	0	0	0	0	0	0
TR82	242	710	445	773	0	340	422	678	549	282
TR83	175	576	610	919	0	0	341	551	976	338
TR90	331	0	51	726	0	618	178	547	771	0
TRA1	870	0	58	1064	0	1261	233	147	0	336
TRA2	112	102	742	229	34	604	635	822	573	684
TRB1	0	666	366	488	7	256	326	390	925	298
TRB2	312	392	533	587	0	471	647	80	962	252
TRC1	0	270	461	836	142	0	41	0	0	319
TRC2	819	752	838	756	0	199	0	0	767	0
TRC3	0	0	0	0	0	1924	28	89	1704	0
Ortalama	137	286	429	800	50	272	125	163	362	195

Bir ton CO₂ emisyonu başına düşen üretim değeri kaybının 2003 yılı fiyatları ile verildiği bu çizelge, bölgelerin çevresel düzenlemeler olması durumunda maruz kaldıkları etkiyi daha iyi görmemizi sağlamaktadır. Bazı bölgelerde oldukça dalgalı bir yapı gösteren bu değerlerin bölgelerin imalat sanayinde girdi kompozisyonlarının değişimi ile yıldan yıla farklılaştığı düşünülmektedir. Çevresel performansın bir önceki çizelgeye göre en düşük yaşandığı yıl olduğu 2006 yılı, burada da bölge başına ortalama değerde de kendisini göstermektedir. Hemen ardından gelen 2007 yılı ise, ortalama 50 TL/ton CO₂ değeri ile bölgelerin imalat sanayinin oldukça çevreci bir üretime ulaştığı yıl olarak göze çarpmaktadır.

Bu çizelgede verilen değerlerin ardından, bölgelerin gelişmişlik seviyesi ile bir ton CO₂ emisyonu başına düşen üretim değeri kaybının arasında bir ilişkinin olup olmadığı sorusu akla gelmektedir. Bunu görmek amacıyla aşağıdaki şekilde hem toplam fırsat maliyetleri, hem de bu maliyetlerin emisyon miktarına oranlanması ile elde edilen ve Çizelge 4.26'te

detaylandırılan verilerin 2004–2011 yılları ortalama değerleri, bölge gelişmişlik gruplarına göre karşılaştırılmıştır.



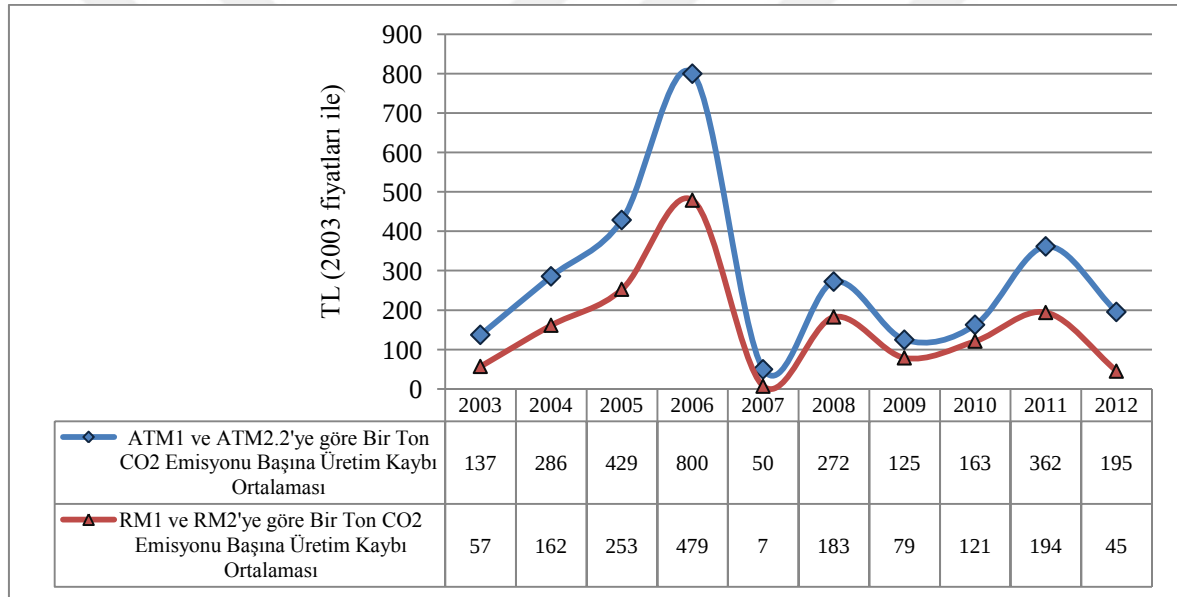
Şekil 4.8. Bölgesel gelişmişlik gruplarına göre toplam fırsat maliyeti ve emisyon başına üretim kaybı ortalaması

Gelişmişliğin artması ile birlikte bilindiği üzere imalat sanayi üretim değeri de arttığından toplam fırsat maliyeti artmaktadır. Ancak bu fırsat maliyetinin birim emisyon başına oranlanması sonucu elde edilen üretim kayıpları, gelişmişlik gruplarında açık bir fark arz etmektedir. Az ve orta gelişmiş bölgelerde, bir ton CO₂ emisyonu başına düşen üretim değeri kaybı (sırasıyla 452 ve 327 TL) iken, gelişmiş bölgelerde bu değer 200 TL seviyesine düşmektedir. Buradan anlaşıldığı üzere, gelişmiş bölgelerin çevresel düzenlemelere adaptasyonu daha kolay görülmektedir. Orta ve az gelişmiş bölgelerin imalat sanayinde ise, gelişmiş bölgelere göre azımsanmayacak bir yapısal farkın olduğundan söz edilebilir. Etkinlik ortalamalarını gelişmişlik düzeylerine göre gösteren Şekil 4.4 ve Şekil 4.13'de en düşük performans orta gelişmiş bölgelerde görülmekte iken, burada emisyon başına düşen üretim kaybı değerlendirildiğinde, orta gelişmişlik düzeyinde bulunan bölgelerin, az gelişmiş bölgelere nazaran daha iyi bir durumda olduğu görülmektedir.

Aylak temelli modeller kullanılarak yapılan yukarıdaki analizler, radyal modeller kullanılarak da ayrıca yapılabilir. Radyal modeller arasında çevresel VZA teknolojisi

kullanan RM2 modeli ile istenmeyen çıktı içermeyen RM1 modeli, benzer hesaplamalar için uygun görülmektedir. Hatırlanacağı üzere, ATM1 modeli ile RM1 modeli ve özellikle ATM2.2 modeli ile RM2 modeli benzer karakteristiklerde etkinlik sonuçları vermişti.

Ayrıca, aylak temelli modellerin, radyal ölçülere göre ayırım gücünün yüksek olduğu ve etkinsizlikleri daha iyi tespit edebilmesinin avantaj sağladığı önceki bölümlerde bahsedilmişti. Buradan hareketle, RM1 ve RM2 modeline dayanılarak çevresel performans endeksi hesaplanmış ve ton emisyon başına ortaya çıkan üretim kaybı ortalamaları aylak temelli model sonuçları ile yıl bazında karşılaştırılmıştır. İlgili karşılaştırma, aşağıda yer alan şekilde sunulmaktadır.



Şekil 4.9. Radyal ve aylak temelli modellerde fırsat maliyeti karşılaştırması

İki ayrı model tipine göre hesaplanan ton emisyon başına üretim kaybı değerlerinin ortalaması, yıllar itibariyle aynı karakteristikte değişim göstermektedir. Aylak temelli modellerin ayırım gücünün daha yüksek olduğu, burada verilen ampirik sonuçlarla bir kez daha ortaya çıkmıştır.

4.5.5. Sermaye stoku ve istihdama yönelik azaltım sınırlamaları olması durumunda fırsat maliyeti

ATM3 modelinde hatırlanacağı üzere, sermaye stoku ve istihdam girdilerinin azaltımına bir sınırlandırma getirilerek (sermaye stoku üzerindeki azaltım %4, istihdam üzerindeki

azaltım ise %2 oranında sınırlanarak) enerji dışı girdi seviyeleri korunacak şekilde modeller kurulmuş ve 2003, 2006 ve 2008 yılları için tüm bölgelerde etkinlik sonuçları hesaplanmıştı. Analiz döneminin diğer yılları için ise önerilen yaklaşım ile elde edilen etkinlik analizi sonuçlarında, etkinsiz bulunan bölgelerin elektrik girdisinde azaltım, üretim değerinde ise artırım yapılması yönünde ATM3 modelinin bilgi vermesi sağlanmıştı.

Sermaye stoku ve istihdama yönelik seçilen azaltım oranları birer politika aracı olarak değerlendirildiğinde etkinlik ölçümünde kullanılan VZA teknolojisi, çevresel VZA teknolojisi kullanan ATM2.2'den ATM3'e dönüşmektedir. Bahsi edilen bu sınırlamaların §4.5.4'te detaylı şekilde anlatılan yaklaşım çerçevesinde üretim üzerinde bir kayba yol açabileceği düşünülmüştür. Bu kapsamda, bir önceki kısmın kapsamında yer alan ATM2.2 modelindeki teknolojinin ATM3 modeline dönüşümünün getireceği fırsat maliyetleri, bu kısımda hesaplanmıştır.

Bu fırsat maliyeti yaklaşımını biraz açmak gerekirse, etkin olmayan bir üretim biriminin, etkin olabilmesi için sermaye stokundaki olası azaltım miktarları ATM3 teknolojisinde %4 oranı ile sınırlandırılmıştır. Aynı şekilde etkin olabilmesi için gerekli olan işgücü azaltımı da istihdamın aylak değişkeni üzerinde %2'lik bir sınırlandırmaya tâbidir. Bu durumda, teknolojik geçişte üretim birimi, sermaye azaltımını sınırlı biçimde (yıllık yıpranma oranı kadar) yapabilecek, istihdam seviyesini de hemen hemen koruyarak istenmeyen çıktıları da ATM2.2 teknolojisinde olduğu gibi üretmek üzere (her iki teknolojiye de istenmeyen çıktılar zayıf atılabilirlik varsayımı ile ele alınmıştır) üretim yapacaktır.

Bu durumu bir bölge (TR62-Adana, Mersin bölgesi) üzerinden incelemek amacıyla aşağıdaki çizelge verilmiştir.

Çizelge 4.27. GASE endeksi için örnek

2008 Yılı	Girdi ve Çıktılar	Mevcut Değerler	Hedef Değerler		İyileştirme Oranı		Etkinlik Değeri		GASE Endeksi	Fırsat Maliyeti
			ATM2.2	ATM3	ATM2.2	ATM3	ATM2.2	ATM3		
TR62	I-SER	14636	8458	14050	42%	4%	0,540	0,616	0,877	(1-0,877) *7782 Milyon TL 960 Milyon TL
	I-IST	757	757	757	0%	0%				
	I-EL	2861	2861	2861	0%	0%				
	O-UR	7782	12392	12469	59%	60%				
	O-CO ₂	217	217	217	0%	0%				

2008 yılında TR62-Adana, Mersin bölgesi imalat sanayinin ATM2.2 teknolojisine göre etkinlik değeri 0,540 olarak hesaplanmış, etkin olabilmesi için özellikle sermaye stokunda %42'lik bir azaltım ve üretim değerinde %59'luk bir artırım yapması gerekmiştir. Ancak aynı bölgenin ATM3 modeline göre etkinlik skoru 0,616 olarak belirlenmiş ve etkin olabilmesi yönünde sermaye stokunda %4'lük bir azaltım birlikte üretimini %60 oranında artırması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Getirilen sınırlamalardan dolayı, bu bölgenin daha fazla sermaye stoku kullanması gerekmiş ve bu fazla sermaye stoku kullanımı üretim artışına neden olabilecekken, ATM3 teknolojisine göre aslında dolaylı yoldan bir üretim kaybına yol açmıştır. Bu teknoloji değişiminin ortaya çıkardığı israf ya da üretim kaybını, fırsat maliyetleri üzerinden belirlemek amacıyla tez çalışmasında $(\rho^*_{ATM2.2}/\rho^*_{ATM3})$ oranı üzerinden girdi aylak değişkenlerinin sınırlandırılmasının etkisi (GASE) ölçmek üzere yeni bir endeks tanımlanmıştır.

$$GASE = \rho^*_{ATM2.2} / \rho^*_{ATM3} \quad (4.22)$$

$$Fırsat \text{ Maliyeti}_{GASE} = (1 - GASE) * \ddot{U}retim \ Değeri \quad (4.23)$$

Bu formüller kullanılarak, Türk imalat sanayinde bölgelerin sermaye stoku ve istihdam girdilerinde azaltımları sınırlandıran bir düzenleme olması durumunda karşılaşılabilecekleri fırsat maliyetleri, 2003 fiyatlarıyla milyon TL olarak aşağıdaki çizelgede sunulmaktadır.

Çizelge 4.28. GASE endeksine göre girdi azaltım sınırlandırmalarının fırsat maliyeti (milyon TL)

Bölgeler	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
TR10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR21	1956	311	0	0	0	36	0	261	629	0
TR22	180	90	0	0	0	0	0	0	200	0
TR31	5937	1008	66	0	0	36	276	3511	4785	41
TR32	553	259	0	0	11	0	0	0	0	0
TR33	507	353	0	0	0	0	0	0	0	0
TR41	5571	1385	0	0	0	225	904	1634	4615	129
TR42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR52	834	419	0	0	0	0	31	0	0	0
TR61	179	39	0	0	0	0	0	0	0	0
TR62	1368	251	0	559	–	960	–	–	–	–
TR63	878	244	0	0	0	0	–	1212	–	–
TR71	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
TR72	574	160	0	0	0	0	17	0	0	0
TR81	666	0	73	0	0	0	0	106	348	0
TR82	28	0	0	0	8	0	0	0	0	0
TR83	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR90	60	0	0	0	29	0	0	0	0	0
TRA1	0	–	–	0	–	0	–	–	–	–
TRA2	23	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TRB1	110	22	0	0	0	0	0	0	0	0
TRB2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRC1	955	109	0	0	0	44	48	56	202	0
TRC2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRC3	0	0	0	0	–	0	0	178	0	0
Bölge Başına Ortalama	788	186	6	22	2	50	56	290	469	7
Toplam Fırsat Maliyeti	20479	4656	154	559	48	1301	1277	6958	10778	170
Top. Fırsat Maliyetinin Yıllık Üretim Değerine Oranı	%9,2	%1,9	%0,1	%0,2	%0,0	%0,4	%0,5	%2,2	%2,9	%0,0

Bu fırsat maliyeti hesaplamalarına göre, en yüksek fırsat maliyeti oranı, %9,2 ile 2003 yılında görülmüştür. Diğer yıllarda ise bu değer, bu tür bir sınırlandırmanın etkisinin bazı bölgelerde görülmesi ve çoğu bölgede görülmemesi sonucu oldukça düşük gerçekleşmiştir. İmalat sanayinde, ATM3 modelinde yer alan bir sınırlama getirilmesi durumunda, ortaya çıkan fırsat maliyetlerinin oldukça düşük çıkması, bu tür bir sermaye ve istihdam kısıtlamasının bölgeler genelinde fazla bir üretim kaybına yol açmadan uygulanabilirliği yönünde olumlu bir fikir sunmaktadır.

ATÇE hesaplamalarında, teknolojiyi değiştiren faktörün modele giren emisyonlar olması sonucu, ton CO₂ emisyonu başına üretim kaybı hesaplanabilmekle beraber; incelenen GASE endeksinin ortaya çıkmasında sermaye ve istihdam girdisi azaltımlarına yönelik

sınırlandırmalar olmasından dolayı fırsat maliyetinin, TL ve kişi olarak ele alınan bu iki girdi faktörü temelinde oranlanması mümkün olmamaktadır.

4.6. Etkinlik Ölçüm Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi

Hesaplamaları yapılan radyal ve aylak temelli VZA modellerinin kullandığı girdi çıktı faktörleri ve elde edilen sonuçları, yıl ortalamaları olarak aşağıda verilmektedir. Çevresel VZA teknolojisinde zayıf atılabilirlik varsayımı ile modellenen ATM2.2 ve ATM3 modelleri ile ATM1 modeli ortalamaları karşılaştırıldığında, ATM2.2 modelinin ATM1 modelinden daha yüksek bir ortalama etkinlik seviyesi belirlediği (RM2-RM1 sonuçlarında olduğu gibi), ATM3 modelinin de ilgili yıllarda ATM2.2 modelinden daha yüksek ortalama etkinlik hesapladığı görülmektedir. ATM1 modeli de teorik açıdan beklendiği üzere RM1 modelinden daha düşük sonuç vermektedir. Bu çizelge ve devamında yapılan değerlendirmelerde, ATM3 modeli sonuçlarının 2003, 2006 ve 2008 yıllarındaki sonuçları tüm bölgeleri, diğer yıllara ilişkin verilen sonuçları ise tutarsızlığa neden olan bölgelerin çıkarılması ile hesaplanan değerleri kapsamaktadır.

Çizelge 4.29. Yıllara göre modellerin etkinlik değerleri ortalaması

Model İsmi	Girdi	Çıktı	CO ₂ aylak değişkeni	Yılların Ortalama Etkinlik Değerleri									
				2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
RM1	S., İ., El.	Ü.		0,657	0,701	0,695	0,600	0,796	0,767	0,774	0,725	0,704	0,825
RM2	S., İ., El.	Ü., CO ₂	Yok	0,700	0,782	0,807	0,785	0,799	0,855	0,829	0,790	0,782	0,852
RM3	S., İ., El.	Ü., CO ₂	Yok	0,642	0,655	0,649	0,569	0,721	0,696	0,694	0,681	0,635	0,728
ATM1	S., İ., El.	Ü.		0,550	0,624	0,612	0,485	0,746	0,703	0,712	0,653	0,588	0,753
ATM2.1	S., İ., El.	Ü., CO ₂	Var	0,484	0,560	0,519	0,394	0,672	0,627	0,652	0,583	0,511	0,664
ATM2.2	S., İ., El.	Ü., CO ₂	Yok	0,630	0,746	0,788	0,777	0,761	0,831	0,787	0,737	0,730	0,827
ATM3	S., İ., El.	Ü., CO ₂	Yok	0,685	0,776	0,806	0,779	0,800	0,834	0,829	0,776	0,784	0,865

S: Sermaye, İ: İstihdam, El.: Elektrik; Ü.: Üretim Değeri, CO₂: CO₂ Emisyonu

Yukarıdaki çizelgede gri renkte taranan yıllar ilgili model sonucuna göre en düşük etkinlik ortalamasının bulunduğu yılı, kırmızı renkte taranan yıllar ise, ilgili model sonucuna göre en yüksek etkinlik ortalamasının bulunduğu yılı göstermektedir. Çevresel VZA teknolojisine göre modellenen RM2 ve ATM2.2 modelleri en düşük ve en yüksek etkinlik ortalamalarını 2003 ve 2008 yılları olarak hesaplamıştır. Çevresel VZA teknolojisine göre modellenen RM3 modeli ise farklı sonuç vermiştir.

Çalışmada kullanılan ve geliştirilen tüm modeller, önceki kısımlarda anlatıldığı üzere, tez çalışmasının ana hedefi olan bölgelerin imalat sanayinin güvenilir bir metodolojiyle gerçekçi bir şekilde etkinlik ölçümünün yapılması doğrultusunda geliştirilmiştir. Hem enerji ve çevre hem de ekonomi boyutlarını içeren bir etkinlik ölçüsü sunan ATM2 modelleri, imalat sanayinin Türkiye'deki önemi ve rolü düşünülerek, bahsedildiği üzere sermaye stoku ve istihdam azaltımları için bazı sınırlandırmalar getiren yeni kısıtlarla yeniden modellenmiş ve ATM3 modelleri ortaya çıkarılmıştır. Ancak, analizi yapılan bölgelerin bazılarında gözlenen aşırı büyük sermaye stoku verileri nedeniyle, ATM3 modeli 2003, 2006 ve 2008 yılları için tüm bölgelerde çözüm sağlamış; diğer yıllarda ise geliştirilen yaklaşım kullanılarak çözümü tutarsızlaştıran bölgelerin analizden çıkarılması ile tatmin edici bir kapsamlılıkta imalat sanayi geneli için etkinlik analizi imkânı sunmuştur. ATM3 modeli, çalışmanın hedefi doğrultusunda sektör geneli etkinlik ölçümü için literatüre katkı sağlayacak bir yapıdadır.

4.6.1. Model sonuçlarının enerji yoğunluğu azaltım hedefleri ile girdi ve çıktı iyileştirmeleri

Tez çalışmasının önceki bölümlerinde radyal ölçüm sonuçları ile toplam faktör enerji etkinliği endeksi (TFEE) hesaplanmıştır. TFEE hesaplarında, problemimiz özelinde enerji girdisi olarak seçilen elektrik tüketiminin hedeflenen miktarı ile gerçek miktarının oranlanması işlemi esas alınmıştır. Girdi yönelimli radyal ölçümlerde çıktı sabit tutulduğu için bu oran gerçekçi olmaktadır. Ancak aylak tabanlı modeller, girdi ya da çıktı yönelimli olmadığı ve hem girdi miktarlarında azaltım hem de çıktı miktarlarında artırım önerdiği için bu model sonuçlarına dayanılarak bahsedilen tanımı ile hesaplanan TFEE oranları gerçekçi olmayacaktır.

Çalışma kapsamında çözülen RM3 ve aylak temelli modellerin etkin olmayan bölgeler için ortaya çıkardığı iyileştirme önerileri, ekler kısmında tüm yıllar için sunulmaktadır. Modellerin ortaya koyduğu girdi azaltımlarından enerji girdisi ile ilgili olan değer, enerji tasarrufu potansiyellerini vermektedir. Bunun yanında modellerin çözümü neticesinde azaltım yoluyla sağlanabilecek elektrik tüketimi seviyesi ve bazı modellerde artırım yoluyla ulaşılabilecek üretim değeri miktarları da elde edilebilmektedir. Bu durum bizi oldukça önemli bir temel enerji verimliliği göstergesine yöneltmektedir. Bu gösterge, enerji verimliliği politikalarının izlenebilirliğini sağlayan enerji yoğunluğu göstergesidir.

Mevcut elektrik tüketimi ve üretim değerinden elde edilen mevcut enerji yoğunluğu düzeyleri bilgisi veri kümesinde bulunmaktadır (bkz. EK-7). Model sonuçlarından da enerji girdisi azaltımı ve üretim artırımı bilgisi alındığında, hedef enerji yoğunluğu düzeyi hesaplanabilmekte ve böylece imalat sanayinin bölgesel ve ulusal düzeyde enerji yoğunluğu azaltım hedefleri hesaplanabilmektedir. Bu sayede her bir model için ayrı ayrı hesaplanan bölgelerin imalat sanayinin enerji yoğunluğu azaltım hedefleri, tez çalışmasının sunduğu önemli bir bilgi olarak öne çıkmaktadır. Bölgelerin ve imalat sanayi genelinin yıllar itibariyle enerji yoğunluğu azaltım oranlarının bilinmesi, hem ulusal hedeflerin değerlendirilmesine hem de bu hedeflerin gerek ulusal gerekse bölgesel politikalarla hayata geçirilmesinde temel bir dayanak oluşturacaktır.

Modeller açısından incelendiğinde ATM1 ve ATM2.2 modelleri, EK-3 ve EK-5'te detaylı biçimde verilen iyileştirme önerilerinde, etkin olmayan bölgelerin etkin olabilmesi için hem elektrik miktarında azaltım hem de üretim miktarında artırım önerilmektedir. RM3 ve ATM2.1 modelleri ise, etkin olmayan bölgelerde üretim değerlerinin artırılması yönünde analiz dönemi boyunca hiçbir bölgede herhangi bir bilgi sunmamıştır. Üretim artışı yönünde bilgi vermeyen ancak enerji girdisinin azaltım oranlarını veren RM3, ATM2.1 modelleri de aslında dolaylı yoldan enerji yoğunluğu azaltımı için bir oran vermektedirler. Çünkü mevcut enerji girdisi miktarındaki azaltım, üretim miktarı sabit kaldığında enerji yoğunluğu azaltım oranına eşit olacaktır. Bu düşünceden hareketle, üretim artışı önerisi vermeyen modeller için de enerji yoğunluğu azaltım hedefi hesaplanmıştır.

EY enerji yoğunluğunu temsil etmek üzere, *t* döneminde *j* bölgesi için:

$$\begin{aligned}
 EY \text{ Azaltım Hedefi } (j,t) &= 1 - \frac{Enerji \ Tüketimi_{(Hedef)}(j,t) / \text{Üretim Değeri}_{(Hedef)}(j,t)}{Enerji \ Tüketimi_{(Mevcut)}(j,t) / \text{Üretim Değeri}_{(Mevcut)}(j,t)} \\
 &= 1 - \frac{EY_{Hedef}(j,t)}{EY_{Mevcut}(j,t)}
 \end{aligned} \tag{4.24}$$

olarak hesaplanır. Tez çalışmasında enerji girdisini temsil etmek üzere enerji girdisi olarak seçilen elektrik tüketimi üzerinden enerji yoğunluğu hesaplanmıştır. Yıllar itibariyle imalat sanayinin enerji tasarrufu potansiyelleri ile enerji yoğunluğu azaltım hedeflerini ve diğer iyileştirmeleri modellere göre toplu biçimde karşılaştırmak amacıyla Çizelge 4.30 hazırlanmıştır.

Çizelge 4.30. Yıllara göre modellerin enerji tasarrufu potansiyelleri, enerji yoğunluğu azaltım hedefleri ve iyileştirmeler

Yıl		Mevcut*	RM3 Modeli			ATM1 Modeli			ATM2.1 Modeli			ATM2.2 Modeli			ATM3 Modeli			
			Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı	Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı	Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı	Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı	Mevcut ³	Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı
2003	Elektrik	52983	37049	15934	%30,1	44506	8476	%16,0	35555	17428	%32,9	44556	8427	%15,9	52983	49939	3044	%5,7
	Üretim	223141	223141	0	%0,0	270203	47062	%21,1	223141	0	%0,0	273352	50211	%22,5	223141	287756	64616	%29,0
	En. Yoğ.	%23,7	%16,6	%7,1	%30,1	%16,5	%7,3	%30,6	%15,9	%7,8	%32,9	%16,3	%7,4	%31,4	%23,7	%17,4	%6,4	%26,9
	Sermaye	199841	156510	43331	%21,7	135024	64817	%32,4	128812	71029	%35,5	146033	53808	%26,9	199841	196746	3095	%1,5
	İstihdam	21637	17085	4552	%21,0	20545	1092	%5,0	17388	4248	%19,6	21637	0,3	%0,0	21637	21637	0,2	%0,0
2004	Elektrik	56835	37295	19540	%34,4	47766	9069	%16,0	41572	15263	%26,9	47228	9607	%16,9	56731	51721	5010	%8,8
	Üretim	250540	250540	0	%0,0	280013	29473	%11,8	250540	0	%0,0	279245	28705	%11,5	250021	303564	53543	%21,4
	En. Yoğ.	%22,7	%14,9	%7,8	%34,4	%17,1	%5,6	%24,8	%16,6	%6,1	%26,9	%16,9	%5,8	%25,4	%22,7	%17,0	%5,7	%24,9
	Sermaye	208768	195365	13403	%6,4	144073	64695	%31,0	162147	46621	%22,3	164168	44600	%21,4	202114	198962	3152	%1,6
	İstihdam	23930	18499	5431	%22,7	22660	1270	%5,3	18512	5419	%22,6	23930	0,0	%0,0	23854	23854	0,0	%0,0
2005	Elektrik	59198	40852	18345	%31,0	59116	82	%0,1	51038	8160	%13,8	55629	3569	%6,0	59093	55592	3501	%5,9
	Üretim	256268	256268	0	%0,0	276470	20203	%7,9	256268	0	%0,0	301541	45273	%17,7	255779	302107	46328	%18,1
	En. Yoğ.	%23,1	%15,9	%7,2	%31,0	%21,4	%1,7	%7,4	%19,9	%3,2	%13,8	%18,4	%4,7	%20,1	%23,1	%18,4	%4,7	%20,4
	Sermaye	217479	200358	17121	%7,9	164722	52757	%24,3	167672	49807	%22,9	208465	9014	%4,1	211061	210086	975	%0,5
	İstihdam	25837	20193	5644	%21,8	20035	5802	%22,5	18448	7390	%28,6	25837	0,1	%0,0	25757	25757	0,0	%0,0
2006	Elektrik	64064	40706	23358	%36,5	63225	839	%1,3	46413	17651	%27,6	58793	5270	%8,2	64064	58793	5270	%8,2
	Üretim	283454	283454	0	%0,0	362096	78643	%27,7	283454	0	%0,0	340926	57473	%20,3	283454	341580	58127	%20,5
	En. Yoğ.	%22,6	%14,4	%8,2	%36,5	%17,5	%5,1	%22,7	%16,4	%6,2	%27,6	%17,2	%5,4	%23,7	%22,6	%17,2	%5,4	%23,8
	Sermaye	248977	180492	68485	%27,5	162605	86372	%34,7	145830	103147	%41,4	243496	5481	%2,2	248977	248393	584	%0,2
	İstihdam	26806	19817	6990	%26,1	19334	7473	%27,9	16639	10167	%37,9	26806	0,0	%0,0	26806	26806	0,0	%0,0
2007	Elektrik	70280	52641	17639	%25,1	58690	11590	%16,5	55616	14664	%20,9	60864	9416	%13,4	66741	57673	9069	%13,6
	Üretim	294910	294910	0	%0,0	315843	20933	%7,1	294910	0	%0,0	332839	37929	%12,9	284306	317337	33031	%11,6
	En. Yoğ.	%23,8	%17,8	%6,0	%25,1	%18,6	%5,2	%22,0	%18,9	%5,0	%20,9	%18,3	%5,5	%23,3	%23,5	%18,2	%5,3	%22,6
	Sermaye	267007	244118	22889	%8,6	251585	15422	%5,8	237403	29604	%11,1	256302	10705	%4,0	245095	244669	426	%0,2
	İstihdam	27765	22902	4863	%17,5	23389	4375	%15,8	21566	6198	%22,3	27764	1,1	%0,0	26825	26824	1,0	%0,0

*Elektrik: GWh

Üretim değeri ve sermaye stoku: Milyon TL

İstihdam: 100 kişi

-Enerji Yoğunluğu: milyon TL üretim değeri başına GWh elektrik

³ ATM3 modeli özelinde verilen mevcut değerler, 2003, 2006 ve 2008 yılları için tüm bölgeleri; diğer yıllar için Çizelge 4.22’de verilen bölgeler hariç olmak üzere kalan bölgeleri kapsamaktadır.

Çizelge 4.30. (Devam) Yıllara göre modellerin enerji tasarrufu potansiyelleri, enerji yoğunluğu azaltım hedefleri ve iyileştirmeler

Yıl		Mevcut	RM3 Modeli			ATM1 Modeli			ATM2.1 Modeli			ATM2.2 Modeli			ATM3 Modeli			
			Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı	Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı	Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı	Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı	Mevcut	Hedef	İyileş. Mik.	İyileş. Oranı
2008	Elektrik	71423	52222	19201	%26,9	59696	11727	%16,4	55714	15709	%22,0	61249	10174	%14,2	71423	63493	7931	%11,1
	Üretim	303592	303592	0	%0,0	330803	27211	%9,0	303592	0	%0,0	337587	33995	%11,2	303592	345091	41498	%13,7
	En. Yoğ.	%23,5	%17,2	%6,3	%26,9	%18,0	%5,5	%23,3	%18,4	%5,2	%22,0	%18,1	%5,4	%22,9	%23,5	%18,4	%5,1	%21,8
	Sermaye	279881	258080	21801	%7,8	245563	34318	%12,3	240119	39762	%14,2	260277	19604	%7,0	279881	276185	3696	%1,3
	İstihdam	28636	23714	4922	%17,2	26383	2253	%7,9	23220	5416	%18,9	28636	0,5	%0,0	28636	28636	0,4	%0,0
2009	Elektrik	67181	52236	14945	%22,2	46264	20918	%31,1	54828	12353	%18,4	48395	18786	%28,0	58360	45796	12564	%21,5
	Üretim	268642	268642	0	%0,0	280190	11549	%4,3	268642	0	%0,0	280687	12045	%4,5	253647	267652	14005	%5,5
	En. Yoğ.	%25,0	%19,4	%5,6	%22,2	%16,5	%8,5	%34,0	%20,4	%4,6	%18,4	%17,2	%7,8	%31,1	%23,0	%17,1	%5,9	%25,6
	Sermaye	292523	267172	25351	%8,7	262161	30362	%10,4	258995	33528	%11,5	261980	30543	%10,4	261451	258589	2861	%1,1
	İstihdam	25831	22004	3828	%14,8	25142	689	%2,7	21480	4352	%16,8	25831	0,1	%0,0	24489	24488	0,1	%0,0
2010	Elektrik	75357	53890	21467	%28,5	58512	16845	%22,4	50519	24839	%33,0	60346	15011	%19,9	72520	62294	10226	%14,1
	Üretim	316920	316920	0	%0,0	361619	44699	%14,1	316920	0	%0,0	364775	47855	%15,1	307033	359391	52358	%17,1
	En. Yoğ.	%23,8	%17,0	%6,8	%28,5	%16,2	%7,6	%32,0	%15,9	%7,8	%33,0	%16,5	%7,2	%30,4	%23,6	%17,3	%6,3	%26,6
	Sermaye	301644	258345	43299	%14,4	257860	43784	%14,5	235249	66395	%22,0	262422	39222	%13,0	281314	277602	3713	%1,3
	İstihdam	28430	23384	5046	%17,7	26262	2168	%7,6	23375	5055	%17,8	28430	0,2	%0,0	27561	27561	0,1	%0,0
2011	Elektrik	83187	56840	26346	%31,7	63771	19416	%23,3	52025	31162	%37,5	65949	17238	%20,7	71800	64307	7493	%10,4
	Üretim	369002	369002	0	%0,0	448100	79099	%21,4	369002	0	%0,0	442333	73331	%19,9	343736	411206	67470	%19,6
	En. Yoğ.	%22,5	%15,4	%7,1	%31,7	%14,2	%8,3	%36,9	%14,1	%8,4	%37,5	%14,9	%7,6	%33,9	%20,9	%15,6	%5,2	%25,1
	Sermaye	316238	261401	54837	%17,3	265555	50684	%16,0	233231	83008	%26,2	273888	42351	%13,4	281656	278302	3354	%1,2
	İstihdam	31430	25032	6398	%20,4	28788	2641	%8,4	24369	7061	%22,5	31429	0,3	%0,0	29606	29606	0,2	%0,0
2012	Elektrik	87400	67051	20349	%23,3	76786	10615	%12,1	73066	14334	%16,4	79406	7994	%9,1	75307	71290	4017	%5,3
	Üretim	377553	377553	0	%0,0	395350	17797	%4,7	377553	0	%0,0	415073	37520	%9,9	351580	380092	28512	%8,1
	En. Yoğ.	%23,1	%17,8	%5,4	%23,3	%19,4	%3,7	%16,1	%19,4	%3,8	%16,4	%19,1	%4,0	%17,4	%21,4	%18,8	%2,7	%12,4
	Sermaye	327674	311540	16134	%4,9	298401	29272	%8,9	288605	39069	%11,9	311087	16587	%5,1	292687	290301	2386	%0,8
	İstihdam	34176	29279	4897	%14,3	28125	6052	%17,7	26966	7210	%21,1	34176	0,5	%0,0	32082	32082	0,4	%0,0
2003	Elektrik	687908	490783	197125	%28,7	578331	109577	%15,9	516346	171562	%24,9	582416	105492	%15,3	649023	580898	68126	%15,6
	Üretim	2944021	2944021	0	%0,0	3320689	376668	%12,8	2944021	0	%0,0	3368358	424337	%14,4	2856290	3315776	371756	%12,6
	En. Yoğ.	%23,4	%16,7	%6,7	%28,7	%17,4	%6,0	%25,5	%17,5	%5,8	%24,9	%17,3	%6,1	%26,0	%22,7	%17,5	%5,2	%25,0
	Gen. Sermaye ⁴	2660031			%12,5			%19,0			%21,9			%10,8	2504077			%1,0
	İstihdam	274479	221908	52571	%19,2	240662	33816	%12,3	211962	62516	%22,8	274476	3,0	%0,0	267254	267251	2,5	%0,0

⁴ Sermaye stoku serisi, yapısı gereği birikimli olduğu için, analiz dönemi için toplanmamıştır. Bu satırın devamındaki ortalamalar, yıllara ait sermaye stoku azaltımına ilişkin yıl ortalamalarının aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Radyal modellerin sonuçlarının verildiği önceki bölümde görüldüğü üzere, RM3 modelinin enerji tasarrufu potansiyelini maksimize eden model olmasından dolayı, diğer radyal modellerin sonuçlarına bu çizelgede yer verilmemiştir. RM3 modeli EK-2’de verilen çözüm sonuçları ile değerlendirildiğinde, girdi odaklı olmasından dolayı, üretim değerlerine ilişkin bir artırım önerisi sunmamaktadır. Bu modelin verdiği enerji tasarrufu potansiyelleri (enerji azaltım hedefleri) enerji yoğunluğu azaltım hedefleri olarak aynen hesaplanmıştır. Dönem toplamlarından elde edilen sonuçlara göre RM3 modeli analiz döneminde, ortalama %19 civarında istihdam, %13 civarında sermaye stoku ve %28,7 oranında elektrik tüketimi azaltımı ile %28,7’lik bir enerji yoğunluğu azaltım hedefi öngörmektedir.

ATM1 modeli ise, istenmeyen çıktı olan CO₂ emisyonlarını hesaba katmadan yönsüz bir ölçüm sağlamaktadır. Bu modele göre analiz döneminde sermaye stokuna yönelik azaltım oranı, istihdama nazaran daha fazla bulunmuş (sırasıyla %19,0 ve %12,3) ve toplamda %12,8’lik bir üretim artışı ve %15,9’luk bir elektrik tasarrufu ile %25,5 oranında enerji yoğunluğunun azaltılması sonucuna ulaşılmıştır.

ATM2.1 modeli, ATM1 modeline istenmeyen çıktıların ilave edilmesi ve buna ilişkin kısıtın aylak değişken içermesine rağmen, hem emisyon azaltımı hem de üretim artışı yönünde herhangi bir bilgi sunmamıştır. Bu nedenle elde edilen iyileştirme oranlarının tamamı girdiler için hesaplanmıştır. Böylece bu modelin enerji yoğunluğu azaltım hedefleri, elektrik tasarrufu oranlarına eşit olarak ortalama %24,9 çıkmıştır. Sermaye stoku ve istihdam için gerekli olan azaltım değerleri ise sırasıyla %21,9 ve %22,8 olarak hesaplanmıştır.

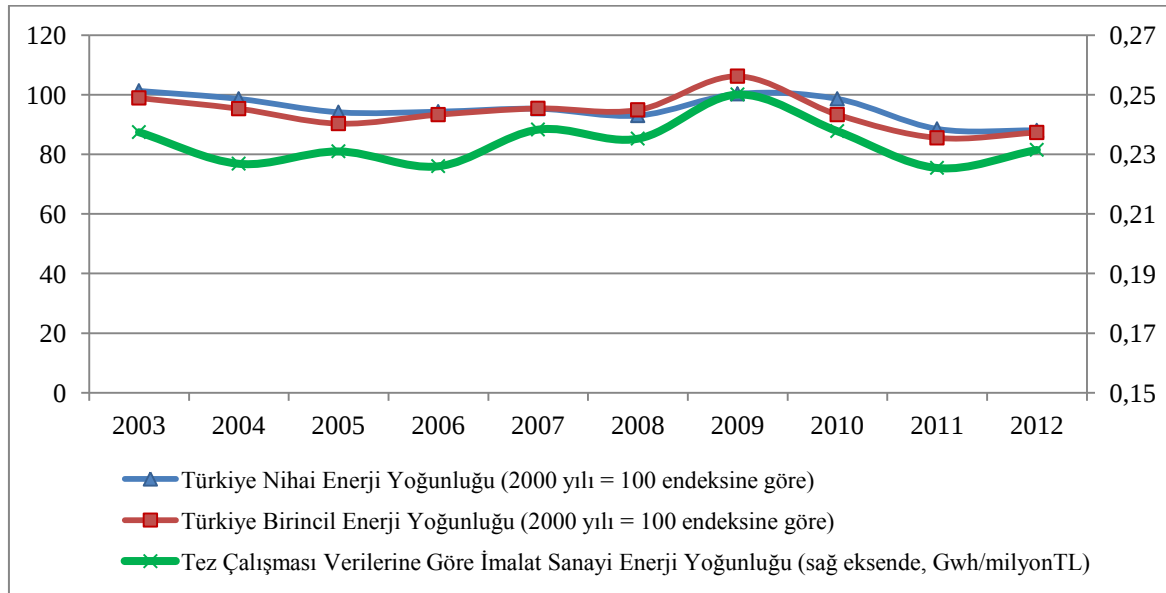
ATM2.2 modeli ise çevresel VZA teknolojisi kullanmasından dolayı ATM2.1’den farklı olarak istenmeyen çıktıya ait kısıtta aylak değişken bulundurmamaktadır. Çevresel boyutta diğer analizlerin yapılmasına da olanak sağlayan bu model, çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar itibarıyla oldukça gerçekçi sonuçlar vermiştir. ATM2.2 modeli, analizi yapılan tüm bölge ve yıllar için istihdama ilişkin herhangi bir azaltım öngörmemekte ve bu durum imalat sanayinin önemi ile istihdam ve işsizliğe yönelik politika öncelikleri açısından bakıldığında oldukça olumlu değerlendirilmektedir. Modelin sermaye stokuna ilişkin azaltım hedefi de yıllar itibarıyla değişmekle birlikte ortalama %10,8 olarak hesaplanmıştır. ATM3 modelinde değeri karar vericilere bırakılan ve Ω katsayısı olarak

modelde bulunan sermaye stoku azaltımının üst limiti %4 olarak belirlenmişti. Burada ortaya çıkan %10'luk azaltım oranı, makul sayılabilecek bir sermaye stoku seviyesine işaret etmektedir. Şöyle ki, yıpranma oranının imalat sanayinde $1/26$ olduğu bilindiğinden, 100 birimlik bir sermaye stoku ilave yatırım yapılmaması durumunda üç yıl sonra 88,9 birime gerileyecektir. Pratikte de imalat sanayinin genel anlamda etkinliğinin artması, enerji yoğunluğunun azalması ve diğer göstergelerde iyileştirme yapabilmesi için uygulanacak politika ve programlar en az üç ilâ beş yıllık bir döneme ihtiyaç duyacaklardır. ATM2.2 modelinin enerji girdisi üzerinde öngördüğü azaltım ise %15,3; üretim değerindeki artış oranı ise %14,4 olarak hesaplanmıştır. ATM2.2 modeli baz alınarak sözü edilen tüm bu iyileştirme hedefleri neticesinde, kısa dönemde imalat sanayinin enerjiyi etkin kullanan, çevreci ve üretken bir sanayi yapısına kavuşmasının mümkün olduğu değerlendirilmektedir.

Tez çalışmasında, imalat sanayinin bölgesel düzeyde etkinlik ölçümünü uygulanabilir ve gerçekçi sonuçlarla politika yapma süreçlerine katkı sağlayacak şekilde gerçekleştirme amacıyla önerilen ATM3 modelinin ise genel olarak değerlendirildiğinde ATM2.2 modeline kıyasla, beklendiği üzere girdi azaltımları arasından sermaye stokuna ilişkin daha düşük ve bu sayede daha uygulanabilir sonuçlar verdiği görülmektedir. Örneğin 2003 yılına bakılacak olursa, ATM2.2 modeli sermaye stoku için imalat sanayi genelinde %26,9 oranında azaltım öngörürken, ATM3 modeli bu yılda sermaye stoku azaltım oranını %1,5 olarak hesaplamıştır. Ancak buna karşılık 2003 yılında ATM3 modeli, enerji girdisinde daha az, üretimde ise hem oran hem miktar bakımından daha büyük bir iyileştirme önermektedir. 2003–2012 dönemi baz alınarak ATM3 modeli sonuçları değerlendirildiğinde bölgelerin imalat sanayinde istihdam seviyesinin aynı kalması ve sermaye stokunun %1 oranında azaltılması ile beraber, elektrik tüketiminde %15,6 oranında yapılacak bir azaltım ve üretim değerinde yapılacak %12,6 oranında bir artırım ile enerji yoğunluğu %25,0 oranında azaltılabilecektir. Enerji dışı girdilerdeki sıfıra yakın azaltım, mevcut sanayi yapısının korunması yönünde istenilen sonucu vermektedir. Bu hedefler ATM2.2 modeline göre karşılaştırıldığında, çok daha uygulanabilir görünmektedir.

4.6.2. Enerji yoğunluğu azaltım hedeflerinin ulusal hedeflerle karşılaştırılması

Türkiye’de enerji verimliliği alanında sorumlu kuruluşlardan olan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistik Programı kapsamında Türkiye’nin enerji yoğunluğu istatistiklerini yayımlamaktadır. İklim düzeltmeli olarak birincil enerji yoğunluğu ve nihai enerji yoğunluğu olarak iki farklı türde 2000=100 baz yıllık olarak hesaplanan bu göstergeler ile tez çalışmasında elektrik girdisi ile üretim değerinin oranlanması ile elde edilen imalat sanayi geneli enerji yoğunluğu düzeyleri aşağıdaki şekilde verilmektedir.

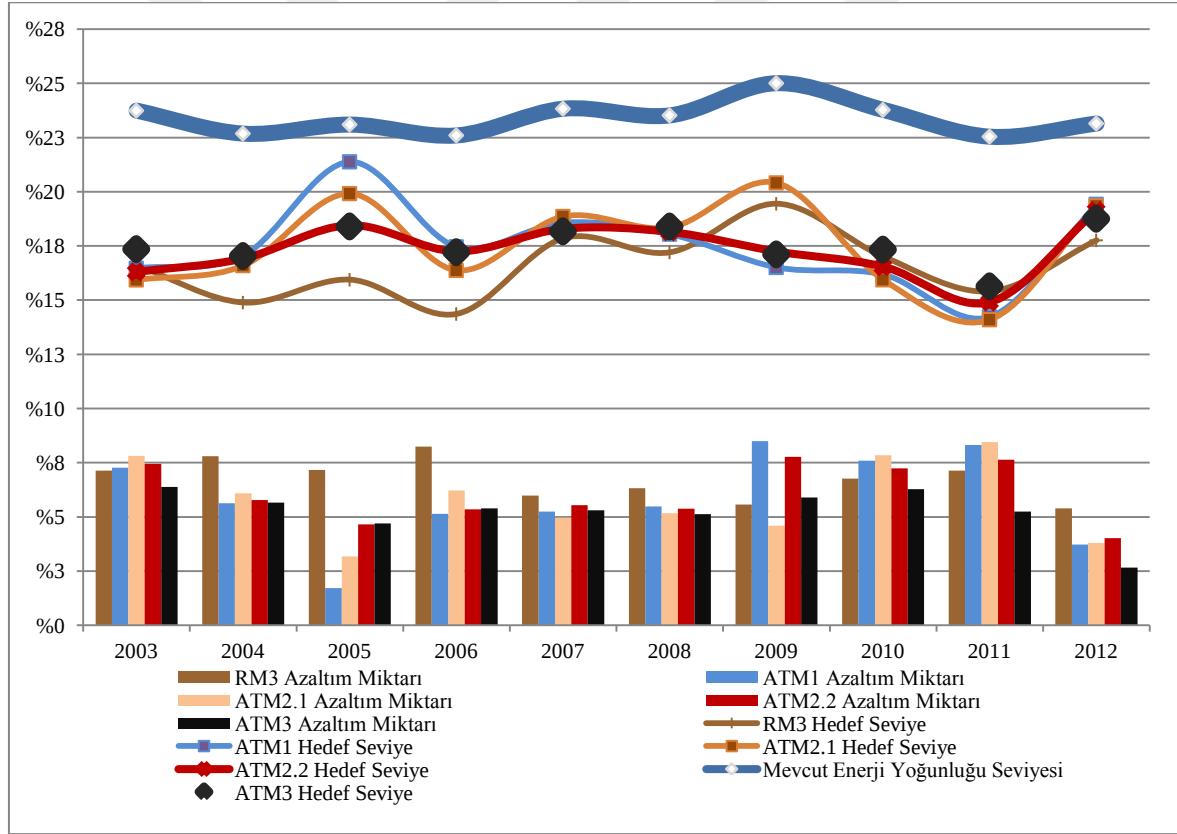


Şekil 4.10. Türkiye geneli ve imalat sanayinin enerji yoğunluğu karşılaştırması

İklim düzeltmeli yayımlanan resmi verilerin daha düzgün bir şekilde hareket ettiği görülmektedir. Buna karşın, bu çalışmanın verilerine dayanılarak hesaplanan enerji yoğunluğu düzeylerinin, resmi serilerle uyumlu olduğu söylenebilir. Enerji yoğunluğuna dair ulusal düzeydeki azaltım hedefleri ile VZA modelleri ile hesaplanan hedefleri karşılaştırması ise Şekil 4.11’de verilmektedir.

Kıyaslama ve değerlendirme açısından şu bilgiyi vermekte fayda görülmektedir. 2012 yılında yürürlüğe giren *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012–2023)*’e göre ülkemizin enerji yoğunluğunun 2023 yılına kadar %20 azaltılması, *Onuncu Kalkınma Planı (2014–2018)*’e göre de 2018 yılına kadar %10 azaltılması hedeflenmiştir. Model sonuçlarından elde edilen enerji yoğunluğu azaltım hedefleri, sözü geçen strateji belgelerinde koyulan

hedeflerin gerçekçi olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Resmi belgelerde sözü edilen bu hedefler, literatürde ekonomi ya da sektör genelinde konuyla ilgili izlenebilirliği sağlayacak herhangi çalışma olmadığı için, uzman kurum ve kuruluşlarca iyi uygulama örnekleri ve benzer ülke karşılaştırmalarına dayanılarak tespit edilmektedir. Hedefin belirlenmesi için dayanak oluşturan ve *dışsal* olarak nitelendirilebilecek bu kaynaklara alternatif olarak, tez çalışması imalat sanayinin girdi-çıktı yapısı ve üretim teknolojisini farklı VZA yaklaşımları ile modelleyerek *içsel* olarak nitelendirilebilecek bilgi ile desteklemektedir. Şekil 4.11 incelendiğinde etkinlik ölçüm sonuçları açısından da girdi ve çıktılarda oldukça makul azaltım ve artırım oranları veren ATM3 modelinin, bu şekilde de oldukça uygun enerji yoğunluğu azaltım hedefleri ortaya koyduğu göze çarpmaktadır. Ayrıca, ATM2.2 modelinin hedefleri, ATM3 ile yakın seyretmektedir.

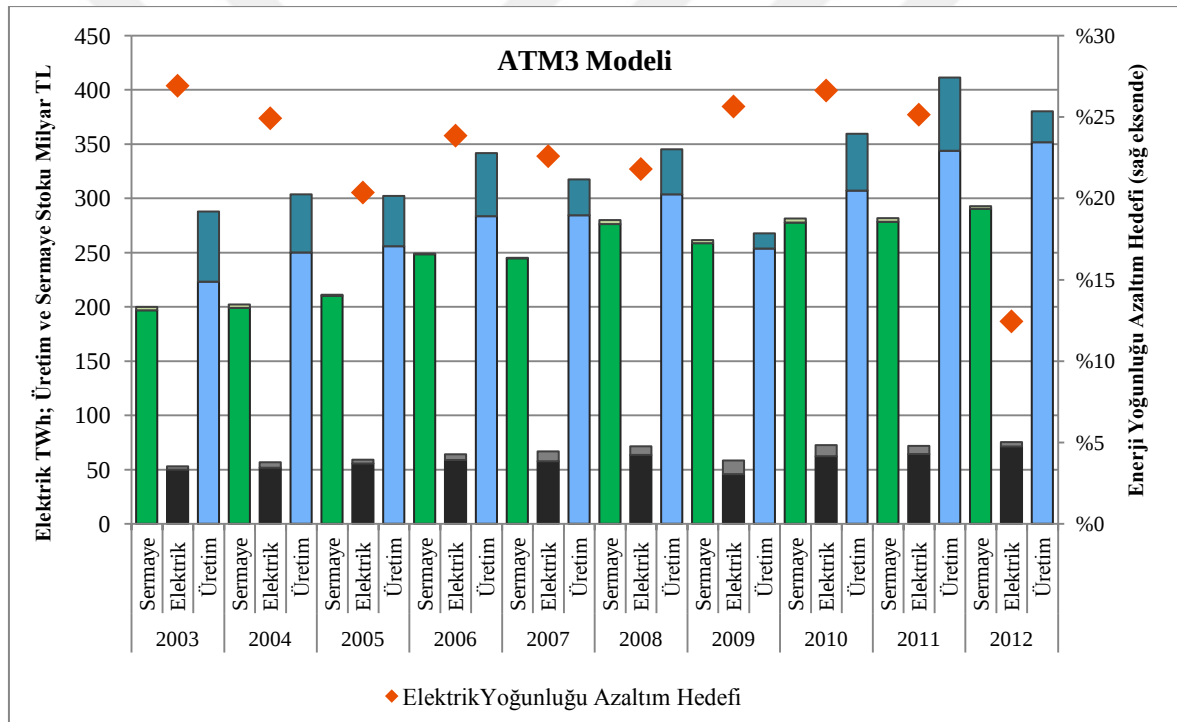


Şekil 4.11. Modellerle göre imalat sanayinin enerji yoğunluğu seviyesi ve azaltım hedefleri

4.6.3. ATM3 modeli ile elde edilen iyileştirmeler ve gelişmişlik karşılaştırması

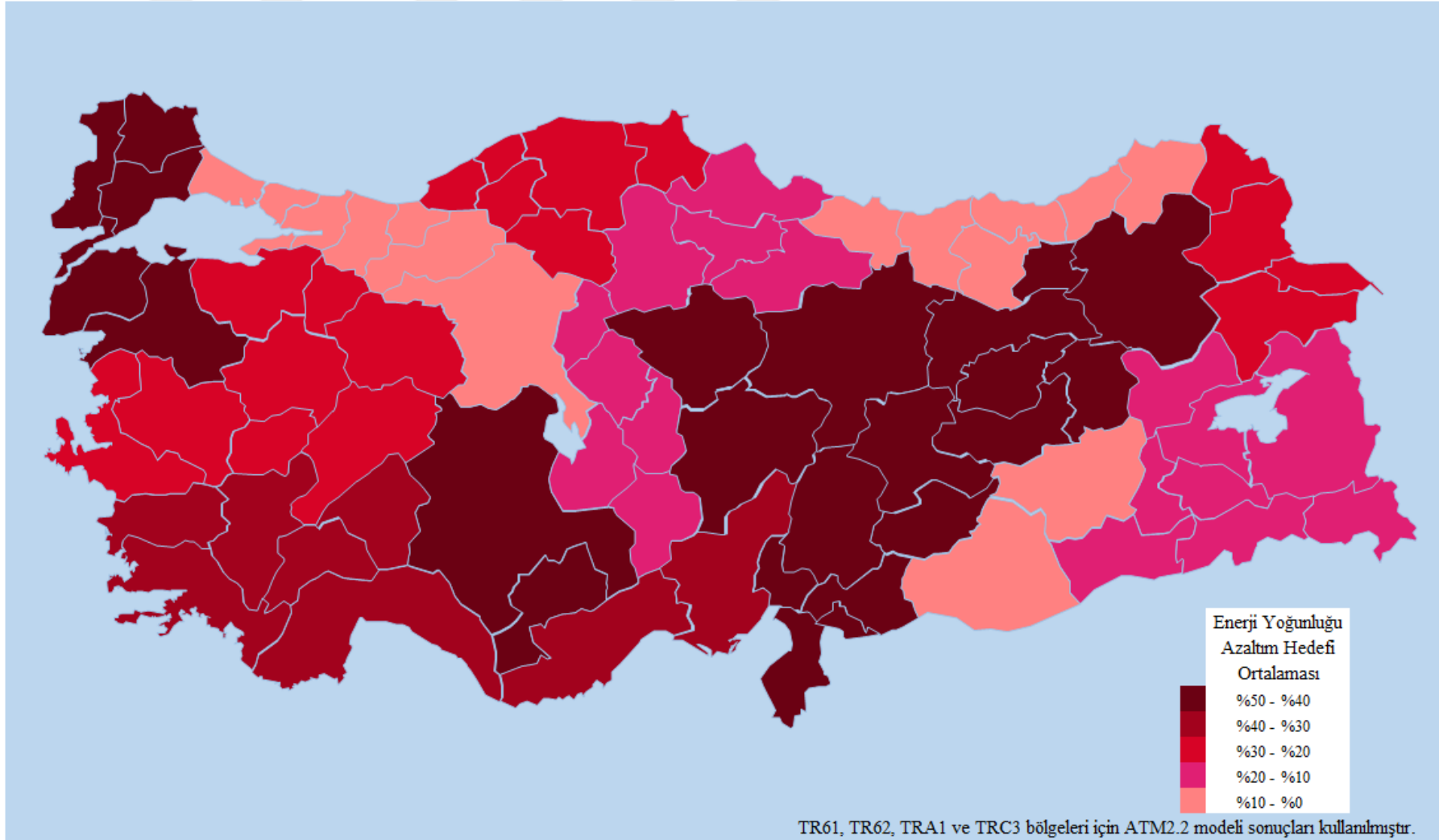
Tüm model sonuçları değerlendirildiğinde, ATM3 modelinin Türk imalat sanayinde çevresel boyutu da içeren bir etkinlik ölçümü için oldukça uygun ve gerçekçi sonuçlar

üretmesinden dolayı tercih edilebilir bulunmuştur. Tüm girdi ve çıktı iyileştirmeleri dikkate alındığında, ATM2.2 modeli de analiz döneminde ATM3 modeli sonuçlarına yakın ve anlamlı sonuçlar vermektedir. Analiz dönemini için ATM3 modeline ait yıllar bazında iyileştirmelere ilişkin sonuçlar aşağıdaki şekilde sunulmaktadır. Şekil 4.12, ATM3 modeli sonuçlarından elde edilen; yıllar itibariyle bölgelerin imalat sanayinin toplam sermaye stoku ve elektrik tüketimlerine ve toplam üretim değerlerine bağlı olarak hesaplanan iyileştirme miktarları ve enerji yoğunluğu azaltım hedefi bilgisini sunmaktadır. Model yapısı gereği, mevcut emisyon seviyelerinin sabit tutulması sonucu emisyonlara ilişkin bir iyileştirme önermemektedir. Model sonuçlarında istihdama ilişkin bir azaltım oranının sifıra yakın çıkmasından dolayı, bu girdiye ilişkin bilgiye şekilde yer verilmemiştir.



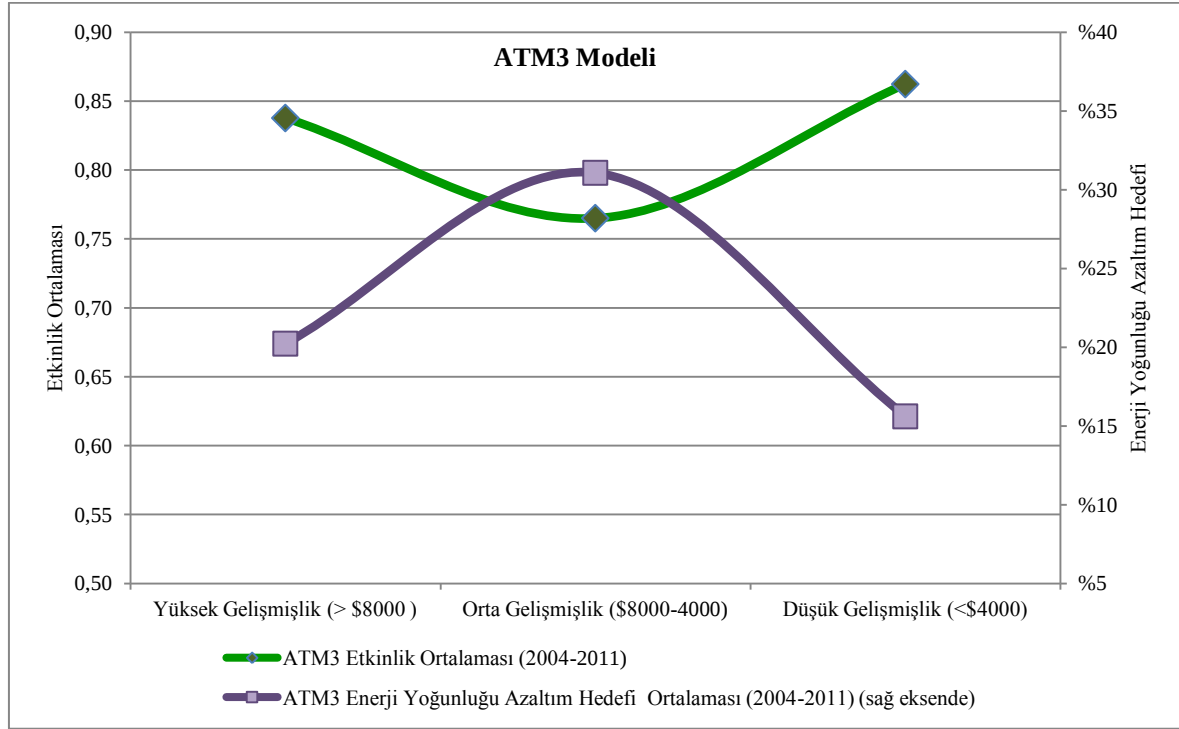
Şekil 4.12. Yıllar itibariyle ATM3 modeline göre imalat sanayi genelinde iyileştirmeler

Şekil 4.12’de verilen çubuk grafikte, elektrikle ilgili çubuklarda girdilerdeki açık renkli alanlar azaltım yapılması gereken miktarı, üretim değeri ile ilgili çubuklarda koyu mavi kısımlar ise artırım yapılması gereken üretim miktarını göstermektedir. Turuncu noktalar ise ilgili yıla ait elektrik yoğunluğu azaltım hedefini yüzde olarak sağ ekseninde göstermektedir. ATM3 modeli sonuçlarına göre, bölgelerin analiz dönemindeki elektrik girdisi ile hesaplanan enerji yoğunluğu azaltım hedefi ortalamalarına göre hazırlanan harita aşağıda sunulmaktadır.



Harita 4.2. ATM3 sonuçlarına göre bölgelerin enerji yoğunluğu azaltım hedefi ortalamaları (2003-2012)

Bölgelerin gelişmişlik seviyesinin bir göstergesi olan kişi başına gayri safi katma değer verileri ile ATM3 modelinin sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla aşağıdaki şekil sunulmaktadır. Radyal modellerde de yapılan benzeri kıyaslama, burada etkinlik skoru ortalamaları ve elektrik yoğunluğu azaltım hedefleri ortalamaları ile yapılmıştır.



Şekil 4.13. Bölgesel gelişmişlik gruplarına göre ATM3 modelinin etkinlik skoru ve elektrik yoğunluğu azaltım hedefi ortalamaları

Kuznets (1955) sıklıkla atıf yapılan ve ekonomik gelişme ile gelir eşitsizliğini açıklamak üzere yaptığı çalışmasında, ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında gelir adaletsizliğinin ekonomik gelişme ile birlikte artacağını, buna karşın ekonomik gelişme sürdükçe gelir eşitsizliğinin artma eğiliminin ilk olarak duracağını, ardından da azalacağını öne sürmüştür. Tokatlıoğlu ve Atan (2007)'ın Türkiye için Kuznets eğrilerinin varlığını ve yapısını ekonometrik yöntemlerle inceledikleri çalışmasında Kuznets (1955)'ten aktarıldığı üzere, ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında tarım kesimi ekonomide baskın sektördür. Tarım kesiminde verimliliğin düşük olmasına karşın, bu düşük verimlilik düzeyi toplumun tüm kesimlerinde yaygın görüldüğünden gelir adaletsizliği de nispeten düşüktür. Ekonomik gelişmenin ilk aşamalarında tarım sektörü küçülmeye ve tarımdan ayrılan işgücü sanayi kesimine doğru yönelmeye başlamaktadır. Çünkü sanayi, tarıma nazaran daha fazla katma değer üretebilen bir yapıdadır. Sanayi kesiminde çalışan nüfus, tarıma göre sanayinin

verimlilik farkından dolayı olarak daha yüksek gelir elde etmeye başlayacak ve bu doğrultuda toplumda gelir adaletsizliği artacaktır. Kırdan kente göçün sürmesi ve tarım kesiminde çalışan işgücünün yoğunluğunun sabit kalması, gelir adaletsizliğini artıracaktır. Ancak sanayinin büyümesi ve ekonomik gelişmenin artması ile sanayi kesiminde yer alan nüfus oranı ve gelir payları artacaktır. Böylece gelir adaletsizliğinin önce artışı yavaşlayacak, sonra ise sanayi kesimi ekonomide baskın duruma geçince, toplum genelindeki gelir seviyeleri yakınsayarak son durumda gelir adaletsizliği azalacaktır.

Çevre konularının 1990'lı yıllardan itibaren önem kazanmasıyla birlikte, bu hipoteze dayanılarak çevresel etkileri gelişmişlikle açıklamak üzere literatürde çevresel Kuznets eğrisi olarak isimlendirilen eğriler incelenmeye başlanmıştır (Kocak, 2014). Çevresel Kuznets eğrileri de gelişmişlik ve çevresel kirliliğin açıklanmasında ters U tipinde bir eğriden yararlanmaktadır. Bu yaklaşıma göre çevresel kirlilik, ekonomik gelişmeye bağlı olarak önce artış göstermekte daha sonra ise azalma eğilimine dönmektedir.

Tez çalışmamızın bulgularında da istatistiksel olarak belirlenmesi de eğilim olarak benzer durum ortaya çıkmıştır. Gerek ATM3 modelinde gerekse radyal model sonuçlarında gözlenen bu eğri, hem ekonomik hem de çevresel boyutu da içerdiğinden dolayı etkinlik ile gelişmişlik arasında var olan U tipi bir ilişkiyi tanımlamaktadır. Bölgelerin enerji yoğunluğu azaltım hedefleri değerlendirildiğinde de aynı durum gözlenmektedir.

Orta gelişmişlik seviyesindeki bölgelerin imalat sanayi, diğer gruplara göre en düşük etkinlik ve en yüksek enerji yoğunluğu azaltım hedefine sahip bulunmaktadır. Kuznets hipotezi açısından bakılacak olursa, bölgeler, az gelişmişlik seviyesinde, küçük ölçeklerinden dolayı daha çevreci sayılabilecek bir üretim yapısına sahiptirler. Gelişmişlik arttıkça, bu gelişmişliğin nedenleri arasında da bulunan imalat sanayi üretimi artmakta ve bu artış, daha fazla kaynak ve enerji kullanımı ile gerçekleştiği için hem etkinlik hem de çevresel performansta bir azalmaya neden olmaktadır. Gene bu etkin olmayan yapı nedeniyle israf edilen enerji ve etkin kullanılmayan üretim kapasitesi nedeniyle enerji yoğunluğu azaltım hedefleri yüksek düzeyde hesaplanmıştır. Yüksek gelişme grubunda ise, hem teknolojinin içselleştirilmesi, hem de daha çevreci üretim teknolojilerinin imalat sanayinde yaygınlaşması gibi yapısal gelişmeler nedeniyle, etkinlik ve çevresel performans artmakta, bununla birlikte enerji yoğunluğu azaltım hedefleri de azalmaktadır.

Bu nedenle, bölgesel düzeyde imalat sanayine yönelik politikaların orta gelişmişlik seviyesindeki bu durum göz önüne alınarak daha çevreci uygulamaların teşvik edilmesi ve az gelişmiş bölgelerde, yenilikçi üretimin desteklenmesi ile orta gelişmişlik düzeyine geçişte daha az çevresel etki yaratmaları sağlanmalıdır.





5. TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜMÜ

Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi, bir karar verme birimine ait iki gözlemin farklı iki teknolojiye ait uzaklıklarının oranı olarak toplam faktör verimliliğindeki değişimi ölçmektedir. Burada kullanılan uzaklık kavramı, yöntemin toplam faktör verimliliği hesaplamasında başvurduğu uzaklık fonksiyonunu ifade etmektedir. Caves, Christensen ve Dieweer (1982) tarafından ortaya konulan bu endekse, uzaklık fonksiyonları aracılığıyla endeks oluşturmayı ilk kez öneren Sten Malmquist'in adı verilmiştir.

Uzaklık fonksiyonu, birden fazla girdi ve çıktıya sahip üretim teknolojilerini, herhangi bir maliyet ya da kar hedefinin bulunmasına gerek duymadan tanımlamada tercih edilmektedir (Tarım, 2001:152). Çıktıya yönelik uzaklık fonksiyonu, üretim teknolojisinde girdilerin miktarları sabit tutulduğunda; mevcut gözlemin çıktılarının, ilgili teknolojide mümkün olan en yüksek çıktı seviyesine olan uzaklığını ölçmektedir. Färe, Grosskopf ve Russell (2005)'in notasyonu izlenerek çıktıya yönelik uzaklık fonksiyonu şu şekilde tanımlanabilir:

$$\begin{aligned} P(x) &= \{x \in \mathbb{R}_+^n \mid x, y' \text{leri üretebilir}\} \\ d_o(x, y) &= \inf \{\theta : (y/\theta) \in P(x)\} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Çıktıya yönelik uzaklık fonksiyonu $d_o(x, y)$ 'nin alacağı değerler, y vektörü *etkin* üretim sınırı üzerinde ise 1; y vektörü sınır içindeki etkin olmayan bir noktayı tanımlıyorsa 1'den küçük ve y vektörü sınır dışında mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa 1'den büyük olur.

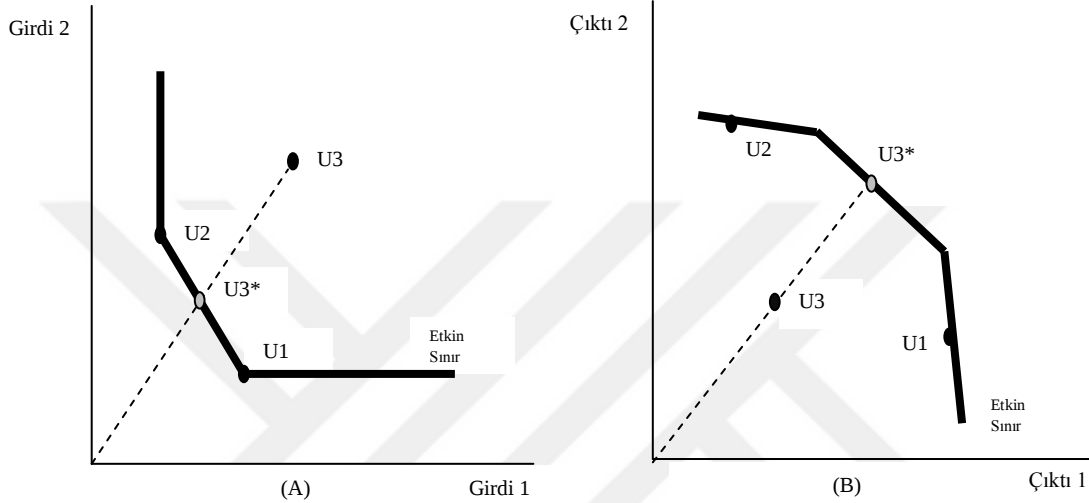
Benzer şekilde, girdiye yönelik uzaklık fonksiyonu da tanımlanabilir. Girdiye yönelik uzaklık fonksiyonu, üretim teknolojisinde çıktıların miktarları sabit tutulduğunda; mevcut gözlemin girdilerinin, ilgili teknolojide mümkün olan en düşük girdi seviyesine olan uzaklığını ölçmektedir.

$$\begin{aligned} L(y) &= \{y \in \mathbb{R}_+^m \mid x, y' \text{leri üretebilir}\} \\ d_i(x, y) &= \sup \{\partial : (x/\partial) \in L(y)\} \end{aligned} \quad (5.2)$$

Girdiye yönelik uzaklık fonksiyonu $d_i(x, y)$ 'nin alacağı değerler, x vektörü *etkin* üretim sınırı üzerinde ise 1; x vektörü sınır içindeki etkin olmayan bir noktayı tanımlıyorsa 1'den

büyük ve x vektörü sınır dışında mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa 1'den küçük olur. Girdi ve çıktı yönelimli uzaklık fonksiyonlarına ilişkin şekil aşağıda verilmiştir.

Şekil 5.1'teki A grafiğinde girdiye yönelik uzaklık fonksiyonuna göre U_3 'ün etkinliği OU_3 uzaklığı ile OU_3^* uzaklığının oranıdır (>1). B grafiğinde çıktıya yönelik uzaklık fonksiyonuna göre etkinlik ise OU_3 uzaklığı ile OU_3^* uzaklığının oranıdır (<1).



Şekil 5.1. Girdiye yönelik (A) ve çıktıya yönelik (B) uzaklık fonksiyonu

5.1. Uzaklık Fonksiyonları ve Etkinlik İlişkisi

Bir karar verme biriminin, üretim sınırına göre konumunu temel alan etkinlik yaklaşımı, göreceli etkinlik ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. Üretim fonksiyonunun, sınır olarak ele alınması yoluyla yapılan ilk ampirik çalışmalar Farrell tarafından yapılmıştır. Bu temel çalışma esas alınarak gerçekleştirilen etkinlik ölçümleri, Farrell etkinlik ölçüsü olarak nitelendirilmiştir. Farrell'ın tanımlarından hareketle, çıktıya yönelik uzaklık fonksiyonu, Farrell'ın çıktıya yönelik etkinlik ölçüsünün çarpmaya göre tersidir (Färe ve diğerleri, 2005:29,33):

$$F_o(x, y) = \frac{1}{d_o(x, y)} \quad (5.3)$$

Yine Farrell tanımlarına göre, girdiye yönelik uzaklık fonksiyonu, Farrell'ın girdiye yönelik etkinlik ölçüsünün çarpmaya göre tersidir:

$$F_i(x, y) = \frac{1}{d_i(x, y)} \quad (5.4)$$

Eğer üretim teknolojisi, ölçeğe göre sabit getiri (CRS) özelliğine sahipse, çıktıya ve girdiye yönelik uzaklık fonksiyonları arasında şu eşitlik vardır (Coelli, Rao, O'Donnell ve Battese, 2005:50):

$$d_i(x, y) = \frac{1}{d_o(x, y)} \quad (5.5)$$

5.2. Malmquist Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ve Metodolojisi

Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi, s ve t dönemleri olarak adlandırabileceğimiz iki dönemde gözlenen girdi ve çıktı vektörlerinin radyal uzaklığını ölçmektedir. Girdi ya da çıktı yönelimli olarak, bu endeksin ifadesi değişmektedir. Ancak, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında ifade edildiğinde, girdiye ve çıktıya yönelik toplam faktör verimliliği endeksleri aynı sonucu verecektir (Coelli ve diğerleri, 2005:69).

Çıktı yönelimli olarak ifade edilecek olursa; çıktı yönelimli verimlilik ölçümleri, belirli bir girdi düzeyi ve gözlenen çıktıları ilişkin olarak verilen bir üretim teknolojisine göre elde edilebilecek en yüksek çıktı düzeyine odaklanmaktadır. Bunu sağlamak amacıyla, s dönemindeki Malmquist verimlilik endeksi, çıktı yönelimli uzaklık fonksiyonları ile şöyle tanımlanır (Coelli ve diğerleri, 2005:67):

$$m_o^s(X_s, Y_s, X_t, Y_t) = \frac{d_o^s(X_t, Y_t)}{d_o^s(X_s, Y_s)} \quad (5.6)$$

Benzer şekilde, t dönemindeki Malmquist verimlilik endeksi ise

$$m_o^t(X_s, Y_s, X_t, Y_t) = \frac{d_o^t(X_t, Y_t)}{d_o^t(X_s, Y_s)} \quad (5.7)$$

olarak tanımlanır.

İki ayrı periyoda, dolayısıyla iki ayrı teknolojiye göre yukarıda tanımlanan Malmquist verimlilik endekslerinin geometrik ortalaması Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi olarak tanımlanmaktadır (Coelli ve diğerleri, 2005:68). Böylece çıktı yönelimli Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi şu şekilde yazılabilir:

$$m_o(X_s, Y_s, X_t, Y_t) = \sqrt{\left[\frac{d_o^s(X_t, Y_t)}{d_o^s(X_s, Y_s)} \times \frac{d_o^t(X_t, Y_t)}{d_o^t(X_s, Y_s)} \right]} \quad (5.8)$$

Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi incelendiğinde iki ayrı bileşene sahip olduğu görülür. Bunlar, etkinlik değişimi ve teknik değişim bileşenleri olarak nitelendirilmektedir. Yukarıdaki eşitlik yeniden yazıldığında:

$$m_o(X_s, Y_s, X_t, Y_t) = \frac{d_o^t(X_t, Y_t)}{d_o^s(X_s, Y_s)} \sqrt{\left[\frac{d_o^s(X_t, Y_t)}{d_o^t(X_t, Y_t)} \times \frac{d_o^s(X_s, Y_s)}{d_o^t(X_s, Y_s)} \right]} \quad (5.9)$$

elde edilir. Eşitliğin sağ tarafının ilk çarpanı t ile s dönemindeki çıktıya yönelik uzaklık fonksiyonlarının oranı olarak s ve t dönemleri arasındaki etkinlik değişimini vermektedir. Kareköklü ifade ise iki dönem arasındaki teknik değişimi göstermektedir.

Girdi yönelimli olarak yazılmak istendiğinde ise, Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi şu şekilde ifade edilebilmektedir (Balk, 2001):

$$m_i(X_s, Y_s, X_t, Y_t) = \sqrt{\left[\frac{d_i^s(X_s, Y_s)}{d_i^s(X_t, Y_t)} \times \frac{d_i^t(X_s, Y_s)}{d_i^t(X_t, Y_t)} \right]} = \frac{d_i^s(X_s, Y_s)}{d_i^t(X_t, Y_t)} \sqrt{\left[\frac{d_i^t(X_t, Y_t)}{d_i^s(X_t, Y_t)} \times \frac{d_i^t(X_s, Y_s)}{d_i^s(X_s, Y_s)} \right]} \quad (5.10)$$

CRS varsayımı altında, girdi ve çıktı yönelimli uzaklık fonksiyonlarının arasındaki $d_i(x, y) = 1/d_o(x, y)$ eşitliği incelendiğinde iki toplam faktör verimliliği endeksinin aynı sonucu vereceği görülür.

5.2.1. Çıktı odaklı Malmquist toplam faktör verimliliği hesaplaması için kullanılan VZA modelleri

Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi uzaklık fonksiyonları ile ifade edildiğinden, denklemde yer alan dört adet uzaklık fonksiyonunun hesaplanması gerekmektedir. Daha

önce verilen $F_o(x, y) = 1/d_o(x, y)$ eşitliğinden hareketle, uzaklık fonksiyonlar Veri Zarflama Analizi modelleri ile çözülebilmektedir. Dört farklı uzaklık fonksiyonu için gerekli doğrusal programlama modelleri şu şekilde yazılabilir (Tarım, 2001:155-156):

$$\begin{aligned}
 \left[d_o^s(y_s^{k'}, x_s^{k'}) \right]^{-1} &= \max \theta^{k'} \\
 \text{st} \\
 -\theta^{k'} y_s^{k'} + Y_s \lambda &\geq 0 \\
 x_s^{k'} - X_s \lambda &\geq 0 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \left[d_o^t(y_t^{k'}, x_t^{k'}) \right]^{-1} &= \max \theta^{k'} \\
 \text{st} \\
 -\theta^{k'} y_t^{k'} + Y_t \lambda &\geq 0 \\
 x_t^{k'} - X_t \lambda &\geq 0 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned}
 \tag{5.11}$$

$$\begin{aligned}
 \left[d_o^t(y_s^{k'}, x_s^{k'}) \right]^{-1} &= \max \theta^{k'} \\
 \text{st} \\
 -\theta^{k'} y_s^{k'} + Y_t \lambda &\geq 0 \\
 x_s^{k'} - X_t \lambda &\geq 0 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \left[d_o^s(y_t^{k'}, x_t^{k'}) \right]^{-1} &= \max \theta^{k'} \\
 \text{st} \\
 -\theta^{k'} y_t^{k'} + Y_s \lambda &\geq 0 \\
 x_t^{k'} - X_s \lambda &\geq 0 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned}$$

Burada ifade edilen uzaklık fonksiyonu değerlerinin tüm dönemler ve birimlerde hesaplanabilmesi için, n karar verme birimini ve t dönem sayısını göstermek üzere, $n(3t-2)$ tane doğrusal programlama modelinin çözümü gerekmektedir (Tarım, 2001:156).

5.2.2. Girdi odaklı Malmquist toplam faktör verimliliği hesaplaması için kullanılan VZA modelleri

Girdiye yönelik uzaklık fonksiyonları da VZA modelleri ifade edilmek istenirse önceki kısımlarda ifade edilen eşitlikler kullanılarak şu modeller elde edilir:

$$\begin{aligned}
& \left[d_i^s(y_s^{k'}, x_s^{k'}) \right]^{-1} = \min \mu^{k'} \\
& st \\
& -y_s^{k'} + Y_s \lambda \geq 0 \\
& \mu^{k'} x_s^{k'} - X_s \lambda \geq 0 \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned}
\quad
\begin{aligned}
& \left[d_i^t(y_t^{k'}, x_t^{k'}) \right]^{-1} = \min \mu^{k'} \\
& st \\
& -y_t^{k'} + Y_t \lambda \geq 0 \\
& \mu^{k'} x_t^{k'} - X_t \lambda \geq 0 \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned}
\tag{5.12}$$

$$\begin{aligned}
& \left[d_i^t(y_s^{k'}, x_s^{k'}) \right]^{-1} = \min \mu^{k'} \\
& st \\
& -y_s^{k'} + Y_t \lambda \geq 0 \\
& \mu^{k'} x_s^{k'} - X_t \lambda \geq 0 \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned}
\quad
\begin{aligned}
& \left[d_i^s(y_t^{k'}, x_t^{k'}) \right]^{-1} = \min \mu^{k'} \\
& st \\
& -y_t^{k'} + Y_s \lambda \geq 0 \\
& \mu^{k'} x_t^{k'} - X_s \lambda \geq 0 \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned}$$

5.3. Malmquist-Luenberger Toplam Faktör Verimliliği Endeksi ve Metodolojisi

Literatüre bakıldığında, Malmquist toplam faktör verimliliği hesaplamalarında istenmeyen çıktıların zayıf atılabilirlik varsayımı altında ele alınmasının bazı sakıncaları olduğu ifade edilmektedir (Chung, Färe ve Grosskopf, 1997; Yörük ve Zaim, 2005). Bunun sebebi, çıktı yönelimli uzaklık fonksiyonlarının, tanımı gereği çıktı miktarlarını artırması ve dolayısıyla istenmeyen çıktıları da istenen çıktılar ölçüsünde artırmasıdır.

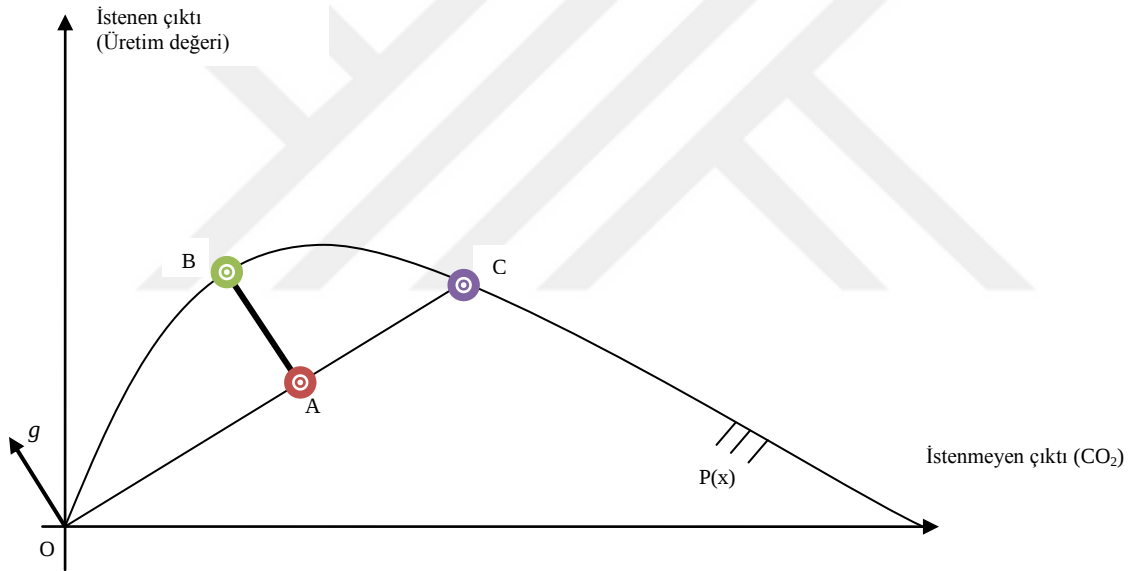
Orijinal Malmquist endeksi, üretim teknolojisini temsil etmek üzere Shephard çıktı uzaklık fonksiyonlarını kullanmaktadır. Shephard uzaklık fonksiyonu tanımına göre istenmeyen çıktıyı içeren üretim teknolojisi şöyle ifade edilir (Chung ve diğerleri, 1997):

$$d_o(x, y, b) = \inf \{ \theta : (y, b/\theta) \in P(x) \} \tag{5.13}$$

Buradan görüleceği üzere, fonksiyon istenen çıktıyı (y) ve istenmeyen çıktıyı (b) aynı oranda artırma eğilimindedir. Ancak çevresel anlamda amaç, istenen çıktıları artırmak, istenmeyen çıktıları azaltmak olduğu için, Shephard tanımlı çıktıya yönelik uzaklık fonksiyonu ihtiyacı karşılamamaktadır. Uzaklık fonksiyonlarının tanımlarının verildiği yukarıdaki kısımda aktarıldığı üzere, Shephard uzaklık fonksiyonları, Farrell çıktı yönelimli etkinlik ölçüsünün çarpmaya göre tersidir.

Karar verme birimlerinin, istenen çıktıları artırmak, istenmeyen çıktıları ise azaltmak yönünde Shephard uzaklık fonksiyonu yerine kullanılabilecek fonksiyon *doğrusal uzaklık fonksiyonu* olarak literatürde sunulmuştur (Chung ve diğerleri, 1997). Doğrusal uzaklık fonksiyonu, aşağıda açıklandığı gibi, üretim imkânları kümesinde istenen çıktıları artırırken, eş zamanlı olarak istenmeyen çıktıları ise azaltmaktadır.

Bu durum Şekil 5.2’te açıklanmaktadır (Chung ve diğerleri, 1997). Etkinsiz olan A noktası, Shephard uzaklık fonksiyonuna göre hesaplandığında C noktasına referans verilirken, doğrusal uzaklık fonksiyonu kullanıldığında B noktasını referans alacaktır. B noktasının sahip olduğu çıktı miktarları dikkate alındığında, A noktası, $P(x)$ teknolojisinde aynı miktarda girdi ile daha çok istenen çıktı ve daha az istenmeyen çıktı üretebilir.



Şekil 5.2. Uzaklık fonksiyonları

Doğrusal uzaklık fonksiyonunun tanımı şöyledir (Chung ve diğerleri, 1997):

$$\bar{d}_o(x, y, b; g) = \sup \{ \beta : (y, b) + \beta g \in P(x) \} \quad (5.14)$$

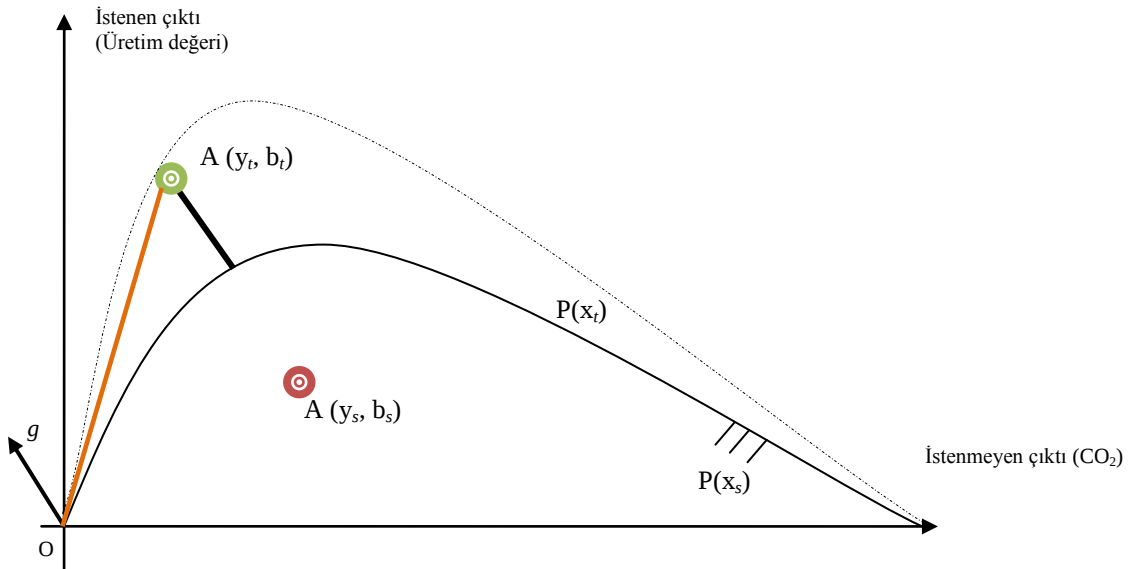
Burada “ g ” çıktıların ölçeklendirileceği “*doğru*” vektörüdür. Amaca uygun olarak $g=(y,-b)$ olarak seçildiğinde, istenen çıktılar artırılırken, istenmeyen çıktılar azaltılabilir. Yukarıda verilen Şekil 5.2, üretim teknolojisi özelliklerinden hem *zayıf atılabilirlik*, hem de *müşterek üretim* (ing. *null-jointness*) özelliğini sağlamaktadır. Shephard çıktı uzaklık fonksiyonu ile

doğrusal uzaklık fonksiyonu arasındaki ilişki incelenirse aşağıdaki eşitlik elde edilir. Shephard tanımında istenmeyen çıktılar olamadığı için $g=(y,b)$ olsun.

$$\begin{aligned}
 \bar{d}_o(x, y, b; y, b) &= \sup\{\beta : d_o(x, (y, b) + \beta(y, b)) \leq 1\} \\
 &= \sup\{\beta : (1 + \beta)d_o(x, y, b) \leq 1\} \\
 &= \sup\{\beta : \beta \leq \frac{1}{d_o(x, y, b)} - 1\} \\
 &= 1/d_o(x, y, b) - 1
 \end{aligned} \tag{5.15}$$

Benzer şekilde $d_o(x, y, b) = 1/(1 + \bar{d}_o(x, y, b; y, b))$ olarak yazılabilir. Burada gösterildiği gibi Shephard uzaklık fonksiyonu, doğrusal uzaklık fonksiyonunun özel bir hali olarak karşımıza çıkmaktadır.

Shephard uzaklık fonksiyonu kullanan Malmquist toplam faktör verimliliği endeksinin istenmeyen çıktı olduğu durumda, bunları azaltmak yerine artırma eğiliminde olması ve bunun sonucunda doğru ölçüm yapamaması durumu Şekil 5.2’te görülmektedir. Şekil 5.3 ise dönemler arası karşılaştırma ya da ölçüm yakarken ortaya çıkan olumsuzluğu ortaya koymaktadır.



Şekil 5.3. Dönemler arası ölçümde uzaklık fonksiyonları

$P(x_s)$ döneminden $P(x_t)$ dönemine geçişte teknolojik ilerleme (teknik değişim) olduğu varsayılсын. $A(y_t, b_t)$ gözlemi bu durumda $P(x_t)$ dönemine göre mümkün bir gözlem

olmakta ve üretim teknolojisinin içinde yer almakta iken, $P(x_s)$ dönemine göre mümkün olmayan bir gözlemi tanımlamaktadır. Şekil 5'te ortaya çıkan bu durumda, Shephard uzaklık fonksiyonunu, orijine göre ölçüm yaptığı için etkinliği $+\infty$ olarak ölçecektir. Ancak doğrusal uzaklık fonksiyonu, t dönemindeki A gözlemini g vektörü ile $P(x_s)$ teknolojisine göre ölçtüğü için tutarlı sonuçlar verecektir (Chung ve diğerleri, 1997).

Shephard uzaklık fonksiyonunun istenmeyen çıktı olması durumunda ortaya çıkan olumsuzluklar karşısında literatürde verimlilik endeksleri hesaplamalarında Shephard uzaklık fonksiyonları yerine doğrusal uzaklık fonksiyonları kullanılması önerilmiştir. Doğrusal uzaklık fonksiyonu kullanan bu endekse Malmquist-Luenberger verimlilik endeksi adı verilmektedir (Chung ve diğerleri, 1997). Çıktı odaklı Malmquist-Luenberger (ML) verimlilik endeksi şöyle tanımlanabilir:

$$ML = \left[\frac{(1 + \bar{d}_o^s(x_s, y_s; y_s, -b_s))}{(1 + \bar{d}_o^s(x_t, y_t; y_t, -b_t))} \times \frac{(1 + \bar{d}_o^t(x_s, y_s; y_s, -b_s))}{(1 + \bar{d}_o^t(x_t, y_t; y_t, -b_t))} \right]^{1/2} \quad (5.16)$$

Burada seçilen g vektörü $(y, -b)$ yerine (y, b) olarak ifade edildiğinde, Malmquist-Luenberger verimlilik endeksi Malmquist verimlilik endeksi ile aynı sonucu verecektir. Malmquist-Luenberger verimlilik endeksi de iki bileşene ayrılabilir.

$$ML = \frac{(1 + \bar{d}_o^s(x_s, y_s; y_s, -b_s))}{(1 + \bar{d}_o^t(x_t, y_t; y_t, -b_t))} \left[\frac{(1 + \bar{d}_o^t(x_s, y_s; y_s, -b_s))}{(1 + \bar{d}_o^s(x_s, y_s; y_s, -b_s))} \times \frac{(1 + \bar{d}_o^t(x_t, y_t; y_t, -b_t))}{(1 + \bar{d}_o^s(x_t, y_t; y_t, -b_t))} \right]^{1/2} \quad (5.17)$$

Eşitliğin sağ tarafındaki ilk ifade etkinlik değişimini, ikinci ifade ise teknik değişimi göstermektedir.

Malmquist-Luenberger verimlilik endeksinde var olan doğrusal uzaklık fonksiyonları doğrusal programlama modelleri ile çözülebilmektedir. Aşağıda verilen model, denklemde yer alan doğrusal uzaklık fonksiyonlarına uyarlanabilir. İstenmeyen çıktılar için zayıf atılabilirlik varsayımı, modelin ilgili kısıtında eşitlik olarak ifade edilmektedir.

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{d_o^s}(x_t^{k'}, y_t^{k'}, b_t^{k'}; y_t^{k'}, -b_t^{k'}) &= \max \beta^{k'} \\
st \\
Y_s \lambda &\geq (1 + \beta^{k'}) y_t^{k'} \\
X_s \lambda &\leq (1 - \beta^{k'}) x_t^{k'} \\
B_s \lambda &= (1 - \beta^{k'}) b_t^{k'} \\
\lambda &\geq 0, \quad k = 1, \dots, K
\end{aligned} \tag{5.18}$$

5.4. İmalat Sanayinde Toplam Faktör Verimliliği Sonuçları

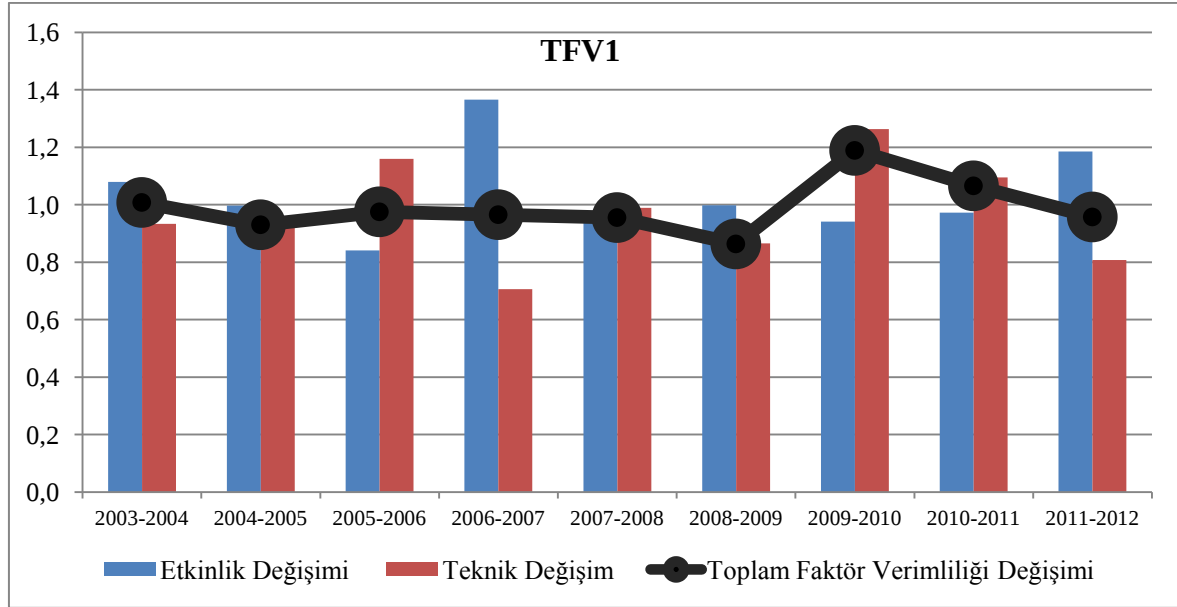
Daha önceki bölümlerde bölgesel düzeyde etkinlik analizleri yapılan imalat sanayinin, bu bölümde toplam faktör verimliliği endeksleri kullanılarak analizi yapılmıştır.

Tez çalışmasının ele aldığı dönem olan 2003–2012 yılları arasında Türk imalat sanayinde bölgesel düzeyde, yukarıda verilen yöntemler ile üç adet toplam faktör verimliliği hesaplaması (TFV1, TFV2, TFV3) yapılmıştır. TFV'nin bileşenleri olan etkinlik değişim ve teknik değişim de TFV değişimi ile birlikte verilmiştir.

5.4.1. İstenmeyen çıktının olmadığı hesaplamalar (TFV1)

TFV1 olarak isimlendirilen bu endeks, etkinlik analizlerinde Model 1 olarak ifade edilen üç girdi ve tek çıktının yer aldığı model temelinde §5.2.1'de verilen çıktı odaklı VZA modelleri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmanın önceki bölümlerinde etkinlik analizlerinde kullanılan ve RM1 olarak adlandırılan üç girdi ve tek çıktıdan oluşan model yardımıyla, literatürde CCD (Caves, Christensen, Diewert) endeksi olarak da geçen Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi sonuçları sunulmuştur. Bu endekste tercih edilen çıktı, *istenen çıktı* olarak ifade edilen üretim değeridir.

İlgili şekil, bölgelerin geometrik ortalamalarına göre hesaplanmıştır ve yıldan yıla değişimi ifade etmektedir. Çizelge ise bölgelerin analiz dönemindeki ortalama değişimlerini vermektedir.



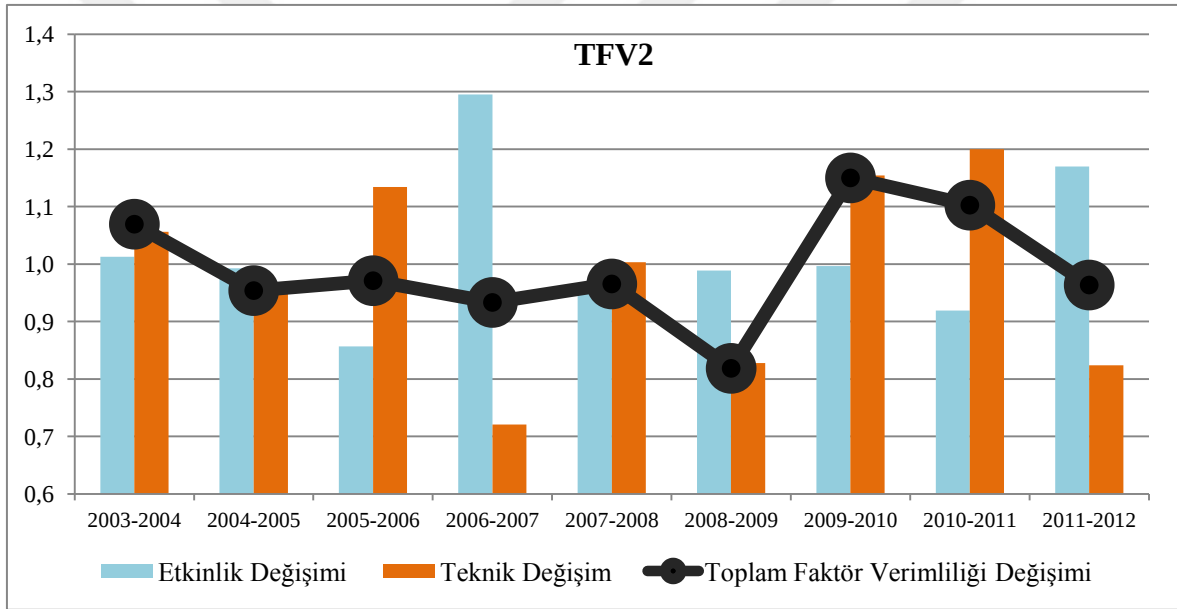
Şekil 5.4. TFV1'e göre toplam faktör verimliliği değişimi ve bileşenleri

Çizelge 5.1. TFV1'e göre bölgelerin ortalama toplam faktör verimliliği değişimleri

	Etkinlik Değişimi	Teknik Değişim	TFV1 Değişimi	TFV1 Değişimine Göre Sıra No
TR10	1,000	0,996	0,996	13
TR21	1,035	0,964	0,998	10
TR22	1,076	0,925	0,996	14
TR31	1,013	0,990	1,003	8
TR32	1,056	0,968	1,023	3
TR33	1,026	0,962	0,988	17
TR41	1,030	0,989	1,019	4
TR42	1,000	0,995	0,995	15
TR51	1,000	0,971	0,971	20
TR52	1,070	0,957	1,025	2
TR61	1,063	0,942	1,001	9
TR62	1,013	0,991	1,004	7
TR63	1,023	0,957	0,979	18
TR71	0,977	0,925	0,903	26
TR72	1,039	0,976	1,014	5
TR81	1,042	0,957	0,997	11
TR82	1,018	0,934	0,951	23
TR83	1,070	0,913	0,977	19
TR90	1,029	0,961	0,989	16
TRA1	1,010	1,001	1,011	6
TRA2	1,033	0,965	0,997	12
TRB1	1,056	0,918	0,969	21
TRB2	0,961	0,950	0,913	25
TRC1	1,062	0,966	1,026	1
TRC2	1,060	0,908	0,962	22
TRC3	1,000	0,946	0,946	24
Analiz Dönemi Ortalaması	1,029	0,958	0,986	

5.4.2. İstenmeyen çıktı ve enerji girdisi üzerinden yapılan hesaplamalar (TFV2)

Çalışmada *istenmeyen çıktı* olarak etkinlik analizlerinde yer verilen CO₂ emisyonunun toplam faktör verimliliği analizinde de yer alması, bölgelerin imalat sanayinin çevresel boyutu da içerecek şekilde verimlilik gelişimlerinin incelenmesinde yardımcı olacaktır. Buradan hareketle, RM3 olarak daha önce ifade edilen, istenmeyen çıktıları zayıf atılabilirlik varsayımı altında ele alan ve enerji tasarrufu potansiyelini maksimize eden radyal model, Malmquist endeks yaklaşımı ile toplam faktör verimliliği analizinde kullanılmıştır. §5.2.2’de yer alan modellerde RM3 modeli kullanılarak, girdi odaklı Malmquist endeks ve bileşenleri hesaplanmıştır.



Şekil 5.5. TFV2’ye göre toplam faktör verimliliği değişimi ve bileşenleri

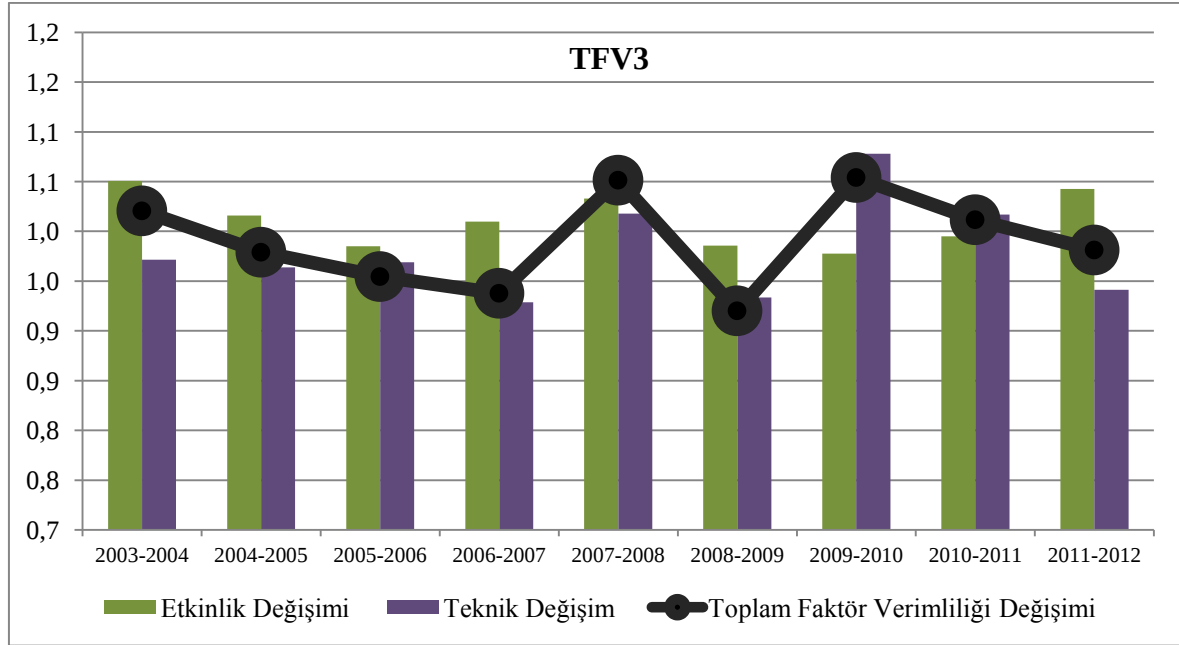
Çizelge 5.2. TFFV2'ye göre bölgelerin ortalama toplam faktör verimliliği değişimleri

	Etkinlik Değişimi	Teknik Değişim	TFFV2 Değişimi	TFFV2 Değişimine Göre Sıra No
TR10	1,000	0,995	0,995	16
TR21	1,017	0,998	1,015	12
TR22	1,063	0,982	1,044	3
TR31	1,011	1,016	1,028	7
TR32	1,032	1,005	1,038	4
TR33	1,022	0,969	0,990	17
TR41	1,026	1,011	1,037	5
TR42	1,000	1,017	1,017	11
TR51	1,000	0,915	0,915	23
TR52	1,049	1,009	1,059	1
TR61	1,019	0,937	0,954	21
TR62	1,017	1,009	1,026	8
TR63	1,037	0,969	1,004	15
TR71	0,958	0,913	0,875	25
TR72	1,013	1,009	1,022	10
TR81	1,050	0,957	1,005	14
TR82	0,983	0,987	0,970	20
TR83	1,054	0,881	0,928	22
TR90	1,034	0,882	0,912	24
TRA1	1,010	1,016	1,026	9
TRA2	0,995	1,016	1,010	13
TRB1	0,987	1,002	0,989	18
TRB2	0,904	0,887	0,802	26
TRC1	1,036	1,012	1,048	2
TRC2	1,072	0,916	0,982	19
TRC3	1,000	1,030	1,030	6
Analiz Dönemi Ortalaması	1,014	0,974	0,988	

5.4.3. Malmquist-Luenberger toplam faktör verimliliği endeksi (TFV3)

Önceki kısımlarda açıklandığı üzere, çıktıya yönelik doğrusal uzaklık fonksiyonları kullanılarak, üç girdi ve bir istenen çıktı ile bir istenmeyen çıktının ele alındığı Malmquist-Luenberger toplam faktör verimliliği endeksi hesaplamaları burada sunulmaktadır. Literatürde daha önce Türk imalat sanayi için hesaplanmamış olan bu endeks yardımıyla, bölgesel düzeyde imalat sanayinin verimlilik değişimi ortaya konulmuştur.

Aşağıda yer alan çizelge, 2003–2012 döneminde bölgelerin imalat sanayinin ortalama değişimlerini ve Malmquist-Luenberger TFV endeksine göre yapılan sıralamalarını vermektedir.



Şekil 5.6. TFV3'e göre toplam faktör verimliliği değişimi ve bileşenleri

Çizelge 5.3. TFV3'e göre bölgelerin ortalama toplam faktör verimliliği değişimleri

	Etkinlik Değişimi	Teknik Değişim	TFV3 Değişimi	TFV3 Değişimine Göre Sıra No
TR10	1,000	1,044	1,044	1
TR21	1,015	0,992	1,007	11
TR22	1,031	0,971	1,001	13
TR31	1,006	1,004	1,010	8
TR32	1,021	0,994	1,015	3
TR33	1,012	0,982	0,994	17
TR41	1,013	0,999	1,012	7
TR42	1,000	1,013	1,013	5
TR51	1,000	0,987	0,987	20
TR52	1,027	0,986	1,012	6
TR61	1,021	0,971	0,991	19
TR62	1,005	1,003	1,009	9
TR63	1,009	0,989	0,998	15
TR71	0,989	0,957	0,946	23
TR72	1,016	0,988	1,003	12
TR81	1,019	0,989	1,008	10
TR82	1,007	0,964	0,971	21
TR83	1,029	0,934	0,962	22
TR90	1,013	0,987	1,001	14
TRA1	0,971	1,021	0,991	18
TRA2	1,044	0,977	1,021	2
TRB1	1,019	0,977	0,995	16
TRB2	0,978	0,935	0,914	24
TRC1	1,023	0,992	1,014	4
TRC2	1,000	0,901	0,901	26
TRC3	1,000	0,911	0,911	25
Analiz Dönemi Ortalaması	1,010	0,979	0,989	

İmalat sanayinin TFV ve bileşenleri olarak değişimlerinin verildiği Şekil 5.6 incelendiğinde, 2003 yılından 2007 yılına kadarki süreçte, TFV’de negatif teknik değişimin esas olarak belirleyici olduğu bir azalma görülmektedir. 2007 yılından 2008’e geçişte tüm değişkenlerde bir pozitif gelişme gözlenirse de, küresel krizin imalat sanayini etkilediği 2008-2009 döneminde oldukça büyük bir düşüşün yaşandığı göze çarpmaktadır. Ardından pozitif teknik değişimle toparlanan Malmquist-Luenberger TFV endeksinin artış eğilimi azalarak, son yılda negatife dönmüştür.

5.4.4. Toplam faktör verimliliği modellerinin karşılaştırılması

Elde edilen üç farklı verimlilik endeksi değişiminin yıllar itibarıyla ortalama değerleri aşağıdaki Çizelge 5.4’te verilmektedir. Analiz dönemi ortalamalarına bakıldığında, Türk imalat sanayinin, 2003–2012 döneminde etkinlik değişiminin yıldan yıla artış eğiliminde olmasına karşın, teknik değişiminin negatif yönde olması sonucu, toplam faktör verimliliğinde bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir.

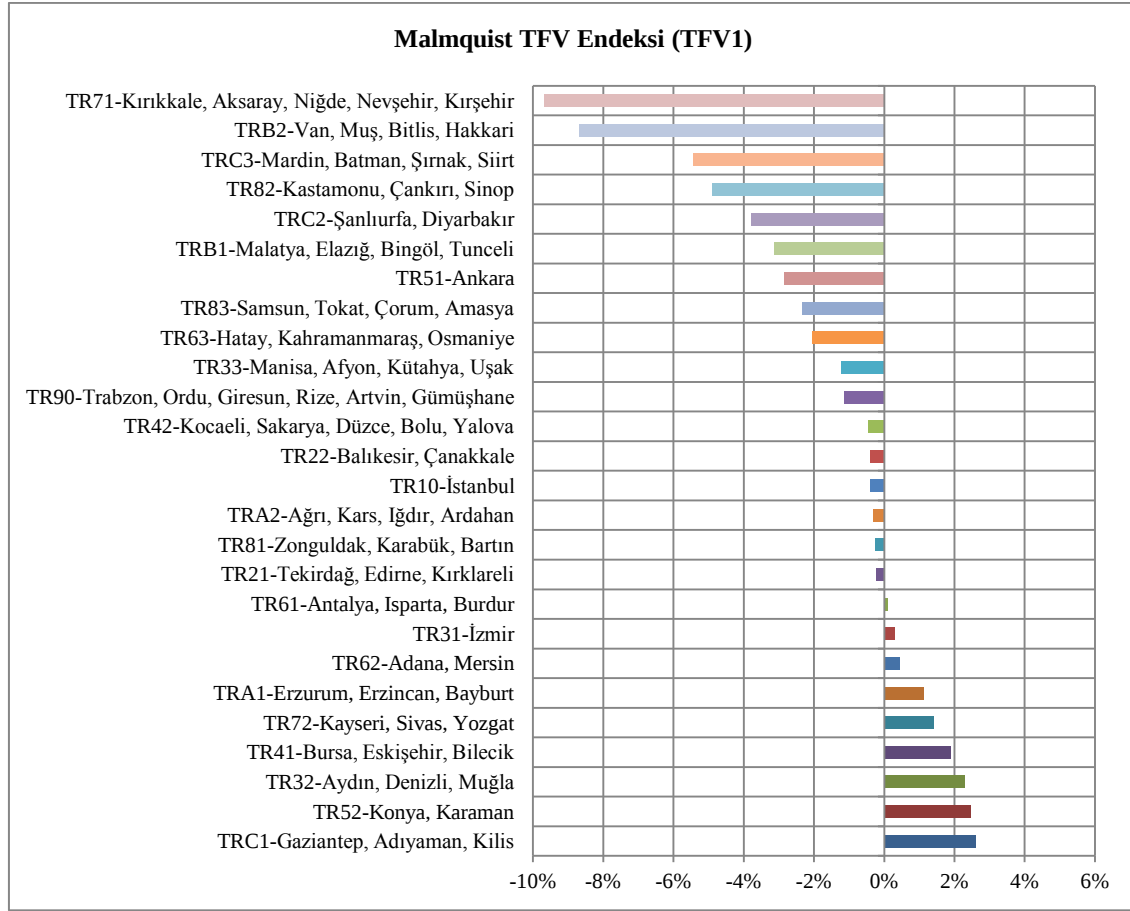
TFV endekslerinin grafikleri ile birlikte incelendiğinde ise toplam faktör verimliliği değişiminin 1’den büyük olduğu dönemler olarak 2003-2004, 2009-2010 ve 2010-2011 yılları değişimleri olduğu görülmektedir. Diğer yıllara ait değişimlerde negatif bir durum gözlenmektedir.

Ayrıca, bölgelerin ortalama toplam faktör verimliliği değişimleri, üç farklı TFV sonucuna göre Wilcoxon işaretli sıralar testine tâbi tutulmuştur. TFV endekslerinin analiz dönemindeki geometrik ortalamaları arasındaki ikili karşılaştırmalarında $p = 0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak herhangi bir farklılık tespit edilememiştir.

Çizelge 5.4. Toplam faktör verimliliği değişim endekslerinin ve bileşenlerinin yıllara göre karşılaştırılması

		Etkinlik Değişimi	Teknik Değişim	Toplam Faktör Verimliliği Değişimi
2003-2004	TFV1	1,080	0,933	1,008
	TFV2	1,013	1,056	1,069
	TFV3	1,051	0,971	1,021
2004-2005	TFV1	0,997	0,933	0,930
	TFV2	0,992	0,961	0,954
	TFV3	1,016	0,964	0,979
2005-2006	TFV1	0,841	1,160	0,975
	TFV2	0,856	1,134	0,971
	TFV3	0,985	0,969	0,955
2006-2007	TFV1	1,366	0,707	0,965
	TFV2	1,295	0,721	0,933
	TFV3	1,010	0,929	0,938
2007-2008	TFV1	0,965	0,990	0,955
	TFV2	0,963	1,003	0,966
	TFV3	1,033	1,018	1,051
2008-2009	TFV1	0,998	0,865	0,863
	TFV2	0,989	0,828	0,819
	TFV3	0,986	0,934	0,920
2009-2010	TFV1	0,941	1,263	1,189
	TFV2	0,996	1,154	1,150
	TFV3	0,978	1,078	1,054
2010-2011	TFV1	0,973	1,095	1,066
	TFV2	0,919	1,200	1,103
	TFV3	0,995	1,017	1,012
2011-2012	TFV1	1,186	0,807	0,957
	TFV2	1,170	0,824	0,964
	TFV3	1,043	0,941	0,981
Analiz Dönemi Ortalaması	TFV1	1,029	0,958	0,986
	TFV2	1,014	0,974	0,988
	TFV3	1,010	0,979	0,989

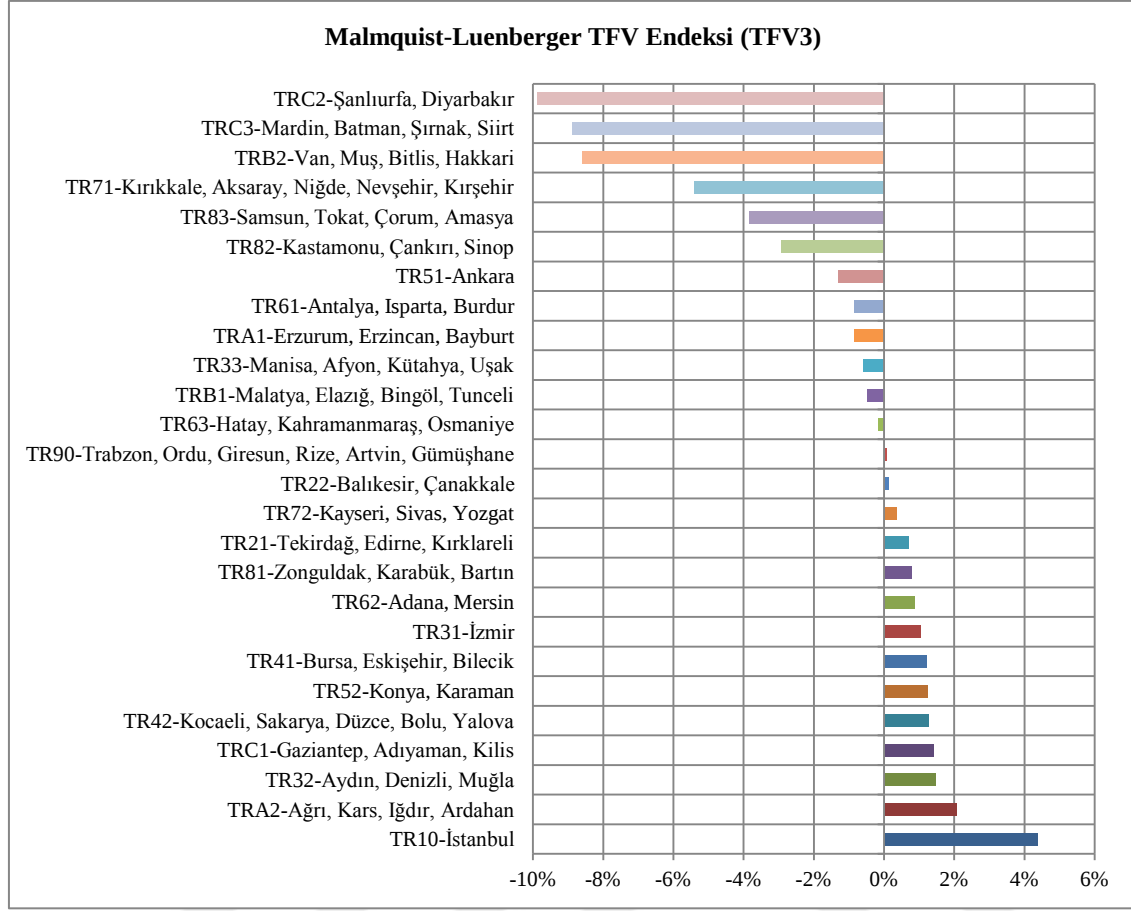
TFV1 modeli temel Malmquist TFV endeksi modeli olarak hesaplanmıştır. TFV2 modeli, daha önce bahsedildiği üzere enerji tasarrufu potansiyelini maksimize eden ve istenmeyen çıktının da içerildiği bir modeldir. Malmquist-Luenberger TFV endeksi de istenmeyen çıktıları ele alan ve doğrusal uzaklık fonksiyonları kullanan bir model olarak tercih edilmiştir. Bölgelerin verimlilik değişimleri çevresel boyutta karşılaştırılmak istenirse, TFV1 ve TFV3 sonuçlarını kullanmak daha anlamlı olacaktır. Bu amaçla, aşağıdaki grafikler bölgelerin 2003–2012 dönemindeki ortalama TFV1 ve TFV3 değişimlerini vermektedir.



Şekil 5.7. TFV1 sonuçlarına göre 2003–2012 döneminde bölgelerin ortalama verimlilik değişimleri

Bölgelerin TFV1 ve TFV3 değişim endekslerinin analiz dönemi ortalamasının verildiği Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 incelendiğinde, çevresel verimlilik performansının bölgeler arasında farklı olduğu görülmektedir. Etkinlik ölçüm sonuçlarında bütün yıllarda etkin bulunan TR10-İstanbul bölgesi ele alındığında, TFV1 endeksine göre küçük de olsa negatif bir gelişme görülmekte iken, TFV3 endeksine göre çevresel verimlilik değişimi en yüksek bölge olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, İstanbul bölgesinin imalat sanayinin, diğer bölgelere kıyasla çevreci bir üretim yapısına sahip olduğunu göstermektedir.

TRC1 bölgesi ise hem TFV1 hem de TFV3 endeksine göre pozitif bir değişim eğilimindedir. Oldukça yüksek sermaye verimsizliği bulunan TRA1 bölgesinin ise TFV1 endeksine göre analiz dönemindeki ortalama değişimi %1,11 olarak hesaplanmıştır. Bu artışın sürmesi durumunda ilgili bölge, var olan üretim potansiyelini daha da üretken biçimde ortaya koyabilecektir.



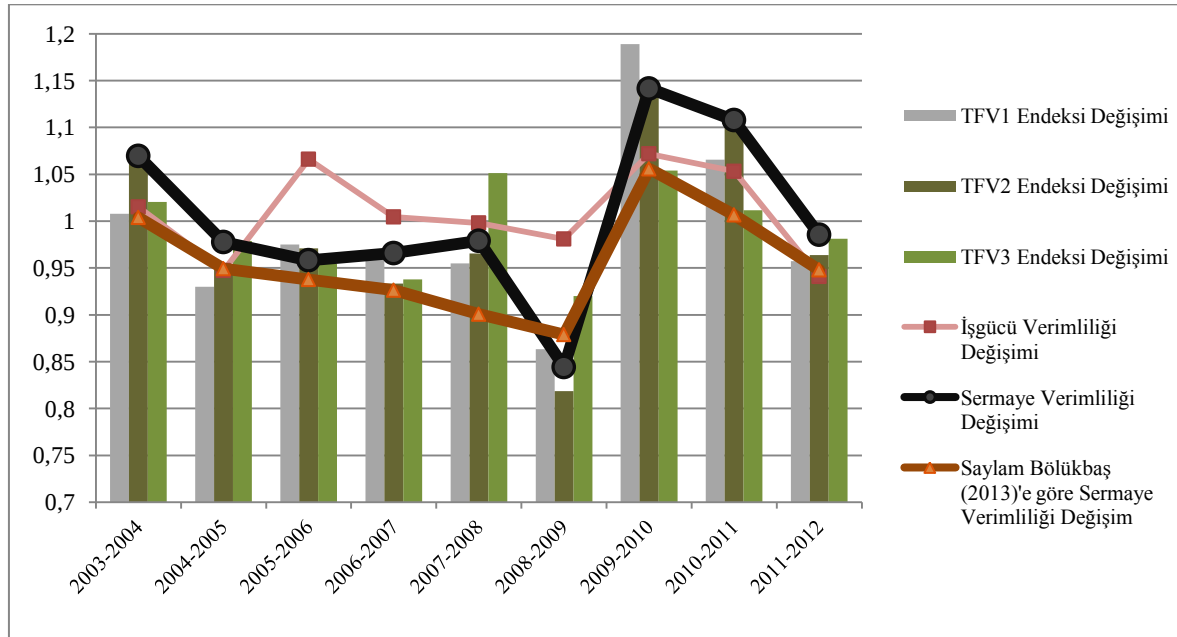
Şekil 5.8. TFV3 sonuçlarına göre 2003–2012 döneminde bölgelerin ortalama verimlilik değişimleri

5.4.5. İmalat sanayinde TFV değişimlerinin değerlendirilmesi

İmalat sanayinin, 2003–2012 dönemindeki verimlilik değişimlerini, literatürde başvurulduğu üzere, diğer bazı değişkenler olan ilişkisini görmek ve yorumlamak adına, aşağıdaki şekil verilmektedir. Her üç TFV değişimine ilave olarak ilgili dönemde analiz kapsamında yer alan sermaye stoku ve işgücü verilerinden de kısmi faktör verimliliklerinin değişim oranları hesaplanarak grafiğe eklenmiş ve ayrıca Saylam Bölükbaş (2013)'ün çalışmasında yer alan imalat sanayi sermaye verimliliği serisinin değişim oranları bu değişkenlerin yanına konulmuştur.

Şekil 5.9 incelendiğinde, çalışma kapsamındaki sermaye stoku ve üretim değeri verilerinden hazırlanan sermaye verimliliği değişimleri ile farklı yöntem kullanan Saylam Bölükbaş (2013)'ün çalışmasındaki sermaye verimliliği değişimlerinin büyük ölçüde uyumlu seyrettiği görülmektedir. TFV değişimlerinin de sermaye verimliliği değişimleri ile

uyumlu olduğu gözlenen ikinci önemli husustur. Bu iki temel değişken arasındaki uyum, TFFV değişimlerinde sermaye stokunun belirleyici olduğu fikrini akla getirmektedir.



Şekil 5.9. TFFV değişimlerinin diğer verimlilik değişkenleriyle ilişkisi

2003-2006 yılları arasında imalat sanayi sermaye stokunda oldukça yoğun bir artış gözlenmiştir. Bu artışın nedeni, 2003 yılında başlayan küresel düzeydeki likidite bolluğu ve bunun yanında Türkiye’de bu dönemde düşük döviz kuru ve yüksek faize dayalı, yabancı sermayeyi ve doğrudan yatırımları çekmek üzere uygulanan para politikalarının sonucu olduğu değerlendirilmektedir. Bu dönemde imalat sanayinde yatırımlar oldukça yüksek tutarlara erişmiş ve bu sayede imalat sanayi teknolojik anlamda makine ve teçhizatını yenileme fırsatı bulmuştur. Ancak mevcut yapıya eklenen yeni teknolojinin içselleştirilmesi yoluyla elde edilebilecek teknik değişim imkanı bu dönemde imalat sanayinde görülememiştir (bkz. Çizelge 5.4). Etkinlik artışlarının da bu dönemde yetersiz kalması, TFFV endekslerinde negatif değişimlere sebep olmuştur.

Altıok ve Tuncer (2013), büyümenin temel belirleyicileri olarak sermaye birikimi, istihdam artışı, teknolojik gelişim ve üretim faktörlerinin gerek sektör içi gerekse sektör dışı kaymalarını belirterek; teknolojik gelişme ya da etkinlik artışının sağlanamaması durumunda uzun dönemli büyümenin kalıcı olamayacağını ifade etmektedir. Teknolojik gelişme, işgücü verimliliğini artırıcı en büyük etmenlerden biri olduğundan dolayı, teknolojik gelişme yoluyla işgücü verimliliği ve üretim artışı sağlanacak ve bu sayede elde

edilen tasarruflar, sermaye birikimini artırıcı etki yaratacaktır. Teknolojik gelişme olmadan gerçekleşen büyüme, sermayenin azalan marjinal verimliliğinden dolayı uzun dönemde sürdürülemezdir.

Yakın geçmişteki gelişmelere bakıldığında, 1980 sonrası dönemde Türkiye ekonomisinde ihracata dönük büyüme politikaları benimsenmiş ve bu politikalar ekseninde büyümenin verimlilik artışları temelinde sağlanması hedeflenmiştir. Bu süreçte, 1990'lı yılların ortalarına kadar iç ve dış ticaret ile mali piyasalarda aşamalı bir liberalleşme sağlanmış, 2000'li yıllardan itibaren ise özelleştirmeler ve yapısal reformlar ile serbestleşme tamamlanmıştır. Böylece işgücü piyasasının daha esnek hale gelmesi ve kaynak dağılımının ağırlıklı olarak özel sektöre bırakılması sonucu ortaya çıkan yapısal değişimler, ekonomik büyümede pozitif etki yaratmış ve imalat sanayi verimliliğinde de artış sağlamıştır (Altıok ve Tuncer, 2013).

Saygılı ve Cihan (2008)'in çalışmasında, 2002-2007 döneminde Türkiye ekonomisinde sermaye stokunun GSYİH'ya doğrudan katkısı %40,8; TFCV'nin katkısı ise %29,7 olarak hesaplanmıştır. Bu dönemde büyümenin kaynaklarına bakıldığında ise, sermaye stokunun büyümeye %87'lik bir katkısının olduğu belirlenmiştir. Çalışmada bu sermaye stokunun büyük oranda ithal kaynaklı makine ve teçhizat (teknoloji) oluşmasından dolayı ekonominin arz kapasitesinin arttırdığı ifade edilmektedir. Yazarlar, sermaye verimliliğinin uzun dönemde azalış eğiliminde olacağını belirterek, içsel büyüme yaklaşımına göre fiziki yatırım faaliyetleriyle uzun dönemli dinamik büyümenin sağlanamayacağını öne sürmekte ve bu nedenle TFCV artışının sağlanması gerektiği vurgulamaktadırlar. Ekonomide sürdürülebilir büyümeyi sağlayacak önlemler olarak da işgücü donanımının ve istihdam olanaklarının artırılmasını ve yeni teknoloji üretme, kullanma ve uyarlama kabiliyetinin güçlendirilmesini önermektedirler.

Saygılı ve Cihan (2008)'in 2007 yılı itibariyle yaptığı bu değerlendirmelerin, tez çalışması kapsamında imalat sanayi için kriz sonrası dönem olan 2010'dan sonra da benzer şekilde yapılabileceği görülmektedir. Küresel kriz dönemi olan 2009 yılında iç ve dış talebin oldukça azalması; ihracatın da hemen hemen tamamına yakını gerçekleştirilen imalat sanayinin üretim miktarlarını düşürmüş, bu nedenle de sermaye verimliliği ve toplam faktör verimliliğinde de ciddi bir düşüşe neden olmuştur. Küresel krizin etkilerinin ortadan kalkması ile birlikte, verimlilik değişimlerinde 2010 yılında 2009 yılına göre oldukça

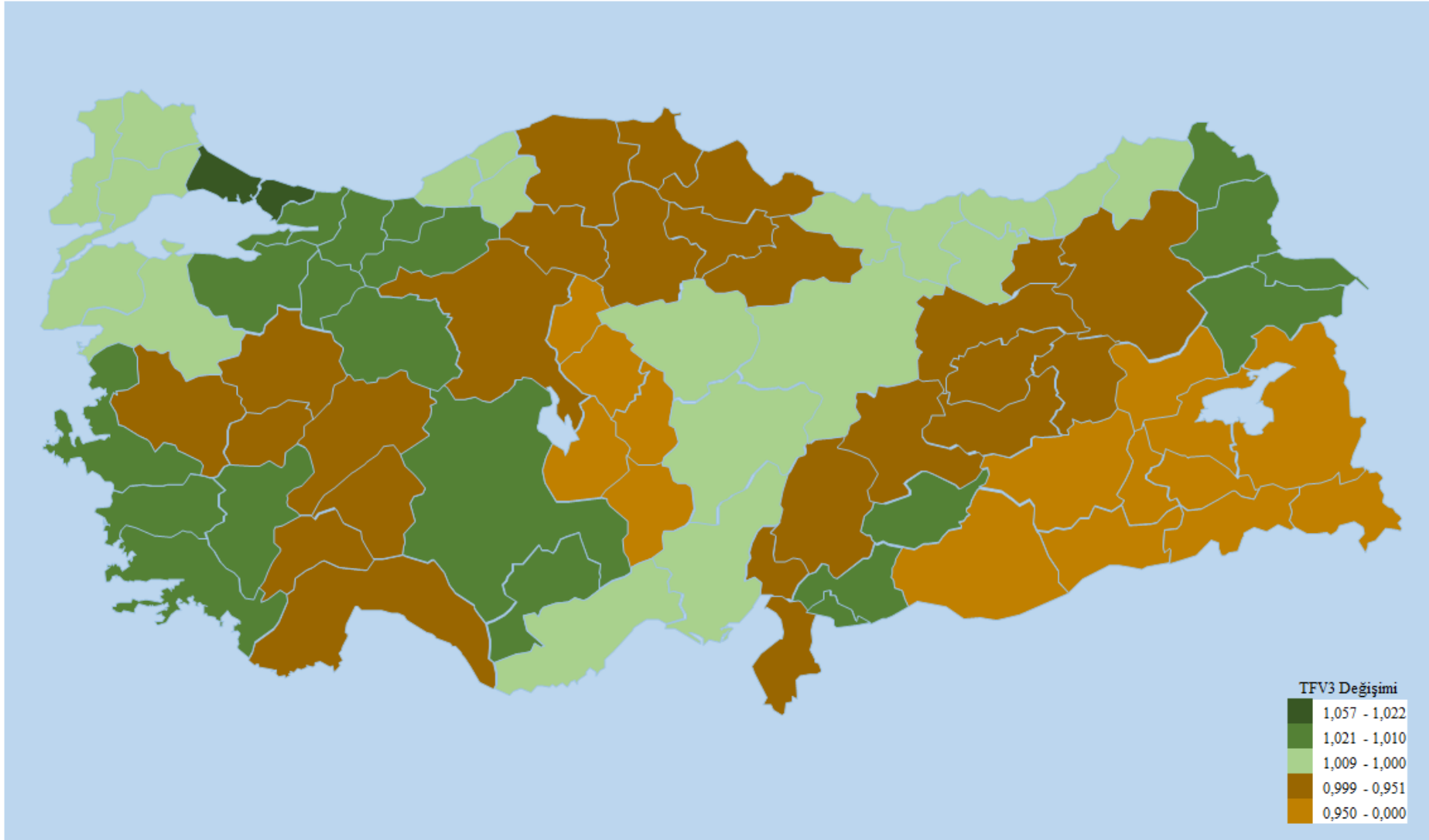
yüksek bir artış gerçekleşmiş, ancak dönemin devamında, tüm artış eğilimi azalarak 2012 yılında negatife dönmüştür. Sermaye verimliliği, artan sermaye stokuna bağlı olarak analiz döneminin ilk yıllarında düşüş eğiliminde olsa da teknolojinin içselleştirilmesi yoluyla sağlanacak verimlilik artışları, Saygılı ve Cihan (2008)'in da vurguladığı gibi artan arz kapasitesinin üretken biçimde kullanılabilmesine temel oluşturacaktır.

Saraçoğlu ve Suiçmez (2006)'ın 1980-2005 döneminde imalat sanayinin etkinlik ve verimlilik analizlerini yaptıkları çalışmada, sermaye verimliliğindeki artış hızlarının, işgücü verimliliğindeki artış hızlarından düşük ve istikrarsız gerçekleştiği tespit edilerek, bu durum, sermaye birikiminin verimlilikte artışı sağlayacak teknolojik yenilikleri içermemesi anlamında yorumlanmıştır. Yazarlara göre TFV ile sermaye verimliliği gelişimleri oldukça uyumlu gerçekleşmekte, ancak işgücü verimliliği ile uyumsuzluğun olduğu görülmektedir. Bu durum, beşeri sermayenin eksikliğini ve bu nedenle teknolojinin üretim sisteminde içselleştirilemediğini göstermektedir. Araştırma-Geliştirme faaliyetleri ve iç tasarrufların artması bu durumu önleyebilecek etmenlerdir. Sektörde etkinlik artışlarının da beraberinde getireceği tasarruf artışları, içsel büyümeyi teşvik edecek tasarruf-yatırım dönüşümüne katkı sunacaktır.

Literatürde ortaya konulan 2007 öncesi tespitler, tez çalışmasının kapsadığı 2003–2012 döneminde de benzer şekilde görülmektedir. İmalat sanayinde temel problem, sermaye birikiminin toplam faktör verimliliğini belirlemesi ancak, sermaye birikiminin teknolojik açıdan içselleştirilememesi sonucu, sürdürülebilir bir verimlilik artışının sağlamamasıdır. Bunu sağlamak için, beşeri sermayenin yani işgücünün eğitim ve donanımını artırması, teknolojiyi üreten ve kullanan bir imalat sanayi yapısına ulaşılması gerekmektedir.

Bunun yanında, analiz döneminin ilk yarısında gözlenen yüksek sermaye stoku artışı, imalat sanayinin arz kapasitesini artırdığından dolayı, özellikle komşu ülkelere yakın ve az gelişmiş bölgelerde ihracat imkânlarının artırılması ile bu alanda uygulanacak teşvikler; sadece iç talebe dönük olarak değil, dış talebe dönük olarak da bu bölgelerin üretimlerinin artmasını ve bu sayede imalat sanayinin bölgesel gelişmeye katkı sunmasını sağlayacaktır.

Şekil 5.8'e ek olarak, TFV3 sonuçlarına göre bölgelerin analiz dönemindeki toplam faktör verimliliği değişimleri ortalamalarına göre hazırlanan harita aşağıda sunulmaktadır.



Harita 5.1. TFV3 sonuçlarına göre bölgelerin toplam faktör verimliliği değişimleri ortalamaları (2003-2012)

6. TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışmadan elde edilen sonuç ve bulguların literatürdeki diğer çalışmalar göz önüne alınarak genel bir değerlendirmesi yapılmaktadır. Bulgular üzerindeki tartışmaya geçmeden önce çalışmaya temel teşkil eden veri kümesi üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Hatırlanacağı üzere, veri eksikliği nedeniyle başvurulana üretim değerleri en önemlileri imalat sanayinin bölgesel düzeyde üretim değeri ile sermaye stoku hesaplamaları idi.

İBBS Düzey 2 bölgelerinin imalat sanayilerinin üretim sonuçlarında elde edilen üretim değerlerinin toplamı, verileri mevcut olan ve ulusal düzeyde derlenen imalat sanayi üretim değerleri ile karşılaştırıldığında (bkz. Çizelge 4.4), en büyük mutlak hata %0,66 olarak gerçekleşmiştir. Bu durum, üretim değeri tahmininde yürütülen yaklaşımın oldukça uygun olduğunu ve araştırmacıların konu ile ilgili benzer çalışmalarda geliştirdiğimiz bu yaklaşımı önemli bir yöntem önerisi olarak dikkate alabileceğini göstermektedir.

Çalışma kapsamında ayrıca hesaplanan sermaye stokunun kıyaslamak adına Saylam Bölükbaş (2013)'in yaptığı çalışmaya başvurulabilir. Yazarın farklı bir yöntem ve veri seti ile Türkiye'de sektörel düzeyde sermaye ve toplam faktör verimliliği hesaplaması yaptığı çalışması, bizim çalışmamızın içerdiği yılları da kapsamaktadır. Buradan hareketle bu çalışmada hesaplanan ulusal düzeydeki imalat sanayi sermaye stoku ile tez çalışması kapsamında hazırlanan bölgesel sermaye stoku toplamı arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanmış, 0,01 anlamlılık düzeyinde %95'in üzerinde bir korelasyon tespit edilmiştir. Bu yüksek düzeyde korelasyon, kullanılan yöntem ve yaklaşımlar ile varsayımların geçerliliği konusunda olumlu bir değerlendirme sunmaktadır.

6.1. Enerji Tasarrufu Potansiyeli Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Türkiye'de İBBS Düzey 2'de yer alan bölgelerin imalat sanayinin etkinliklerini toplam faktör bakış açısı ile enerji ve çevre boyutunu da içerecek şekilde ölçmek ve bölgelerin elde edilen bu göreceli etkinlik skorları ile kıyaslamasını yapmak amacıyla radyal modeller kullanılmıştır. Üç farklı radyal modelin sonuçlarının karşılaştırılması sonucunda RM3 modelinin enerji (elektrik) tasarrufu potansiyelini maksimize ettiği görülmüştür. 2003, 2010 ve 2011 yıllarında ise RM1 modelinin elektrik tasarrufu potansiyeli değerleri oldukça

yakın biçimde RM3 modelinden yüksek bulunmuştur. En yüksek enerji tasarrufu potansiyelinin olduğu yıl ise 2011 yılı olarak bulunmuştur.

Radyal modellerin ürettiği bu sonuçlar değerlendirildiğinde, imalat sanayinin bölgesel enerji tasarrufu maksimizasyonuna yönelik olarak tercih edilen model literatürün de önerdiği üzere RM3 modelidir (bkz Çizelge 4.13). Enerji girdisi olarak elektriğin ele alındığı çalışmamızın tasarruf potansiyelleri ile ilgili olarak ürettiği bilgiler, Türkiye’de sanayi kesiminin tasarruf potansiyelinin ne boyutta olduğu yönündeki büyük bir bilgi eksikliğini gidermektedir. Literatürde yer alan iki farklı çalışmadaki bulgular şöyledir:

Çizelge 6.1. Tasarruf potansiyellerinin literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılması

İlgili Çalışma	Çalışmanın öngörüsü	Tez çalışmasının sonucu
Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi (Kavak, 2005)	2003 yılı için imalat sanayinde enerji tasarrufu potansiyeli %23,2 tespit edilmiştir.	2003 yılı için imalat sanayi elektrik tasarrufu potansiyeli RM modelleri ortalaması %30,3; RM3’e göre %30,1
Türkiye’de Enerji Tasarrufu Potansiyelini Kullanmak (Dünya Bankası, 2011)	2007 yılı verilerine dayanılarak sanayide enerji tasarrufu potansiyeli %25 tespit edilmiştir.	2007 yılı için imalat sanayi elektrik tasarrufu potansiyeli radyal modellere göre ortalama %20,5; RM3’e göre %25,1

Sözü edilen bu iki çalışmanın yöntem ve yaklaşımları, tez çalışmasından tamamen farklıdır. Çalışmalar sanayiye ilişkin tüm enerji türleri üzerinden hesaplama yapmışlar ve tasarruf miktarlarını bu açıdan hesaplamışlardır. Kavak (2005), 2003 yılı için imalat sanayinde toplam 26 926 000 ton eşdeğer petrol (TEP) enerji tüketileceğini ve bu tüketimin 6 245 378 TEP’inin tasarruf edilebileceğini hesaplayarak, %23,2’lik bir tasarruf oranını ortaya koymuştur. Dünya Bankası (2011)’nin çalışması da veri kaynağı olarak Kavak (2005)’in başvurduğu gibi mülga Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE,yeni adıyla Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü-YGM)’nin çalışmalarına dayanmaktadır. EİE’nin bahsedilen bu çalışmalarında en iyi uygulamalara dayanan enerji verimliliği düzeyleri araştırılmıştır. Bu veriler temelinde Dünya Bankası (2011)’nin çalışmasında imalat sanayinde 2007 yılındaki enerji tüketimlerinin %25’i eden 8 milyon TEP miktarında bir tasarruf potansiyeli hesaplanmıştır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü de enerji verimliliği alanında Türkiye’de çalışmalar yapmaktadır. Bu kurumum uzmanları ve yetkilileri de çeşitli platformlarda sanayide enerji verimliliği potansiyelinin %20’ler civarında olduğunun ifade etmektedirler. Tez çalışmasında, RM3 modeline göre imalat

sanayinde 2003–2012 dönemi baz alındığında %28,7 (bkz. Çizelge 4.14); oranında elektrik tasarrufu potansiyeli olduğu hesaplanmıştır.

Tez çalışmasını bulgularının, sözü edilen bu çalışmalarla büyük ölçüde uyum göstermesi, çalışmanın yaklaşımının ve enerji tasarrufu potansiyelinin maksimizasyonu için radyal modeller arasından öne çıkardığı RM3 modelinin Türk imalat sanayi açısından güvenilirliğini göstermektedir. Benzer yaklaşımla, imalat sanayinde enerji girdisine ait verilerin çeşitlenmesi halinde daha kapsamlı ve açıklayıcı tasarruf oranlarının belirlenebilmesi mümkündür.

6.2. Enerji Yoğunluğu Azaltım Hedefi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Literatürde bölgesel düzeyde Türkiye için enerji ya da elektrik yoğunluğunun azaltım hedeflerine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığı için, ulusal seviyedeki yegane kaynak olan *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012–2023)*'ne göre değerlendirme yapılmıştır. Bu belgede, 2023 yılında Türkiye'nin GSYİH başına tüketilen enerji miktarının (enerji yoğunluğunun) 2011 yılı değerine göre en az %20 azaltılması hedeflenmektedir. Bu hedefi temel alan ve *Onuncu Kalkınma Planı (2014–2018)* kapsamındaki Öncelikli Dönüşüm Programlarından biri olan *Sanayide Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı*'nda ise 2012 yılında 0,270 TEP/\$1000 olan birincil enerji yoğunluğunun, 2018 yılı sonuna kadar aşamalı olarak %10 civarında azaltılması ve 0,243 değerine düşürülmesi hedeflenmektedir.

Tez çalışmasında, imalat sanayinin mevcut sermaye ve işgücü yapısını koruyacak, enerjinin etkin kullanımı ve üretim artışları ile çevresel boyutu da içeren etkin bir üretim yapısını sağlayacak şekilde geliştirilen ATM3 modeli, enerji dışı girdi azaltımlarının son derece uygun seviyelerde olması nedeniyle tercih edilebilir bulunmuştur. ATM3 modeli sonuçlarına göre Türk imalat sanayinin 2003–2012 dönemindeki tüm verileri baz alındığında, elektrik yoğunluğu azaltım hedefi %25,0 olarak bulunmuştur. Yıllar bazında hesaplanan azaltım hedeflerinin aritmetik ortalaması ise %23,0'dır. İmalat sanayi için hesaplanan bu %25'lik hedefin ulusal düzeyde mevcut olan %20'lik hedefin üzerinde olması gayet uyumlu ve gerçekçidir. Zira enerjiyi yoğun biçimde tüketen sanayi kesiminin enerji yoğunluğunu diğer kesimlerden daha fazla düşürmesi, hane halkları ve ekonominin

diğer kesimlerinde nispeten daha az oranda sağlanacak yoğunluk azaltımlarını telafi edecektir.

Çizelge 6.2. Enerji yoğunluğu azaltım hedefinin literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılması

İlgili Çalışma	Çalışmanın öngörüsü	Tez çalışmasının sonucu
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012)	2023'e kadar enerji yoğunluğunda %20 azaltım hedefi koyulmuştur.	ATM3'e göre 2003–2012 dönemi geneli %25 azaltım

6.3. ATM2.1 ve ATM2.2 Modellerinin Değerlendirilmesi

Daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere, istenmeyen çıktının aylak temelli modele ilave edilmesinde bu çıktıya ilişkin aylak değişkenin modelde yer alıp almayacağı konusunda literatürde bir tartışma olmadığından söz edilmişti.

Tez çalışmasında ATM2.2 modelinde tercih edilen ve çevresel VZA teknolojisini (Färe ve Grosskopf, 2004) kullanan Zhou ve diğerleri (2006)'nin yaklaşımında ve bunu takip eden diğer çalışmalarda istenmeyen çıktının aylak değişkeni yoktur. ATM2.1 modeli ise aylak değişken içermektedir. İki modelin de çalışmada uygulanması sonucu elde edilen sonuçlarda, ATM2.1 modeli, yönsüz olmasına rağmen istenen ve istenmeyen çıktılarda herhangi bir artırım ya da azaltım sonucu vermemiştir. Li ve Hu (2012)'nin çalışmasında ATM2.1 modeli kullanılarak *ekolojik TFEE* endeksi adını verdikleri bir enerji etkinliği endeksi hesaplamıştır. Oysa, ATM2.2 modeli, Türk imalat sanayine bölgesel düzeyde uygulandığında, etkin olmayan bölgeler için istihdam azaltımı önermeden üretim artışları ile sermaye stoku ve enerji girdisi azaltımları önerdiği görülmüştür. Zhou ve diğerleri (2006)'nin yaklaşımı, hem çevresel VZA teknolojisi kullanması hem de ampirik bulgularda istihdam azaltımı önermemesinden dolayı, tez çalışmasının amaçlarına uygun bir etkinlik ölçüm sonucu vermektedir.

ATM2.2 modelinin radyal modeldeki karşılığı olan RM2 modeli ve istenmeyen çıktıları içermeyen temel model ATM1 ve bunun karşılığı olan RM1 modeli birlikte incelendiğinde ise, modellerin etkinlik sonuçları Tone (2001)'nin aylak temelli modellerin teorik yapısını incelediği çalışmasındaki teoremlere uygun bulunmuştur. Buna göre, ATM1 modelinin etkinlik sonuçları RM1 modelinden küçük veya eşit çıkmıştır. Aynı yaklaşımla değerlendirildiğinde ATM2.2 modeli sonuçları RM2 modeline kıyasla küçük veya eşit

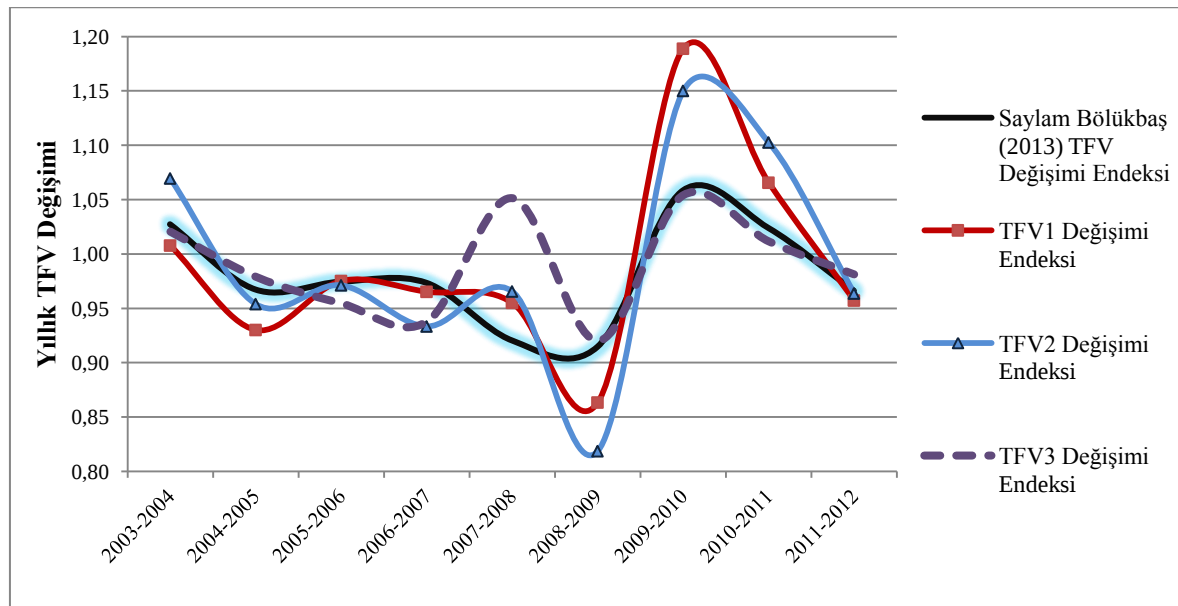
bulunmuştur. Çevresel VZA teknolojisi temelinde kurulan, sermaye stoku ile istihdam üzerindeki aylak değişken sınırlandırmalarını içeren ATM3 modeli de, Tone (2001)'nin belirttiği üzere aylak değişken sınırlandırmaları içerdiği için ATM2.2 modelinden büyük ya da eşit etkinlik sonuçları vermiştir.

Bu bulgulardan da anlaşıldığı üzere, aylak temelli modellerde çevresel VZA teknolojisi kullanmak, oldukça uygun ve tercih edilebilir bir yaklaşım olmaktadır.

6.4. Toplam Faktör Verimliliği Değişimi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Türkiye’de imalat sanayini de içine alan en güncel toplam faktör verimliliği analizine ait çalışma Saylam Bölükbaş (2013)’ın çalışmasıdır. 1976 yılından 2012 yılına kadar diğer sektörlerle birlikte imalat sanayinin de sermaye, işgücü ve toplam faktör verimliliği düzeylerinin belirlendiği bu çalışmanın bulguları, büyüme muhasebesi yöntemi ile ekonometrik olarak hesaplanırsa da karşılaştırılabilir görünmektedir.

Aşağıdaki grafik tez çalışmasın elde edilen 2003–2012 dönemindeki TFV1, TFV2 ve TFV3 endekslerinin yıllık değişimleri ile Saylam Bölükbaş (2013)’ın imalat sanayine yönelik bulgularını içermektedir.



Şekil 6.1. TFV değişimi bulgularının Saylam Bölükbaş (2013)’a göre değerlendirilmesi

TFV bulgularının karşılaştırıldığı şekil incelendiğinde, çalışma kapsamında hesaplanan TFV değişimi bulguları ile Saylam Bölükbaş (2013)'ın bulgularının oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. RM3 modeli temelinde hesaplanan TFV2 değişim endeksi, 2008–2009 küresel kriz döneminde oldukça düşük bir negatif değişime uğramış; çevresel verimliliği ölçen TFV3 endeksi de 2007–2008 döneminde imalat sanayinde pozitif TFV değişimi göstermiştir.

Saylam Bölükbaş (2013)'ın çalışması ile yapılan karşılaştırmadan da anlaşılacağı üzere, tez çalışmasında elde edilen bu ve benzeri bulgular, metodolojileri ve yaklaşımları farklı olan diğer çalışmalar ile büyük ölçüde uyumluluk göstermektedir.



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bölgeler arası gelişmişlik farklarının giderilmesi ve bölgesel gelişmenin dengeli uyumlu ve sürdürülebilir biçimde sağlanması amacıyla, dünyada ve Türkiye’de bölgesel politikalara verilen önem artmaktadır. İmalat sanayinin ekonomi içindeki rolü düşünüldüğünde, yerelde kalkınmayı tetikleyecek politikalar, imalat sanayinde üretim ve verimlilik artışları ile gelişmeyi sağlamaya yönelik olmaktadır. Kaynakların etkin ve verimli kullanımının yanında, çevreye duyarlı bir üretim sistemine geçişin, sürdürülebilir kalkınmaya sağlayacağı faydalar bilinmektedir. Çevreyi gözeten ve enerjiyi etkin kullanan bir sanayi yapısı, gelişmişlik farkları belirgin olan az gelişmiş bölgelerin kalkınmasında önemli bir rol oynayacaktır. Az gelişmiş bölgelerin sanayi yapısını bu yönde geliştirmek, yenilikçiliğe ve teknoloji geliştirmeye dayalı, katma değerli üretimi yüksek bir imalat sanayinin ortaya çıkmasına yol açacaktır.

Bu çalışmada, Türkiye’de İBBS Düzey 2’de yer alan 26 adet bölgenin imalat sanayinde, veri zarflama analizi yöntemi kullanılarak 2003–2012 yılları arasında etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizi yapılmıştır. Bölgesel düzeyde imalat sanayinin, radyal ve aylak temelli farklı veri zarflama analizi modelleri ile istenmeyen çıktılar da ele alınarak hem ekonomik hem de enerji ve çevre performansları değerlendirilmiştir. Bunun yanında, model sonuçlarına dayanılarak, bölgelerin imalat sanayinin enerji tasarrufu potansiyelleri ve enerji yoğunluğu azaltım hedefleri belirlenmiş; bölgelerin gelişmişlik sınıflamasına göre bu sonuçlar incelenerek, imalat sanayinin bölgesel düzeydeki farklılıkları tespit edilmiştir. Ayrıca, emisyonları sınırlayan bir çevresel düzenlemenin olması durumunda bölgelerin karşılaşacağı üretim kayıpları fırsat maliyetleri ile hesaplanmış ve birim emisyon başına fırsat maliyeti değerleri ortaya çıkarılmıştır.

Çalışmada kullanılan verilerin hazırlanması süreci de tezin önemli çıktılarından birini oluşturmaktadır. 2002 yılı sonrasında bölgesel düzeyde görülen veri yokluğu, çeşitli varsayımlar ve türetmelerle aşılmaya çalışılmış ve bunun sonucunda, oldukça düşük hata oranları ile imalat sanayinin bölgesel düzeyde üretim değerleri tahmin edilmiştir. Ayrıca, imalat sanayinin bölgesel düzeyde 2003 yılı ve sonrası için sermaye stoku serileri oluşturulmuş ve bu serilerin literatürdeki en güncel çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırıldığında imalat sanayi geneli için oldukça yüksek bir korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Veri kümesinin hazırlanmasındaki önerilen yöntem ve yaklaşımların

tutarlılığının yüksek olması, diğer araştırmacıların da ilgili dönem ve sonrası için farklı çalışmalarda güvenle kullanabileceği bir yaklaşım olarak kendini göstermektedir.

Çalışmanın bulgularına bakıldığında, diğer radyal modellere kıyasla enerji tasarrufu potansiyelini maksimize eden RM3 modeli sonuçlarına göre, Türk imalat sanayinin ilgili analiz döneminde %28,7 oranında bir enerji tasarrufu potansiyeli olduğu hesaplanmıştır. Bu oran tartışma bölümünde incelendiği üzere literatürdeki iki önemli çalışmanın bulguları ile uyumlu bulunmuştur.

Analiz dönemi boyunca, tüm VZA modellerine göre TR10-İstanbul bölgesinin imalat sanayi, kullanılan VZA yönteminin tanımına göre *görelî etkin* bulunmuştur. Üretim yapısı ile diğer bölgelere örnek teşkil eden bu bölgenin imalat sanayine ilişkin girdi ve çıktı miktarlarında, etkin durumdan dolayı herhangi bir iyileştirme söz konusu olmamaktadır. Bölgeler düzeyinde ayrıntılı olarak verilen sonuçlara bakıldığında ise, özellikle TR63-Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye bölgesi analiz döneminde toplam 21,5 TWh miktarındaki elektrik enerjisini israf etmiştir. Diğer taraftan TR31-İzmir bölgesi imalat sanayi, ortalama %73,3'lik bir TFEE3 endeksine sahipken, tükettiği yüksek miktarlardaki elektrik nedeniyle, 20,6 TWh'lik elektriği, on yıl içinde etkin olmayan bir üretim yapısı nedeniyle israf etmiştir. Yine analiz döneminde TR41-Bursa, Eskişehir, Bilecik bölgesi 21,5 TWh, , TR21-Tekirdağ, Edirne, Kırklareli bölgesi de yaklaşık 21,9 TWh'lik bir enerji israfında bulunmuşlardır. Bu bölgelerde, kısa dönemde uygulanacak enerji verimliliği programları, ciddi oranda tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir.

RM3 modelinin toplam faktör enerji etkinliği endekslerine (TFEE3) bakıldığında ise en düşük ortalama TFEE3 endeksi %33,2 ile TRA2-Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan bölgesi imalat sanayinde görülmektedir. Yukarıda da bahsedildiği gibi, TR63-Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye bölgesi imalat sanayi, RM1 modeli sonuçlarında olduğu gibi RM3 modeli sonuçlarında da etkinlik değeri ile enerji etkinliği değerleri arasında ciddi farklılıklara sahiptir. Bölgenin ortalama RM3 değeri 0,684 iken, TFEE3 ortalama değeri %42,7 olarak hesaplanmıştır. RM3 modeli temelinde TR63 bölgesine benzer durum TR22-Balıkesir, Çanakkale ve TR81-Zonguldak, Karabük, Bartın bölgelerinde de görülmektedir. Bu bölgelerin TFEE3 değerleri RM3 etkinlik değerlerinden gözle görülür biçimde düşük çıkmıştır. Bu bulgular, bahsi geçen üç bölgede imalat sanayinin ciddi oranda enerji etkinsizliği içinde olduğuna işaret etmektedir.

Aylak temelli model sonuçlarına bakıldığında, sonuçları ve model yapısı nedeniyle tercih edilebilir bulunan ATM3 modeli en makul girdi ve çıktı iyileştirmelerini sunmaktadır. Modelin sermaye stokuna ilişkin azaltım hedefi yıllar itibariyle değişmekle birlikte analiz dönemi genelinde %1,0 olarak hesaplanmıştır. İmalat sanayi için yıpranma oranının $1/26$ olduğu bilindiğinden, kısa bir dönemde bölgelerin mevcut sermaye stokuna büyük ilaveler olmaması ve sermaye stokunun etkin kullanımı neticesinde bu azaltım oldukça uygulanabilir bulunmuştur. Model, istihdama yönelik herhangi bir azaltım öngörmemektedir. Giriş bölümünde aktarılan tez çalışmasının kısıtlılıkları ile hem giriş hem de analiz verilerinin açıklandığı kısımda verilen tüm varsayımlar ve bunlara dayanan türetmeler göz önüne alındığında; analiz dönemi genelinde, ATM3 modelinin mevcut CO₂ emisyon seviyelerini artırmadan, enerji girdisi üzerinde öngördüğü azaltım oranı %15,6; üretim değerindeki artış oranı ise %12,6 olarak hesaplanmıştır. Böylece modelin tüm analiz dönemi göz önüne alındığında imalat sanayinde öngördüğü enerji yoğunluğu azaltım hedefi %25,0 olarak hesaplanmıştır. ATM3 modelinin sonuçlarına dayanılarak hesaplanan bu hedef, imalat sanayinin enerji yoğunluğunda iyileştirme yapılabilecek bir potansiyel olarak değerlendirildiğinde; ulusal düzeyde belirlenen %20'lik azaltım hedefine gerçekçi biçimde katkı sağlayabilecek bir oran olarak karşımıza çıkmaktadır. Ekonominin diğer kesimlerinde (konutlar, hizmet sektörü vb.) gerçekleşecek enerji yoğunluğu azaltımlarının, %20'nin altında kalacağı beklendiğinden, sanayinin ulusal hedeften daha yüksek bir enerji yoğunluğu azaltımını gerçekleştirmesi, bu hedefin başarılmasında önemli bir rol oynayacaktır. ATM3 modeli temelinde hesaplanan tüm bu iyileştirme hedefleri neticesinde, kısa dönemde imalat sanayinin enerjiyi etkin kullanan, çevreci ve üretken bir yapıya kavuşmasının ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasının mümkün olduğu düşünülmektedir.

Literatüre katkı sağlayacak nitelikte geliştirilen ATM3 modeli ile yapılan etkinlik ölçümünde toplam faktör bakış açısıyla üretime ilişkin tüm girdi ve çıktılar ele alınmıştır. Ancak literatürdeki benzer çalışmalarda girdi ve çıktı faktörleri toplam faktör bakış açısı ile ele alınsa da, analizin değerlendirilmesi ve yorumlanması tek bir faktör üzerinden yapılmaktadır. Özellikle sektör geneli ya da ekonomi genelini kapsayan çalışmalarda tüm girdi ve çıktı iyileştirmeleri dikkate alınmalı; gerçekçi ve uygulanabilir politikalar bu değerlendirmeler üzerinden oluşturulmalıdır. Tez çalışması da, hem önerdiği yeni etkinlik ölçüm modelinden dolayı hem de analiz sonucunda tüm girdi ve çıktı iyileştirmelerini birlikte değerlendirmesinden dolayı özgün bir çalışma olarak ortaya çıkmaktadır.

Sermaye stoku ve istihdama ilişkin aylak değişkenlere sınırlandırma getiren ATM3 modelinin ilgili azaltım katsayılarının çalışma kapsamındaki uygulamada oldukça katı olmasından dolayı tutarlı çözüm sağlanamayan yıllarda, buna sebep olan bölgelerin analiz kapsamından belirli bir sistematik dâhilinde çıkarılması önerilmiştir. Bu yolla tutarlı VZA çözümünün sağlandığı yıllarda, analizde kalan bölgelerin üretim ve elektrik değişkenleri açısından kapsamlılıkları tatmin edici bir seviyede kalmıştır. Bu nedenle ilgili yıllarda analiz dışında tutulan bölgeler için uygulanabilecek girdi ve çıktı iyileştirmeleri olarak ATM2.2 modeli sonuçları tercih edilebilir. Bu model, ATM3 modeline en yakın ve gerçekçi sonuçları sunmaktadır. ATM3 modelinin uygulanacağı diğer alanlarda, sınırlandırma getirilecek değişkenlerin azaltım miktarlarının ATM2.2 modeli uygulanarak öncelikle tespit edilmesi, ardından ATM3 modelinde ele alınan probleme uygun sınırlandırma katsayılarının seçilmesi ya da tutarsızlık durumunda önerilen, KVB'lerin analiz dışına çıkarılması yaklaşımının tercih edilmesi uygun bir yol olacaktır.

Hem radyal model sonuçlarının hem de ATM3 modeli sonuçlarının bölgesel gelişmişliğe göre incelenmesi sonucunda, Türk imalat sanayinde bölgesel düzeyde çevresel Kuznets eğrilerine benzer bir durum olduğu ortaya çıkmıştır. Az gelişmiş bölgelerin imalat sanayinin, gerek etkinlik seviyelerinin, gerekse enerji tasarrufu potansiyellerinin ve enerji yoğunluğu azaltım hedeflerinin orta gelişmişlik seviyesindeki bölgelerden farklılaştığı ve daha olumlu bir profilde olduğu görülmektedir. Yüksek gelişmişlik seviyesindeki bölgeler ise genel olarak yüksek etkinlik skorları, düşük enerji tasarrufu potansiyelleri ve düşük enerji yoğunluğu azaltım hedeflerine sahip bulunmaktadır. Bölgesel düzeyde imalat sanayine yönelik politikaların orta gelişmişlik seviyesindeki bu durum göz önüne alınarak daha çevreci uygulamaların teşvik edilmesi ve az gelişmiş bölgelerde, yenilikçi üretimin desteklenmesi ile orta gelişmişlik düzeyine geçişte daha az çevresel etki yaratmaları sağlanmalıdır. İstenmeyen çıktıları sınırlandıracak bir çevresel düzenlemenin olması durumunda ise, ton CO₂ başına üretim kaybı değeri ortalaması, en yüksek miktarda düşük gelişmişlik seviyesindeki bölgelerde, en düşük miktarda ise yüksek gelişmişlik seviyesindeki bölgelerde görülmektedir. Bu durum, gelişmişlikle birlikte çevreci bir üretim teknolojisine geçişin bir anlamda ortaya çıktığına işaret etmekte ve düşük gelişmişlik seviyesindeki bölgelerde, daha çevreci üretim teknolojilerinin ve yöntemlerinin yaygınlaştırılmasının önemini sayısal olarak ortaya koymaktadır.

Çalışmada sunulan bir diğer analiz imalat sanayinin bölgesel düzeyde toplam faktör verimliliği ve bileşenlerinin 2003–2012 döneminde hesaplanmasıdır. Veri kümesinin 2003 yılı itibarıyla imalat sanayinde ilk kez detaylı olarak ortaya konulması, imalat sanayinin etkinlik analizlerinin yanında toplam faktör verimliliği endekslerinin değişimlerinin incelenmesi imkanını yaratmıştır. Bu bağlamda, Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi temelinde iki adet, Malmquist-Luenberger toplam faktör verimliliği endeksi temelinde de bir adet verimlilik değişim endeksi hesaplanmıştır. Toplam faktör verimliliğinin ilgili analiz döneminde incelenmesi, literatürde yer alan önceki dönemlere ilişkin analizlerin farklı girdi çıktı değişkenleri ile de olsa, sürekliliğini sağlaması bakımından önem taşımaktadır. İstenmeyen çıktıları ele alarak çevresel verimlilik değişimlerini ölçen Malmquist-Luenberger toplam faktör verimliliği endeksi de imalat sanayi için Türkiye’de ilk kez bu çalışmada uygulanmıştır. Çalışmanın beşinci bölümünde detaylı olarak verilen sonuçlara göre, genel anlamda, TFV değişim endekslerinin yıllara göre değişiklik gösterse de sermaye stokundaki değişimler neticesinde azalan sermaye verimliliğine bağlı olarak değişim gösterdiği ortaya çıkmaktadır. 2003–2006 döneminde küresel düzeydeki likidite bolluğu ve ülkede uygulanan düşük döviz kuru politikası, imalat sanayinde yoğun sermaye yatırımlarına yol açmış, ancak bu yatırımların üretken biçimde değerlendirilememesi nedeniyle, etkinlik artışları gözlenirse de teknik değişimi negatif etkilenmesinden dolayı, TFV değişimleri olumsuz seyretmiştir. 1980 yılından bu yana yapılan çalışmaların bulguları ile birlikte değerlendirildiğinde, imalat sanayindeki temel sorun, sermaye birikiminin toplam faktör verimliliğinin temel belirleyicisi olması, ancak sermaye birikiminin teknolojik açıdan içselleştirilememesi sonucu, sürdürülebilir bir verimlilik artışının sağlamamasıdır. Bunu sağlamak için, beşeri sermayenin yani işgücünün eğitim ve donanımının artırılması, teknolojiyi üreten ve kullanan bir imalat sanayi yapısına ulaşılması gerekmektedir. Artan sermaye yatırımları, imalat sanayinin arz kapasitesini ve teknolojik yapısını geliştirmiştir. Ancak verimsiz kullanılan bu kapasitenin, kısa ve orta vadede ekonomik konjonktürdeki gelişmelere de bağlı olmakta birlikte, uygun politikalarla verimli hale getirilmesi, enerji yoğunluğu azaltım hedeflerinin de öngördüğü üretim artışlarını sağlayabilecektir. Hem iç talebin artışı hem de ihracat imkânlarının geliştirilmesi, ATM3 modelinin öngördüğü %12,6’lık üretim artışı hedefinin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesini sağlayacaktır. Bölgesel düzeyde de; mevcut kapasitenin üretim artışları ile kullanılması, özellikle sınır ticaretinin elverişli olduğu az gelişmiş bölgelerde bölgesel gelişmişliğe katkı sunacaktır.

Tez çalışmasında hesaplanan imalat sanayine ilişkin etkinlik skorları ve iyileştirme önerileri özellikle bölgesel plan yapan kurum ve kuruluşlara, karar süreçleri için stratejik seviyede bilgi sunmaktadır. Özellikle Kalkınma Ajanslarının bölge planlarının ve destek programlarının tasarlanması sürecinde, bu çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesi son derece faydalı olacaktır. Yatırım, enerji verimliliği teşvikleri gibi konularda, ilgili bölgenin 2003–2012 dönemindeki girdi azaltım hedefleri göz önüne alınmalı, eğer bu alanlarda azaltım ihtiyacı fazla değilse, uygulanacak programlar, üretim, yenilikçilik, verimlilik artırıcı programlar ve ihracat alanına yönlendirilmelidir. Aynı zamanda, çalışmanın ortaya koyduğu etkinlik skorları; bölgesel politikaların imalat sanayinin performansı üzerindeki etkilerinin izlenmesine yönelik olarak bir izleme göstergesi olarak da kullanılabilir. Bu skorlar, Kalkınma Ajansları'nın imalat sanayine yönelik teşvik ve desteklerinin etki analizinin yapılması için önemli bir değişken olarak tercih edilebilir.

Tez çalışmasında ortaya çıkarılan tüm bulgular değerlendirildiğinde enerjinin etkin kullanılmasını sağlayacak ve üretim artışları ile enerji yoğunluğunun azaltılmasını imkân verecek bazı öneriler aşağıda sıralanmaktadır:

Türkiye’de tüketilen elektriğin yarısı sanayi kesiminde, sanayide tüketilen elektriğin ise yaklaşık %70’i elektrik motorları ve bağlı sistemlerde tüketilmektedir. Özellikle imalat sanayinde verimsiz elektrik motoru sayısının toplam motor stokunun çok büyük bir bölümünü oluşturduğu düşünüldüğünde, verimli elektrik motorlarına geçişin sağlayacağı katkı son derece yüksek olacaktır. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının Onuncu Kalkınma Planı (2014–2018) kapsamında yürüttüğü çalışmalar arasında yer alan verimsiz elektrik motorlarının verimli motorlara dönüşümü çalışmaları 2015 yılı itibariyle başlamıştır. İşletmelerde motor dönüşümünün maliyetinin geri dönüş oranı ortalama bir yıl, en fazla 18 ay civarındadır. Elektrik tüketimindeki etkisi ise %10’dan az olmayacak düzeylerde hesaplanmaktadır. Çalışmanın bulgularından da görüleceği üzere, yüksek enerji tasarrufu potansiyeli bulunan bölgelerde, Kalkınma Ajansları’nın bu konuda doğrudan teşvik programları başlatması, kısa vadede yüksek tasarrufları beraberinde getirecektir.

Bunun yanında, sanayide ısıtma ve soğutma sistemlerinde oldukça yüksek enerji kayıpları olmaktadır. Teknolojiyi değiştirmeden, sadece izolasyon ve iyi mühendislik uygulamaları ile oldukça yüksek miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir. Ayrıca, imalat sanayinde ortaya çıkan atık ısıнын geri kazanımı ve uygun kullanımı önemli enerji tasarrufu önlemleri

arasında yer almaktadır. Enerji girdilerinin, işletmeler için en önemli maliyet unsurlarından biri olmasına karşın, işletmeler detaylı enerji etütleri yapmadıkları için, bu konuda yeterince farkındalığa sahip değillerdir. Enerji etütlerinin teşvikler dâhilinde kapsamının artırılması, firmaların enerji verimliliği çalışmaları için hem farkındalık hem de altyapı kazanmalarına destek olacaktır. Bunun yanında enerjinin verimli kullanılmasının beraberinde getireceği olumlu çevresel iyileşmeler, imalat sanayinin bölgesel düzeyde çevresel sürdürülebilirliğine de katkı verecektir.

Organize sanayi bölgelerinde, enerji yönetim birimlerinin sayısının azlığı bir başka önemli engel olarak görülmektedir. Bölgesel enerji tasarrufu yüksek olan bölgelerin sanayi bölgelerinde ivedilikle kurulması gereken bu birimler, enerji yönetimi alanında özellikle küçük işletmelere yönelik teknik destek sağlaması bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca iyi uygulama örneklerinin tanıtılması, sektörel bilgi ve işbirliği ağlarının oluşturulması, endüstri mühendisliği yöntem ve tekniklerinin KOBİ'lerde yaygınlaştırılması bu alanda yapılacak diğer faaliyetler olarak düşünülmektedir.

Tez çalışması genel olarak değerlendirildiğinde, sadece bölgesel düzeyde imalat sanayi için değil, diğer sektörler ve ekonomi geneli etkinlik ölçümleri için de toplam faktör bakışı açısı ile uygun bir yaklaşım sunmaktadır. Girdi ve çıktı bileşenlerinin tümünün iyileştirme oranlarını dikkate alınması, etkin olmayan karar verme birimleri için uygulanabilir iyileştirme önerilerinin belirlenmesini sağlayacaktır. Aylak temelli modelde, farklı girdi değişkenlerinin aylak değişkenleri için sınırlama getirilmesi, farklı uygulama alanları için de yeni bir yaklaşım getirmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda, sadece imalat sanayi değil, veri mevcudiyetinin sağlanması durumunda tarım ve hizmet sektörlerinin de etkinlik ölçümü tez çalışmasının genel yaklaşımı kullanılarak uygulanabilir. Ayrıca imalat sanayinin alt kollarında sektörel kıyaslamaların yapılması, veri kümesinin oluşturulmasındaki üretim değeri tahmini ve sermaye stokunun üretilmesi yaklaşımları kullanılarak, Türkiye için oldukça yeni araştırmaların yapılabilmesini sağlayacaktır.

Bölgesel düzeyde yapılan bu çalışmada etkinlik analizleri literatür takip edilerek ölçeğe göre sabit getiri varsayımı ile yapıldığından dolayı, teknik etkinlik ve ölçek etkinliği değerleri hesaplanmamıştır. Bu doğrultuda çalışmanın bütünlüğünü sağlamak amacıyla bölgelerin imalat sanayinin TFV değişiminin bileşenleri olarak sadece etkinlik değişimleri ve teknik değişimleri incelenmiştir. Oysa etkinlik değişimi de teknik etkinlik değişimi ve

ölçek etkinliği değişimi olmak üzere iki ayrı bileşenden oluşmaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda, bu bileşenlerin de hesaplanıp analiz edilmesi, bölgelerin imalat sanayi için diğer bazı ekonomik bilgilerin elde edilmesini sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Akal, Z. (2005). *İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi Çok Yönlü Performans Göstergeleri* (Altıncı Baskı). Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 45-47
- Alp, İ. and Sözen, A. (2011). Efficiency Assessment of Turkey's Carbonization Index. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 33(18), 1678-1691.
- Altan, R. (2007). AB Bölgesel Politikasında Reformlar. *Türk İdare Dergisi* (457), 175-182.
- Altıok, M. ve Tuncer, İ. (2013). *Türkiye İmalat Sanayinde Yapısal Değişim ve Üretkenlik: 1980–2008 Dönemi*. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13(2).
- Ang, B. (2006). Monitoring changes in economy-wide energy efficiency: From energy–GDP ratio to composite efficiency index. *Energy Policy*, 34(5), 574–582.
- Ang, B. W. and Choi, K. H. (2002). Boundary problem in carbon emission decomposition. *Energy Policy*, 30(13), 1201-1205.
- Armağan, G., Özden, A. and Bekçioğlu, S. (2010). Efficiency and total factor productivity of crop production at NUTS1 level in Turkey: Malmquist index approach. *Quality & Quantity*, 44(3), 573-581.
- Ayrıçay, Y. ve Özçalıcı, M. (2014). 1997-2012 Yılları Arasında Türkiye’de Veri Zarflama Analizi İle İlgili Yayınlanan Akademik Çalışmalar. *KSÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 245-278.
- Balk, B. M. (2001). Scale Efficiency and Productivity Change. *Journal of Productivity Analysis*, 15(3), 159–183.
- Banker, R. (1984). Estimating most productive scale size using data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 17(1), 35-44.
- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Bi, G.-B., Song, W., Zhou, P. and Liang, L. (2014). Does environmental regulation affect energy efficiency in China's thermal power generation? Empirical evidence from a slacks-based DEA model. *Energy Policy*, 66, 537-546.
- Bian, Y. and Yang, F. (2010). Resource and environment efficiency analysis of provinces in China: A DEA approach based on Shannon’s entropy. *Energy Policy*, 38(4), 1909-1917.
- Bian, Y., Liang, N. and Xu, H. (2015). Efficiency evaluation of Chinese regional industrial systems with undesirable factors using a two-stage slacks-based measure approach. *Journal of Cleaner Production*, 87, 348-356.

- Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E. (1991). Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 51(1), 1-15.
- Bowlin, W. F. (1998). Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA). *Journal of Cost Analysis*, 15(2), 3-27.
- Büyükkılıç, D. (2008). *Verimlilik ve Toplam Faktör Verimliliği El Kitabı*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Büyükkılıç, D. ve Yavuz, İ. (2005). *İmalat Sanayiinde Toplam Faktör Verimliliği - Teknik Değişim, Teknik Etkinlik (1994-2001)*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Caves, D., Christensen, L. and Diewert, W. (1982). Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers. *Economic Journal*, 92, 73-86.
- Chang, M. C. (2014). Energy intensity, target level of energy intensity, and room for improvement in energy intensity: An application to the study of regions in the EU. *Energy Policy*, 67, 648-655.
- Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Chien, T. and Hu, J.-L. (2007). Renewable energy and macroeconomic efficiency of OECD and non-OECD economies. *Energy Policy*, 35(7), 3606-3615
- Choi, Y., Zhang, N. and Zhou, P. (2012). Efficiency and abatement costs of energy-related CO₂ emissions in China: A slacks-based efficiency measure. *Applied Energy*, 98, 198-208.
- Chung, Y. H., Färe, R. and Grosskopf, S. (1997). Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach. *Journal of Environmental Management* 51(3), 229-240.
- Cingi, S. ve Tarım, A. (2000, Mayıs). Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü: DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması. Türkiye Bankalar Birliği.
- Coelli, T. J., Rao, D. S., O'Donnell, C. J. and Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. New York: Springer Science & Business Media, 61-81
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software* (İkinci Baskı). Boston: Kluwer Academic Publishers, 367-371
- Debreu, G. (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19(3), 273-292.
- Deliktaş, E. (2002). Türkiye özel sektör imalat sanayiinde etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizi. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 29(3-4), 247-284.
- DPT. (2008). *Dokuzuncu Kalkınma Planı Bölgesel Gelişme Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. Devlet Planlama Teşkilatı Raporu, Ankara.

- Dünya Bankası. (Ocak, 2011). *Türkiye’de Enerji Tasarrufu Potansiyelini Kullanmak*. Dünya Bankası Raporu, Türkiye, 14-15
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Camanho, V. V., Sarrico, C. S. and Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C. A. and Pasurka, C. (1989). Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs are Undesirable: A Nonparametric Approach. *The Review of Economics and Statistics*, 71(1), 90-98.
- Färe, R., Grosskopf, S. and Tyteca, D. (1996). An activity analysis model of the environmental performance of firms—application to fossil-fuel-fired electric utilities. *Ecological Economics*, 18(2), 161-175.
- Färe, R. and Grosskopf, S. (2004). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation: Comment. *European Journal of Operational Research*, 157(1), 242-245.
- Färe, R., Grosskopf, S. and Russell, R. R. (2005). New directions: efficiency and productivity. New York: Springer Science & Business Media, 27-52
- Färe, R., Grosskopf, S. and Margaritis, D. (2011). Malmquist Productivity Indexes and DEA. In W. W. Cooper, L. M. Seiford and J. Zhu, *Handbook on Data Envelopment Analysis*. New York: Springer Science & Business Media, s. 128-129
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General)*, 253-290.
- Goto, M., Otsuka, A. and Sueyoshi, T. (2014). DEA (Data Envelopment Analysis) assessment of operational and environmental efficiencies on Japanese regional industries. *Energy*, 66, 535-549.
- Gökçen, A. (1987). Teknolojik Değişmenin Üretim Fonksiyonları Çerçevesinde Analizi. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 43, 161-188.
- Halkos, G. E. and Tzeremes, N. G. (2012). Measuring German regions’ environmental efficiency: a directional distance function approach. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 5(1), 7-16.
- Honma, S. and Hu, J.-L. (2008). Total-factor energy efficiency of regions in Japan. *Energy Policy*, 36(2), 821-833.
- Hu, J.-L. and Wang, S.-C. (2006). Total-factor energy efficiency of regions in China. *Energy Policy*, 34, 3206–3217.
- Hua, Z., Bian, Y. and Liang, L. (2007). Eco-efficiency analysis of paper mills along the Huai River: an extended DEA approach. *Omega*, 35(5), 578-587.
- İnternet: AB Bakanlığı. Bölgesel Politika ve Yapısal Araçların Koordinasyonu (Fasıl 22). URL:<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.ab.gov.tr%2Fin dex.php%3Fp%3D87%26l%3D1&date=2015-06-23>, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: DİKA. (Ocak, 2006). Dicle Kalkınma Ajansı. *5449 Sayılı Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun Genel Gerekeşesi*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.dika.org.tr%2Fphotos%2Ffiles%2FKalk%25C4%25B1nma%2520Ajanslar%25C4%25B1n%25C4%25B1n%2520Kurulu%25C5%259Fu%2C%2520Kooordinasyonu%2520ve%2520G%25C3%25B6revleri%2520Hakk%25C4%25B1nda%2520Kanunun%2520Genel%2520Gerek%25C3%25A7esi.pdf&date=2015-06-23>, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (Şubat 2012). *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi* (2012-2023). URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fenerji.gov.tr%2FFile%2F%3Fpath%3DROOT%2F1%2FDocuments%2FMevzuat%2FEnerji%2FVerimlilik%2FStrateji%2FBelgesi%2F2012%2F2023.pdf&date=2015-06-23>, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: TBMM. (25 Ocak 2006). *5449 Sayılı Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun*. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.resmigazete.gov.tr%2Feskiler%2F2006%2F02%2F20060208-1.htm&date=2015-06-23>, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: TÜİK. (2002). Türkiye İstatistik Kurumu Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri Metaveri. URL: http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1035, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: TÜİK. (2011a). Türkiye İstatistik Kurumu Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (NACE Rev.1.1) Ekonomik Faaliyetlere Göre Bazı Temel Göstergeler. URL: http://tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1020, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: TÜİK. (2011b). Türkiye İstatistik Kurumu Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (NACE Rev.1.1) Ekonomik Faaliyetlere Göre İstihdam ve Bazı Temel Göstergeler. URL: http://tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1019, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: TÜİK. (2011c). Türkiye İstatistik Kurumu Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (NACE Rev.1.1) Yerel Birim Faaliyetlerine Göre Bazı Temel Göstergeler. URL: http://tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1028, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: TÜİK. (2013a). Türkiye İstatistik Kurumu Dış Ticaret İstatistikleri Haber Bülteni. URL: <http://tuik.gov.tr/ZipGetir.do?id=13428&class=onceki>, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: TÜİK. (2013b). Türkiye İstatistik Kurumu Bölgesel Gayrisafi Katma Değer, 2011. URL: http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1317, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

İnternet: TÜİK. (2013c) Türkiye İstatistik Kurumu Bölgesel Gayrisafi Katma Değer, 2011. Metaveri. URL: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16180>, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.

- İnternet: TÜİK. (2014a). Türkiye İstatistik Kurumu Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri, 2012 Haber Bülteni, Tablo-1: Ekonomik faaliyetlere (Programcılık ve yayıncılık faaliyetleri, finans ve sigorta faaliyetleri hariç) göre bazı temel göstergeler. URL: <http://tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16181>, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.
- İnternet: TÜİK. (2014b). Türkiye İstatistik Kurumu İktisadi Faaliyet Kollarına Göre Cari Fiyatlarla Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, NACE Rev. 2. URL: http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=2217, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.
- İnternet: TÜİK. (2014c). Türkiye İstatistik Kurumu Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (NACE Rev.2) Ekonomik Faaliyetlere Göre Bazı Temel Göstergeler URL: http://tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1403, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.
- İnternet: TÜİK. (2014d). Türkiye İstatistik Kurumu Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (NACE Rev.2) Yerel Birim Faaliyetlerine Göre Bazı Temel Göstergeler URL: http://tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1411, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.
- İnternet: TÜİK. (2015). Türkiye İstatistik Kurumu Enerji İstatistikleri, Elektrik İstatistikleri. URL: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029, Son Erişim Tarihi: 23.06.2015.
- Karadağ, M. (2010). The Impact of Public Capital on the Efficiency of Private Manufacturing Industry at the Regional Level. *Ege Akademik Bakış*, 10(4), 1167-1174.
- Kavak, K. (2005). *Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi*, Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 129-132
- Kocak, E. (2014). Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 2(3), 62-73.
- Köse, A. H. (1992). *Büyüme ve Verimlilik*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 3-8
- Köse, N. ve Togay, S. (2010)., Küresel Ekonomik Krizin Türkiye'de Reel Sektörler Yansımaları. *Milli Prodüktivite Merkezi Verimlilik Raporu*, Ankara, 65-86
- Krueger, A. and Tuncer, B. (1982). Growth of Factor Productivity in Turkish Manufacturing Industries. *Journal of Development Economics*, 11, 307-325.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1), 1-28.
- Lansink, A. O. and Bezlepkın, I. (2003). The effect of heating technologies on CO₂ and energy efficiency of Dutch greenhouse firms. *Journal of Environmental Management*, 68(1), 73-82.

- Li, L. B. and Hu, J. L. (2012). Ecological total-factor energy efficiency of regions in China. *Energy Policy*, 46, s. 216-224.
- Liu, W. B., Meng, W., Li, X. X. and Zhang, D. Q. (2010). DEA models with undesirable inputs and outputs. *Annals of Operations Research*, 173(1), 177-194.
- Luptáčík, M. (2010). *Data Envelopment Analysis*. In *Mathematical Optimization and Economic Analysis*. New York: Springer. 135-136
- Mei, G., Gan, J. and Zhang, N. (2015). Metafrontier Environmental Efficiency for China's Regions: A Slack-Based Efficiency Measure. *Sustainability*, 7(4), 4004-4021.
- Meng, F. Y., Zhou, D. Q., Zhou, P. and Bai, Y. (2014). Sectoral comparison of electricity-saving potentials in China: An analysis based on provincial input-output tables. *Energy*, 72, 772-782.
- Nehru, V. and Dhareashwar, A. (1993). A New Database on Physical Capital Stock: Sources, Methodology and Results. *Revista de Analisis Economico*, 8(1), 37-59.
- Norman, M. and Stoker, B. (1991). *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*. Chichester: John Wiley and Sons, 6-195
- OECD. (1998). *International Sectoral Data Base (ISDB 98) User's Guide*. Paris, 48-49
- Önder, Ö. A., Deliktaş, E. and Lenger, A. (2003). Efficiency in the Manufacturing Industry of Selected Provinces in Turkey: A Stochastic Frontier Analysis. *Emerging Markets Finance and Trade*, 39(2), 98-113.
- Örkcü, H. and Bal, H. (2012). A New Approach To Cross Efficiency In Data Envelopment Analysis and Performance Evaluation of Turkey Cities. *Gazi University Journal of Science*, 25(1), 107-117.
- Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues. *Energy Policy*, 24(5), 377-390
- Podinovski, V. V. and Kuosmanen, T. (2011). Modelling weak disposability in data envelopment analysis under relaxed convexity assumptions. *European Journal of Operational Research*, 211(3), 577-585.
- Rao, X., Wu, J., Zhang, Z. and Liu, B. (2012). Energy efficiency and energy saving potential in China: an analysis based on slacks-based measure model. *Computers & Industrial Engineering*, 63(3), 578-584.
- Riccardi, R., Oggioni, G. and Toninelli, R. (2012). Efficiency analysis of world cement industry in presence of undesirable output: Application of data envelopment analysis and directional distance function. *Energy Policy*, 44, 140-152.
- Russell, R. R. (1998). Distance Functions in Consumer and Producer Theory. In R. Färe, S. Grosskopf and R. R. Russell, *Index numbers: essays in honour of Sten Malmquist*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, s. 7-28

- Saraçoğlu, B. ve Suiçmez, H. (2006). Türkiye İmalat Sanayiinde Verimlilik, Teknolojik Gelişme, Yapısal Özellikler ve 2001 Krizi Sonrası Reel Değişimler (1980-2005). *Milli Prodüktivite Merkezi Verimlilik Raporu*, Ankara, 81-95
- Saygılı, Ş. ve Cihan, C. (2008). Türkiye Ekonomisinin Büyüme Dinamikleri: 1987-2007 Döneminde Büyümenin Kaynakları, Temel Sorunlar ve Potansiyel Büyüme Oranı. *TÜSİAD Küresel Ekonomiye Entegrasyon Sürecinde Büyüme Raporları*, İstanbul, 65-134
- Saygılı, Ş., Cihan, C. ve Yurtoğlu, H. (2005). Türkiye Ekonomisinde Sermaye Birikimi, Verimlilik ve Büyüme (1972-2003), Uluslararası Karşılaştırma ve AB'ye Yakınsama Süreci (2014). *TÜSİAD Büyüme Stratejileri Dizisi No:6*, İstanbul, 31-63
- Saylam Bölükbaş, N. (2010). *Sermaye Verimliliği ve Toplam Faktör Verimliliği Hesaplanması ve Ülkeler Arası Karşılaştırmalı Bir Analiz*. Yayımlanmamış Uzmanlık Tezi, Milli Prodüktivite Merkezi, Ankara
- Saylam Bölükbaş, N. (2013, 10 Aralık). *Türkiye’de Sektörel Düzeyde Sermaye Stoku, Toplam Faktör Verimliliği ve Büyümenin Kaynakları*. 4. Ulusal Verimlilik Kongresinde sunuldu, Ankara
- Seiford, L. M. and Zhu, J. (2002). Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 142(1), 16-20.
- Seiford, L. and Thrall, R. (1990). Recent developments in DEA: The mathematical programming approach to frontier analysis. *Journal of Econometrics*, 46(1), 7-38.
- Shi, G.-M., Bi, J. and Wang, J.-N. (2010). Chinese regional industrial energy efficiency evaluation based on a DEA mode lof fixing non-energy inputs. *Energy Policy*, 38, 6172-6179.
- Sözen, A. and Alp, İ. (2009). Comparison of Turkey's performance of greenhouse gas emissions and local/regional pollutants with EU countries. *Energy Policy*, 37(12), 5007–5018.
- Sözen, A., Alp, İ. and Kılınç, C. (2012). Efficiency assessment of the hydro-power plants in Turkey by using Data Envelopment Analysis. *Renewable Energy*, 46, 192-202.
- Sözen, A., Alp, İ. and Özdemir, A. (2010). Assessment of operational and environmental performance of the thermal power plants in Turkey by using data envelopment analysis. *Energy Policy*, 38(10), 6194-6203.
- Şengül, Ü., Eslemian, S. ve Eren, M. (2013). Türkiye’de İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflamasına Göre Düzey 2 Bölgelerinin Ekonomik Etkinliklerinin VZA Yöntemi ile Belirlenmesi ve Tobit Model Uygulaması. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11(21), 75-99.
- Şimşek, N. (2011). Türkiye’nin Çevresel Enerji Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Ege Akademik Bakış*, 11(3), 379-396.

- Tarım, A. (2001). *Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı* (Birinci Baskı). Ankara: Sayıştay Başkanlığı, 5-44, 151-158
- Taymaz, E. ve Suiçmez, H. (2005). Türkiye'de Verimlilik, Büyüme ve Kriz. *Milli Prodüktivite Merkezi Verimlilik Raporu*, Ankara, 11-76
- Taymaz, E., Voyvoda, E. ve Yılmaz, K. (Kasım 2008). Türkiye İmalat Sanayiinde Yapısal Dönüşüm, Üretkenlik ve Teknolojik Değişme Dinamikleri. *Ortadoğu Teknik Üniversitesi ERC Working Papers in Economics*. Ankara, 19-40.
- Tokatlıoğlu, İ. ve Atan, M. (2007). Türkiye'de Bölgeler Arası Gelişmişlik Düzeyi ve Gelir Dağılımı Eşitsizliği: Kuznets Eğrisi Geçerli mi? *Ekonomik Yaklaşım*, 18(65), 25-58.
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 130(3), 498-509.
- Tuncer, İ. ve Özügürlü, Y. (Aralık 2004). Türkiye Ekonomisinde Büyüme ve Sektörel Üretkenlik Analizleri: Bölgesel Karşılaştırmalar 1980-2000. *Türkiye Ekonomi Kurumu Tartışma Metni*, Ankara, 3-71
- Tyteca, D. (1997). Linear Programming Models for the Measurement of Environmental Performance of Firms—Concepts and Empirical Results. *Journal of Productivity Analysis*, 8(2), 183-197.
- Ulucan, A. ve Atıcı, K. B. (2010). Enerji ve Çevre Konularında Parametrik Olmayan Etkinlik Analizi ve Türkiye Elektrik Sanayi Uygulaması. *HÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(1), 173-203.
- Vassiloglou, M. and Giokas, D. (1990). A Study of the Relative Efficiency of Bank Branches: An Application of Data Envelopment Analysis. *Journal of Operations Research Society*, 41(7), 591-597.
- Vencheh, A. H., Matin, R. K. and Kajani, M. T. (2005). Undesirable factors in efficiency measurement. *Applied Mathematics and Computation*, 163(2), 547-552.
- Wang, K., Wei, Y.-M. and Zhang, X. (2012). A comparative analysis of China's regional energy and emission performance: Which is the better way to deal with undesirable outputs? *Energy Policy*, 46, 574-584.
- Wang, K., Yu, S. and Zhang, W. (2013). China's regional energy and environmental efficiency: a DEA window analysis based dynamic evaluation. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(5-6), 1117-1127.
- Wang, Y., Bian, Y. and Xu, H. (2015). Water use efficiency and related pollutants' abatement costs of regional industrial systems in China: A slacks-based measure approach. *Journal of Cleaner Production*, 101, 301-310
- Watanabe, M. and Tanaka, K. (2007). Efficiency analysis of Chinese industry: A directional distance function approach. *Energy Policy*, 35(12), 6323-6331.

- Xiaoli, Z., Rui, Y. and Qian, M. (2014). China's total factor energy efficiency of provincial industrial sectors. *Energy*, 65, 52-61.
- Yalama, A. ve Sayım, M. (2008). Veri Zarflama Analizi ile İmalat Sektörünün Performans Değerlendirmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(1), 89-107.
- Yavuz, İ. (2003a). *Verimlilik ve Etkinlik Ölçümüne Yeni Yaklaşımlar ve İllere Göre İmalat Sanayiinde Etkinlik Karşılaştırmaları*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları
- Yavuz, İ. (2003b). *İmalat Sanayii ve Alt Kollarında Toplam Faktör Verimliliği Gelişimi Açısından Mekansal Bir Değerlendirme*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 7-37, 150
- Yolalan, R. (1993). *İşletmelerarası Göreli Etkinlik Ölçümü*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 7-87
- Yörük, B. K. and Zaim, O. (2005). Productivity growth in OECD countries: A comparison with Malmquist indices. *Journal of Comparative Economics*, 33, 401-420.
- Zaim, O. (2004). Measuring environmental performance of state manufacturing through changes in pollution intensities: a DEA framework. *Ecological Economics*, 48(1), 37-47.
- Zaim, O. and Taşkın, F. (1997). The Comparative Performance of the Public Enterprise Sector in Turkey: A Malmquist Productivity Index Approach. *Journal of Comparative Economics*, 25, 129-157.
- Zaim, O. and Taşkın, F. (2000a). Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD: a non-parametric approach. *Journal of Environmental Management*, 58(2), 95-107.
- Zaim, O. and Taşkın, F. (2000b). A Kuznets Curve in Environmental Efficiency: An Application on OECD Countries. *Environmental and Resource Economics*, 17, 21-36.
- Zhang, N. and Choi, Y. (2013). Environmental energy efficiency of China's regional economies: A non-oriented slacks-based measure analysis. *The Social Science Journal*, 50(2), 225-234.
- Zhang, N. and Kim, J. D. (2014). Measuring sustainability by energy efficiency analysis for Korean power companies: a sequential slacks-based efficiency measure. *Sustainability*, 6(3), 1414-1426.
- Zhang, N., Kong, F. and Yu, Y. (2015). Measuring ecological total-factor energy efficiency incorporating regional heterogeneities in China. *Ecological Indicators*, 51, 165-172.
- Zhang, X.-P., Cheng, X.-M., Yuan, J.-H. and Hao, X.-J. (2011). Total-factor energy efficiency in developing countries. *Energy Policy*, 39(2), 644-650.

- Zhou, P. and Ang, B. W. (2008). Linear programming models for measuring economy-wide energy efficiency. *Energy Policy*, 36, 2911–2916.
- Zhou, P., Ang, B. W. and Han, J. Y. (2010). Total factor carbon emission performance: A Malmquist index analysis. *Energy Economics*, 32(1), 194-201.
- Zhou, P., Ang, B. W. and Poh, K. L. (2006). Slacks-based efficiency measures for modeling environmental performance. *Ecological Economics*, 60, 111-118.
- Zhou, P., Ang, B. and Poh, K. L. (2008a). A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, 189, 1-18.
- Zhou, P., Ang, B. W. and Poh, K. L. (2008b). Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies. *Energy Economics*, 30(1), 1-14.





EK-1. Türkiye İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflaması (İBBS)

1. Düzey		2. Düzey		3. Düzey		
TR Türkiye						
TR1	İstanbul	TR10	İstanbul	TR100	İstanbul	
TR2	Batı Marmara	TR21	(Tekirdağ, Edirne, Kırklareli)	TR211	Tekirdağ	
			TR22	(Balıkesir, Çanakkale)	TR212	Edirne
				TR221	Balıkesir	
		TR222	Çanakkale			
TR3	Ege	TR31	(İzmir)	TR310	İzmir	
		TR32	(Aydın, Denizli, Muğla)	TR321	Aydın	
			TR33	(Manisa, Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak)	TR322	Denizli
				TR323	Muğla	
		TR331		Manisa		
		TR332		Afyonkarahisar		
		TR333	Kütahya			
TR334	Uşak					
TR4	Doğu Marmara	TR41	(Bursa, Eskişehir, Bilecik)	TR411	Bursa	
			TR42	(Kocaeli, Sakarya, Düzce Bolu, Yalova)	TR412	Eskişehir
				TR413	Bilecik	
		TR421		Kocaeli		
		TR422		Sakarya		
		TR423	Düzce			
		TR424	Bolu			
TR425	Yalova					
TR5	Batı Anadolu	TR51	(Ankara)	TR510	Ankara	
		TR52	(Konya, Karaman)	TR521	Konya	
			TR522	Karaman		
TR6	Akdeniz	TR61	(Antalya, Isparta, Burdur)	TR611	Antalya	
			TR62	(Adana, Mersin)	TR612	Isparta
				TR63	(Hatay, Kahramanmaraş Osmaniye)	TR613
		TR621	Adana			
		TR622	Mersin			
		TR631	Hatay			
		TR632	Kahramanmaraş			
TR633	Osmaniye					
TR7	Orta Anadolu	TR71	(Kırıkkale, Aksaray, Niğde, Nevşehir, Kırşehir)	TR711	Kırıkkale	
			TR72	(Kayseri, Sivas, Yozgat)	TR712	Aksaray
				TR721	Kayseri	
					TR722	Sivas
			TR723	Yozgat		

EK-1. (Devam)Türkiye İstatistikî Bölge Birimleri Sınıflaması (İBBS)

TR8	Batı Karadeniz	TR81	(Zonguldak, Karabük, Bartın)	TR811	Zonguldak
				TR812	Karabük
				TR813	Bartın
		TR82	(Kastamonu, Çankırı, Sinop)	TR821	Kastamonu
				TR822	Çankırı
				TR823	Sinop
		TR83	(Samsun, Tokat, Çorum, Amasya)	TR831	Samsun
				TR832	Tokat
TR833	Çorum				
TR834	Amasya				
TR9	Doğu Karadeniz	TR90	(Trabzon Ordu, Giresun, Rize, Artvin, Gümüşhane)	TR901	Trabzon
				TR902	Ordu
				TR903	Giresun
				TR904	Rize
				TR905	Artvin
				TR906	Gümüşhane
TRA	Kuzeydoğu Anadolu	TRA1	(Erzurum, Erzincan, Bayburt)	TRA11	Erzurum
				TRA12	Erzincan
				TRA13	Bayburt
		TRA2	(Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan)	TRA21	Ağrı
				TRA22	Kars
				TRA23	Iğdır
TRB	Ortadoğu Anadolu	TRB1	(Malatya, Elazığ, Bingöl, Tunceli)	TRA24	Ardahan
				TRB11	Malatya
				TRB12	Elazığ
				TRB13	Bingöl
		TRB2	(Van, Muş, Bitlis, Hakkari)	TRB14	Tunceli
				TRB21	Van
				TRB22	Muş
				TRB23	Bitlis
TRC	Güneydoğu Anadolu	TRC1	(Gaziantep, Adıyaman, Kilis)	TRB24	Hakkari
				TRC11	Gaziantep
				TRC12	Adıyaman
		TRC2	(Şanlıurfa, Diyarbakır)	TRC13	Kilis
				TRC21	Şanlıurfa
		TRC3	(Mardin, Batman, Şırnak, Siirt)	TRC22	Diyarbakır
TRC31	Mardin				
TRC32	Batman				
Toplam	12	26		TRC33	Şırnak
				TRC34	Siirt
				81	

EK-2. RM3 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

RM3	2003 Azaltım Oranı				2004 Azaltım Oranı				2005 Azaltım Oranı				2006 Azaltım Oranı			
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,579	%15,8	%42,1	%42,1	0,472	%0,3	%52,8	%52,8	0,557	%0,0	%44,3	%44,3	0,515	%43,3	%48,5	%48,5
TR22	0,468	%26,9	%53,2	%53,2	0,517	%0,0	%48,3	%65,1	0,446	%0,0	%55,4	%55,4	0,344	%44,6	%65,6	%65,6
TR31	0,776	%61,6	%22,4	%22,4	0,665	%19,8	%33,5	%33,5	0,661	%25,5	%33,9	%33,9	0,558	%59,0	%44,2	%44,2
TR32	0,482	%53,2	%51,8	%51,8	0,429	%13,6	%57,1	%57,1	0,466	%9,2	%53,4	%53,4	0,496	%15,7	%50,4	%50,4
TR33	0,720	%7,5	%28,0	%28,0	0,740	%0,0	%26,0	%26,0	0,781	%0,0	%21,9	%21,9	0,668	%0,0	%33,2	%33,2
TR41	0,645	%58,9	%35,5	%35,5	0,581	%3,7	%41,9	%41,9	0,615	%6,4	%38,5	%38,5	0,578	%36,5	%42,2	%42,2
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,956	%49,3	%4,4	%4,4
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,963	%0,0	%3,7	%3,7	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,463	%71,3	%53,7	%53,7	0,350	%21,5	%65,0	%65,0	0,382	%23,9	%61,8	%61,8	0,358	%60,6	%64,2	%64,2
TR61	0,405	%66,7	%59,5	%59,5	0,511	%0,0	%48,9	%48,9	0,568	%0,0	%43,2	%43,2	0,675	%0,0	%32,5	%32,5
TR62	0,584	%29,2	%41,6	%41,6	0,471	%0,0	%52,9	%52,9	0,475	%24,6	%52,5	%52,5	0,476	%81,3	%52,4	%52,4
TR63	0,532	%0,0	%46,8	%62,8	0,631	%0,0	%36,9	%57,9	0,506	%0,0	%49,4	%52,9	0,397	%51,0	%60,3	%60,3
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,720	%0,0	%28,0	%28,0	0,265	%47,7	%73,5	%73,5
TR72	0,557	%59,0	%44,3	%44,3	0,512	%2,1	%48,8	%48,8	0,503	%6,0	%49,7	%49,7	0,496	%33,6	%50,4	%50,4
TR81	0,642	%0,0	%35,8	%61,4	0,906	%0,0	%9,4	%53,9	0,657	%0,0	%34,3	%40,9	0,459	%45,1	%54,1	%54,1
TR82	0,486	%0,0	%51,4	%51,4	0,372	%0,0	%62,8	%62,8	0,366	%0,0	%63,4	%63,4	0,294	%2,5	%70,6	%70,6
TR83	0,488	%0,0	%51,2	%51,2	0,608	%0,0	%39,2	%39,2	0,939	%0,0	%6,1	%6,1	0,534	%0,0	%46,6	%46,6
TR90	0,740	%0,0	%26,0	%26,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,927	%0,0	%7,3	%7,3	0,768	%0,0	%23,2	%23,2
TRA1	0,395	%96,8	%60,5	%60,5	0,542	%92,8	%45,8	%45,8	0,530	%92,8	%47,0	%47,0	0,506	%93,2	%49,4	%49,4
TRA2	0,353	%74,5	%64,7	%64,7	0,360	%22,0	%64,0	%64,0	0,305	%40,6	%69,5	%69,5	0,243	%63,0	%75,7	%75,7
TRB1	0,392	%38,7	%60,8	%60,8	0,430	%0,0	%57,0	%57,0	0,390	%0,0	%61,0	%61,0	0,299	%16,3	%70,1	%70,1
TRB2	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TRC1	0,452	%55,7	%54,8	%54,8	0,476	%11,2	%52,4	%52,4	0,462	%19,6	%53,8	%53,8	0,446	%54,1	%55,4	%55,4
TRC2	0,536	%0,0	%46,4	%46,4	0,491	%0,0	%50,9	%50,9	0,611	%0,0	%38,9	%38,9	0,467	%0,0	%53,3	%53,3
TRC3	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0

EK-2. (Devam) RM3 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

RM3	2007 Azaltım Oranı				2008 Azaltım Oranı				2009 Azaltım Oranı			
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,433	%13,7	%56,7	%57,9	0,498	%8,0	%50,2	%50,2	0,806	%0,0	%19,4	%19,4
TR22	0,998	%0,0	%0,2	%35,3	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR31	0,688	%20,2	%31,2	%31,2	0,760	%16,0	%24,0	%24,0	0,824	%16,3	%17,6	%17,6
TR32	0,512	%6,4	%48,8	%48,8	0,543	%8,6	%45,7	%45,7	0,580	%0,0	%42,0	%42,0
TR33	0,801	%0,0	%19,9	%19,9	0,727	%0,0	%27,3	%27,3	0,936	%0,0	%6,4	%6,4
TR41	0,752	%0,1	%24,8	%24,8	0,742	%1,6	%25,8	%25,8	0,746	%8,9	%25,4	%25,4
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	0,906	%0,0	%9,4	%9,4	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,465	%10,9	%53,5	%53,5	0,499	%9,2	%50,1	%50,1	0,627	%0,0	%37,3	%37,3
TR61	0,968	%0,0	%3,2	%3,2	0,422	%0,0	%57,8	%57,8	0,439	%0,0	%56,1	%56,1
TR62	0,655	%50,9	%34,5	%34,5	0,600	%57,0	%40,0	%40,0	0,737	%51,9	%26,3	%26,3
TR63	0,837	%0,0	%16,3	%32,5	0,999	%0,0	%0,1	%63,1	0,687	%37,6	%31,3	%67,6
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,434	%15,9	%56,6	%56,6
TR72	0,521	%10,1	%47,9	%47,9	0,551	%3,3	%44,9	%44,9	0,591	%0,0	%40,9	%40,9
TR81	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,972	%0,0	%2,8	%52,3	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,311	%0,0	%68,9	%68,9	0,379	%0,0	%62,1	%62,1	0,462	%0,0	%53,8	%53,8
TR83	0,853	%0,0	%14,7	%19,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,733	%0,0	%26,7	%26,7
TR90	0,743	%0,0	%25,7	%25,7	0,609	%0,0	%39,1	%39,1	1	%0,0	%0,0	%0,0
TRA1	0,401	%94,2	%59,9	%59,9	0,349	%94,3	%65,1	%65,1	0,302	%92,9	%69,8	%69,8
TRA2	0,354	%29,6	%64,6	%64,6	0,380	%0,0	%62,0	%62,0	0,246	%40,7	%75,4	%75,4
TRB1	0,391	%0,0	%60,9	%60,9	0,320	%0,0	%68,0	%68,0	0,466	%0,0	%53,4	%53,4
TRB2	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,290	%28,5	%71,0	%71,0
TRC1	0,486	%21,2	%51,4	%51,4	0,522	%12,2	%47,8	%47,8	0,536	%8,8	%46,4	%46,4
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,581	%0,0	%41,9	%41,9	1	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	0,676	%50,8	%32,4	%54,1	0,642	%45,0	%35,8	%52,9	0,607	%37,2	%39,3	%50,4

EK-2. (Devam) RM3 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

RM3	2010 Azaltım Oranı				2011 Azaltım Oranı				2012 Azaltım Oranı			
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,583	%2,6	%41,7	%41,7	0,536	%16,6	%46,4	%46,4	0,672	%0,0	%32,8	%32,8
TR22	0,782	%0,0	%21,8	%67,0	0,723	%0,0	%27,7	%66,4	0,812	%0,0	%18,8	%53,7
TR31	0,784	%28,4	%21,6	%21,6	0,754	%24,8	%24,6	%24,6	0,858	%0,1	%14,2	%14,2
TR32	0,529	%24,4	%47,1	%47,1	0,570	%20,6	%43,0	%43,0	0,642	%0,0	%35,8	%35,8
TR33	0,667	%2,7	%33,3	%33,3	0,610	%20,0	%39,0	%39,0	0,878	%0,0	%12,2	%12,2
TR41	0,785	%33,0	%21,5	%21,5	0,714	%46,3	%28,6	%28,6	0,811	%2,3	%18,9	%18,9
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,570	%27,7	%43,0	%43,0	0,512	%44,7	%48,8	%48,8	0,713	%0,0	%28,7	%28,7
TR61	0,457	%23,6	%54,3	%54,3	0,341	%43,0	%65,9	%65,9	0,480	%0,0	%52,0	%52,0
TR62	0,731	%62,4	%26,9	%26,9	0,620	%60,4	%38,0	%38,0	0,680	%40,9	%32,0	%32,0
TR63	0,728	%21,7	%27,2	%56,0	0,786	%28,7	%21,4	%59,0	0,737	%29,9	%26,3	%60,9
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,678	%0,0	%32,2	%32,2
TR72	0,509	%35,7	%49,1	%49,1	0,474	%47,6	%52,6	%52,6	0,625	%0,0	%37,5	%37,5
TR81	0,852	%0,0	%14,8	%55,3	0,941	%0,0	%5,9	%54,4	1	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,394	%0,0	%60,6	%60,6	0,315	%36,1	%68,5	%68,5	0,415	%0,0	%58,5	%58,5
TR83	0,692	%0,0	%30,8	%30,8	0,430	%4,6	%57,0	%57,0	0,781	%0,0	%21,9	%21,9
TR90	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0
TRA1	0,360	%94,9	%64,0	%64,0	0,370	%93,5	%63,0	%63,0	0,431	%88,9	%56,9	%56,9
TRA2	0,381	%43,7	%61,9	%61,9	0,362	%39,2	%63,8	%63,8	0,336	%29,2	%66,4	%66,4
TRB1	0,330	%21,4	%67,0	%67,0	0,301	%24,3	%69,9	%69,9	0,348	%0,0	%65,2	%65,2
TRB2	0,361	%47,5	%63,9	%63,9	0,317	%41,0	%68,3	%68,3	0,403	%0,0	%59,7	%59,7
TRC1	0,555	%25,2	%44,5	%44,5	0,563	%33,5	%43,7	%43,7	0,619	%0,0	%38,1	%38,1
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	0,561	%13,6	%43,9	%43,9	1	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	0,658	%26,9	%34,2	%39,2	0,713	%17,4	%28,6	%28,7	1	%0,0	%0,0	%0,0

EK-3. ATM1 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 1	2003					Artırım Oranı	2004					Artırım Oranı	2005					Artırım Oranı	2006					Artırım Oranı
	Azaltım Oranı						Azaltım Oranı						Azaltım Oranı						Azaltım Oranı					
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Üretim		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Üretim		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Üretim		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	Üretim	
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TR21	0,460	%73,7	%0,0	%36,7	%37,2	0,507	%69,3	%0,0	%38,3	%26,3	0,557	%79,9	%33,0	%0,0	%12,0	0,450	%33,9	%26,3	%0,0	%77,7				
TR22	0,434	%25,9	%0,0	%12,4	%101,2	0,480	%27,5	%0,0	%46,0	%57,3	0,438	%47,8	%16,3	%0,0	%79,6	0,379	%0,0	%32,2	%24,1	%114,1				
TR31	0,563	%84,8	%0,0	%22,4	%14,2	0,640	%81,1	%0,0	%15,7	%5,8	0,647	%21,6	%37,3	%0,0	%24,2	0,419	%68,0	%40,9	%0,0	%52,0				
TR32	0,378	%79,3	%30,4	%0,0	%68,0	0,451	%76,2	%31,3	%0,0	%42,3	0,567	%59,9	%70,0	%0,0	%0,0	0,443	%74,7	%75,4	%0,0	%12,8				
TR33	0,583	%77,2	%35,3	%0,0	%7,2	0,697	%66,8	%24,1	%0,0	%0,0	0,825	%35,9	%16,7	%0,0	%0,0	0,545	%62,5	%67,7	%0,0	%3,9				
TR41	0,481	%78,5	%0,0	%20,0	%39,5	0,579	%74,1	%0,0	%16,0	%20,9	0,657	%49,9	%53,0	%0,0	%0,0	0,451	%71,2	%60,2	%0,0	%24,5				
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,759	%58,3	%14,0	%0,0	%0,0				
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,855	%17,2	%26,3	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0				
TR52	0,356	%70,5	%0,0	%12,4	%103,3	0,362	%64,5	%0,0	%11,3	%106,2	0,398	%83,9	%48,1	%0,0	%40,8	0,297	%46,2	%35,9	%0,0	%144,0				
TR61	0,362	%33,0	%2,6	%0,0	%143,4	0,510	%30,2	%7,1	%0,0	%71,8	0,514	%72,0	%60,7	%0,0	%8,5	0,503	%49,5	%73,5	%0,0	%17,2				
TR62	0,466	%66,9	%0,0	%25,4	%48,6	0,494	%63,4	%0,0	%33,3	%37,1	0,481	%84,2	%32,9	%0,0	%26,8	0,335	%79,3	%32,6	%0,0	%86,9				
TR63	0,399	%63,7	%0,0	%54,5	%51,9	0,552	%60,6	%0,0	%53,9	%12,0	0,484	%63,7	%7,0	%0,0	%58,0	0,395	%0,0	%11,3	%0,2	%143,8				
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,597	%63,3	%52,9	%0,0	%2,6	0,240	%37,1	%53,4	%0,0	%191,4				
TR72	0,428	%78,3	%22,0	%0,0	%55,7	0,524	%74,5	%20,5	%0,0	%30,3	0,547	%77,4	%58,5	%0,0	%0,0	0,402	%63,1	%58,5	%0,0	%48,1				
TR81	0,456	%61,5	%0,0	%56,7	%32,8	0,735	%25,4	%0,0	%54,2	%0,0	0,582	%57,7	%0,0	%1,7	%37,8	0,477	%0,0	%14,0	%11,1	%92,0				
TR82	0,444	%37,2	%43,1	%0,0	%64,8	0,399	%40,9	%33,2	%0,0	%88,7	0,405	%79,6	%71,7	%0,0	%22,5	0,301	%38,1	%70,0	%0,0	%112,3				
TR83	0,459	%27,6	%27,5	%0,0	%77,7	0,590	%34,1	%30,5	%0,0	%33,0	0,634	%50,8	%59,1	%0,0	%0,0	0,455	%8,1	%64,0	%0,0	%67,0				
TR90	0,626	%69,9	%42,4	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,947	%7,1	%8,7	%0,0	%0,0	0,619	%44,1	%70,1	%0,0	%0,0				
TRA1	0,255	%88,4	%0,0	%46,9	%115,5	0,338	%87,4	%0,0	%53,8	%56,5	0,346	%87,0	%0,0	%44,0	%62,8	0,347	%86,0	%0,0	%36,8	%70,4				
TRA2	0,269	%82,2	%26,6	%0,0	%136,5	0,391	%76,7	%38,2	%0,0	%58,0	0,353	%89,9	%69,4	%0,0	%32,7	0,206	%72,3	%70,7	%0,0	%154,4				
TRB1	0,351	%36,7	%0,0	%15,9	%135,3	0,443	%38,3	%0,0	%11,8	%88,2	0,399	%73,9	%55,1	%0,0	%42,7	0,300	%18,4	%56,5	%0,0	%150,1				
TRB2	0,681	%6,6	%71,4	%0,0	%8,7	0,681	%34,2	%61,6	%0,0	%0,0	0,562	%60,8	%70,5	%0,0	%0,0	0,503	%56,7	%84,1	%0,0	%5,5				
TRC1	0,350	%72,8	%0,0	%25,1	%92,4	0,480	%70,7	%0,0	%14,0	%49,4	0,472	%84,8	%43,5	%0,0	%21,2	0,355	%57,4	%43,1	%0,0	%87,6				
TRC2	0,493	%32,8	%30,5	%0,0	%60,1	0,524	%5,3	%16,1	%0,0	%77,2	0,501	%61,6	%60,0	%0,0	%18,6	0,429	%24,1	%62,8	%0,0	%65,6				
TRC3	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0				

EK-3. (Devam) ATM1 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM1	2007					2008					2009				
	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,572	%0,0	%49,9	%51,3	%15,9	0,597	%6,9	%0,0	%37,7	%42,6	0,828	%0,0	%0,0	%51,5	%0,0
TR22	0,881	%0,0	%0,0	%35,6	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR31	0,721	%0,0	%14,7	%11,9	%26,4	0,781	%34,6	%0,0	%31,1	%0,0	0,816	%24,6	%0,0	%30,8	%0,0
TR32	0,624	%6,6	%58,6	%0,0	%25,4	0,616	%32,9	%35,7	%0,0	%25,2	0,634	%0,0	%5,2	%36,3	%35,8
TR33	0,856	%0,0	%35,4	%7,8	%0,0	0,782	%4,4	%18,7	%0,0	%18,0	0,904	%0,0	%0,0	%28,7	%0,0
TR41	0,807	%14,2	%43,9	%0,0	%0,0	0,768	%36,0	%19,0	%0,0	%6,3	0,728	%30,3	%0,0	%51,4	%0,0
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	0,937	%0,0	%0,0	%18,9	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,580	%0,0	%52,2	%35,5	%22,0	0,567	%0,0	%2,1	%8,9	%70,0	0,677	%5,2	%0,0	%58,7	%16,2
TR61	0,951	%0,0	%0,0	%14,6	%0,0	0,553	%0,0	%36,2	%44,5	%32,2	0,585	%0,0	%26,8	%78,4	%11,0
TR62	0,586	%35,2	%18,8	%0,0	%39,9	0,535	%38,7	%20,0	%0,0	%50,2	0,647	%57,9	%0,0	%47,9	%0,0
TR63	0,820	%0,0	%0,0	%53,9	%0,0	0,789	%0,1	%0,0	%63,1	%0,0	0,545	%9,1	%0,0	%52,8	%45,6
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,503	%0,0	%4,7	%62,6	%54,1
TR72	0,611	%0,0	%49,7	%14,9	%28,4	0,617	%12,2	%15,3	%0,0	%47,2	0,648	%5,4	%0,0	%59,3	%21,0
TR81	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,813	%3,2	%0,0	%53,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,454	%20,3	%0,0	%41,8	%74,6	0,529	%0,0	%56,2	%34,4	%31,9	0,588	%0,0	%44,1	%75,7	%2,2
TR83	0,789	%3,9	%0,0	%59,3	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,814	%0,0	%25,4	%30,4	%0,0
TR90	0,802	%27,2	%0,0	%32,1	%0,0	0,700	%0,0	%46,9	%3,3	%18,9	0,905	%0,0	%28,5	%0,1	%0,0
TRA1	0,270	%86,8	%0,0	%51,4	%100,0	0,232	%85,6	%0,0	%60,0	%121,8	0,197	%78,7	%0,0	%61,4	%171,0
TRA2	0,448	%1,4	%60,1	%0,0	%77,6	0,552	%22,1	%62,0	%0,0	%30,3	0,307	%0,0	%28,2	%55,7	%134,2
TRB1	0,577	%0,0	%45,7	%49,5	%18,2	0,461	%0,0	%53,4	%36,3	%52,0	0,608	%0,0	%47,9	%69,7	%0,0
TRB2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,528	%0,0	%57,9	%33,9	%31,6	0,374	%0,0	%25,5	%69,5	%82,8
TRC1	0,572	%0,0	%41,3	%31,0	%32,7	0,590	%11,1	%0,0	%26,6	%48,2	0,623	%14,3	%0,0	%72,5	%14,0
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,715	%0,0	%43,5	%42,1	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	0,542	%27,2	%0,0	%32,2	%47,9	0,554	%14,3	%0,0	%26,7	%55,8	0,577	%0,0	%3,4	%21,1	%59,2

EK-3. (Devam) ATM1 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM1	2010					2011					2012				
	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,587	%10,5	%0,0	%40,9	%41,2	0,500	%14,7	%0,0	%39,0	%64,0	0,755	%0,0	%31,0	%24,2	%8,1
TR22	0,675	%0,0	%10,8	%66,1	%10,2	0,581	%12,2	%0,0	%67,9	%26,2	0,748	%0,0	%14,1	%61,4	%0,0
TR31	0,678	%40,8	%0,0	%30,3	%12,5	0,638	%37,5	%0,0	%31,6	%20,7	0,845	%14,1	%16,7	%0,0	%6,2
TR32	0,544	%23,1	%32,9	%0,0	%49,7	0,546	%26,2	%34,1	%0,0	%46,3	0,710	%22,3	%57,3	%0,0	%3,5
TR33	0,716	%0,0	%22,7	%6,8	%25,8	0,620	%0,0	%15,5	%0,4	%52,7	0,841	%1,9	%45,7	%0,0	%0,0
TR41	0,719	%32,5	%13,1	%0,0	%17,9	0,635	%33,8	%7,3	%0,0	%36,0	0,819	%26,0	%28,3	%0,0	%0,0
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,819	%22,2	%32,1	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,567	%2,7	%0,0	%19,5	%63,2	0,522	%0,0	%5,8	%7,1	%83,5	0,760	%11,2	%50,1	%0,0	%4,7
TR61	0,544	%0,0	%37,7	%34,1	%39,7	0,403	%0,0	%35,7	%39,3	%86,3	0,599	%0,0	%56,4	%29,5	%19,2
TR62	0,584	%57,9	%0,0	%14,9	%29,7	0,485	%55,8	%0,0	%25,7	%50,2	0,610	%40,3	%24,8	%0,0	%28,2
TR63	0,566	%47,8	%0,0	%67,4	%8,9	0,531	%56,6	%0,0	%71,8	%7,7	0,584	%21,0	%0,0	%47,7	%32,1
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,729	%14,7	%49,5	%0,0	%7,8
TR72	0,529	%0,0	%13,8	%2,2	%79,2	0,475	%0,9	%6,3	%0,0	%105,4	0,694	%10,3	%52,4	%0,0	%13,9
TR81	0,708	%10,5	%0,0	%58,0	%9,0	0,730	%17,5	%0,0	%60,5	%1,4	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,523	%0,0	%55,4	%40,0	%30,5	0,382	%0,0	%45,4	%35,8	%90,9	0,557	%0,0	%65,7	%35,0	%19,3
TR83	0,719	%0,0	%48,1	%36,2	%0,0	0,572	%0,0	%49,9	%53,9	%14,3	0,847	%0,0	%24,7	%21,2	%0,0
TR90	0,707	%0,0	%48,2	%7,4	%15,2	0,643	%0,0	%45,6	%1,7	%31,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRA1	0,247	%89,0	%0,0	%18,4	%159,7	0,242	%89,2	%0,0	%33,7	%143,4	0,317	%77,6	%0,0	%61,9	%68,9
TRA2	0,398	%15,7	%30,0	%0,0	%112,9	0,369	%10,7	%33,9	%0,0	%130,5	0,421	%22,6	%66,2	%0,0	%67,3
TRB1	0,456	%0,0	%52,5	%57,0	%39,4	0,422	%0,0	%54,7	%59,1	%47,1	0,513	%0,0	%64,8	%53,3	%18,3
TRB2	0,410	%0,0	%28,7	%30,7	%95,7	0,384	%0,0	%42,7	%37,1	%90,9	0,537	%0,0	%64,1	%25,4	%30,7
TRC1	0,549	%6,4	%0,0	%26,1	%62,6	0,537	%8,7	%0,0	%18,6	%69,2	0,691	%0,0	%39,8	%12,4	%19,6
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,658	%0,0	%34,4	%34,9	%16,8	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	0,564	%46,1	%0,0	%50,0	%20,4	0,601	%39,1	%0,0	%41,1	%21,9	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0

EK-4. ATM2.1 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 2.1	2003					Artırım Oranı	2004					Artırım Oranı	2005					Artırım Oranı	2006					Artırım Oranı
	Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim	
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik		
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	
TR21	0,405	%80,9	%27,2	%53,9	%0,0		0,460	%75,7	%20,8	%51,2	%0,0		0,463	%82,0	%40,2	%10,7	%0,0		0,348	%62,8	%58,5	%43,7	%0,0	
TR22	0,346	%63,2	%50,3	%56,5	%0,0		0,406	%53,9	%36,4	%65,7	%0,0		0,345	%70,9	%53,4	%44,3	%0,0		0,283	%53,3	%68,4	%64,6	%0,0	
TR31	0,530	%86,6	%12,4	%32,0	%0,0		0,543	%30,5	%49,1	%17,3	%0,0		0,519	%36,8	%49,5	%19,5	%0,0		0,321	%78,9	%61,1	%34,2	%0,0	
TR32	0,292	%87,6	%58,5	%40,4	%0,0		0,358	%83,2	%51,7	%29,7	%0,0		0,418	%36,1	%72,9	%19,9	%0,0		0,318	%77,6	%78,2	%11,3	%0,0	
TR33	0,487	%78,6	%39,6	%6,7	%0,0		0,622	%66,8	%24,1	%0,0	%0,0		0,663	%0,0	%50,7	%0,0	%0,0		0,405	%63,9	%68,9	%3,8	%0,0	
TR41	0,422	%84,6	%28,3	%42,7	%0,0		0,522	%16,5	%55,5	%27,9	%0,0		0,518	%25,2	%57,1	%18,0	%0,0		0,337	%76,9	%68,0	%19,7	%0,0	
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		0,709	%58,3	%14,0	%0,0	%0,0	
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		0,756	%17,2	%26,3	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	
TR52	0,284	%85,5	%50,9	%56,9	%0,0		0,288	%82,8	%51,5	%57,0	%0,0		0,302	%88,5	%63,1	%29,0	%0,0		0,217	%78,0	%73,8	%59,1	%0,0	
TR61	0,278	%72,5	%60,0	%59,0	%0,0		0,415	%59,4	%45,9	%41,8	%0,0		0,389	%74,2	%63,8	%7,9	%0,0		0,363	%57,0	%77,4	%14,7	%0,0	
TR62	0,400	%77,8	%32,8	%49,9	%0,0		0,435	%73,3	%27,1	%51,3	%0,0		0,389	%87,5	%47,0	%21,1	%0,0		0,254	%88,9	%63,9	%46,5	%0,0	
TR63	0,341	%76,1	%34,2	%70,0	%0,0		0,524	%64,8	%10,7	%58,9	%0,0		0,401	%77,1	%41,2	%36,7	%0,0		0,299	%58,9	%63,6	%59,0	%0,0	
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		0,470	%64,2	%54,1	%2,5	%0,0		0,169	%78,4	%84,0	%65,7	%0,0	
TR72	0,342	%86,1	%49,9	%35,8	%0,0		0,439	%80,4	%39,0	%23,2	%0,0		0,423	%77,3	%58,5	%0,0	%0,0		0,295	%75,1	%72,0	%32,5	%0,0	
TR81	0,406	%71,0	%24,7	%67,4	%0,0		0,735	%25,4	%0,0	%54,2	%0,0		0,512	%69,4	%27,4	%28,7	%0,0		0,374	%47,9	%55,2	%53,7	%0,0	
TR82	0,335	%61,9	%65,5	%39,3	%0,0		0,301	%68,7	%64,6	%47,0	%0,0		0,293	%83,4	%76,9	%18,4	%0,0		0,211	%70,8	%85,8	%52,9	%0,0	
TR83	0,354	%59,2	%59,2	%43,7	%0,0		0,476	%50,5	%47,8	%24,8	%0,0		0,489	%50,8	%59,1	%0,0	%0,0		0,327	%45,0	%78,5	%40,1	%0,0	
TR90	0,516	%70,0	%42,4	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		0,889	%0,0	%14,3	%0,0	%0,0		0,459	%44,1	%70,1	%0,0	%0,0	
TRA1	0,201	%94,6	%53,6	%75,3	%0,0		0,286	%92,0	%36,1	%70,5	%0,0		0,290	%92,0	%38,6	%65,6	%0,0		0,287	%91,8	%41,3	%62,9	%0,0	
TRA2	0,200	%92,5	%68,9	%57,7	%0,0		0,299	%85,2	%60,9	%36,7	%0,0		0,255	%92,4	%77,0	%24,6	%0,0		0,143	%89,1	%88,5	%60,7	%0,0	
TRB1	0,272	%73,1	%57,5	%64,2	%0,0		0,359	%67,2	%46,9	%53,1	%0,0		0,297	%81,7	%68,5	%29,9	%0,0		0,212	%67,4	%82,6	%60,0	%0,0	
TRB2	0,498	%14,1	%73,7	%8,0	%0,0		0,520	%34,2	%61,7	%0,0	%0,0		0,416	%60,8	%70,5	%0,0	%0,0		0,353	%59,0	%84,9	%5,2	%0,0	
TRC1	0,282	%85,9	%48,1	%61,1	%0,0		0,412	%80,4	%33,1	%42,4	%0,0		0,373	%87,5	%53,4	%17,5	%0,0		0,263	%77,2	%69,6	%46,7	%0,0	
TRC2	0,384	%58,1	%56,6	%37,6	%0,0		0,415	%46,5	%52,6	%43,5	%0,0		0,377	%67,6	%66,3	%15,7	%0,0		0,309	%54,2	%77,5	%39,6	%0,0	
TRC3	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0		1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	

Model sonuçları, 2003–2012 analiz döneminde CO₂ emisyonları için azaltım öngörmediği için çizelgede buna yer verilmemiştir

EK-4. (Devam) ATM2.1 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 2.1	2007					2008					2009				
	Etkinlik Skoru	Azaltım Oranı			Artırım Oranı	Etkinlik Skoru	Azaltım Oranı			Artırım Oranı	Etkinlik Skoru	Azaltım Oranı			Artırım Oranı
		Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik			Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik			Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,445	%13,7	%56,7	%58,0	%0,0	0,503	%9,3	%51,8	%48,9	%0,0	0,789	%0,0	%22,7	%13,9	%0,0
TR22	0,881	%0,0	%0,2	%35,3	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR31	0,620	%20,9	%32,5	%30,3	%0,0	0,693	%16,8	%25,8	%22,6	%0,0	0,732	%19,9	%25,1	%7,7	%0,0
TR32	0,467	%25,5	%67,0	%20,3	%0,0	0,496	%46,4	%48,6	%20,1	%0,0	0,551	%26,4	%30,2	%53,1	%0,0
TR33	0,727	%0,0	%35,4	%7,8	%0,0	0,677	%19,0	%31,1	%15,3	%0,0	0,904	%0,0	%0,0	%28,7	%0,0
TR41	0,661	%14,2	%43,9	%0,0	%0,0	0,677	%31,1	%32,7	%0,0	%0,0	0,688	%21,5	%35,5	%0,0	%0,0
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	0,858	%0,0	%18,7	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,445	%18,0	%60,8	%47,1	%0,0	0,468	%41,2	%42,4	%46,4	%0,0	0,610	%5,2	%52,2	%11,8	%0,0
TR61	0,951	%0,0	%0,0	%14,6	%0,0	0,439	%24,4	%51,8	%58,0	%0,0	0,486	%0,0	%53,8	%61,1	%0,0
TR62	0,484	%53,7	%41,9	%28,5	%0,0	0,434	%59,2	%46,7	%33,4	%0,0	0,559	%53,9	%33,1	%17,5	%0,0
TR63	0,774	%0,0	%16,3	%32,4	%0,0	0,789	%0,0	%0,1	%63,1	%0,0	0,471	%37,6	%31,3	%67,6	%0,0
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,423	%35,1	%38,1	%75,7	%0,0
TR72	0,468	%22,1	%60,8	%33,7	%0,0	0,509	%40,3	%42,4	%32,1	%0,0	0,578	%9,1	%54,1	%16,5	%0,0
TR81	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,805	%0,0	%2,8	%52,3	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,358	%16,5	%83,0	%48,5	%0,0	0,397	%24,2	%66,8	%50,2	%0,0	0,479	%2,1	%45,3	%76,3	%0,0
TR83	0,775	%0,0	%4,6	%57,6	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,722	%0,0	%25,4	%30,5	%0,0
TR90	0,682	%0,0	%45,5	%3,4	%0,0	0,548	%15,9	%55,4	%18,7	%0,0	0,792	%0,0	%28,5	%0,1	%0,0
TRA1	0,216	%93,4	%50,0	%75,7	%0,0	0,182	%93,4	%54,9	%81,9	%0,0	0,150	%92,1	%63,1	%85,8	%0,0
TRA2	0,323	%44,4	%77,5	%43,7	%0,0	0,408	%40,2	%70,8	%23,2	%0,0	0,228	%57,4	%69,4	%81,2	%0,0
TRB1	0,433	%0,0	%69,1	%56,5	%0,0	0,342	%34,2	%69,4	%58,1	%0,0	0,490	%0,0	%47,9	%69,7	%0,0
TRB2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,390	%40,9	%78,4	%18,0	%0,0	0,289	%45,3	%59,2	%83,2	%0,0
TRC1	0,447	%24,7	%55,8	%48,0	%0,0	0,493	%16,7	%53,7	%42,2	%0,0	0,520	%12,6	%51,3	%40,1	%0,0
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,587	%0,0	%43,4	%42,1	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	0,467	%50,8	%32,4	%54,1	%0,0	0,470	%45,0	%35,8	%53,0	%0,0	0,482	%37,1	%39,3	%50,4	%0,0

EK-4. (Devam) ATM2.1 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 2.1	2010					2011					2012				
	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	İstihdam	Elektrik	
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,512	%36,6	%29,2	%58,1	%0,0	0,419	%48,0	%39,0	%62,8	%0,0	0,639	%7,5	%36,2	%29,9	%0,0
TR22	0,616	%9,3	%19,1	%69,3	%0,0	0,526	%30,4	%20,8	%74,5	%0,0	0,693	%0,0	%18,8	%53,7	%0,0
TR31	0,642	%47,4	%11,1	%38,1	%0,0	0,587	%48,2	%17,1	%43,4	%0,0	0,762	%19,1	%21,6	%5,9	%0,0
TR32	0,426	%48,6	%55,1	%33,2	%0,0	0,428	%49,6	%55,0	%31,7	%0,0	0,549	%24,9	%58,7	%3,4	%0,0
TR33	0,601	%20,5	%38,6	%26,0	%0,0	0,507	%34,6	%44,7	%34,8	%0,0	0,684	%0,0	%46,7	%0,0	%0,0
TR41	0,636	%42,7	%26,3	%15,2	%0,0	0,547	%51,3	%31,8	%26,5	%0,0	0,707	%21,4	%32,3	%0,0	%0,0
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,706	%22,1	%32,1	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,475	%40,4	%38,7	%50,7	%0,0	0,420	%45,5	%48,7	%49,4	%0,0	0,602	%15,2	%52,4	%4,5	%0,0
TR61	0,426	%28,4	%55,4	%52,9	%0,0	0,303	%46,3	%65,5	%67,4	%0,0	0,455	%16,1	%63,4	%40,8	%0,0
TR62	0,524	%67,6	%22,9	%34,4	%0,0	0,416	%70,5	%33,4	%50,5	%0,0	0,506	%53,4	%41,4	%22,0	%0,0
TR63	0,544	%52,1	%8,2	%70,0	%0,0	0,513	%59,7	%7,2	%73,8	%0,0	0,521	%40,2	%24,3	%60,4	%0,0
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,576	%20,9	%53,2	%7,3	%0,0
TR72	0,420	%44,2	%51,9	%45,4	%0,0	0,374	%51,8	%54,4	%51,3	%0,0	0,538	%21,2	%58,2	%12,2	%0,0
TR81	0,680	%17,9	%8,3	%61,5	%0,0	0,725	%18,7	%1,4	%61,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,393	%23,4	%65,8	%54,1	%0,0	0,282	%47,6	%71,4	%66,3	%0,0	0,411	%16,2	%71,3	%45,5	%0,0
TR83	0,580	%0,0	%48,1	%36,2	%0,0	0,446	%12,5	%56,2	%59,7	%0,0	0,754	%0,0	%24,7	%21,2	%0,0
TR90	0,554	%13,2	%55,1	%19,6	%0,0	0,497	%23,7	%58,5	%25,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRA1	0,189	%95,7	%61,5	%68,6	%0,0	0,187	%95,7	%59,0	%72,9	%0,0	0,244	%90,8	%70,8	%39,2	%0,0
TRA2	0,298	%60,4	%67,1	%53,0	%0,0	0,272	%61,3	%71,4	%56,6	%0,0	0,301	%53,7	%79,8	%40,2	%0,0
TRB1	0,343	%28,3	%65,9	%69,1	%0,0	0,313	%32,0	%69,2	%72,2	%0,0	0,379	%15,5	%70,3	%60,5	%0,0
TRB2	0,311	%48,9	%63,5	%64,6	%0,0	0,285	%47,6	%70,0	%67,0	%0,0	0,394	%23,5	%72,5	%42,9	%0,0
TRC1	0,460	%42,4	%38,5	%54,5	%0,0	0,446	%46,1	%40,9	%51,9	%0,0	0,553	%16,4	%49,7	%26,8	%0,0
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,540	%14,4	%43,8	%44,3	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	0,520	%55,3	%16,9	%58,5	%0,0	0,552	%50,0	%17,9	%51,7	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0

EK-5. ATM2.2 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 2.2	2003					2004					2005					2006				
	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı
	Etkin. Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Üretim		Etkin. Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Üretim		Etkin. Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Üretim		Etkin. Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Üretim	
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,460	%73,7	%36,7	%53,9	%37,2	0,582	%68,4	%42,9	%47,1	%8,0	0,730	%0,0	%0,0	%27,0	%37,0	0,782	%0,0	%23,8	%35,2	%17,7
TR22	0,434	%25,9	%12,5	%56,5	%101,2	0,667	%23,3	%54,2	%58,8	%11,2	0,838	%0,0	%41,6	%43,2	%2,8	0,787	%0,0	%49,0	%52,0	%6,3
TR31	0,563	%84,8	%22,4	%32,0	%14,2	0,664	%44,4	%0,0	%22,1	%28,3	0,684	%13,0	%0,0	%28,5	%39,9	0,609	%0,0	%0,0	%39,1	%64,2
TR32	0,430	%51,1	%0,0	%48,2	%93,0	0,487	%31,9	%2,8	%46,5	%81,8	0,581	%0,0	%0,0	%41,9	%72,1	0,627	%0,0	%16,4	%44,5	%50,7
TR33	0,687	%38,2	%0,0	%21,3	%27,1	0,746	%30,4	%0,0	%17,0	%20,5	0,907	%0,0	%27,8	%27,8	%0,0	0,845	%0,0	%0,0	%15,5	%18,4
TR41	0,481	%78,5	%20,0	%42,7	%39,5	0,611	%62,0	%29,4	%38,0	%13,8	0,704	%0,0	%3,8	%31,4	%40,2	0,676	%0,0	%0,0	%32,4	%47,9
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,356	%70,5	%12,4	%56,9	%103,3	0,362	%64,5	%11,3	%57,0	%106,2	0,526	%0,0	%0,0	%47,4	%90,0	0,500	%0,0	%29,4	%60,8	%80,2
TR61	0,366	%32,9	%0,0	%58,9	%143,3	0,537	%11,1	%0,0	%44,2	%79,2	0,749	%0,0	%0,0	%25,1	%33,5	0,856	%0,0	%0,0	%14,4	%16,8
TR62	0,466	%66,9	%25,4	%49,8	%48,6	0,604	%61,9	%40,3	%45,3	%9,1	0,586	%0,0	%0,0	%41,4	%70,6	0,464	%38,1	%0,0	%46,9	%88,3
TR63	0,399	%63,7	%54,5	%70,0	%51,9	0,660	%46,7	%55,3	%55,3	%0,0	0,766	%0,0	%26,8	%38,5	%18,9	0,751	%0,0	%42,3	%49,6	%14,4
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,877	%13,7	%0,0	%8,1	%8,8	0,611	%0,0	%19,6	%47,5	%53,1
TR72	0,470	%59,2	%0,0	%41,4	%70,6	0,578	%33,7	%20,0	%43,7	%42,0	0,662	%0,0	%31,2	%49,2	%35,5	0,656	%0,0	%3,3	%35,9	%50,8
TR81	0,456	%61,5	%56,7	%67,4	%32,8	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,792	%30,2	%23,7	%26,4	%3,7	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,547	%35,9	%0,0	%37,8	%60,8	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,660	%0,0	%0,0	%34,0	%51,5	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR83	0,519	%26,8	%0,0	%43,0	%75,5	0,881	%0,0	%0,0	%11,9	%13,5	0,980	%0,0	%0,0	%2,0	%2,1	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR90	0,751	%13,7	%0,0	%21,3	%27,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,968	%0,0	%0,0	%3,2	%3,3	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRA1	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,338	%87,4	%53,8	%70,5	%56,5	0,358	%87,1	%41,2	%63,2	%59,8	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRA2	0,298	%62,2	%0,0	%62,4	%165,9	0,424	%20,3	%0,0	%54,5	%119,7	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,276	%5,9	%0,0	%71,8	%254,8
TRB1	0,351	%36,7	%15,9	%64,2	%135,3	0,709	%33,1	%30,3	%37,3	%11,2	0,521	%0,0	%0,0	%47,9	%92,0	0,468	%0,0	%0,0	%53,2	%113,8
TRB2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC1	0,350	%72,8	%25,1	%61,1	%92,4	0,546	%42,7	%42,2	%56,0	%31,4	0,589	%0,0	%0,0	%41,1	%69,8	0,548	%0,0	%9,4	%48,7	%76,7
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,753	%0,0	%0,0	%24,7	%32,8
TRC3	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0

ATM2.2 modeli istihdam için herhangi bir azaltım öngörmediği için çizelgede buna yer verilmemiştir.

EK-5. (Devam) ATM2.2 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 2.2	2007					2008					2009				
	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Üretim		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Üretim		Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Üretim	
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,615	%0,0	%42,6	%58,9	%39,6	0,597	%6,9	%37,7	%56,3	%42,6	0,829	%0,0	%51,2	%51,2	%0,0
TR22	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR31	0,741	%0,0	%9,2	%30,6	%30,9	0,781	%34,6	%31,1	%31,1	%0,0	0,820	%24,2	%29,8	%29,8	%0,0
TR32	0,648	%11,5	%0,0	%32,6	%48,4	0,632	%4,1	%0,0	%35,9	%56,0	0,656	%0,0	%30,2	%49,1	%37,0
TR33	0,870	%0,0	%12,5	%20,6	%10,1	0,832	%0,0	%0,0	%16,8	%20,1	0,904	%0,0	%28,7	%28,7	%0,0
TR41	0,845	%0,0	%0,0	%15,5	%18,3	0,782	%10,3	%0,0	%19,1	%23,6	0,728	%30,3	%51,4	%51,4	%0,0
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	0,937	%0,0	%18,8	%18,8	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,618	%0,0	%22,9	%48,3	%49,3	0,571	%0,0	%7,5	%45,9	%70,9	0,705	%6,7	%57,2	%61,7	%11,7
TR61	0,951	%0,0	%14,6	%14,6	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,636	%0,0	%45,2	%58,9	%33,5
TR62	0,600	%25,1	%0,0	%34,5	%52,7	0,540	%42,2	%0,0	%37,2	%59,2	0,647	%57,9	%47,9	%47,9	%0,0
TR63	0,820	%0,0	%53,9	%53,9	%0,0	0,789	%0,1	%63,1	%63,1	%0,0	0,545	%9,1	%52,8	%67,6	%45,6
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,515	%0,0	%59,5	%74,0	%55,8
TR72	0,646	%0,0	%11,9	%40,8	%48,8	0,629	%0,0	%0,0	%37,1	%58,9	0,648	%5,4	%59,3	%66,4	%21,0
TR81	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,813	%3,2	%53,0	%53,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,454	%20,3	%41,8	%66,7	%74,5	0,680	%0,0	%0,0	%32,0	%47,1	0,792	%0,0	%0,0	%20,8	%26,3
TR83	0,789	%3,8	%59,3	%59,3	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR90	0,802	%27,2	%32,1	%32,1	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRA1	0,270	%86,8	%51,4	%75,7	%100,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,245	%81,3	%51,8	%78,8	%127,3
TRA2	0,461	%6,8	%0,0	%52,8	%111,9	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRB1	0,580	%0,0	%50,0	%65,2	%43,8	0,563	%0,0	%0,0	%43,7	%77,6	0,781	%0,0	%0,0	%21,9	%28,0
TRB2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,796	%0,0	%19,2	%31,3	%17,6
TRC1	0,609	%0,0	%22,3	%48,9	%51,9	0,590	%11,1	%26,6	%50,5	%48,2	0,633	%14,9	%72,1	%75,1	%12,2
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,795	%0,0	%9,8	%25,8	%21,6	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	0,542	%27,2	%32,2	%54,1	%47,9	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,582	%0,0	%22,0	%51,0	%59,3

EK-5. (Devam) ATM2.2 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 2.2	2010					Artırım Oranı	2011					Artırım Oranı	2012					Artırım Oranı		
	Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim			
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Elektrik Yoğ.			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Elektrik Yoğ.			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yoğ.	Elektrik Yoğ.				
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,587	%10,5	%40,9	%58,2	%41,2	0,500	%14,7	%39,0	%62,8	%64,0	0,826	%0,0	%12,1	%24,3	%16,1	0,826	%0,0	%12,1	%24,3	%16,1
TR22	0,686	%0,0	%62,5	%67,5	%15,4	0,581	%12,2	%67,9	%74,6	%26,2	0,780	%0,0	%58,9	%60,1	%63,0	0,780	%0,0	%58,9	%60,1	%63,0
TR31	0,678	%40,8	%30,3	%38,0	%12,5	0,638	%37,5	%31,6	%43,3	%20,7	0,868	%5,7	%0,0	%11,5	%13,0	0,868	%5,7	%0,0	%11,5	%13,0
TR32	0,617	%0,0	%0,0	%38,3	%62,0	0,703	%0,0	%0,0	%29,7	%42,2	0,791	%0,0	%0,0	%20,9	%26,4	0,791	%0,0	%0,0	%20,9	%26,4
TR33	0,806	%0,0	%0,0	%19,4	%24,0	0,690	%0,0	%0,0	%31,0	%44,9	0,944	%0,0	%0,0	%5,6	%5,9	0,944	%0,0	%0,0	%5,6	%5,9
TR41	0,744	%22,6	%0,0	%19,5	%24,2	0,655	%24,7	%0,0	%28,6	%40,1	0,838	%9,4	%0,0	%13,5	%15,6	0,838	%9,4	%0,0	%13,5	%15,6
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,567	%2,7	%19,5	%50,7	%63,2	0,542	%0,0	%7,0	%48,4	%80,2	0,852	%0,0	%0,0	%14,8	%17,3	0,852	%0,0	%0,0	%14,8	%17,3
TR61	0,582	%0,0	%0,0	%41,8	%71,9	0,565	%0,0	%21,2	%52,1	%64,3	0,699	%0,0	%0,0	%30,1	%43,1	0,699	%0,0	%0,0	%30,1	%43,1
TR62	0,588	%58,0	%15,2	%34,1	%28,7	0,485	%55,8	%25,7	%50,5	%50,2	0,633	%30,8	%0,0	%29,4	%41,7	0,633	%30,8	%0,0	%29,4	%41,7
TR63	0,566	%47,8	%67,4	%70,0	%8,9	0,531	%56,6	%71,8	%73,8	%7,7	0,584	%21,0	%47,7	%60,4	%32,1	0,584	%21,0	%47,7	%60,4	%32,1
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,810	%0,0	%0,0	%19,0	%23,5	0,810	%0,0	%0,0	%19,0	%23,5
TR72	0,564	%0,0	%0,0	%43,6	%77,2	0,495	%0,0	%0,0	%50,5	%102,0	0,792	%0,0	%0,0	%20,8	%26,3	0,792	%0,0	%0,0	%20,8	%26,3
TR81	0,708	%10,5	%57,9	%61,4	%9,0	0,730	%17,5	%60,5	%61,0	%1,4	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,605	%0,0	%34,7	%55,3	%46,1	0,669	%0,0	%21,6	%43,4	%38,7	0,669	%0,0	%21,6	%43,4	%38,7
TR83	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR90	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRA1	0,272	%89,4	%22,5	%66,4	%130,8	0,242	%89,2	%33,8	%72,8	%143,4	0,392	%80,1	%0,0	%46,5	%86,9	0,392	%80,1	%0,0	%46,5	%86,9
TRA2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,599	%0,0	%0,0	%40,1	%66,9	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRB1	0,629	%0,0	%24,9	%48,5	%45,8	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,619	%0,0	%40,2	%57,3	%39,9	0,619	%0,0	%40,2	%57,3	%39,9
TRB2	0,433	%0,0	%6,6	%58,7	%126,2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,637	%0,0	%0,6	%36,5	%56,6	0,637	%0,0	%0,6	%36,5	%56,6
TRC1	0,549	%6,4	%26,1	%54,5	%62,5	0,537	%8,7	%18,6	%51,9	%69,2	0,775	%0,0	%0,0	%22,5	%29,1	0,775	%0,0	%0,0	%22,5	%29,1
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,892	%0,0	%32,5	%32,5	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	0,579	%46,6	%50,8	%57,8	%16,7	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0

EK-6. ATM3 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 3	2003					2004					2005					2006				
	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı	Azaltım Oranı				Artırım Oranı
	Etkin. Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yog.	Üretim		Etkin. Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yog.	Üretim		Etkin. Skoru	Sermaye e Stoku	Elektrik Yog.	Üretim		Etkin. Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik Yog.	Üretim	
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,592	%4,0	%15,2	%46,4	%58,0	0,603	%4,0	%37,0	%56,0	%43,3	0,730	%0,0	%0,0	%27,0	%37,0	0,782	%0,0	%23,8	%35,2	%17,7
TR22	0,467	%4,0	%9,1	%55,6	%104,5	0,689	%4,0	%51,8	%59,2	%18,1	0,838	%0,0	%41,6	%43,2	%2,8	0,787	%0,0	%49,0	%52,0	%6,3
TR31	0,768	%4,0	%0,0	%22,2	%28,5	0,694	%4,0	%0,0	%29,6	%42,1	0,686	%4,0	%0,0	%30,5	%43,9	0,609	%0,0	%0,0	%39,1	%64,2
TR32	0,476	%4,0	%0,0	%51,8	%107,4	0,509	%4,0	%0,0	%48,5	%94,1	0,581	%0,0	%0,0	%41,9	%72,1	0,627	%0,0	%16,4	%44,5	%50,7
TR33	0,741	%4,0	%0,0	%24,9	%33,2	0,782	%4,0	%0,0	%20,7	%26,2	0,907	%0,0	%27,8	%27,8	%0,0	0,845	%0,0	%0,0	%15,5	%18,4
TR41	0,637	%4,0	%0,0	%35,4	%54,9	0,647	%4,0	%0,0	%34,4	%52,5	0,704	%0,0	%3,8	%31,4	%40,2	0,676	%0,0	%0,0	%32,4	%47,9
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR52	0,457	%4,0	%0,0	%53,7	%116,0	0,409	%4,0	%0,0	%58,5	%141,0	0,526	%0,0	%0,0	%47,4	%90,0	0,500	%0,0	%29,4	%60,8	%80,2
TR61	0,399	%4,0	%0,0	%59,5	%147,0	0,545	%4,0	%0,0	%44,7	%80,9	0,749	%0,0	%0,0	%25,1	%33,5	0,856	%0,0	%0,0	%14,4	%16,8
TR62	0,584	%4,0	%7,3	%43,7	%64,8	0,628	%4,0	%23,1	%46,9	%44,7	0,586	%0,0	%0,0	%41,4	%70,6	0,501	%4,0	%0,0	%49,2	%96,9
TR63	0,504	%4,0	%44,8	%66,8	%66,1	0,692	%4,0	%47,1	%55,9	%19,9	0,766	%0,0	%26,8	%38,5	%18,9	0,751	%0,0	%42,3	%49,6	%14,4
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,884	%4,0	%0,0	%10,4	%11,6	0,611	%0,0	%19,6	%47,5	%53,1
TR72	0,550	%4,0	%0,0	%44,3	%79,5	0,599	%4,0	%0,0	%39,3	%64,8	0,662	%0,0	%31,2	%49,2	%35,5	0,656	%0,0	%3,3	%35,9	%50,8
TR81	0,573	%4,0	%48,5	%64,2	%44,1	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,806	%4,0	%22,5	%31,5	%13,1	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,577	%4,0	%0,0	%41,5	%70,9	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,660	%0,0	%0,0	%34,0	%51,5	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR83	0,541	%4,0	%0,0	%45,2	%82,4	0,881	%0,0	%0,0	%11,9	%13,5	0,980	%0,0	%0,0	%2,0	%2,1	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR90	0,767	%4,0	%0,0	%22,3	%28,7	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,968	%0,0	%0,0	%3,2	%3,3	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRA1	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRA2	0,349	%4,0	%0,0	%64,7	%183,2	0,434	%4,0	%0,0	%56,0	%127,3	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,276	%4,0	%0,0	%72,0	%257,1
TRB1	0,393	%4,0	%10,3	%62,9	%142,1	0,722	%4,0	%23,5	%39,2	%25,8	0,521	%0,0	%0,0	%47,9	%92,0	0,468	%0,0	%0,0	%53,2	%113,8
TRB2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC1	0,447	%4,0	%0,7	%54,9	%120,3	0,558	%4,0	%15,4	%49,5	%67,6	0,589	%0,0	%0,0	%41,1	%69,8	0,548	%0,0	%9,4	%48,7	%76,7
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,753	%0,0	%0,0	%24,7	%32,8
TRC3	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0

EK-6. (Devam) ATM3 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 3	2007					Artırım Oranı	2008					Artırım Oranı	2009					Artırım Oranı		
	Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim			
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik	Elektrik Yoğ.			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik	Elektrik Yoğ.			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik	Elektrik Yoğ.				
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR21	0,615	%0,0	%42,6	%58,9	%39,6	0,599	%4,0	%36,3	%55,9	%44,6	0,829	%0,0	%51,2	%51,2	%0,0	0,615	%0,0	%42,6	%58,9	%39,6
TR22	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR31	0,741	%0,0	%9,2	%30,6	%30,9	0,782	%4,0	%7,9	%25,0	%22,8	0,830	%4,0	%0,0	%15,9	%18,9	0,741	%0,0	%9,2	%30,6	%30,9
TR32	0,649	%4,0	%0,0	%34,3	%52,1	0,632	%4,0	%0,0	%35,9	%56,1	0,656	%0,0	%30,2	%49,1	%37,0	0,649	%4,0	%0,0	%34,3	%52,1
TR33	0,870	%0,0	%12,5	%20,6	%10,1	0,832	%0,0	%0,0	%16,8	%20,1	0,904	%0,0	%28,7	%28,7	%0,0	0,870	%0,0	%12,5	%20,6	%10,1
TR41	0,845	%0,0	%0,0	%15,5	%18,3	0,788	%4,0	%0,0	%20,1	%25,2	0,756	%4,0	%63,3	%64,3	%2,6	0,845	%0,0	%0,0	%15,5	%18,3
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR51	0,937	%0,0	%18,8	%18,8	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,937	%0,0	%18,8	%18,8	%0,0
TR52	0,618	%0,0	%22,9	%48,3	%49,3	0,571	%0,0	%7,5	%45,9	%70,9	0,709	%4,0	%53,5	%59,2	%14,1	0,618	%0,0	%22,9	%48,3	%49,3
TR61	0,951	%0,0	%14,6	%14,6	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,636	%0,0	%45,2	%58,9	%33,5	0,951	%0,0	%14,6	%14,6	%0,0
TR62	—	—	—	—	—	0,616	%4,0	%0,0	%37,6	%60,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TR63	0,820	%0,0	%53,9	%53,9	%0,0	0,789	%0,1	%63,1	%63,1	%0,0	—	—	—	—	—	0,820	%0,0	%53,9	%53,9	%0,0
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,515	%0,0	%59,5	%74,0	%55,8	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR72	0,646	%0,0	%11,9	%40,8	%48,8	0,629	%0,0	%0,0	%37,1	%58,9	0,650	%4,0	%59,5	%66,6	%21,2	0,646	%0,0	%11,9	%40,8	%48,8
TR81	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,813	%3,2	%53,0	%53,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TR82	0,461	%4,0	%32,1	%64,4	%90,9	0,680	%0,0	%0,0	%32,0	%47,1	0,792	%0,0	%0,0	%20,8	%26,3	0,461	%4,0	%32,1	%64,4	%90,9
TR83	0,789	%3,8	%59,3	%59,3	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,789	%3,8	%59,3	%59,3	%0,0
TR90	0,810	%4,0	%14,0	%25,8	%16,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,810	%4,0	%14,0	%25,8	%16,0
TRA1	—	—	—	—	—!	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TRA2	0,461	%4,0	%0,0	%53,2	%113,7	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,461	%4,0	%0,0	%53,2	%113,7
TRB1	0,580	%0,0	%50,0	%65,2	%43,8	0,563	%0,0	%0,0	%43,7	%77,6	0,781	%0,0	%0,0	%21,9	%28,0	0,580	%0,0	%50,0	%65,2	%43,8
TRB2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,796	%0,0	%19,2	%31,3	%17,6	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC1	0,609	%0,0	%22,3	%48,9	%51,9	0,594	%4,0	%22,7	%49,6	%53,5	0,638	%4,0	%60,9	%68,1	%22,7	0,609	%0,0	%22,3	%48,9	%51,9
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,795	%0,0	%9,8	%25,8	%21,6	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0
TRC3	—	—	—	—	—	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,582	%0,0	%22,0	%51,0	%59,3	—	—	—	—	—

EK-6. (Devam) ATM3 Modeli Etkinlik ve İyileştirme Oranları

ATM 3	2010					Artırım Oranı	2011					Artırım Oranı	2012					Artırım Oranı
	Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim		Azaltım Oranı				Üretim	
	Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik	Elektrik Yoğ.			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik	Elektrik Yoğ.			Etkinlik Skoru	Sermaye Stoku	Elektrik	Elektrik Yoğ.		
TR10	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TR21	0,599	%4,0	%37,4	%56,5	%43,7	0,523	%4,0	%33,1	%60,0	%67,5	0,826	%0,0	%12,1	%24,3	%16,1			
TR22	0,686	%0,0	%62,5	%67,5	%15,4	0,599	%4,0	%65,6	%73,1	%28,2	0,780	%0,0	%58,9	%60,1	%3,0			
TR31	0,777	%4,0	%0,0	%21,2	%26,9	0,742	%4,0	%3,2	%26,4	%31,4	0,869	%4,0	%0,0	%11,9	%13,5			
TR32	0,617	%0,0	%0,0	%38,3	%62,0	0,703	%0,0	%0,0	%29,7	%42,2	0,791	%0,0	%0,0	%20,9	%26,4			
TR33	0,806	%0,0	%0,0	%19,4	%24,0	0,690	%0,0	%0,0	%31,0	%44,9	0,944	%0,0	%0,0	%5,6	%5,9			
TR41	0,783	%4,0	%0,0	%20,7	%26,0	0,749	%4,0	%0,0	%24,0	%31,6	0,841	%4,0	%0,0	%14,8	%17,3			
TR42	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TR51	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TR52	0,567	%2,7	%19,5	%50,7	%63,2	0,542	%0,0	%7,0	%48,4	%80,2	0,852	%0,0	%0,0	%14,8	%17,3			
TR61	0,582	%0,0	%0,0	%41,8	%71,9	0,565	%0,0	%21,2	%52,1	%64,3	0,699	%0,0	%0,0	%30,1	%43,1			
TR62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
TR63	0,635	%4,0	%45,4	%58,4	%31,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
TR71	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,810	%0,0	%0,0	%19,0	%23,5			
TR72	0,564	%0,0	%0,0	%43,6	%77,2	0,495	%0,0	%0,0	%50,5	%102,0	0,792	%0,0	%0,0	%20,8	%26,3			
TR81	0,723	%4,0	%55,5	%59,9	%10,9	0,770	%4,0	%55,4	%57,2	%4,2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TR82	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,605	%0,0	%34,7	%55,3	%46,1	0,669	%0,0	%21,6	%43,4	%38,7			
TR83	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TR90	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TRA1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
TRA2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,599	%0,0	%0,0	%40,1	%66,9	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TRB1	0,629	%0,0	%24,9	%48,5	%45,8	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,619	%0,0	%40,2	%57,3	%39,9			
TRB2	0,433	%0,0	%6,6	%58,7	%126,2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,637	%0,0	%0,6	%36,5	%56,6			
TRC1	0,553	%4,0	%24,6	%53,9	%63,6	0,548	%4,0	%15,3	%50,4	%70,7	0,775	%0,0	%0,0	%22,5	%29,1			
TRC2	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	0,892	%0,0	%32,5	%32,5	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			
TRC3	0,678	%4,0	%19,6	%40,8	%35,9	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0	1	%0,0	%0,0	%0,0	%0,0			

EK-7. Bölgelerin imalat sanayinin yıllar itibariyle elektrik yoğunlukları

Elektrik Yoğunluğu: Bir milyon TL Üretim Değeri Başına GWh elektrik tüketimi

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
TR10	0,082	0,059	0,074	0,079	0,087	0,084	0,079	0,080	0,083	0,087
TR21	0,414	0,463	0,403	0,381	0,542	0,479	0,425	0,428	0,399	0,340
TR22	0,439	0,659	0,645	0,605	0,631	0,456	0,639	0,582	0,583	0,633
TR31	0,281	0,284	0,288	0,326	0,327	0,316	0,297	0,289	0,262	0,253
TR32	0,321	0,322	0,290	0,242	0,286	0,262	0,236	0,268	0,217	0,247
TR33	0,205	0,219	0,228	0,223	0,244	0,247	0,229	0,242	0,228	0,226
TR41	0,333	0,325	0,283	0,267	0,217	0,223	0,248	0,211	0,202	0,211
TR42	0,267	0,235	0,232	0,206	0,228	0,245	0,274	0,262	0,232	0,235
TR51	0,112	0,149	0,122	0,120	0,155	0,128	0,111	0,126	0,133	0,135
TR52	0,443	0,526	0,506	0,523	0,431	0,391	0,311	0,363	0,293	0,249
TR61	0,465	0,388	0,390	0,251	0,285	0,499	0,569	0,380	0,455	0,402
TR62	0,381	0,465	0,456	0,401	0,319	0,368	0,333	0,273	0,300	0,306
TR63	0,636	0,549	0,568	0,524	0,599	0,574	0,847	0,597	0,566	0,601
TR71	0,191	0,226	0,369	0,624	0,222	0,209	0,456	0,179	0,148	0,257
TR72	0,297	0,295	0,339	0,317	0,344	0,308	0,329	0,328	0,305	0,271
TR81	0,586	0,498	0,504	0,463	0,465	0,451	0,501	0,464	0,381	0,402
TR82	0,315	0,427	0,440	0,455	0,443	0,421	0,465	0,389	0,441	0,437
TR83	0,339	0,301	0,324	0,358	0,386	0,324	0,442	0,302	0,368	0,370
TR90	0,183	0,152	0,176	0,197	0,231	0,258	0,237	0,223	0,198	0,205
TRA1	0,334	0,200	0,214	0,214	0,360	0,468	0,556	0,570	0,546	0,387
TRA2	0,452	0,357	0,477	0,545	0,405	0,273	0,586	0,381	0,342	0,399
TRB1	0,534	0,482	0,513	0,537	0,520	0,500	0,541	0,580	0,535	0,603
TRB2	0,207	0,210	0,319	0,226	0,148	0,255	0,662	0,505	0,451	0,418
TRC1	0,491	0,393	0,436	0,402	0,438	0,423	0,458	0,393	0,308	0,325
TRC2	0,306	0,400	0,426	0,355	0,340	0,435	0,372	0,252	0,266	0,294
TRC3	0,748	0,706	0,359	0,214	0,497	0,520	0,554	0,431	0,307	0,238

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZKARA, Yücel
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 1984, Burdur
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 467 55 90
 E-mail : yucelozkara@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2009
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2006
Lise	İzmir Fen Lisesi	2002

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2007-Halen	Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	Sanayi ve Teknoloji Uzmanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- Ergün, S., Özkara, Y. (2008, 15-17 Mayıs) *Enerji Sektöründe Verimlilik Göstergeleri*. 14. Uluslararası Enerji ve Çevre Teknoloji Sistemleri Fuar ve Konferansı (ICCI 2008)'de sunuldu, İstanbul.
- Özkara, Y. (2008, 15-17 Ekim) *Temiz enerji bağlamında Türkiye enerji sektöründe bazı seçilmiş göstergeler (2000-2007)*. 1. Temiz Enerji Kurultayı'nda sunuldu, Ankara.
- Özkara, Y., Atak, M. (2013). *Regional efficiency measurement of Turkish manufacturing industry*. Proceedings of the 11th International Conference on Data Envelopment Analysis (DEA2013). Samsun, Turkey, 325-332
- Özkara, Y., Atak, M. (2013). *Türk İmalat Sanayinde Bölgesel Düzeyde Sermaye Stoku Tahmini ve Sermaye Verimliliği*. 4. Ulusal Verimlilik Kongresi'nde sunuldu, Ankara.
- Özkara, Y., Atak, M. (Baskıda). Regional total-factor energy efficiency and electricity saving potential of manufacturing industry in Turkey.

Hobiler

Trekking, tarih araştırmaları, bahçe tarımı



GAZİ GELECEKTİR..