



Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

İktisat Anabilim Dalı

**KAYNAKLARINA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİNİN  
EKONOMİK BÜYÜMEYE ETKİLERİ**

İsmail ŞENTÜRK

Doktora Tezi

Ankara, 2012

KAYNAKLARINA GÖRE ENERJİ TÜKETİMİNİN  
EKONOMİK BÜYÜMEYE ETKİLERİ

İsmail ŞENTÜRK

Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İktisat Anabilim Dalı

Doktora Tezi

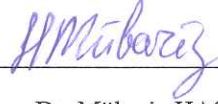
Ankara, 2012

## KABUL VE ONAY

İsmail ŞENTÜRK tarafından hazırlanan “Kaynaklarına Göre Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyümeye Etkileri” başlıklı bu çalışma, 26.12.2012 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Ramazan SARI (Başkan)



Doç. Dr. Mübariz HASANOV (Danışman)



Doç. Dr. Özgür TEOMAN



Doç. Dr. Nasip BOLATOĞLU



Yrd. Doç. Dr. Yasemin YALTA

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yusuf ÇELİK

## BİLDİRİM

Hazırladığım tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece Hacettepe Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun ..... yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

26 Aralık 2012

  
İsmail Şentürk

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bana rehberlik eden, hiç bir zaman değerli vaktini bana ayırmaktan geri durmayan ve benim sadece bilimsel olarak değil bir insan olarak da çok şey öğrendiğim sevgili danışmanım Doç. Dr. Mübariz Hasanov'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmama katkılarından ve yakın ilgilerinden dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Mehmet Baha Karan'a ve Doç. Dr. Nasip Bolatoğlu'na teşekkür ederim. Ayrıca benim her zaman yanımda olan evimin huzuru sevgili eşim Sema Bilgin Şentürk'e, ailemin diğer bireyelerine ve çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

## ÖZET

ŞENTÜRK, İsmail, *Kaynaklarına Göre Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyümeye Etkileri*, Doktora Tezi, Ankara, 2012.

Bu çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki hem toplam enerji tüketimine hem de farklı enerji kaynaklarının tüketimine göre incelenmiştir. Seçilen enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarıdır. İncelenen ülkeler birincil enerji kaynaklarının tümünü uzun süredir kullanan ülkelerdir. Bu nedenle Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Fransa, Kanada ve Japonya incelenmiştir. Ülke verilerinin öncelikle ADF ve PP birim kök testlerine göre durağanlıkları test edilmiştir. Durağanlık durumuna göre eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Eşbütünleşme sonuçlarına göre ise VAR veya VEC modelleri oluşturulmuştur. Sonrasında Granger nedensellik analizi yapılmıştır. Analizin son aşamaları ise etki-tepki analizi ve varyans ayrıştırmasıdır. Çalışmada enerji kaynaklarının tüketimi modelde kullanılırken diğer enerji kaynaklarının tüketiminin de modele katılması gerekliliği düşünülmüştür. Böylece dışlanan değişken sapmasına engel olmaya çalışılması nedeniyle literatürdeki diğer çalışmalardan farklılık göstermektedir. Elde edilen bulgulara göre ülkeler için enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişkiye dayanarak enerji politikalarının belirlenmesine yönelik bazı önerilerde bulunulmuştur.

### **Anahtar Sözcükler**

Enerji tüketimi, Büyüme, Enerji kaynakları, Gelişmiş ülkeler

## ABSTRACT

ŞENTÜRK, İsmail, *Effects of Consumption of Energy Resources on Economic Growth*, Ph. D. Dissertation, Ankara, 2012.

In this study energy consumption and economic growth relationship was examined not only for consumption of total energy but also for consumption of different energy resources. The energy resources chosen are primary resources. The countries examined have been used these energy resources for a long time span. For this purpose United States of America, England, France, Canada and Japan were chosen. First, series tested for unit root by ADF and PP unit root tests. Then cointegration tests were employed to analyse whether there is a long term relationship between series. According to cointegration test results VAR or VEC model was set up. Granger causality test was used to determine causality between energy consumption and economic growth. The last stage of analysis includes impulse-response and varinace decomposition. When consumption of an energy resource was used, total of other energy resources consumption was used in the model. Thus, it is attempted to avoid omitted variable bias. Depending on this contribution, it can be asserted that this study is original in literature. Some policy suggestions were made for countries according to results obtained from the analysis.

### Key Words

Energy consumption, Economic growth, Energy resources, Developed countries

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	i
BİLDİRİM .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
GİRİŞ .....	1
1. BÖLÜM: ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİYE YÖNELİK TEORİK YAKLAŞIMLAR .....	6
1.1 Ekolojik Büyüme Modeli ve Neoklasik Modele Eleştiri.....	6
1.2 Ekolojik Ekonomik Büyüme Modelleri .....	14
1.2.1. Beaudreau'nun Ekolojik Büyüme Modeli.....	15
1.2.2. Kummel vd.'nin Ekolojik Büyüme Modeli.....	16
1.2.3. Ayres ve Warr'ın Ekolojik Büyüme Modeli .....	17
1.3. ENERJİNİN DİĞER FAKTÖRLERLE İLİŞKİSİ .....	19
1.4. TEKNOLOJİK GELİŞME VE ENERJİ.....	26
1.5. ENERJİ VE BÜYÜME İLİŞKİSİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER .....	28
2. BÖLÜM: ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ İLE İLGİLİ UYGULAMALI LİTERATÜR .....	31
2.1. UYGULAMALI LİTERATÜRÜN TARİHSEL GELİŞİMİ .....	32
2.1.1. Birinci Dönem Uygulamalı Literatür .....	32
2.1.2. İkinci Dönem Uygulamalı Literatür .....	35
2.2. ÜLKELERE VE ÜLKE GRUPLARINA GÖRE UYGULAMALI LİTERATÜR	39
2.2.1. Ülkeler için Yapılan Çalışmalar .....	39
2.2.2. Ülke Grupları için Yapılan Çalışmalar.....	42
2.3. KAYNAKLARA GÖRE UYGULAMALI LİTERATÜR.....	45
2.3.1. Toplam Enerji Tüketimi ile İlgili Çalışmalar .....	45



2.3.2. Elektrik Tüketimi ile İlgili Çalışmalar .....	46
2.3.3. Nükleer Enerji Tüketimi ile İlgili Çalışmalar .....	47
2.3.4. Kömür Tüketimi ile İlgili Çalışmalar .....	47
2.3.5. Doğalgaz Tüketimi ile İlgili Çalışmalar .....	48
2.3.6. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Diğer Kaynaklar ile İlgili Çalışmalar .....	48
2.4. UYGULANAN YÖNTEME GÖRE UYGULAMALI LİTERATÜR .....	49
2.4.1. Birinci Nesil Uygulamalı Literatür .....	49
2.4.2. İkinci Nesil Uygulamalı Literatür .....	51
2.4.3. Üçüncü Nesil Uygulamalı Literatür .....	52
2.4.4. Dördüncü Nesil Uygulamalı Literatür .....	52
3. BÖLÜM EKONOMETRİK YÖNTEM .....	55
3.2. DURAĞANLIK ANALİZİ .....	55
3.2.1. Dickey Fuller ve ADF (Augmented Dickey Fuller) Birim Kök Testi .....	57
3.2.2. Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testi .....	59
3.3. VAR ANALİZİ .....	60
3.4. EŞBÜTÜNLEŞME .....	61
3.4.1. Ortak Trend .....	62
3.4.2. Eşbütünleşme ve Hata düzeltme .....	63
3.4.3. Engle-Granger Eşbütünleşme Testi .....	64
3.4.4. Johansen Eşbütünleşme Testi .....	65
3.5. GRANGER NEDENSELLİK ANALİZİ .....	66
3.6. ETKİ-TEPKİ ANALİZİ .....	68
3.7. VARYANS AYRIŞTIRMASI .....	70
4. BÖLÜM UYGULAMA .....	72
4.1. ABD SONUÇLARI .....	77
4.1.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları .....	78
4.1.2. Kömür Modeli Sonuçları .....	83
4.1.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları .....	87
4.1.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları .....	91
4.1.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları .....	95
4.1.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları .....	98
4.2. KANADA SONUÇLARI .....	101

4.2.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları.....	102
4.2.2. Kömür Modeli Sonuçları.....	104
4.2.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları.....	106
4.2.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları.....	107
4.2.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları.....	108
4.2.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları.....	109
4.3. İNGİLTERE SONUÇLARI.....	111
4.3.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları.....	111
4.3.2. Kömür Modeli Sonuçları.....	112
4.3.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları.....	113
4.3.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları.....	114
4.3.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları.....	116
4.3.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları.....	117
4.4. FRANSA SONUÇLARI.....	119
4.4.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları.....	119
4.4.2. Kömür Modeli Sonuçları.....	121
4.4.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları.....	122
4.4.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları.....	123
4.4.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları.....	125
4.4.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları.....	126
4.5. JAPONYA SONUÇLARI.....	128
4.5.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları.....	128
4.5.2. Kömür Modeli Sonuçları.....	129
4.5.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları.....	131
4.5.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları.....	132
4.5.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları.....	133
4.5.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları.....	134
5. BÖLÜM SONUÇ VE ÖNERİLER.....	137
KAYNAKÇA.....	144
EK-A Tüm Kaynakları İçeren Model Eşbütünleşme Testi Sonuçları ve Etki Tepki Fonksiyonları.....	159

EK-B Kanada, İngiltere, Fransa ve Japonya Analizlerinde Birim Kök, Gecikme Uzunluğu ve Eşbütünleşme Testleri Sonuç Tabloları .....	165
---	-----

## KISALTMALAR DİZİNİ

VAR	Vector Auto Regression
VEC	Vector Error Correction
GSYİH	Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
OPEC	Organization of the Petroleum Exporting Countries
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
ADF	Augmented Dickey Fuller
PP	Phillips Perron
MA	Moving Average
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ASEAN	Association of South East Asian Nations
IEA	International Energy Agency
ECT	Error Correction Term
AIC	Akaike Information Criteria
SBC	Schwarz Bayesian Information Criteria
FPE	Final Prediction Error
TE	Toplam Enerji Tüketimi
KS	Sermaye Stoku
C	Kömür Tüketimi
CD	Kömür Dışı Enerji Tüketimi
F	Fosil Yakıt Tüketimi
FD	Fosil Yakıt Dışı Enerji Tüketimi
N	Nükleer Enerji Tüketimi
ND	Nükleer Dışı Enerji Tüketimi
R	Yenilenebilir Enerji Tüketimi
RD	Yenilenebilir Dışı Enerji Tüketimi

## TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Amerika Birleşik Devletleri için Birim Kök Testlerinin Sonuçları.....	78
Tablo 4.2. Toplam Enerji Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi .....	79
Tablo 4.3. Toplam Enerji Modelinde Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları .....	79
Tablo 4.4. Toplam Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları.....	79
Tablo 4.5. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	80
Tablo 4.6. Toplam Enerji Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları .....	83
Tablo 4.7. Kömür Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi .....	83
Tablo 4.8. Kömür Modelinde Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları .....	84
Tablo 4.9. Kömür Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları.....	84
Tablo 4.10. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	85
Tablo 4.11. Kömür Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları .....	87
Tablo 4.12. Fosil Yakıt Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi .....	88
Tablo 4.13. Fosil Yakıt Modelinde Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları.....	88
Tablo 4.14. Fosil Yakıt Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	88
Tablo 4.15. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	89
Tablo 4.16. Fosil Yakıt Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları .....	91
Tablo 4.17. Nükleer Enerji Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi .....	91
Tablo 4.18. Nükleer Enerji Modelinde Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları.....	92
Tablo 4.19. Nükleer Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	92
Tablo 4.20. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	93
Tablo 4.21. Nükleer Enerji Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları.....	94
Tablo 4.22. Yenilenebilir Enerji Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi .....	95
Tablo 4.23. Yenilenebilir Enerji Modelinde Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları...	95
Tablo 4.24. Yenilenebilir Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları	95
Tablo 4.25. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	96
Tablo 4.26. Yenilenebilir Enerji Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları.....	98
Tablo 4.27. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	99
Tablo 4.28. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	99
Tablo 4.29. Toplam Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	102
Tablo 4.30. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	103
Tablo 4.31. Kömür Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları.....	104
Tablo 4.32. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	105
Tablo 4.33. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	106

Tablo 4.34. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	107
Tablo 4.35. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	109
Tablo 4.36. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları ...	110
Tablo 4.37. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	111
Tablo 4.38. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	112
Tablo 4.39. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	113
Tablo 4.40. Nükleer Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	114
Tablo 4.41. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	115
Tablo 4.42. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	116
Tablo 4.43. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	117
Tablo 4.44. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları ...	118
Tablo 4.45. Toplam Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	119
Tablo 4.46. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	120
Tablo 4.47. Kömür Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları.....	121
Tablo 4.48. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	121
Tablo 4.49. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	123
Tablo 4.50. Nükleer Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	124
Tablo 4.51. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	124
Tablo 4.52. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	125
Tablo 4.53. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	126
Tablo 4.54. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları ...	127
Tablo 4.55. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	128
Tablo 4.56. Kömür Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları.....	129
Tablo 4.57. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları .....	130
Tablo 4.58. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	131
Tablo 4.59. Nükleer Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	132
Tablo 4.60. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	132
Tablo 4.61. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları.....	133
Tablo 4.62. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları .....	135
Tablo 4.63. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları ...	135

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Neoklasik Ekonomide Çembersel Akım.....	7
Şekil 1.2. Ekolojik/Biyofiziksel üretim modeli .....	9
Şekil 1.3. Temel Üretim Fonksiyonu .....	22
Şekil 1.4. Yararlı Sermaye Üretim Fonksiyonu .....	23
Şekil 1.5. Emek-Enerji Dışı Ara Mal Karışımı Üretim Fonksiyonu.....	23
Şekil 1.6. Dolaylı Enerji Tüketimi ve İkame Edilebilirlik .....	25
Şekil 1.7. Teknolojik Değişmenin Enerji Kullanımına Etkisi.....	27
Şekil 4.1. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	81
Şekil 4.2. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	86
Şekil 4.3. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	90
Şekil 4.4. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	93
Şekil 4.5. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	97
Şekil 4.6. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	103
Şekil 4.7. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	105
Şekil 4.8. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	107
Şekil 4.9. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	108
Şekil 4.10. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	109
Şekil 4.11. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	112
Şekil 4.12. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	113
Şekil 4.13. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	114
Şekil 4.14. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	115
Şekil 4.15. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	116
Şekil 4.16. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	120
Şekil 4.17. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	122
Şekil 4.18. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	123
Şekil 4.19. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	125
Şekil 4.20. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	125
Şekil 4.21. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	129
Şekil 4.22. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	130
Şekil 4.23. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	131
Şekil 4.24. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları .....	133
Şekil 4.25. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları.....	134

## GİRİŞ

Enerji, fizik biliminde iş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Bu iş, bir maddeyi kaldırmak, hızlandırmak, ısıtmak vb. çeşitli şekillerde olabilir. Ancak iktisadi anlamda enerjinin tanımı düşünüldüğünde fizikteki tanımdan biraz farklılaştığı görülmektedir. İktisadi olarak enerji, bir işi yapmayı olanaklı hale getiren ve içinde fiziksel enerji barındıran tüm kaynaklar veya mallar olarak tanımlanabilir (Sweeney, 2002). Yine iktisadi anlamda diğer bir tanımda ise enerji, bir maddenin, makinenin ya da maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Berberoğlu, 1982: 9).

Enerji dünyada tüm canlıların yaşamasına olanak sağlaması nedeniyle önem arz etmektedir (Smith, 1994: 125). Var olan çeşitli enerji kaynaklarının kullanımı belirli bir tarihsel süreç içinde gelişmiştir. Bu gelişme süreci, insanoğlunun teknolojik gelişimi ile paralel seyretmiştir. İlk ve sürekli enerji kaynağı olan güneş dünyada hayatın devam edebilmesi için en önemli enerji kaynağı olarak bulunmaktadır. Bunun haricinde elde edilen hemen hemen tüm enerji kaynakları farklı yollarla da olsa güneşe dayanmaktadır. Ancak, kaynağı güneş olmayan nükleer ve jeotermal enerji gibi enerji çeşitleri de günümüzde kullanılmaktadır (Fisher, 1990: 186).

Enerjinin tarihsel süreci içinde başlangıç noktası olarak insanoğlunun ateş kullanmaya başlaması görülebilir. Ateşin sağladığı faydalardan istifade edebilmek için yakıt olarak uzun bir süre boyunca odun kullanılmıştır. Odun, doğada kolay ulaşılabilirliğe ve kullanılabilirliğe sahip olmasından dolayı ilk insanlar için önemli bir enerji kaynağı olarak yer almıştır. Oldukça uzun süre kullanılan bu enerji kaynağı, önemini sanayi devriminden sonra kaybetmeye başlamıştır.

Sanayi devrimi, enerji kaynaklarının kullanımı açısından tarihsel gelişimde bir dönüm noktası olarak görülebilir. Dünyanın hızla sanayileşmeye başlaması ile odunun sağladığı enerji yeterli gelmemeye başlamış ve daha yüksek enerji veren bir kaynağa duyulan ihtiyaç insanoğlunu kömüre yöneltmiştir. Kömürün elde edilmesi ve kullanılacağı alana taşınması için yeni teknikler geliştirilmesi ekonomik gelişime sağladığı katkının bir neticesidir. Kömürün önemi özellikle buhar motorunda kullanılması ve yüksek düzeyde enerji sağlaması ile daha da artmıştır. Örneğin ABD için 1920'lerde kömür üretimi 658



milyon tonun üzerinde gerçekleşmiş ve bu toplam enerji tüketiminin yüzde 75'ini oluşturmuştur (Melosi, 1985: 33).

Uzun süre kullanılmış olan bir diğer enerji kaynağı ise sudan elde edilen enerjidir. İlk başlarda tarımda yoğun olarak kullanılmakta olan su enerjisi için dönüm noktası su türbinlerinin üretimi ve geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalardır. 1800'lerin başından itibaren elektrik üretimi amacıyla kullanılan su enerjisi diğer enerji kaynaklarının yanında alternatif bir enerji kaynağı konumunda olagelmıştır.

Keşfedildiği günden bu güne kadar en önemli enerji kaynağı konumunda olan petrol ilk olarak 1859 yılında çıkarılmış ve bu tarihten sonra petrolün önemi hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır (Smith, 1994: 127). Toplam petrol üretimi 1890'da yaklaşık 10 milyon ton iken 1930'da 200 milyon tona yaklaşmıştır (Jenkins, 1990: 119). Bu artışı sağlayan önemli birkaç etkenin varlığından söz edilebilir. Özellikle kişisel petrol tüketiminin etkisi otomobil kullanımının yaygınlaşması ile olmuştur. Bu etkiyle beraber petrolün diğer önemli yükselişi Birinci Dünya Savaşı ile gerçekleşmiştir. Savaşta yoğun şekilde kullanılan motorlu araçlar petrol tüketimini artıran önemli etkenlerden biri olarak sayılabilir. Bir benzer etki ise İkinci Dünya Savaşı'nda gerçekleşmiştir. İkinci Dünya Savaşı sonrası dönem ise doğalgazın yaygınlaştığı ve önemini artırdığı dönem olarak ortaya çıkmaktadır.

Petrolün diğer kaynaklara göre taşıma kolaylığına sahip olması ve daha az emek kullanımıyla üretiliyor olması petrol lehine avantaj sağlamış ve öne çıkmasında etkili olmuştur (Smith, 1994: 127). Kömür ise petrole göre taşıma maliyeti daha yüksek ve üretiminde yoğun emek kullanımı gerektiren bir enerji kaynağı olması nedeniyle değerini zamanla kaybetmeye başlamıştır. Bununla birlikte Orta Doğu ülkelerinde de petrol üretiminin artması ve bu ülkelerin 1960'ların başında dünya petrol üretiminin önemli merkezlerinden biri haline gelmeleri petrolün tarihi açısından önemli bir gelişmedir. Ayrıca petrol piyasası üzerinde derin bir etkisi bulunan bir diğer gelişme ise Petrol İhraç Eden Ülkeler Birliği'nin (OPEC) 1960'da kurulmasıdır. Bu birliğin temel amaçlarından birinin de petrol fiyatları üzerinde üreticilerin yararına etkili olabilecek yeni politikalar belirlemek olduğu iddia edilebilir.

Petrol piyasasında savaşların etkisi sadece Birinci ve İkinci Dünya Savaşları ile kısıtlı değildir. Diğer bazı savaşlar ve dünya genelinde yaşanan istikrarsızlıklar da petrol

fiyatları üzerinde etkili olmuştur. Tarihte yaşanan en büyük petrol şoku Arap-İsrail savaşıyla yaşanmıştır. ABD'nin İsrail'e yardımı sonucunda Arap ülkelerinin petrol ambargosunu uygulamaya koymalarıyla petrolün fiyatı 1973 yılında ortalama 2,81 ABD doları düzeyindeyken, 1974'de ortalama 10,98 ABD dolarına kadar yükselmiştir (Uluslararası Enerji Ajansı, Dünya Enerji İstatistikleri, 2010). Bu büyük etki petrol rezervine sahip olmayan ülkeleri, benzeri dış şoklardan daha az etkilenmek için, farklı enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Petrolün fiyatında yaşanan bu değişimler ülke ekonomilerine, özellikle fiyatlar genel düzeyi ve GSYİH üzerinde, önemli etkilerde bulunmuştur. Yaşanan bu etkilerin benzerleri İran ve Körfez krizlerinde de görülmüştür.

Yukarıda bahsedilen krizler nedeniyle ülkeler farklı enerji kaynaklarına yönelerek riski dağıtmaya çalışmışlardır. Bu nedenle su enerjisinden ve nükleer enerjiden daha fazla faydalanma yönünde ilerlemişlerdir. Ancak çevre kaynaklı tereddütler bu iki kaynağın kullanımını sınırlandırmaya çalışan görüşleri barındırmaktadır. Yine petrol, kömür vb. kaynakların kullanılması nedeniyle ortaya çıkan kirlilik bu kaynakların kullanılmasının sınırlandırılmasını gerektirmektedir. Bu amaçla dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik bir destek gelişmektedir. Rüzgar ve güneş enerjisinden elde edilen enerji gün geçtikçe artmaktadır. Dünyada rüzgar enerjisi üretimi 2009 yılında 2008 yılına göre % 31 artarken, artış oranı güneş enerjisi için % 47 olmuştur (British Petroleum, 2010).

Enerji insanlık tarihi boyunca değişik biçimlerde ve farklı yoğunlukta kullanılmıştır (Berberoğlu, 1982: 177). İnsanoğlunun günümüze gelene kadar geçirdiği dönemler içinde farklı enerji kaynakları kullanıldığı gözlemlenmektedir. Farklı kaynakların tercihinde teknoloji düzeyi de önemli bir rol oynamıştır. Günümüzde enerji kaynakları oldukça çeşitlilik göstermektedir. Ekonomik ve teknolojik gelişme sayesinde çeşitleri artan enerji kaynakları, kaynaklar arasında farklılıkların anlaşılabilmesi açısından çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulabilmektedir. Bu sınıflandırmalardan biri elde edilmiş durumlarına göre yapılmaktadır ve birincil ve ikincil olarak alt sınıflara ayrılmaktadırlar. Bunun dışında yenilenebilir olma durumuna göre yenilenebilir ve yenilenemeyen şeklinde ayırım yapılabilmektedir.

Enerji kaynakları niteliklerinin değiştirilme durumuna göre 'birincil' ve 'ikincil' enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadırlar (Berberoğlu, 1982: 177). Doğadan elde

edildikleri haliyle kullanılabilen enerji kaynaklarının yanında belirli bir dönüştürme süreci sonucunda sağlanabilen ve doğrudan doğadan elde edilemeyen kaynaklar da bulunmaktadır. Birincil enerji kaynakları, doğada buldukları biçimde ve herhangi bir şekilde insan eliyle bir dönüşüme uğramamış halde bulunan kaynaklar, ikincil enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ile meydana gelen enerji biçimleridir (Berberoğlu, 1982: 11). Birincil enerji kaynakları olarak kömür, petrol, doğalgaz, nükleer, odun ve su enerjisi sayılabilir. Birincil kaynakların çeşitli süreçler sonucu değişimi ile elde edilen en önemli ikincil enerji türü elektrik enerjisidir (Berberoğlu, 1982: 13).

Enerji kaynakları tekrar kullanılabilme durumuna göre ikiye ayrılabilir. Söz konusu ayrıma göre kaynaklar yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır (Smith, 1994: 136-140). Yenilenemeyen enerji kaynakları bir kez kullanılabilir ve tekrar enerji kaynağı olarak işlev gösteremezler. Ayrıca çoğunlukla çevreye zararlı bir atık bırakırlar. Yenilenebilir enerji kaynakları ise yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre daha temiz ve çevreye daha az zararlı enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar kullanıldıktan sonra tekrar kullanılmayacak hale dönüşmezler.

Enerji kaynaklarının farklılaşması ve taşınması konusunda yapılan yatırımlar, ülkelerin enerji politikalarını belirlerken bu kaynakların farklı bileşimlerini kullanmalarına imkan sağlamaktadır. Ancak bu kaynak bileşiminin nasıl belirleneceği konusu önem arz eden bir konudur. Ülkelerin hangi enerji kaynağına yoğunlaşması gerektiği kararını politik bazı değişkenleri içerse de, asıl önem verilmesi gereken farklı enerji kaynaklarının üretim sürecinde oynadığı roldür. Enerji kaynaklarının birbirinin tam ikamesi olarak kullanılmıyor olması tamamen bir kaynağa bağlı şekilde üretim yapılmasını engellemektedir. Ancak yine de yoğun olarak kullanılması gereken kaynak veya kaynakların belirlenebilmesi, üzerinde çalışılması gereken önemli bir konudur.

Bu çalışmanın amacı farklı enerji kaynaklarının büyüme ile ilişkisini ortaya koymaktır. Bu nedenle birincil enerji kaynaklarının tümünü kullanan ülkeler inceleme konusu yapılmıştır. Özellikle nükleer enerji kullanan ülkelerin seçilmesi de buna dayanmaktadır.

Farklı kaynaklar ele alındığında literatürde rastlanan modelden dışlanan değişkenin oluşturduğu sapmaların önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle bir enerji kaynağı,

Üretim fonksiyonuna katıldığında o kaynak haricinde tüketilen enerji kaynaklarının toplam tüketimi de modele katılmıştır. Bu, çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran yaklaşımdır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde enerjinin üretimdeki yerinin tartışıldığı teorik içerik bölümü, tarihsel gelişime göre, ülke ve ülke gruplarına göre ve kaynaklara göre uygulamalı literatürün sınıflandırıldığı uygulamalı literatür taraması bölümü, verilerin elde edililişinin ve analiz yönteminin anlatıldığı ekonometrik yöntem bölümü ve analiz kısmını oluşturan uygulama bölümü bulunmaktadır. Son olarak ise, elde edilen bulgulara göre çeşitli önerilerin geliştirildiği sonuç ve öneriler bölümü ile çalışma tamamlanmıştır.

# 1. BÖLÜM: ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİYE YÖNELİK TEORİK YAKLAŞIMLAR

## 1.1 Ekolojik Büyüme Modeli ve Neoklasik Modele Eleştiri

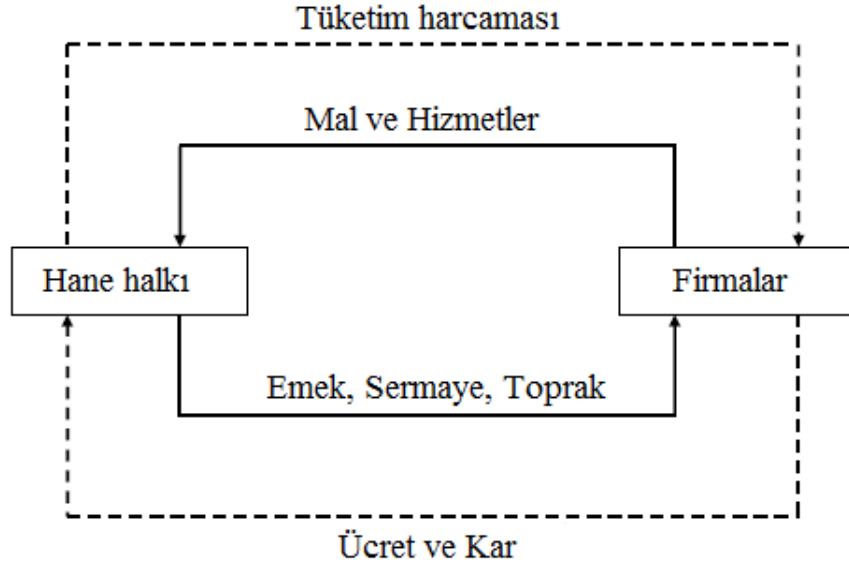
Üretim analizinde çevre iktisatçıların, neoklasik iktisadi teoriye eleştirileri bulunmaktadır. Bu eleştiriler çoğunlukla üretim fonksiyonunun iki faktör ile kurulmasına yöneliktir. Neoklasik teorinin sermaye ve emek faktörlerini kullanarak üretimi açıklamakta yetersiz kalacağını ve doğal kaynaklar olmadan üretimin yapılamayacağını ifade etmektedirler. Doğal kaynakların üretim üzerinde kısıtlayıcı bir etkiye sahip olduğu düşüncesinden hareketle, üretim fonksiyonunda doğal kaynaklara bir üretim faktörü olarak yer verilmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Ayrıca doğal kaynaklardan bahsedilirken asıl dikkat çekilmek istenen faktörün enerji olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle enerjinin üretimdeki yerini açıklamaya çalışmışlardır.

Enerjinin üretimdeki yerini inceleyen literatürde, Georgescu-Roegen'in 1971'de yayınlanan "The Entropy Law and The Economic Process" ve 1975 yılında yayınlanan "Energy and Economic Myths" adlı çalışmaları temel taşları oluşturmaktadır. Georgescu-Roegen'in söz konusu çalışmalarından sonra çevre iktisatçıları, neoklasik akım yerine, merkezinde enerjinin yer aldığı kapsamlı bir alternatif geliştirmeye çalışmışlardır (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 100). Çevre iktisatçıları neoklasik teoriyi gerçek dünyadan uzaklaşmak konusunda yargılamışlar ve iktisadi analizlerinin biyofiziksel gerçekliklere uyum sağlaması gerektiğine vurgu yapmışlardır.

Georgescu-Roegen, çalışmalarında doğal kaynaklara ve enerjiye karşı sahip olduğu bakış açısıyla neoklasik üretim teorisine önemli eleştiriler getirmektedir. İktisat teorisinin doğanın kanunlarından ayrışmaması ve bu kanunlara uygun bir şekilde geliştirilmesinin önemine vurgu yapmıştır. Bu nedenle enerjinin üretim teorisinde bir faktör olarak ele alınması konusunda yaptığı öneriyi, fizik kanunları ile desteklemiştir. Termodinamiğin kanunlarının sadece emek ve sermaye ile üretim yapılmasını engellediğini ve doğal kaynakların mutlaka üretim fonksiyonunda yerinin olması gerektiğini iddia etmiştir.

Neoklasik üretim fonksiyonu ise üretimi emek ve sermaye faktörlerinin katkısıyla açıklamaktadır. Büyüme ise bu girdilerin miktarındaki, kalitesindeki ve teknoloji düzeyindeki artış ile açıklanmaktadır. Neoklasik iktisat, ekonomiyi malların sermaye ve emek girdileriyle üretildiği ve tüketiciler ile firmalar arasında el değiştirdiği kapalı bir sistem olarak görmektedir (Ockwell, 2008). Şekil 1.1’de Neoklasik sistemin çembersel akım mekanizması görülmektedir. Bu oldukça basite indirgenmiş modelde, hanehalkı ile firmalar arasındaki üretim faktörleri ile mal ve hizmet akımı ve bunların karşılığında gerçekleşen akımlar görülmektedir. Tüketiciler, kendi tercihlerini yansıtacak şekilde mal ve hizmet talep etmekte ve böylece tüketim harcamalarında bulunmaktadır. Bu harcamalar ise firmaların geliri olmaktadır. Firmalar ise üretim faktörleri olan emek, sermaye ve toprak karşılığında hane halklarına ücret, kar ve rant ödemesi yapmaktadırlar. Hanehalkı, bu geliri yine tüketim harcamasında kullanmaktadır. Böylece, gerçekleşen akım sürekli devam etmektedir.

**Şekil 1.1. Neoklasik Ekonomide Çembersel Akım**



Neoklasik iktisat, yukarıda açıklanan yapısıyla, enerjiye üretim analizinde hiç rol vermemekte veya bu rolün önemsenmeyecek kadar az olduğunu iddia etmektedir (Stern ve Cleveland, 2004). Ayrıca ekonomik sistemlerin genellikle kapalı sistemler olması ve dairesel, kendini besleyen ve kendini yenileyen süreçler olması bu modellerin ciddi şekilde eksik olmasına neden olmaktadır (Cleveland vd., 1984).

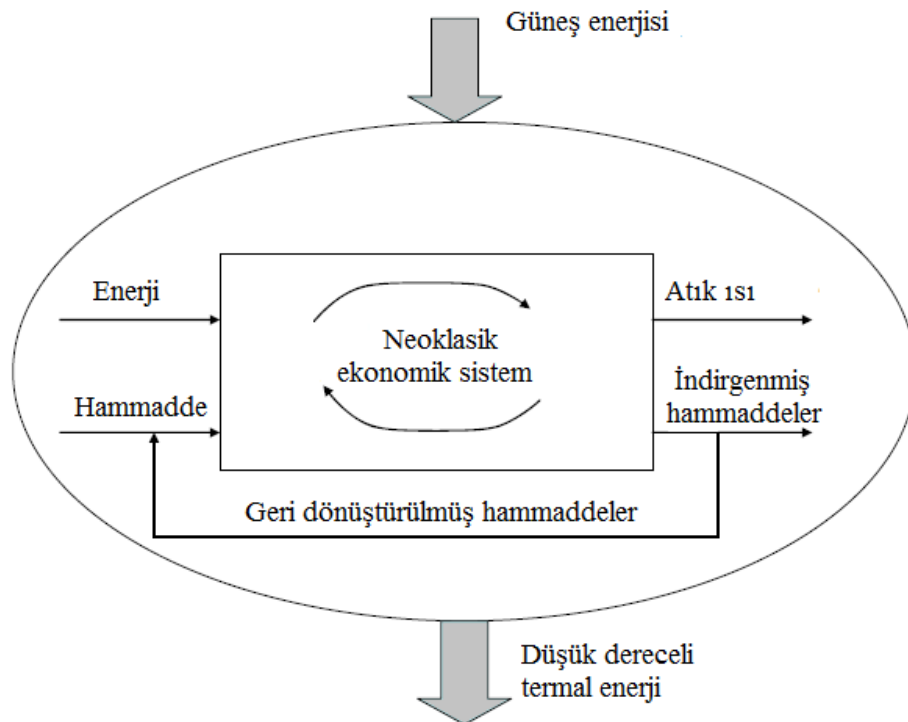
Yukarıda belirtildiği gibi Şekil 1.1'deki model basite indirgenmiş bir modeldir. Neoklasik üretim modelinde doğal kaynaklara da yer verilmiştir. Ancak, doğal kaynak miktarı veri olarak kabul edildiğinden büyüme, işgücü ve sermayenin artırılması ile gerçekleşebilecektir. Bununla birlikte neoklasik iktisadın bir diğer odak noktası üretimden hangi faktörlerin ne şekilde pay alacağı sorunu olan bölüşümdür. Bölüşüm sorununu açıklayabilmek için sermaye ve emek faktörleri ile model sınırlandırılmıştır. Böylece sermayenin ve emeğin aldığı payın açıklanması ise bu faktörleri arz edenlerin üretimden alacağı pay ile belirlenebilmektedir. Doğal kaynakların bu modele dahil edilmeyişi de bu gerekçe ile anlaşılabilir.

Neoklasik model uzun dönem büyümenin belirleyicileri ve ülkeler arası ekonomik büyüme oranındaki ve çıktı düzeyi arasındaki farklılıkları tespit etmeyi amaçlamaktadır (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 80). Söz konusu modelin takipçisi olan büyüme teorilerinin asıl amacının büyümenin dinamiklerinin belirlenmesinin yanında ülkeler arasında büyüme farklılıklarının da açıklanması olduğu düşünüldüğünde, doğal kaynakların büyüme farklılıklarına yol açıp açmadığı da önemlidir. Her ülkenin eşit düzeyde doğal kaynağa sahip olmadığı bir gerçektir. Ancak ülkeler, doğal kaynakları diğer ülkelerden temin edebilmektedirler. Bu nedenle doğal kaynakların ülkeler arasında büyüme farklılıkları oluşturduğu konusu tartışmalıdır. Bu konuda asıl önemli olanın ülkenin işgücü kalitesi ve sermaye birikimi olduğunu iddia etmek yanlış olmayacaktır. Ayrıca elde edilen doğal kaynakların üretime ne ölçüde katkı sağladığı, doğal kaynak miktarına bağlı olmakla birlikte ülkelerin sahip olduğu teknoloji düzeyi ile de ilişkilidir. Düşük teknolojiye sahip bir ülkenin yüksek miktarda doğal kaynağa sahip olması üretim için yeterli olamayabilir.

Enerjiyi üretim faktörü olarak kabul etmeyen çalışmalar olduğu gibi, aksine bir üretim faktörü olarak üretim fonksiyonunda yer veren çalışmalara da rastlanmaktadır. Bu nedenle enerjinin üretim aşamasındaki rolü konusunda tartışma yaşanmaktadır. Enerjinin bir üretim faktörü olarak ele alınması gerektiğini savunanlar, neoklasik iktisat teorisinde birincil girdi olarak sadece emek ve sermayenin kullanılmasının ve enerjinin birincil girdi yerine ara girdi olarak düşünülmesinin, enerjinin üretimdeki rolünün önemsenmemesine yol açtığını savunmaktadırlar. Bu aşamada çevre iktisatçılarının görüşlerine daha ayrıntılı bir şekilde yer vermek yerinde olacaktır. Böylece eleştirilerin temelinde var olan sebepler daha iyi anlaşılabilir.

Neoklasik modele çevre iktisatçıları tarafından yapılan eleştiri, modelde doğal kaynaklara ve atıklara yer verilmemesidir. Şekil 1.2’de bu eleştirileri temel alarak geliştirilmiş olan ve doğal kaynaklar ile atıklara da yer veren ekolojik veya başka bir deyişle biyofiziksel üretim modeli gösterilmektedir. Neoklasik ekonomik sistem biyofiziksel sistem içinde bir alt sistem olarak gösterilmiştir (Hall vd., 1986). Enerji ve hammadde neoklasik sisteme dışardan katılırlar ve atık ısı ile indirgenmiş hammadde olarak sistemden çıkarlar. Ancak atık ısı ve indirgenmiş hammadde, biyofiziksel sistem içinde var olmaya devam ederler. İndirgenmiş hammaddeler geri dönüştürülebilirler ve tekrar kullanılabilir ihtimalleri vardır. Ancak aynı durum enerji için geçerli değildir. Tekrar kullanılması mümkün değildir. Bu sistemin, atıkları ve ekosistem tarafından sağlanan enerji ve hammaddeleri de hesaba katmasıyla gerçek dünyaya daha da yakınlığı ifade edilebilir. Biyofiziksel üretim modeli enerjinin üretim faktörü olarak düşünülmesine imkan sağlamaktadır.

**Şekil 1.2. Ekolojik/Biyofiziksel Üretim Modeli**



Kaynak: Hall vd. (1986)

Stern ve Cleveland (2004)'e göre neoklasik büyüme modelleri temel olarak üç ana kategoride incelenebilir. Bunlardan birincisi, Solow (1956)'un büyüme modelidir. Bu



model, büyümenin tek kaynağı olarak teknolojik gelişmeyi görür. Ekonomi belirli bir denge noktasına ulaştıktan sonra artık girdilerin verimindeki artışlar yoluyla büyüme sağlanabilir. Bu büyümeyi sağlayabilecek değişken ise teknolojidir. Teknolojideki değişim, böylelikle üretimdeki artışın tek kaynağı olmaktadır. Ancak teknolojik gelişmenin nasıl olacağını açıklamamaktadır. Teknolojik gelişme dışsal olarak görüldüğü için bu modellere dışsal büyüme modelleri de denilmektedir. Bu modellere Arrow (1962) tarafından geliştirilen model de örnek olarak verilebilir.

İkinci kategoride büyümenin kaynağı olarak doğal kaynaklar öne çıkmaktadır. Bu modelde insanın ürettiği sermaye ile doğal kaynakların birbiri ile ikamesinin olanaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca iki faktörün arasındaki ikame esnekliğinin bire eşit olduğu varsayılmaktadır. Solow (1974), elde etme maliyetinin ve sermaye için aşınmanın olmadığı bir durumda, sınırsız yenilenemeyen doğal kaynak ile sürdürülebilir büyümenin olabileceğini ifade etmiştir.

Üçüncü kategorideki modellerde ise doğal kaynaklar ve teknoloji, büyümeyi sağlayan unsurlardır. Bu modellerde teknolojik gelişme sayesinde bir birim kaynak ile üretilebilen ürün miktarı artırılacağından sürdürülebilir büyüme sağlanabilecektir. Böylece sürdürülebilirliğin sermaye ile doğal kaynakların ikame esnekliğinin birden küçük olduğu durumda da gerçekleşmesi mümkün olabilmektedir. Bu türe örnek olarak Smulders and de Nooij (2003)'in oluşturduğu model gösterilebilir.

Üç modelde de enerjinin ekonomiye katkısı sadece üretimdeki maliyetiyle orantılı olarak düşünülmektedir (Ockwell, 2008). Yani bu modellerde enerji, birincil girdi olarak değil, bir ara mal olarak değerlendirilmektedir. Çevre iktisatçıları, bahsedilen üç modelin de sistemi tam olarak yansıtmadığını ileri sürmüşler ve kendi görüşleri çerçevesinde farklı bir üretim fonksiyonu oluşturmaya çalışmışlardır. Çevre iktisatçıları bu amaç için Georgescu-Roegen'in çalışmalarına dayanarak termodinamiğin kanunlarını kullanmışlardır.

Termodinamiğin birinci kanununa göre enerji, yaratılamaz ve yok edilemez niteliktedir. Ockwell (2008)'in Hall vd. (1986)'a dayanarak oluşturduğu sisteme göre dünyanın ekosistemi yarı kapalı bir sistemdir. Bu ekosistemde tek kullanılabilir enerji kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisi doğrudan veya fosil yakıtlar içinde somutlaşmış

şekliyle kullanılabilir. Güneş enerjisi ekosistemden ekonomik sisteme girer ve düşük dereceli ısı ve atık olarak küresel ekosisteme geri döner.

Termodinamiğin ikinci kanunu entropi kanunu olarak da adlandırılmaktadır. Enerji tekrar kullanıldığında giderek daha az kullanışlı hale gelmekte ya da başka bir deyişle entropisi artmaktadır. Diğer bir ifadeyle enerjinin verimi asla 1'den büyük olamamaktadır. Ayrıca bu kanun bir maddeyi diğerine dönüştürmek için ilave enerji kullanmanın gerekli olduğunu ve böylece üretim sürecinde enerjinin diğer girdilerle ikamesinin sınırlı olabileceğini gösterir (Ockwell, 2008). Bu kanun neoklasik üretim modelinin teknoloji varsayımlarından olan üretim faktörleri arasında sürekli ikame olanağının bulunması (Akyüz, 2009; 129) ile çelişmektedir.

Bazı ekolojik iktisat modellerinde ise enerjinin tek birincil üretim faktörü olduğu iddia edilmektedir (Stern ve Cleveland, 2004). Enerjinin diğer faktörler tarafından üretilmeyeceği, bu nedenle de ekonomik sisteme dışardan dahil olması gerektiği savunulur. Bu görüşe göre tüm diğer faktörler enerjiden elde edilmekte ve değer tek kaynağını enerji oluşturmaktadır. Ayrıca bu bakış açısı ile emek ve sermayenin üretilmesi için net enerji girdisine ihtiyaç duyulduğundan, emek ve sermayenin ara mal olduğu iddia edilir (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 100).

Benzer bir görüşe göre ise Costanza (1980) dünyada tek girdinin güneş enerjisi olduğunu ve dünyada bulunan her şeyin doğrudan veya dolaylı olarak geçmiş ve şimdiki güneş enerjisinin ürünü olduğunu öne sürmüştür. Ayrıca Costanza'ya göre diğer üretim faktörleri için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Bununla birlikte üretimde doğrudan veya dolaylı olarak kullanılan toplam enerjiyi somutlaştırılmış enerji olarak adlandırmıştır. Değerin ortaya çıkışı ise somutlaştırılmış enerji sayesinde olmaktadır. Ancak somutlaştırılmış enerjinin içeriğinde bulunan dolaylı olarak kullanılan enerjinin varlığı bu enerjinin değerinin hesaplanmasını zorlaştırmaktadır. Pokrovski (2003)'ye göre ise enerji sadece üretilen ürünlerin fiyatına eklenen sıradan bir ara girdi olarak değil, aynı zamanda değer yaratıcı bir üretim faktörü olarak da düşünülmelidir. Termodinamiğin birinci kanunu insanın ürettiği sermaye ile doğal sermayenin ikame edilebileceğini varsayan neoklasik iktisat modelleriyle çelişmektedir (Ockwell, 2008).

Termodinamiğin kanunlarına dayanarak Cleveland vd. (1984) de bir model oluşturmuşlardır. Bu modele göre ekonominin gerçekte kapalı değil açık bir sistem

olduğu ve küresel çevrenin içinde yerleşmiş halde bulunduğunu belirterek, global çevrenin güneş enerjisinin devamlılığına ihtiyaç duyduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca global sistem ekonomi için gerekli girdileri üretmektedir. Ekonomide kullanılan fosil ve diğer yakıtlar, emeği ve sermaye üretimini desteklemekte ve harekete geçirmektedir. Sonrasında ise yakıt, emek ve sermaye ile birlikte doğal kaynakları kullanışlı mal ve hizmetler haline getirmektedir. Çalışmada, standart üretim fonksiyonları, enerji ve diğer faktörler arasındaki bağılılığı hesaba katmamaları nedeniyle eleştirilmiş ve insanlar tarafından oluşturulan tüm faktörlerin doğal çevredeki enerjiye dayalı olduğu belirtilmiştir.

Enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında enerji ekonomisi alanında çalışmalar yapan iktisatçıların sahip olduğu iki zıt görüş vardır. Ghali ve El-Sakka (2004) bu iki zıt görüşü şu şekilde özetlemişlerdir: Bir görüş emek ve sermayenin enerji olmadan kullanılamayacağından, enerjinin değer en önemli kaynağı olduğunu ileri sürmektedir. Diğer görüş ise enerji kullanımının ekonomik büyüme için nötr olduğunu yani enerji kullanımının ekonomik büyüme üzerinde pozitif veya negatif etkisinin olmadığını iddia eder. Bunun nedeni olarak da enerji maliyetinin üretim maliyeti içinde payının düşük olması gösterilir.

Neoklasik büyüme modeline doğal kaynakların kullanımı ile ilgili olarak ilk eleştiriye yönelten Georgescu-Roegen'in başlattığı akıma Daly (1997) de destek vermiştir. Çevre iktisatçılarından Daly (1997)'nin eleştirilerine ve bu eleştirilere Solow ve Stiglitz'in cevaplarına da yer verilmesi konunun bütünlüğünü sağlamak açısından önemlidir. Daly, Georgescu-Roegen'in Solow (1956) ve Stiglitz (1967)'in çalışmalarını eleştirmesine rağmen, bu eleştirilere cevap verilmemesini sorgulamıştır. Doğal kaynaklar ve sermayenin ikame değil tamamlayıcı olduklarını belirtmiştir. Solow'un 1956'da yayınlanan ilk çalışmasında doğal kaynaklar üretim fonksiyonunda bulunmamaktadır. Bu çalışmada üretim miktarı, sadece emek ve sermaye tarafından belirlenmektedir. Daly'ye göre matematiksel olarak bu modelde dünya doğal kaynaklar olmadan yoluna devam edebileceği iddia edilebilir. Daly, bu açıklamada sadece aşçı ve mutfak ile kek yapılmaya çalışıldığını ve un, yumurta, şeker veya elektriğe ihtiyaç duyulmadığını ifade ederek eleştirmiştir. Hatta daha büyük kek yapmak için aşçının sadece daha büyük ancak boş bir kaseyi daha hızlı karıştırmasının ve her nasılsa kendi kendini ısıtan bir fırında pişirmesinin yeterli olacağını iddia etmekle aynı şey olduğunu belirtmiştir.

Ayrıca aşçı herhangi bir temizlik yapmasına da gerek olmadığını, çünkü üretimin hiçbir atık ortaya çıkarmadığını ifade etmiştir. Daly (1997), Solow'un (1956) büyüme teorisini atıklara yer vermemesi nedeniyle de eleştirmiştir.

Solow (1997) ise bu eleştirilere cevaben üretim teorisini geliştirirken asıl amaçlarının elde bulunan sınırlı doğal kaynak ile büyümenin gelecekte ne kadar sürdürülebileceğinin belirlenmesi olduğunu ifade etmiştir. Söz konusu sürdürülebilirlik ise doğal kaynakların girdi olarak üretimde ne kadar önemli olduğuna, sermaye ve yenilenebilir kaynakların yenilenemeyen kaynakların yerine ne ölçüde ikame edilebileceğine ve gelecekteki teknolojik gelişmeye bağlı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Daly'nin iktisatçıların ikame ve tamamlayıcı kavramlarıyla neyi kastettiklerini tam olarak anlayıp anlamadığını sorgulamıştır. Solow ayrıca Daly'nin sorusuna cevaben, entropi kanununun üretim aşamasında mutlaka geçerli olduğuna değinmiştir. Ancak modellerin gerçek dünyayı tamamen yansıtmamasının mümkün olmadığını, sadece zamanın bir anında gerçek dünyada var olanın bir kısmını yansıttığını ifade etmiştir.

Stiglitz (1997) ise çalışmalarında Daly'nin temel fizik kanunlarına yer verilmemesinden ve büyümenin, sınırlı olan doğal kaynakların sınırlayıcı etkisiyle yüzleşmeden devam edemeyeceğinden yola çıktığını ifade etmiştir. Stiglitz daha önceki bir çalışmasında (1974) doğal kaynakların kısıtlayıcılığını dengelemek için en azından üç ekonomik gücün bulunduğunu ifade etmiş ve bunları teknolojik gelişme, sermayenin doğal kaynaklar ile ikamesi ve ölçeğe göre getiri olarak sıralamıştır. Stiglitz'e göre orta vadede sermaye doğal kaynakların yerine ikame edilebilirdir. Teknolojik gelişme de bir çeşit sermayedir ve bir birim çıktı için gerekli olan sermaye ve doğal kaynak gereksinimini azaltmaktadır. Ayrıca teknolojik gelişmenin kaynakları tekrar kullanılabilir hale getireceğine değinmiştir. Doğal kaynakların kıt olmasının piyasalar iyi çalıştığı sürece söz konusu kıtlığı yansıtacaklarında sorun olmayacağını ifade etmiştir. Stiglitz piyasalar tarafından yansıtılan kıtlığın etkisinin ise fiyatların artması yönünde olacağını, bunun bir sonucu olarak ise teknolojik gelişmenin kaynak kullanım oranını düşüreceğini iddia eder. Ancak Stiglitz'in bu açıklamaları doğal kaynaklar olmadan üretim yapılabileceği anlamına gelmemektedir. Her ne kadar teknolojik gelişme kaynak kullanımını düşürse de kaynak kullanımını sıfıra indirerek üretim yapmak mümkün görünmemektedir.

Çevre iktisatçılarının neoklasik teoriye karşı yaptıkları eleştiriler, enerjinin rolünün daha da önemsenmesinde rol oynamıştır. Enerjinin de üretim faktörü olarak üretim fonksiyonunda kendine yer bulmasını amaçlayan bu eleştirilerden yola çıkılarak geliştirilen büyüme modelleri bulunmaktadır. Takip eden kısımda bu modeller tanıtılmaktadır. Ayrıca bölümün ilerleyen kısımlarında yukarıda bahsedilen enerji-teknoloji ilişkisi, enerjinin diğer faktörlerle ikame edilebilirliği ve enerji ile büyümenin ilişkisini etkileyen faktörler incelenmiştir.

## 1.2 Ekolojik Ekonomik Büyüme Modelleri

Bu bölümde sermaye ve emek girdilerini temel üretim faktörleri olarak gören neoklasik üretim ve büyüme teorisine getirilen eleştiriler, enerjinin üretimdeki konumu açısından incelenmeye çalışılacaktır. Enerjinin üretim faktörü olarak değil, ara girdi olarak düşünülmesi neoklasik büyüme teorisinin bir eksikliği olarak görülmüş ve bu eksikliği giderebilmek için alternatif büyüme teorileri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu alternatif büyüme modelleri bazı ortak özelliklerden birini veya birkaçını içinde barındırmaktadır (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 120):

- Üretim fonksiyonu enerjiyi bir üretim faktörü olarak içermektedir.
- Enerji için düşünüldüğünde, geleneksel bir varsayım olan “çıktının değerinde faktörün payının faktör verimlilikleri ile orantılıdır” varsayımından sapma vardır. Enerjinin marjinal verimliliği, dolaylı olarak maliyet fonksiyonundan değil, doğrudan üretim fonksiyonundan tahmin edilmektedir.
- Faktör verimliliklerinin sabit olması varsayımından bir sapma vardır.
- Termodinamik dönüştürme etkinliğindeki ilerleme teknolojik değişme yerine kullanılmaktadır.

Neoklasik büyüme modellerinden bu özellikleri ile farklılaşan ekolojik büyüme modelleri Beaudreau'nun, Kummel vd.'nin ve Ayres ve Warr'ın öncülüklerini ettiği üç temel gruba ayrılmaktadır (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 120):

### 1.2.1. Beaudreau'nun Ekolojik Büyüme Modeli

Beaudreau (1998) neoklasik büyüme modelini eleştirmiş ve alternatif bir üretim fonksiyonu ileri sürmüştür. Neoklasik büyüme modelinin sadece emek ve sermayeyi üretim faktörü olarak ele almasını ve hammadde ve enerjiyi ara girdi olarak kabul etmesini eleştirmiştir. Ayrıca fizik kurallarını göz ardı ettiğini ve enerjinin tek üretken girdi olduğunu ileri sürmüştür. Geliştirdiği üretim fonksiyonunda üretimi, enerji tüketiminin ve organizasyonun bir fonksiyonu olarak tanımlamıştır. Üretim fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$W(t) = \eta[T(t), S(t)]E(t) \quad (1.1)$$

Eşitlik (1.1)'de  $W$  işi,  $E$  enerji tüketimini,  $T$  araçları ve  $S$  idareyi temsil etmektedir. Ayrıca  $\eta$  etkinliği ifade etmektedir. Beaudreau çalışmalarında ABD, Almanya ve Japonya üretimini tahmin etmeye çalışmıştır. Ancak üretim fonksiyonunda belirttiği faktörlerin değerinin hesaplanmasındaki zorluk nedeniyle enerji tüketimi yerine elektrik tüketimini, organizasyonun yerine geleneksel üretim fonksiyonlarındaki faktörleri (emek ve sermaye) kullanmıştır.

$$W(t) = f(EP_t, L_t, K_t) \quad (1.2)$$

Faktör üretkenliğini hesaplamak için doğrudan üretim fonksiyonunu kullanan Beaudreau, Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonunu kullanmıştır.

$$Q = EP^{\beta_1}, L^{\beta_2}, K^{\beta_3} \quad (1.3)$$

Eşitlik (1.3)'deki fonksiyon kullanılarak elektrik için hesaplanan üretim esneklikleri üç ülke için sırasıyla 0,537, 0,747 ve 0,605 olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olan bu değerler emek ve sermayenin esnekliklerinden büyük bulunmuştur. Bu nedenle enerjinin yerine kullanılan elektriğin en önemli girdi olduğu iddia edilmiştir.

Beaudreau'nun çalışmalarında bazı sorunlu noktalar bulunmaktadır. Almanya ve Japonya'nın sermaye için üretim esnekliği istatistiksel olarak anlamlı olmaması sorun olarak dikkate alınabilir. Ayrıca Beaudreau (2005)'nin sermaye ve emek için üretim esneklikleri ülkeler arasında oldukça farklı bulunmuştur.

### 1.2.2. Kummel vd.'nin Ekolojik Büyüme Modeli

Ekolojik büyüme modellerinden bir diğeri Kummel vd. (Kummel, 1980; Kummel,1982; Kummel vd., 1985; Kummel vd., 2002) tarafından geliştirilen modeldir. Bu model bir dizi çalışma ile geliştirilmiştir. Kummel, enerjinin üretim esnekliğinin, toplam maliyetteki oranına eşit olmadığını iddia etmiştir (Kummel, 1980; Kummel, 1982).

Kummel vd. (1985)'in modelinde sermaye, emek ve enerji üretim faktörleri olarak kabul edilmiştir. Ayrıca ölçeğe göre sabit getiri varsayımı yapılmıştır. Büyümenin sınırları göz ardı edilmektedir. Üretim fonksiyonu  $Q(K,L,E)$  yegane ve iki kez türevlenebilirdir. Kummel, öncelikle üretimdeki marjinal değişmeyi, sermaye, emek ve enerji faktöründeki marjinal değişme ile ilişkilendirmiştir. Ayrıca teknolojik gelişme modelde bulunmamaktadır. Bu durumu (Kummel vd., 1985) teknolojik bilginin üretim sürecinde ara ürün olması ile gerekçelendirmişlerdir. Kummel çıktıdaki çok küçük bir değişimin  $dQ$ , sermayedeki  $dK$ , emekteki  $dL$  ve enerjideki  $dE$  çok küçük değişme ile ilişkilendirmiştir.

$$dQ = \frac{\partial Q}{\partial K} dK + \frac{\partial Q}{\partial L} dL + \frac{\partial Q}{\partial E} dE \quad (1.4)$$

Eşitlik (1.4) şu şekilde tekrar yazılabilir:

$$dQ = \frac{K}{Q} \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{dK}{K} + \frac{L}{Q} \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{dL}{L} + \frac{E}{Q} \frac{\partial Q}{\partial E} \frac{dE}{E} \quad (1.5)$$

Eşitlik (1.5)'de:

$$\alpha = \frac{K}{Q} \frac{\partial Q}{\partial K} \text{ sermayenin üretim esnekliği}$$

$$\beta = \frac{L}{Q} \frac{\partial Q}{\partial L} \text{ emeğin üretim esnekliği}$$

$$\gamma = \frac{E}{Q} \frac{\partial Q}{\partial E} \text{ enerjinin üretim esnekliği}$$

olmaktadır.  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  sırasıyla sermaye, emek ve enerji faktörlerinin marjinal verimliliklerini göstermektedir. Ayrıca ölçeğe göre sabit getiri varsayımı gereği  $\gamma = 1 - \alpha - \beta$  olmalıdır. Eşitlik (1.5)'de yerine yazıldığında:

$$\frac{dQ}{Q} = \alpha \frac{dK}{K} + \beta \frac{dL}{L} + (1 - \alpha - \beta) \frac{dE}{E} \quad (1.6)$$

Kummel (1980) ölçeğe göre azalan getiri oluşturan kirlilik fonksiyonunun da modele eklenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Bu fonksiyon modele  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $(1 - \alpha - \beta)$ 'nin kirlilik fonksiyonu  $p(U)$  ile çarpılması ile eklenir. Ancak kirlilik sınır değerinin altında olduğunda bu fonksiyonun değeri 1'e yaklaşır. Sınır değer üstüne çıktıkça sıfıra yaklaşmaktadır. Kummel vd. (2002) ayrıca faktörlerin miktarının baz alınmış bir yıldaki miktarlarına oranlanmasıyla  $q = \frac{Q}{Q_0}$ ,  $k = \frac{K}{K_0}$ ,  $l = \frac{L}{L_0}$  ve  $e = \frac{E}{E_0}$  elde etmiştir. Bu yeni değerleri kullanılarak eşitlik (1.6)'yı şu şekilde değiştirilebilir:

$$\frac{dq}{q} = \alpha \frac{dk}{k} + \beta \frac{dl}{l} + (1 - \alpha - \beta) \frac{de}{e} \quad (1.7)$$

Bu fonksiyonu kullanarak ise aşağıdaki LINEX üretim fonksiyonunu elde etmiştir.

$$q = e \times \exp \left( a \left( 2 - \frac{l+e}{k} \right) + ab \left( \frac{l}{e} - 1 \right) \right) \quad (1.8)$$

E, exp kısmında da olduğundan çıktı ile doğrusal ilişkinin haricinde üstsel olarak da ilişkilidir. Bu fonksiyonda üretim enerjiyle doğrusal, faktör oranlarıyla ise üstel şekilde bağlantılıdır.  $a$  ve  $b$  teorideki serbest parametrelerdir (Kummel, 1982).

Bu yaklaşım yorumlanması bakımından zor fakat LINEX fonksiyonunun önemli bir özelliği olan ve çevre iktisadında önemli sayılan enerjinin, sermaye ve emekle ikame olanağını sınırlandıran bir yapıya sahiptir (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 122). Ancak fonksiyon konkavlık özelliğini sağlamadığından bir girdiden kullanılan miktar arttığında diğer girdinin azalmasını gerektirmemektedir (Saunders, 2007).

### 1.2.3. Ayres ve Warr'ın Ekolojik Büyüme Modeli

Ayres ve Warr (2005)'in Kummel'in çalışmalarından etkilendikleri söylenebilir. Ancak Ayres ve Warr'ın yaptıkları yenilik enerji verimliliğini doğrudan üretim fonksiyonuna dahil etmeleridir. Bu amaçla enerji yerine, enerji ve hammadde birleşiminden oluşturulan ve ekserji (exergy) olarak ifade edilen ve kullanışlı işi tanımlayan bir



ölçümü kullanmışlardır. Ekserji verileri, aslında bir nevi teknolojik gelişme ölçümü olarak da değerlendirilebilir (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 124).

Ayres ve Warr (2005), neoklasik teoriyi eleştirirken kaynak (veya ekserji) akımının büyümenin bir sonucu değil büyümenin bir sebebi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Ayrıca neoklasik teorinin aşırı basitleştirmeden kaynaklı sorunları olduğunu belirtmişlerdir. Sadece iki faktörle üretim yapıldığında bunların ulusal gelirden aldıkları payın tespitinin kolay olduğunu, ancak Daly (1997)'nin Solow'a yönelttiği eleştiriye benzer bir eleştiriye ders kitaplarının birçoğunda bulunan üretim teorisi örneğine yönelterek, ekmeğin sadece emek ve sermaye ile üretilmediğini un ve enerjiye de ihtiyaç duyulduğunu ifade etmişlerdir.

Ayres ve Warr (2005) ölçeğe göre sabit getirinin varsayıldığı ve enerjinin emek ve sermaye ile birlikte girdi olarak kabul edildiği Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonlarının veya diğer üretim fonksiyonlarının dışsal bir teknolojik gelişme parametresi olmadan büyümeyi açıklayamadığını ifade etmişlerdir. Ancak ekserjinin, enerjinin yerine bir üretim faktörü olarak eklenmesinin üretim fonksiyonunu daha kullanışlı hale getirdiğini iddia etmişlerdir.

Kummel vd. (1985)'in LINEX üretim fonksiyonunu uygulamışlardır. Ancak enerji girdisini kendi oluşturdukları ekserji ile değiştirmişlerdir.

$$Y = AU \exp\left(\frac{aL}{U} - \frac{b(U + L)}{K}\right) \quad (1.9)$$

Eşitlik (1.9)'da  $a$  ve  $b$  ekonometrik olarak tahmin edilen parametreler ve  $A$  çarpan olarak tanımlanmıştır. LINEX tipi fonksiyonun önemli bir avantajının girdilerin birbirinin tam anlamıyla ikamesi olduğunu ima etmemesi olduğunu ifade eden Ayres ve Warr (2005) buna karşılık fonksiyonun daha karmaşık ve daha gerçekçi bir ikame ve tamamlayıcılık ilişkisini gösterdiğini belirtmişlerdir. Analizleri sonucunda ABD için 1900-2000 döneminde eşitlik (1.9)'daki fonksiyonun üretim sürecini diğer üretim fonksiyonlarına göre daha iyi açıkladığını tespit etmişlerdir.

### 1.3. ENERJİNİN DİĞER FAKTÖRLERLE İLİŞKİSİ

Üretimde kullanılan girdiler genellikle birbirinin ikamesi veya tamamlayıcısıdır. Girdilerin birbirinin yerine ikame edilmesi ile üretim düzeyinin sabit tutulduğu durumda faktörlerin kullanım oranı değişebilmektedir. Faktörlerin ikame veya tamamlayıcı olması için şu şartlar daha açıklayıcıdır (Broadstock vd., 2007: 7): İki girdinin birbirinin ikamesi olabilmesi için; bir girdinin kullanımı azaldığında diğerinin kullanımının artması, bir girdinin fiyatı arttığında diğer girdinin kullanımının artması, bir girdinin fiyatı arttığında diğer girdinin kullanımının artması veya birinci girdinin fiyatı ikinciye göre arttığında ikinci girdinin kullanımının birinci girdiye göre artması gerekir.

Girdilerin birbirinin tamamlayıcısı olabilmesi için; bir girdinin kullanımı arttığında diğerinin kullanımının artması, bir girdinin fiyatı azaldığında diğer girdinin kullanımının azalması, bir girdinin fiyatı azaldığında diğer girdinin kullanımının artması veya birinci girdinin fiyatı ikinciye göre azaldığında ikinci girdinin kullanımının birinci girdiye göre azalması gerekir. Ancak bu açıklamalar iki faktörlü bir üretim için geçerlidir. Literatürde ise genellikle enerjinin üretim girdisi olarak sermaye ile tamamlayıcılık veya ikame ilişkisi içinde olduğu tartışılmaktadır.

Çevre iktisadının amacı, var olan hayat standardını sürdürülebilmek için en az ne kadar doğal sermayeye ihtiyaç duyulduğunu ve üretilmiş sermayenin kaynaklar ile ne ölçüde ikame edilebileceğini açıklamaktır (Cleveland ve Ruth, 1997). Bu amaç doğrultusunda enerjinin diğer faktörlerle ilişkisi incelenmiştir. Araştırmalar daha çok enerji-sermaye ilişkisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Enerjiyle sermayenin ikame veya tamamlayıcı olması enerjinin üretim fonksiyonunda bir kısıt olabilmesi konusunda açıklayıcıdır.

İkame olanağı, doğrudan veya dolaylı şekilde gerçekleştirilecek olan ikame çeşidine, analiz edilen sistemin mikro veya makro bir sistem olmasını sağlayan kısıtlara, kısa ve uzun dönem ayrımını ortaya çıkaran zamana ve ölçeğe bağlıdır (Cleveland ve Ruth, 1997). Ayrıca birçok çevre iktisatçısı doğal kaynakların yerine sermayenin ikamesinin sınırlı olacağını öne sürmüşlerdir (Hall vd., 1986; Ayres ve Nair, 1984; Common ve Perrings, 1992; Costanza ve Daly, 1992). Bunun nedeni olarak ise, doğal kaynaklar tarafından gerçekleştirilebilen bazı hizmetlerin sermaye tarafından gerçekleştirilemeyeceğini öne sürmüşlerdir. Bu açıklamalarda doğal kaynaklar (veya

doğal sermaye) ile sermaye ilişkisinden bahsedilmiş olsa da, genel olarak doğal kaynaklar yerine enerji için de aynı durum söz konusudur.

Sermaye, enerjinin yaptığı işe denk bir iş yaptığında doğrudan ikame gerçekleşmektedir. Dolaylı olarak ikame ise sermayenin sağladığı teknolojik gelişme ile sağlanan verimlilik artışı ile gerçekleşir. Ayrıca ikame olanağı, enerjide meydana gelen marjinal düşüşlerde marjinal olmayan düşüslere göre daha azdır (Victor, 1994). Mikro düzeyde ikame olanağı makro düzeye göre ise daha yüksektir. Bir örnekle açıklamak gerekirse, mikro düzeyde yakıt tüketimi yerine izolasyon kullanımı mümkünken, makro düzeyde bu imkan azalmaktadır (Cleveland ve Ruth, 1997). Uzun dönemde ise kısa döneme göre ikame olanağı daha yüksektir. Ayrıca bölgesel olarak ikame olanağı düşükken, küresel anlamda ikame olanağı daha yüksektir.

Enerji ve sermaye ilişkisinin açıklanması açısından Berndt ve Wood (1979)'un çalışması önemlidir. Çalışmada dört girdili bir üretim fonksiyonu ele alınmıştır. Fonksiyon aşağıdaki gibidir:

$$Y = F(K, L, E, M) \quad (1.10)$$

Girdilerin fiyatları  $P_K, P_L, P_E, P_M$  ile gösterildiğinde maliyet fonksiyonu:

$$C = G^*(Y, P_K, P_L, P_E, P_M) \quad (1.11)$$

olarak yazılabilir. Eşitlik (1.10)'da  $K$  sermayeyi,  $L$  emek girdisini,  $E$  enerjii,  $M$  ise enerji dışı ara malları göstermektedir. Üretim fonksiyonu pozitif, tam içbükey ve iki kez türevlenebilirdir. Üretim fonksiyonunun ayrılabilirlik özelliğine sahip olduğu varsayılmıştır. Bu özellik iki şekilde tanımlanabilir (Frondele ve Schmidt, 2004):

Bunlardan ilki  $\frac{\partial}{\partial x_k} \left( \frac{\partial x_j}{\partial x_i} \right) = 0$  şeklindedir. Burada,  $k$  faktörünün yoğunluğunun  $i$  ve  $j$  arasındaki ikame imkanından etkilenmediği ifade edilmektedir. Başka bir deyişle iki faktör arasındaki marjinal teknik ikame oranı diğer faktörlerden etkilenmemektedir. İkincisi ise  $\frac{\partial}{\partial p_k} \left( \frac{x_j}{x_i} \right) = 0$  şeklinde gösterilebilir.  $i$  ve  $j$  faktörleri arasındaki marjinal teknik ikame oranı diğer faktörlerin fiyatlarından etkilenmemektedir.

Ayrılabilirlik varsayımı kullanılarak KLEM modeli iki alt fonksiyona ayrılabilir. İlki yararlı sermayenin ( $K^*$ ) üretilmesini sağlayan ve  $K$  ve  $E$ 'den oluşan fonksiyondur. Bu durum, eşitlik (1.12)'de gösterilmiştir:

$$K^* = f(K, E) \quad (1.12)$$

Maliyet fonksiyonu ise:

$$C_{K^*} = g^*(P_K, P_E, K^*)$$

olarak yazılabilir. Diğeri ise emek ve enerji dışı ara mallardan oluşan alt fonksiyondur:

$$L^* = g(L, M) \quad (1.13)$$

Yine maliyet fonksiyonu:

$$C_{L^*} = h^*(P_L, P_M, L^*) \quad (1.14)$$

olarak gösterilebilir. Bu durumda ilk üretim fonksiyonu ve maliyet fonksiyonu artık:

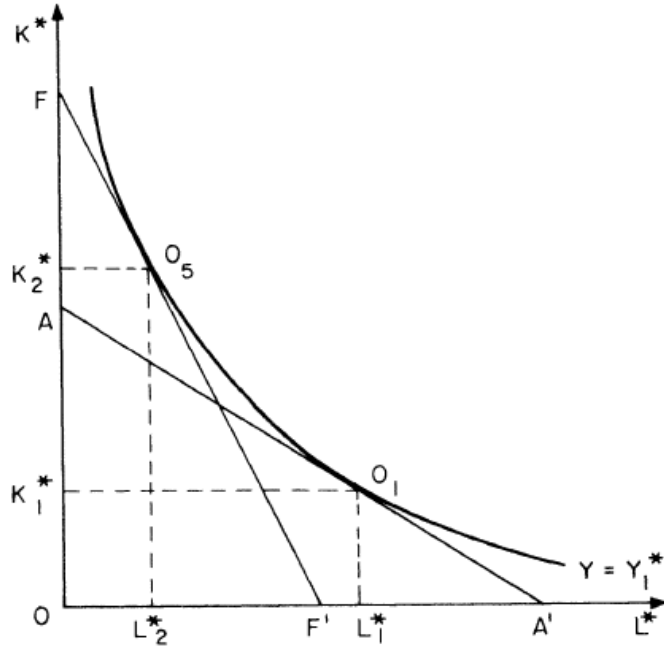
$$Y = F(K^*, L^*, Y) \quad (1.15)$$

$$C = G(P_K, P_L, Y) \quad (1.16)$$

şeklinde yazılabilir.

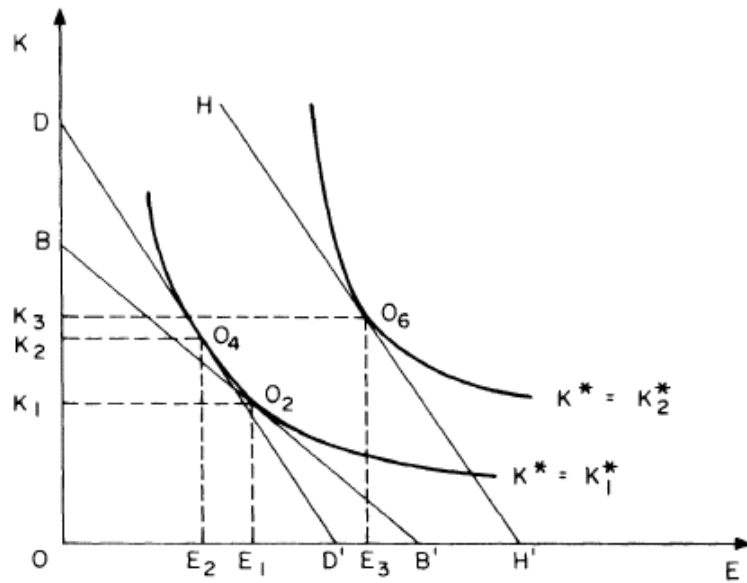
Yukarıdaki açıklamalardan yararlanarak dört girdili ana üretim fonksiyonu Şekil 1.3'deki gibi çizilebilir. Firmanın  $Y=Y_I^*$  kadar çıktı ürettiği durumda  $AA'$  eşmaliyet eğrisi,  $K^*$  ve  $L^*$  girdilerinin fiyatlarını göstermektedir (sırasıyla  $P_K^*$  ve  $P_L^*$ ). Firma maliyetini  $O_I$  noktasında minimize etmektedir. Bu noktada  $K_I^*$  miktarında yararlı sermaye ve  $L_I^*$  kadar emek-enerji dışı ara mal karışımı kullanmaktadır.

Şekil 1.3. Temel Üretim Fonksiyonu

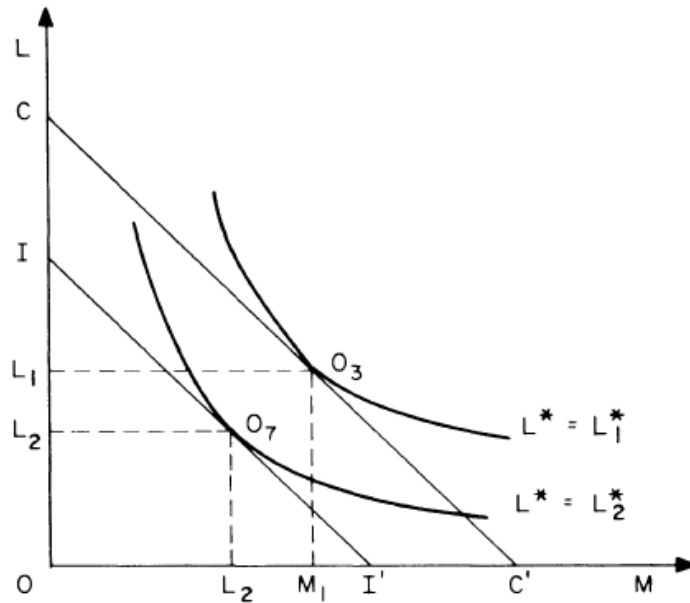


Yararlı sermaye üretim fonksiyonu ile emek-enerji dışı ara mal karışımının üretim fonksiyonunun da elde edilmesi gerekmektedir. Şekil 1.4'de sermaye ve enerji fiyatlarıyla ( $P_K$  ve  $P_E$ ) elde edilen  $BB'$  eş maliyet eğrisi geçerli olduğunda firma  $E_1$  kadar enerji ve  $K_1$  kadar sermaye kullanarak maliyetini minimize eden  $O_2$  noktasındadır. Şekil 1.5'de ise firma veri emek ve enerji dışı ara mal fiyatlarıyla ( $P_L$  ve  $P_M$ )  $CC'$  eş maliyet doğrusu üzerinde  $O_3$  noktasında  $L_1$  kadar emek ve  $M_1$  kadar enerji dışı ara mal kullanarak maliyetini minimize etmektedir.

Şekil 1.4. Yararlı Sermaye Üretim Fonksiyonu



Şekil 1.5. Emek-Enerji Dışı Ara Mal Karışımı Üretim Fonksiyonu



Elde edilen üretim fonksiyonlarının grafiklerinden sonra Berndt ve Wood (1979), dışsal değişkenlerdeki bir değişimin söz konusu fonksiyonları nasıl etkilediğini gösterebilmek ve böylece enerji ve sermaye arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek amacıyla devletin yatırımların maliyetini azaltıcı bir teşvik sistemi uygulamaya başlaması örneğinden yola çıkmışlardır. Bu uygulama  $P_K$ 'nın düşmesini sağlayacaktır. Sermayenin fiyatındaki düşüş Şekil 1.4'de eş maliyet doğrusunun  $DD'$  şeklinde daha dik

bir hale gelmesine neden olur.  $K^*$  üretimi sabit tutulduğunda sermaye talebi  $K_1$ 'den  $K_2$ 'ye yükselecektir ve enerji talebi  $E_1$ 'den  $E_2$ 'ye düşecektir. Bu durum sermaye ve enerjinin ikame olduğunu göstermektedir.

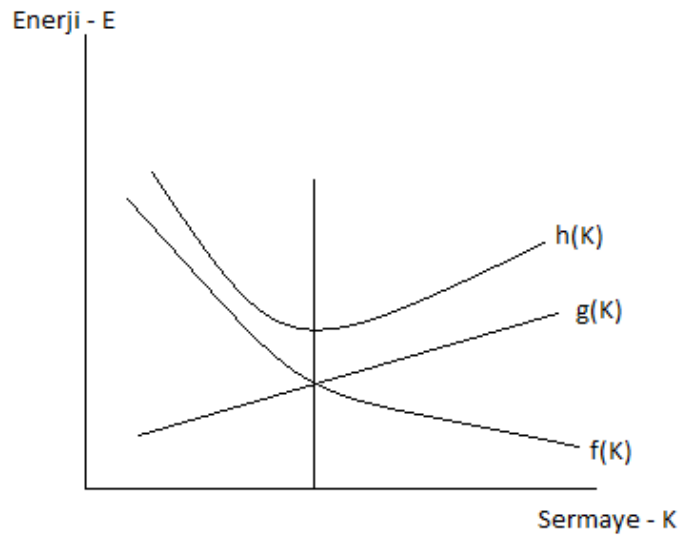
$P_K$ 'nin düşmesi yararlı sermayenin maliyet fonksiyonuna da etki edecektir. Yararlı sermayenin maliyetinin düşmesi Şekil 1.3'de  $FF'$  gibi daha dik bir eş maliyet doğrusu ile karşılaşılmamasına neden olacaktır. Artık maliyet minimizasyonu için firmanın denge noktası  $O_5$  olmaktadır. Yararlı sermaye talebi artmış ve emek ile enerji dışı ara mal talebi düşmüştür. Şekil 1.5'de  $L^*$  eş ürün eğrisi bu nedenle sola doğru kaymıştır. Yararlı sermaye talebindeki artış  $K^*$  eş ürün eğrisini sağa kaydıracaktır. Böylece sermaye talebi  $K_2$ 'den  $K_3$ 'e yükselecektir ve enerji talebi  $E_2$ 'den  $E_3$ 'ye artacaktır. Bu durumda sermaye için ikame etkisi ve genişleme etkisi aynı yödedir. Ancak enerji için ikame etkisi enerji talebini  $E_1$ 'den  $E_2$ 'ye düşürmektedir. Bu sonuç da sermaye ve enerjinin aslında tamamlayıcı olduğunu göstermektedir. Ancak bu örnekte  $E_3$ ,  $E_1$ 'den büyük olmasına rağmen başka bir durumda  $E_3$ ,  $E_1$ 'den küçük de olabilir. İkame ve genişleme etkisinin hangisinin baskın olduğu sermaye ve enerji arasındaki ilişki üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

Berndt ve Wood'un bu çalışmasına bazı eleştirilerde de bulunulabilir. Üretim fonksiyonunun ayrılabilir olduğu varsayımının gerçekleşme olasılığı analizin sorunlu noktalarından biridir. Ayrıca sermaye ve enerji arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yapılan çalışmalar birbirinden farklı sonuçlar vermiştir. Örneğin Apostolakis (1990) çalışmasında zaman serisi verileriyle yapılan çalışmaların iki girdinin tamamlayıcı olduğunu gösterdiğini belirtmiştir. Yatay kesit verileriyle yapılan çalışmalarda ise iki girdinin ikame olduğunu ancak bunun nedeninin zaman serisi verilerinin kısa dönem etkilerini, yatay kesit verilerinin ise uzun dönem etkilerini göstermesinden kaynaklandığını iddia etmiştir. Nguyen ve Streitwieser (1997) mikro verileri kullandıkları çalışmalarında enerji ve sermayenin ikame olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Bu konuya farklı yaklaşım sergileyen çalışmalardan birinde Huang vd. (2006) enerji yoğunluğuna göre ikame ve tamamlayıcılık durumlarının değişebildiğini belirlemişlerdir.

Enerji ile sermayenin ikame edilebilirliği konusunda Stern (1997) açıklayıcı bir yaklaşım geliştirmiştir. Şekil 1.6'da  $E = f(K)$  bir neoklasik üretim fonksiyonunda

farklı enerji ( $E$ ) ve sermaye ( $K$ ) bileşimleri ile sabit bir üretim düzeyinin elde edildiğini gösteren eş ürün eğrisidir. Ancak bu sermayenin de dolaylı olarak enerji tüketimi vardır. Bu ilişki ise  $g(K)$  ile gösterilmiştir. İki fonksiyonun toplanması ile net eş ürün eğrisi elde edilir. Bu yeni fonksiyon  $h(K)$  ile gösterilmiştir. Rahatlıkla görülebileceği gibi net eş ürün eğrisi ( $h(K)$ ), ilk eş ürün eğrisinden ( $f(K)$ ) farklı bir ilişkiyi gösterir. Net eş ürün eğrisinde enerjinin sermaye ile ikame edilmesi ile sağlanan enerji tasarrufunun ilk eş ürün eğrisindeki orana daha az olduğu görülebilmektedir. Ayrıca sermaye belirli bir düzeyi ( $K'$ ) aştığında dolaylı enerji tüketimi, tasarruf edilen enerji miktarını aşmaktadır.

**Şekil 1.6. Dolaylı Enerji Tüketimi ve İkame Edilebilirlik**



Ayrıca, bu kısımda üretilmiş ve doğal sermaye arasında ikame edilebilirliğin de incelenmesi gerekir. Bu iki kavram birbirinden çok da farklı olarak görülmesi de Georgescu-Roegen şöyle bir açıklama getirmiştir: sermaye, maddeyi olduğundan farklı bir maddeye çeviremez. Doğal sermaye dönüştürülen iken, üretilmiş sermaye dönüştürme ile elde edilendir (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 104). Doğal sermaye ile üretilmiş sermaye arasında ikame edilebilirlik sınırlıdır. Sınırlı olmasının iki sebebi şu şekilde açıklanabilir: birincisi, sadece doğal sermayenin gerçekleştirebileceği, küresel iklimin düzenlenmesi ve biyolojik çeşitliliğin devamı gibi, temel görevlerin olmasıdır (Cleveland ve Ruth, 1997). İkincisi ise termodinamiğin ikinci kanunu maddelerin diğer maddelere dönüşümünü oldukça katı bir biçimde sınırlamakta ve bu dönüşümün



sağlanabilmesi için az da olsa enerjiye mutlaka ihtiyaç duyulmaktadır (Stern ve Cleveland, 2004). Ayrıca kütle korunumu ve enerji korunumu kanunları bir faktörün kendisinin ürettiği maddeyi üretmesini engelleyecektir. Yani sermaye kendisinin ürettiği doğal kaynakları ve materyalleri üretemez (Cleveland ve Ruth, 1997).

#### 1.4. TEKNOLOJİK GELİŞME VE ENERJİ

Teknolojik gelişmenin olmadığı durumda, neoklasik büyüme modelinin durağan durum çözümü, enerji, sermaye ve emek girdilerinin ve çıktının aynı oranda büyüyeceğini öngörmektedir (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 82). Bu aynı zamanda enerji/çıktı oranının da sabit kalmasını sağlayacaktır.

Teknolojik değişme, zamana bağlı bir değişken olarak ve  $i$  girdileri göstermek üzere  $v_i$  şeklinde gösterilebilir.  $v_i \geq 1$  olduğunda girdiler ile teknolojik değişme değişkeninin çarpımı söz konusu girdinin verimliliğinin arttığını gösterir. Böylece aynı düzeyde çıktının elde edilebilmesi için daha az girdinin kullanılması veya aynı miktar girdinin kullanılmasıyla daha fazla çıktının elde edilmesi teknolojik gelişme ile mümkün olabilmektedir. Bu durum, teknolojik değişmenin  $i$ . girdi için tasarruf edici bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.

Enerjinin de üretim fonksiyonuna girdi olarak katıldığı KLE modeli teknolojik değişmenin de eklenmesiyle aşağıdaki gibi oluşturulabilir (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 83):

$$Y = v_N F(v_K K, v_L L, v_E E) \quad (1.17)$$

(1.17) numaralı üretim fonksiyonunda:

$$v_N = e^{\lambda_N t} \quad \text{ise yansız teknolojik gelişme}$$

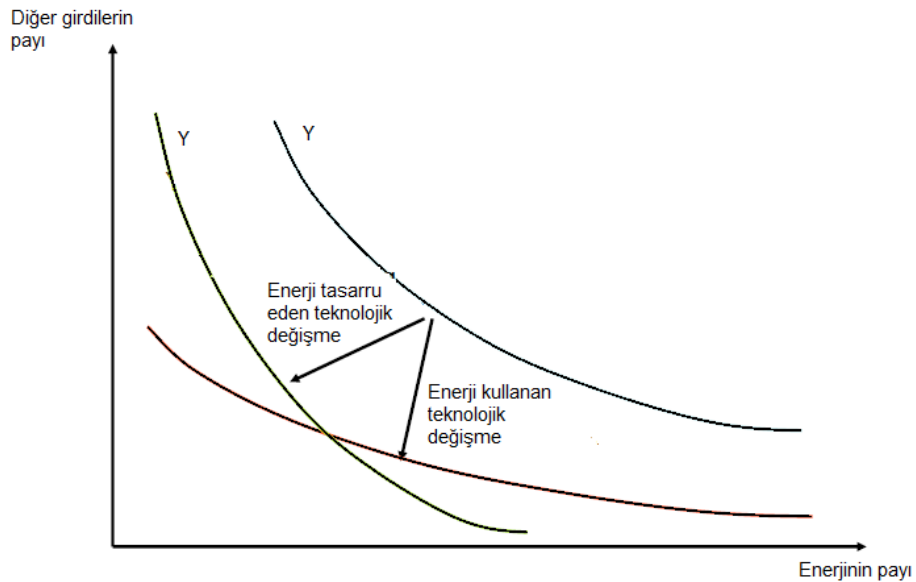
$$v_K = e^{\lambda_K t} \quad \text{ise sermaye tasarruf edici teknolojik gelişme}$$

$$v_L = e^{\lambda_L t} \quad \text{ise emek tasarruf edici teknolojik gelişme}$$

$$v_E = e^{\lambda_E t} \quad \text{ise enerji tasarruf edici teknolojik gelişme geçerlidir. Ayrıca } \lambda_i t = \partial \ln v_i / \partial t \text{ dir ve girdinin büyüme oranını göstermektedir.}$$

Üretim faktörlerinin kullanımı üzerinde teknolojik gelişmenin etkisinin enerji girdisi özelinde açıklanması istendiğinde Şekil 1.7'den faydalanılabilir (Sorrell ve Dimitropoulos, 2007: 27). Şekil 1.7'de yatay eksen enerji girdisi miktarını, dikey eksen ise diğer girdilerin miktarını göstermektedir. Teknolojik gelişmenin etkisiyle aynı miktarda ürün daha az enerji ve daha az enerji dışındaki girdi ile üretilebilmektedir. Ancak teknolojik gelişmenin enerji tasarruf eden veya enerji kullanan teknolojik gelişme olması, ikinci durumda eş ürün eğrisinin konumunu etkilemektedir. Enerji tasarruf eden teknolojik gelişmenin etkisi eş ürün eğrisinin daha dik hale gelmesine neden olur. Enerji kullanan teknolojik gelişme olması durumunda ise eş ürün eğrisi göreceli olarak yatık bir duruma gelir.

**Şekil 1.7. Teknolojik Değişmenin Enerji Kullanımına Etkisi**



Üretim fonksiyonunun homojen olduğu varsayımı altında sadece girdilerin teknoloji katsayılarını kullanarak üretim fonksiyonu sadeleştirilebilir:

$$Y = F(v_K K, v_L L, v_E E)$$

Yukarıdaki açıklamalar göz önüne alındığında bir teknolojik değişimin sadece tek faktörün verimliliğini artırdığını söylemek güç olacaktır. Gerçekleşen bir teknolojik değişim sonucunda sadece tek bir faktörün verimliliğinin artmasının yanında diğer girdilerin de verimliliğinin artmasına neden olabilecektir. Böylece teknolojik gelişme,

diğer girdilerin teknoloji katsayılarının da artmasına neden olacaktır. Çıktıdaki büyüme, bu nedenle, bir faktörün verimliliğindeki artıştan daha fazla olabilecektir.

## 1.5. ENERJİ VE BÜYÜME İLİŞKİSİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Enerjinin üretim fonksiyonuna dahil edilmesiyle üretim fonksiyonu eşitlik (1.18)'deki gibi yazılabilir:

$$Y = f(K, L, E) \quad (1.18)$$

Bu model KLE modeli olarak da adlandırılmaktadır. Böylece enerji üretim üzerinde doğrudan etkide bulunmaktadır. Ancak enerji kullanımı ile üretimin dönemler arasında değişimi şeklinde ifade edilebilecek olan büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen bazı faktörler de bulunmaktadır. Bu faktörlerin incelenebilmesi için üretim fonksiyonunu aşağıdaki gibi daha açık bir hale getirilmesi faydalı olacaktır. Eşitlik (1.19)'daki üretim fonksiyonunda (1.18)'den farklı olarak üretilen mal ve hizmetler ayrıştırılmıştır. Ayrıca üretim fonksiyonuna teknoloji düzeyi de eklenmiştir.

$$(Q_1, \dots, Q_m) = f(A, X_1, \dots, X_n, E_1, \dots, E_p) \quad (1.19)$$

Eşitlik (1.19)'da

$Q_i$  üretim sonucu elde edilen m çeşit mal ve hizmeti,

$X_i$  üretim sürecinde kullanılan n çeşit girdiyi,

$E_i$  üretim sürecinde kullanılan p çeşit enerji girdisini,

A sahip olunan teknoloji düzeyini göstermektedir.

Stern (2004) bu üretim fonksiyonuna dayanarak enerji ile büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörleri şu şekilde sıralamıştır:

Enerji ile diğer faktörlerin ikame edilebilmesi enerji girdisi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi etkilemektedir. İkame edilebilirlik arttığında enerjinin üretim için gerekliliği ve vazgeçilmez oluşu da azalacaktır. Ancak enerji girdisi ile diğer girdilerin ilişkisi hakkında literatürde görüş birliği bulunmamaktadır. Bu ilişkiyi inceleyen çalışmalara örnek olarak Huang vd. (2006) enerji ve sermayenin enerji yoğunluğu düşük olduğunda birbiriyle ikame olduğunu, enerji yoğunluğu yüksek olduğunda ise tamamlayıcı olduklarını tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise Arnberg ve Bjorner

(2007) enerji girdisinin sermaye ile tamamlayıcı olduğunu belirlemişlerdir. Apostolakis (1990) ise uzun dönemde sermaye ve enerjinin ikame, kısa dönemde ise tamamlayıcı mallar oldukları sonucunu elde etmiştir. Sonuç olarak sermaye ve enerjinin ilişkisi sektörler arasında farklı olduğu ve zayıf olasılıkla birer ikame ancak yüksek olasılıkla birer tamamlayıcı olduğu söylenebilir (Stern ve Cleveland, 2004).

Enerji girdisinin üretimdeki yerini etkileyen faktörlerden bir diğeri de teknolojik değişimler veya yeniliklerdir. Söz konusu faktörlerin etkisini belirleyebilmek için Stern (2004) üretim fonksiyonunu aşağıdaki gibi yeniden düzenlemiştir.

$$Y = f(A_1X_1, \dots, A_nX_n, A_EE) \quad (1.20)$$

Eşitlik (1.20), eşitlik (1.19)'da elde edilmiş olan üretim fonksiyonundan teknolojinin üretim fonksiyonuna katılması ile farklılaşmaktadır. Ancak teknoloji tek bir faktör olarak değil her üretim faktörüyle ilişki içinde olan ve söz konusu üretim faktörlerinin verimliliğini etkileyen bir unsura dönüşmüştür. (1.19)'dan faydalanarak enerji artırıcı teknolojik değişim indeksi elde edilebilmektedir. Bu indeks ile enerjinin ham birimlerden etkin birimlere geçişi kendi teknoloji faktörü ( $A_E$ ) ile çarpılmasıyla sağlanır. Diğer faktörler için de ham birimlerden etkin birimlere geçiş ise bu faktörlerin kendi teknoloji faktörleri ( $A_i$ ) ile çarpılması ile gerçekleştirilir. Teknoloji düzeyinde meydana gelen değişimler sonucunda teknoloji faktörleri değişecektir. Bu durumda enerji girdisinin teknoloji faktörü olan  $A_E$  de değişecektir.  $A_E$ 'nin değişmesi enerjinin verimliliği üzerinde etkide bulunacaktır. Bu etki ise enerjinin büyüme ile ilişkisini etkileyecektir.

Enerji kalitesi, enerjinin kullanılabilirliğinin bir göstergesidir. Enerjinin kalitesinin belirlenebilmesi için enerjinin herhangi bir üretim sürecine katkısının belirlenmesi gerekmektedir. Enerjinin marjinal ürünü kavramı bu noktada önem kazanmaktadır. Enerjinin marjinal ürünü ilave bir birim daha enerji kullanılmasının üretime yaptığı katkı olarak tanımlanabilir. Enerjinin marjinal ürünü kavramı kullanılarak enerji kalitesi belirlenebilir. Ancak enerjinin kalitesini etkileyen başka unsurlar da bulunmaktadır. Bunlardan biri enerjinin kullanıldığı üretim sürecinin özellikleridir. Çünkü enerji kaynaklarının her birinin bir diğeri yerine tam olarak ikame edilebilmesi mümkün değildir. Bununla birlikte enerji kalitesini belirleyen unsurlardan bir diğeri zamandır. Enerjinin kalitesi zaman içinde sabit değildir. Enerji kalitesinin zaman içinde değişmesi

öncelikle diğer faktörler ile enerjinin nasıl bir oranda birleştirildiği ile ilişkilidir. Emek, sermaye ve enerjinin farklı oranlarda bileşimi ile enerjinin kalitesi değişebilmektedir. Herhangi bir malın veya hizmetin üretim sürecinde ise kullanılan faktörlerin oranlarının zaman içinde değişmesi oldukça olanaklıdır.

Schurr ve Netschert (1960)'in çalışmalarında bir girdi olarak enerjinin kalitesinin önemli olduğunu ve zaman içinde değiştiğini belirtmişlerdir (Berndt, 1990). Ayrıca Berndt (1990) çalışmasında enerjinin içeriğinde değişim yaşandığını ve bu değişimin daha kaliteli enerji kaynaklarına yönelme şeklinde olduğunu tespit etmiştir. Kaliteli enerji kullanımı, enerjinin marjinal ürününü artırıcı etkide bulunacaktır. Böylece enerjinin üretim ve dolayısıyla büyüme üzerindeki etkisi değişecektir.

Ülkelerin iktisadi gelişimleri, ekonomilerinin bazı aşamalardan geçmesine neden olmaktadır. Öncelikle tarım ürünleri üreten ekonomiler, sanayinin gelişimi sonrasında ağır sanayi mallarının üretimine geçmişlerdir. Sanayi sektörünün öne çıkışı ise sonrasında hizmet sektörünün yükselişi ile son bulmuştur. Tüm bu değişim oldukça uzun sürmüş olmasına rağmen ekonomide üretilen çıktının içeriği bu sektörler arasında paylaşılmakta ve bu paylaşımındaki değişim günümüzde de devam etmektedir. Söz konusu üç ana sektör enerji gereksinimleri bakımından farklılık arz etmektedir. Örneğin tarım ve hizmet sektörünün sanayiye göre daha az enerji ihtiyacı olduğu söylenebilir. Bu nedenle ekonomilerin gelişimlerinde hangi aşamada oldukları ve sektörlerin ekonomi içindeki payları enerji kullanımı üzerinde etkili olmaktadır. Böylece enerji kullanımı ile büyüme arasındaki ilişki ekonomik çıktının içeriğinde meydana gelen değişimlerden de etkilenmektedir.

Enerji ve diğer faktörlerin birbiri yerine ikame edilebilirliği, diğer faktörlerin yerine enerjinin kullanılmasını sağlayacaktır. Bu da enerjinin çıktı ile ilişkisini etkileyecektir. Ayrıca teknolojiye bağlı değişim hem daha fazla enerjinin kullanılmasına neden olurken aynı zamanda enerji tasarrufu da sağlamaktadır. İki zıt etkinin hangisinin daha ağır basacağı teknolojik gelişme yoluyla ortaya çıkacak olan enerji kullanımındaki değişimin toplam üretim düzeyine etkisini değiştirebilecektir. Enerji girdisinin içeriğindeki değişim farklı enerji kaynaklarının kullanılmasını sağlayacağından üretim sürecini doğrudan etkileme kabiliyetine sahiptir. Üretilen ürünlerin içeriğinde meydana gelebilecek değişimler de her bir faktörün farklı oranda kullanılmasına neden olabileceğinden enerji kullanımının çıktı üzerindeki etkisini değiştirebilecektir.

## 2. BÖLÜM: ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ İLE İLGİLİ UYGULAMALI LİTERATÜR

Enerji kullanımı ile ekonomik büyüme ilişkisi uygulamalı olarak incelendiğinde farklı ülkelerde, farklı dönemlerde, farklı yöntemler kullanılarak yapılan çalışmaların birbirinden oldukça farklı sonuçlar ortaya çıkardığı görülmektedir. Sonuçlarda ortaya çıkan bu farklılıkları açıklayabilmek için aşağıda açıklanan dört kuram geliştirilmiştir. Bu kuramlar büyüme, muhafaza, yansızlık ve geri besleme kuramlarıdır. Yu ve Jin (1992) bu sınıflandırmaya öncülük ederek yansızlık kuramını geliştirmiştir.

Enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi açıklamaya çalışan kuramlardan ilki büyüme kuramıdır. Kuram, enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin tek yönlü bir nedenselliğe sahip olduğunu belirtir. Nedenselliğin yönü ise enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğrudur. Bu kurama göre enerji tasarrufu amacıyla enerji kullanımındaki bir azalış ekonomik büyümeyi azaltırken, enerji kullanımındaki bir artış ise ekonomik büyümeyi artırmaktadır. Bu kurama göre, enerjinin ekonomi için oldukça önemli olduğu ve ekonomik büyüme üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak emek ve sermaye faktörlerinin tamamlayıcısı olarak etkisi bulunduğu söylenebilir (Öztürk, 2010).

Enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki bir diğer tek yönlü nedenselliğin varlığı ise muhafaza kuramı olarak adlandırılmaktadır. Ancak bu kuramın büyüme kuramından farkı nedenselliğin yönünün büyümeden enerji kullanımına doğru olmasıdır. Ekonomik büyümedeki artış enerji kullanımını artırmakta ve ekonomik büyümedeki azalış ise enerji kullanımını azaltmaktadır. Yani iki değişken arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Bu durumda ekonomi, büyüme kuramına oranla enerjiye ve enerji tasarrufuna yönelik çevre politikalarından daha az etkilenmektedir (Squalli, 2007).

Yansızlık kuramı, enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedenselliğin olmadığı durumu açıklar. Bu durumda enerji tasarrufu sağlayan veya enerji kullanımını artıran politikalar ekonomik büyüme üzerinde etkili değildir (Öztürk, 2010). Ayrıca yansızlık kuramı ekonomik büyümenin de enerji kullanımı üzerinde artırıcı veya azaltıcı bir etkisinin bulunmadığını belirtir. Kurama göre enerji, diğer faktörlere oranla ikincil bir etkiye sahiptir (Bowden ve Payne, 2009).

Enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında gerçekleşebilecek olan son ilişkiyi açıklayan kuram ise geri besleme kuramıdır. Geri besleme kuramının önceki kuramlardan farkı ilişkinin iki yönlü bir nedenselliği içermesidir. Enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru nedenselliğin varlığının yanında, ekonomik büyümeden enerji kullanımına doğru bir nedenselliğin de olduğu durumdur. Kuram, iki değişkenin birlikte belirlendiğini ve birbirini aynı anda etkilediğini iddia eder.

Yukarda açıklanmaya çalışılan dört kuram, uygulamalı çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular sonucunda geliştirilmiştir. Yıllar boyunca gerçekleştirilmiş olan çalışmalarda, enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında dört ilişki türüne de uygun olan çeşitli sonuçlar elde edilmiştir. Bu kuramlar ise bu bulguların sistematik bir şekilde açıklanması şeklinde düşünülebilir.

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın konusu ile ilgili olan geçmiş çalışmalar belirli bir metodoloji çerçevesinde özetlenmeye çalışılacaktır. Öncelikle çalışmalar tarihsel gelişime göre ele alınmaya çalışılacaktır. Sonrasında analiz edilen ülkeler veya ülke gruplarına göre çalışmalar sınıflandırılacaktır. Bu bölümde son olarak çalışmaya konu edilen enerji kaynağı veya kaynaklarına göre çalışmalar özetlenecektir. Çalışmalarda kullanılan yöntemlere göre uygulamalı literatür ise bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

## **2.1. UYGULAMALI LİTERATÜRÜN TARİHSEL GELİŞİMİ**

Tarihsel gelişimi açısından uygulamalı literatür başlıca iki döneme ayrılabilir. İlk dönemde çalışmalarda enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki sadece bu iki değişken kullanılarak incelenmeye çalışılmıştır. Ancak bu durum dışlanan değişkenlerin varlığı nedeniyle Stern (1993) tarafından eleştirilmiş ve analizde emek ve sermaye değişkenlerinin de temsil edilmesi gerekliliğinden yola çıkarak değişken sayısı artırılmıştır.

### **2.1.1. Birinci Dönem Uygulamalı Literatür**

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin bu ilişkiyi konu edinen hemen hemen tüm çalışmalarda Kraft ve Kraft (1978) çalışması ile öne çıktığı iddia edilmektedir. Ancak bu çalışma literatürde, ilişkiyi nedensellik analizini kullanarak

açıklamaya çalışan ilk çalışmadır. Söz konusu çalışmadan önce de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin incelendiği çalışmalar yapılmıştır. Örnek olarak Rasche ve Tatom (1977)'un çalışması gösterilebilir. Bu çalışmada potansiyel çıktının hesaplanması için öneriler getirmiş ve üretim fonksiyonuna enerji faktörünü de eklemiştir. Enerjiyi içeren üretim fonksiyonunun, içermeyene göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Çalışmada araştırmacılar enerjinin üretimdeki payını ortaya koymaya çalışmışlardır.

Özellikle enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisine odaklanması ve bu ilişkinin incelenmesinde daha sonra da sıklıkla kullanılan nedensellik analizini ilk kez kullanması nedeniyle Kraft ve Kraft (1978)'in çalışması ön planda kalmaktadır. Kraft ve Kraft (1978)'in çalışması Amerika Birleşik Devletleri (ABD) verilerini kullanarak enerji tüketimi ile Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. 1947-1974 yıllarını kapsayan çalışmada sonuç olarak nedensellik ilişkisinin GSMH'den enerji tüketimine doğru olduğu saptanmıştır. Bu çalışma, Akarca ve Long (1980) tarafından eleştirilmiş ve analiz edilen dönemin petrol krizini de içerdiğinden sonuçların güvenilirliğinden şüphe duyulduğu belirtilmiştir. Bu şüphe doğrultusunda, 1950-1968 ve 1950-1970 verilerini ayrı ayrı analiz etmiş ve sonuçların önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Kraft ve Kraft (1978)'in bulgularının aksine 1973-1974 verileri analize dahil edilmediğinde nedensellik ilişkisinin bulunmadığını tespit etmişlerdir.

Yukarıda bahsedilen çalışmalardan sonra belirli bir süre enerji tüketimi büyüme ilişkisini inceleyen çalışmaya rastlanamamıştır. Ancak bu dönemde enerjinin gelir ve fiyat esnekliğini tespit etmeye yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak Beenstock ve Wilcocks (1981) ve Samouilidis ve Mitropoulos (1984) verilebilir. Beenstock ve Wilcocks (1981) 1950-1978 arası sanayileşmiş ülkeleri araştırdığı çalışmasında kısa dönem gelir esnekliğinin birim esnekliğe yakın olduğunu, uzun dönem gelir esnekliğinin ise yaklaşık 1,8 olduğunu belirlemiştir. Samouilidis ve Mitropoulos (1984) ise 1958-1980 verileriyle Yunanistan özelinde yaptıkları çalışmada genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemini kullanmışlar ve fiyat esnekliğini kısa dönemde 0,367 olarak, uzun dönemde ise 0,464 olarak belirlemişlerdir. Gelir esnekliğinde ise bu değerler sırasıyla 0,916 ve 1,598'dir. Ayrıca sermaye stokundaki



%1 artışın enerji tüketiminde %1,35 artışla sağlanabildiğini, sermaye, emek ve enerji arasındaki ikame olanağının kısıtlı da olsa bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Yu ve Choi (1985) toplam enerji tüketimi ve GSMH arasındaki ilişkiyi farklı gelişmişlik düzeyindeki ülke verilerini kullanarak karşılaştırma ve genelleştirme yapmaya çalışmışlardır. Bu amaçla beş ülke seçmişlerdir. Bunlar; Birleşik Krallık, Polonya, Filipinler, Güney Kore ve ABD'dir. Birleşik Krallık, Polonya ve Filipinler için 1950-1976 verileri, Güney Kore için 1954-1976 verileri, ABD için ise 1947-1979 verileri kullanılmıştır. ABD, Birleşik Krallık ve Polonya için nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Güney Kore için nedensellik GSMH'den enerji tüketimine doğru iken, Filipinler için nedenselliğin enerji tüketiminden GSMH'ye doğru olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın önemli yönlerinden birisi enerji kaynaklarını ayrı ayrı analiz eden ilk çalışma olmasıdır. Farklı kaynaklara göre tüketim ile GSMH oranının ülkeler arasında farklı patikalar izlediği belirlenmiştir.

Erol ve Yu (1987), Yu ve Choi (1985)'den farklı olarak altı sanayileşmiş ülkeyi ele almıştır. Bu ülkeler; Japonya, Kanada, Fransa, Birleşik Krallık ve Batı Almanya'dır. Ayrıca Yu ve Choi (1985)'ye göre daha uzun bir dönem verilerini kullanarak (1950-1982) yaptıkları Granger nedensellik analizi sonucu Fransa ve Birleşik Krallık için nedensellik ilişkisi tespit edilememiştir. Batı Almanya ve İtalya için nedenselliğin GSMH'den enerji tüketimine doğru olduğu ve geri besleme içermediği, Kanada ve Japonya için ise GSMH'den enerji tüketimine doğru olduğu ve bunun geri besleme etkisini de içerdiği belirlenmiştir.

Abosedra ve Baghestani (1989), Kraft ve Kraft (1978)'in çalışmasının sonuçlarının genellenip genellenemeyeceği sorusuna cevap aramıştır. 1947-1972, 1947-1974, 1947-1979 ve 1947-1987 dönemlerinin tümünde GSMH'nin enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu bulunmuştur.

Bu tarihe kadar olan çalışmalar toplam enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanmışken, bundan sonraki çalışmalarda araştırmacılar farklı enerji kaynaklarının tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi de incelemeye başlamışlardır. Bu çalışmalarda en çok incelenen ve böylelikle öne çıkan, her ne kadar birincil bir enerji kaynağı olmasa da, elektrik enerjisi olmuştur. Ramcharran (1989) Jamaika örneğinde elektrik tüketimi ekonomik büyüme ilişkisini en küçük kareler

yöntemini kullanarak incelemiştir. 1970-1986 döneminde elektrik talebinin gelir esnekliğinin düşük olduğunu ve elektrik tüketiminin büyüme üzerinde önemli etkisi olduğunu, elektrik yoğunluğunun arttığını, hane halkı elektrik talebinin gelir esnekliğinin yüksek olduğunu ve ticari elektrik talebinin esnek olmadığını belirlemiştir.

Huang ve Gum (1991) Tayvan için enerji tüketimi ve GSMH ilişkisini incelemiştir. Analiz sonucunda enerji tüketimi ve GSMH arasında geri besleme etkisine de sahip bir nedensellik tespit etmişlerdir.

Bu tarihe kadar yapılan çalışmalar ekonomik büyümeyi temsilen GSMH verilerini kullanmışlardır. Ancak bu durum eleştirilere neden olmuştur. Eleştirilerdeki ana düşünce, GSMH değişkeninin ülke içinde üretilmeyen çıktıyı da içermesidir. Bu ise yapılan analizlerde soruna neden olmaktadır. Çünkü yurt dışında üretilen çıktının da dahil olduğu bir seri ile yurt içinde tüketilen enerji arasındaki nedenselliğin incelenmesi mantıklı değildir. Bu nedenle sonraki çalışmalarda büyümeyi temsil edecek değişken olarak gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) kullanılmıştır.

### **2.1.2. İkinci Dönem Uygulamalı Literatür**

Enerji tüketimi ekonomik büyüme ilişkisinin tarihsel gelişimi içinde önemli dönüm noktalarından biri Stern (1993)'in çalışmasıdır. Stern (1993) çalışmasında enerji tüketimi ve büyüme arasındaki ilişki incelenirken işgücü ve sermaye stoku değişkenlerinin dışlanması önemli etkileri olacağından bahsetmiştir. Bu nedenle üç faktörlü bir üretim fonksiyonu ile analiz yapmıştır. Çalışmasında ABD verilerini kullanarak 1947-1990 arasında enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiştir. GSYİH, üç faktörün de Granger nedeni olarak belirlenmiştir. Ayrıca emek ve sermayenin birbirleriyle ikame olduğunu tespit etmiştir. Emek ve enerjinin ikame olduğunu, ancak emek artışı enerji kullanımını azaltırken, enerji tüketimindeki artışın emek kullanımını azaltmadığını belirlemiştir. Bulgulara göre sermaye ile enerji ise ne ikame ne de tamamlayıcıdır.

Literatürün gelişimi içerisinde konuya farklı açıdan yaklaşan çalışmalar da bulunmaktadır. Daha önce bahsedilen enerjinin gelir esnekliğini belirlemeye yönelik bir çalışma da Huang (1993) tarafından yapılmıştır. Çalışma o tarihlerde dış dünyaya açılma konusunu gündemine almış olan Çin'i incelemesi bakımından ayrıca önem arz

etmektedir. 1950-1980 yılları arasında elektrik tüketiminin gelir esnekliğinin belirlenmesini amaç edinen çalışmanın sonuçlarına göre söz konusu dönemde gelir esnekliği birim esneklikten büyüktür.

Enerji büyüme ilişkisini incelemesinde farklı yaklaşımlardan bir diğeri enerjinin fiyatının da analize dahil edilmesidir. Bu çalışmalarda fiyat düzeyinin, gelir ve enerji tüketimini etkileyen önemli bir değişken olduğu için seçildiği ifade edilmektedir. Masih ve Masih (1997) enerjiye yüksek derecede bağımlı iki ülke olan ve gelir düzeyleri birbirine benzeyen Kore ve Tayvan örneğini incelemiştir. Çalışmada enerji tüketimi, reel gelir ve fiyat düzeyi arasındaki nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Enerji fiyatlarını temsilen genel fiyat düzeyi kullanılmıştır. Tayvan için iki yönlü bir nedensellik tespit etmişlerdir. Tayvan'da fiyat şoklarının gelir ve enerji tüketimine etkisinin Kore'ye göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak Kore'de sisteme giren şoklar daha kalıcı olmaktadır. Bir diğer çalışmada Masih ve Masih (1998) Tayland ve Sri Lanka'da enerji tüketimi, gelir ve fiyat düzeyi arasındaki ilişki incelemiştir. Enerji tüketiminin Sri Lanka'nın geliri üzerindeki şoklarda Tayland'ın geliri üzerindeki şoklardan daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Asafu-Adjaye (2000) ise Hindistan, Endonezya, Filipinler ve Tayland'ı incelemiştir. Kısa dönemde Hindistan ve Endonezya için enerji tüketiminden GSYİH'ye doğru, Tayland ve Filipinler için hem enerji tüketiminden GSYİH'ye, hem de GSYİH'den enerji tüketimine doğru nedensellik bulunmuştur. Ayrıca Tayland ve Filipinler'de enerji tüketimi, gelir ve fiyat düzeyi karşılıklı nedenselliğe sahiptir.

Stern (2000) 1993 yılında yayınlanan çalışmasının devamı niteliğinde olan çalışmasında savaş sonrası dönemde ABD'de GSYİH ile enerji tüketimi arasındaki nedenselliği incelemiştir. Veri setinin bir öncekine göre genişletildiği ve istihdam ve sermaye stoku değişkenlerinin kullanıldığı çalışmanın, sonuçları önceki çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir. Ayrıca iki değişkenli modellerde elde edilen sonuçlarla da çelişmektedir. Çalışmasının sonuçlarının önceki çalışmasında öne sürdüğü enerji tüketiminin büyümenin bir kısıtı olduğu sonucunu desteklediğini belirtmiştir. Literatürde genellikle nedensellik analizi yapılan çalışmalar yoğunlukta olsa da istatistiksel analizlerin de yapıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür. Ferguson vd. (2000) 100'ün üzerinde ülke için kişi başı elektrik tüketimi ile kişi başı GSYİH, kişi başı birincil enerji tüketimi ile kişi başı GSYİH ve kişi başı elektrik olarak kullanılan

enerji (kişi başı elektrik tüketimi/kişi başı birincil enerji tüketimi oranı-e/E) ile kişi başı GSYİH arasındaki korelasyonları incelediği çalışmasıyla bu çalışmalara örnek olarak verilebilir. Zengin ülkelerdeki e/E oranını fakir ülkelere göre daha yüksek olduğu ve zengin ülkelerdeki refah artışının e/E oranı ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yazar sonuçların kalkınma göstergesi olan enerji oranının (\$/toe) elektrik oranı (\$/kWh) ile hatta e/E oranı (kWh/toe) değiştirilmesi gerektiğini gösterdiğini iddia etmiştir. GSYİH'yi satın alma gücü paritesi olarak ele alarak ülkeler arasındaki refah farkını daha doğru bir şekilde ifade etmeye çalışmıştır. Korelasyon katsayısı OECD ülkelerinde (Meksika hariç) 0,90'dan yüksek iken, OECD dışı ülkelerde daha düşük olduğunu belirlemiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucu zengin ülkelerde fakir ülkelere göre elektrik kullanımı ile GSYİH arasında daha güçlü bir korelasyon olduğu, tüm ülkeler düşünüldüğünde elektrik kullanımı ile GSYİH arasındaki korelasyonun ve toplam enerji kullanımı ile GSYİH arasındaki korelasyondan güçlü olduğu belirlenmiştir.

Literatürde yer alan bir diğer çalışma ise kullandığı değişkenler açısından diğerlerinden farklılaşmaktadır. Glasure (2002) çalışmasında enerji tüketimi ve ulusal gelir arasındaki ilişkiyi Kore örneğinde incelerken analize petrol fiyatını, para arzını ve devlet harcamalarını da dahil etmiştir. Ayrıca petrol şoklarını temsil etmesi için bir kukla değişken de kullanmıştır. Vektör Hata Düzeltme Modeli (Vector Error Correction Model-VECM) sonucunda ulusal gelir ile enerji tüketimi arasında iki yönlü nedensellik tespit etmiştir. Ayrıca varyans ayrıştırması ile ulusal gelirin en önemli belirleyicisinin petrol fiyatı olduğu, bunu sırasıyla para arzı, enerji tüketimi ve devlet harcamalarının etkilediğini belirlemiştir.

2000'li yılların başından itibaren konu ile ilgili olan çalışmalar sayı, kullanılan yöntem çeşitliliği, analize konu olan ülke çeşitliliği, analize katılan enerji kaynakları çeşitliliği bakımından artış göstermiştir.

Ghosh (2002) elektrik tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini Hindistan için incelemiş ve 1950-1997 yılları arasında ekonomik büyümenin elektrik tüketiminin Granger nedeni olduğunu belirlemiştir. Hindistan'ı ele alan bir diğer çalışma Paul ve Bhattacharya (2004) tarafından gerçekleştirilmiştir. 1950-1996 dönemini kapsayan çalışmanın sonuçları enerji tüketimi ve GSYİH arasında iki yönlü nedensellik ilişkisinin var olduğunu göstermektedir.

Kore örneğini 1970-1999 arası verilerle inceleyen çalışmada ise Oh ve Lee (2004) sermaye, emek, enerji tüketimi ve GSYİH arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu çalışmanın kattığı yenilik ise enerji kaynaklarının toplanması sorununu giderebilmek için ısı güç yerine, Divisia endeksini kullanmasıdır. Ancak standart Divisia endeksi yerine log ortalama Divisia endeksine yer verilmiştir. Uzun dönemde enerji tüketimi ile GSYİH arasında iki yönlü nedensellik, kısa dönemde ise sadece enerji tüketiminden GSYİH'ye doğru nedensellik tespit edilmiştir. Bir diğer gelişmekte olan ülkenin incelendiği çalışma Sarı ve Soytaş (2004) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Türkiye örneğinde 1969-1999 yıllarını kapsamaktadır. Kaynaklara göre ayrıştırma yapılmış ve kömür, petrol, hidro, alfaltit, linyit, atık ve odun enerjisi kullanılmıştır. Her enerji kaynağı için ve toplam enerji için ayrı regresyon eşitlikleri kurmuş ve bu eşitliklerde GSYİH ile birlikte istihdam değişkenine de yer vermiştir. Tüm modellerde istihdam, GSYİH'nin tahmin hatası varyansını %23-%26 arasında açıklamaktadır. Enerji kaynaklarının GSYİH'nin tahmin hatası varyansını açıklama yüzdesinde en yüksek değer linyitindir (%25). En düşük değer ise odunundur (%3). Petrol ise %15 ile üçüncü sırada yer almaktadır.

Enerji kaynaklarının ayrıştırıldığı bir diğer çalışma ise Wolde-Rufael (2004) tarafından yapılmıştır. 1952-1999 döneminde Şangay'ı incelemiş ve kömür, kok kömürü, elektrik ve toplam enerjinin GSYİH'nin Granger nedeni olduğunu belirlemiştir. Ayrıca petrol tüketimi ile GSYİH arasında nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Ancak bu çalışma toplam enerji ve diğer enerji kaynaklarına aynı eşitlikte yer vermesi nedeniyle eleştirilebilir. Bununla birlikte kömür tüketimi ile elektrik tüketiminin aynı eşitlikte yer bulmasının, ancak elektrik üretmek için kullanılan kömürün toplam kömür tüketiminden ayrıştırılmasıyla mümkün olabileceğini ifade etmek yerinde olacaktır.

Bowden ve Payne (2009) toplam ve birincil enerji tüketiminin yanı sıra sektörel enerji tüketiminin de ekonomik büyüme ile ilişkisini inceleyerek literatüre farklı bir yaklaşım kazandırmıştır. Nedensellik analizi sonucunda ulaşım sektöründe kullanılan enerji ile GSYİH arasında nedensellik ilişkisi bulunmamıştır. Ticari ve hanehalkı enerji tüketimi ile GSYİH arasında ise iki yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Lee vd. (2008) daha önce yapılan çalışmalara önemli bir eleştiride bulunmuştur. Sermaye stoku yerine sabit sermaye oluşumunun (fixed capital formation)

kullanılmasının yanlış olacağını belirtmiştir. Aynı şekilde Lee ve Chien (2010) da bu görüşe katılmıştır. Eleştirinin sebebi sabit sermaye oluşumunun bir akım değişken olması ve stok değişken olan sermaye yerine kullanılmasının yanlış olmasıdır. Ancak sermaye stoku verisinin bulunmaması bu noktada önemli bir sorundur. Bu sorunu aşmak için de iki çalışmada da, Kamps (2006) tarafından OECD ülkeleri için hesaplanan net sermaye stoku verileri kullanılmıştır. Ayrıca Lee ve Chien (2010) çalışmalarında kapasite kullanım oranının kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Kapasite kullanım oranını analize dahil ederek daha önce yapılan çalışmalarda var olan kapasitenin tümünün kullanıldığı varsayımına karşı çıkmışlardır.

2000’li yılların ikinci yarısından itibaren literatürdeki gelişme hız kazanmıştır. Ekonometrik yöntemlerdeki gelişmelerin literatüre etkisi ile yeni bir ivme elde edilmiştir. Özellikle panel veri analizi yöntemlerinin söz konusu ilişkiyi açıklamada kullanılması önemli bir gelişmedir. Böylelikle daha çok ülkenin analiz edildiği çalışmalara da daha fazla rastlanır olmuştur. Ancak araştırma sayısının artışı literatürde yaşanan anlaşmazlığın da daha da derinleşmesine neden olmuştur. Ayrıca 2010’lu yıllara yaklaşırken farklı enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki de araştırmacıların ilgisinin yoğunlaştığı alanlardandır. Özellikle yenilenebilir, doğalgaz ve nükleer enerji bu dönemde dikkat çekici olmaya başlamıştır.

Yukarıda açıklanmaya çalışılan iki dönem boyunca yapılan çalışmalarda sürekli olarak birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ortak bir sonuca varılamamış olması, çalışmaların farklı dönemleri içermesine bağlanabilir. Ayrıca ekonomik gelişmişlik seviyesi bakımından ve kaynaklara sahip olma veya ulaşma bakımından farklı ülkelerin incelenmesi de sonuçların farklılık arz etmesine sebep olmaktadır.

## **2.2. ÜLKELERE VE ÜLKE GRUPLARINA GÖRE UYGULAMALI LİTERATÜR**

### **2.2.1. Ülkeler için Yapılan Çalışmalar**

Ülkeler ve ülke gruplarına göre uygulamalı literatür ele alındığında oldukça fazla sayıda ülke için, çeşitli kaynakları veya toplam enerji tüketimi ile büyüme ilişkisinin incelendiği görülmektedir. Tek ülkenin incelendiği çalışmalarda en çok inceleme

konusu olan ülkenin ABD olduğu söylenebilir. Kraft ve Kraft (1978), Akarca ve Long (1980), Yu ve Choi (1985), Abosedra ve Baghestani (1989), Murry ve Nan (1990), Stern (1993 ve 2000), Bowden ve Payne (2009) ve Payne ve Taylor (2010)'un çalışmaları ABD verileriyle yapılan çalışmalara örnek olarak verilebilir. Payne ve Taylor (2010) nükleer enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkiyi 1957-2006 yılları için incelemiştir. ABD'de 1979'da yaşanan nükleer kazanın etkisini analize dahil edebilmek amacıyla 1979 sonrası ve öncesi dönem için kukla değişken eklemiştir. Toda-Yamamoto testini kullandığı çalışmasında nedensellik ilişkisi bulamamıştır.

ABD'den sonra en çok incelenen ülkeler arasında ise Güney Kore, Tayvan, Hindistan ve Çin dikkat çekmektedir. Güney Kore için yapılan çalışmalara Glasure (2002), Oh ve Lee (2004), Yoo (2005 ve 2006), Yoo ve Jung (2005), Lim ve Yoo (2012) örnek olarak gösterilebilir. Bu çalışmalardan Oh ve Lee (2004) toplam enerji tüketimi ve GSYİH arasındaki ilişkiyi 1970-1999 yılları arası verileri kullanarak incelemiştir. Sermaye ve emek değişkenlerinin de dahil edildiği çok değişkenli hata düzeltme modeli sonucu uzun dönemde enerji ile GSYİH arasında iki yönlü, kısa dönemde ise enerji tüketiminden GSYİH'ye tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Yoo (2005), ise çalışmasında 1970-2002 yılları arasında uzun dönemde GSYİH'den enerji tüketimine, kısa dönemde ise enerji tüketiminden GSYİH'ye nedensellik olduğunu tespit etmiştir. Diğer çalışmasında ise Yoo (2006) kömür tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini 1968-2002 dönemi için analiz etmiş ve iki yönlü nedensellik tespit etmiştir. Yoo ve Jung (2005) nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini 1977-2002 dönemi için inceledikleri çalışmalarında kısa dönemde ve uzun dönemde nükleer enerji tüketiminden GSYİH'ye doğru nedensellik bulmuşlardır. Güney Kore'yi incelemelerinin sebebi olarak ise bu ülkenin enerji kaynakları açısından oldukça fakir olmasını göstermişlerdir.

Lim ve Yoo (2012) ise doğalgaz tüketimi ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemiş ve 1991-2008 dönemi için kısa dönemde doğalgaz tüketiminden GSYİH'ye, uzun dönemde ise iki yönlü nedensellik belirlemişlerdir. Huang ve Gum (1991), Cheng ve Lai (1997), Yang (2000a ve 2000b) ve Lee ve Chang (2007b) ise Tayvan örneğini ele almışlardır. Cheng ve Lai (1997) 1955-1993 döneminde GSYİH'den enerji tüketimine tek yönlü nedensellik tespit etmiştir. Tayvan örneğini büyüme oranı ve CO<sub>2</sub> salınımı

yüksek olduğu için seçtiklerini ifade eden Lee ve Chang (2007b) ise 1955-2003 verileriyle enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin düşük enerji tüketimi düzeylerinde doğrusal olmayan bir ilişki gösterdiği, ancak yüksek enerji tüketimi düzeylerinde söz konusu ilişkinin var olmadığını tespit etmişlerdir. Ghosh (2002), Paul ve Bhattacharya (2004) ve Wolde-Rufael (2010a) ise Hindistan örneğini incelemişlerdir. Paul ve Bhattacharya (2004) 1950-1996 döneminde toplam enerji tüketimi ile büyüme ilişkisini incelemiş ve iki yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmiştir. Wolde-Rufael (2010a) ise nükleer enerji tüketimi ile büyüme ilişkisini incelemek için 1969-2006 dönemini ele almış ve nükleer enerji tüketiminden GSYİH'ye doğru tek yönlü bir nedensellik tespit etmiştir.

Son dönemde özellikle Çin için konuyla ilgili çalışmalarda artış yaşanmaktadır. Huang (1993), Shiu ve Lam (2004), Yuan vd. (2007), Yuan vd. (2008), Chang (2010) ile Li ve Leung (2012) ise Çin örneğini incelemişlerdir. Shiu ve Lam (2004) Çin'de elektrik tüketimi GSYİH ilişkisini 1971-2000 yılları arasında incelemişler ve hem kısa dönemde hem de uzun dönemde nedenselliğin elektrik tüketiminden GSYİH'ye doğru olduğunu bulmuşlardır. Yuan vd. (2007) Shiu ve Lam (2004)'ün çalışmasının benzerini 1978-2004 dönemi için uygulamışlar ve nedenselliğin yine elektrik tüketiminden GSYİH'ye doğru olduğunu belirlemişlerdir. Yuan vd. (2008) ise toplam enerji, kömür, petrol ve elektrik ile ekonomik büyüme ilişkisini incelemişlerdir. Neoklasik üretim modelinin temel alındığı ve emek ile sermaye değişkenlerinin de kullanıldığı çalışmada kısa dönemde elektrik ve petrol tüketiminin ekonomik büyümenin nedeni olduğu, uzun dönemde ise toplam enerji, elektrik, kömür ve petrolün büyümenin nedeni olduğu belirlenmiştir. Chang (2010) enerji tüketimi ve büyüme ilişkisini 1981-2006 yılları arası verilerle incelemiştir. Toplam enerjiyi kömür, ham petrol, doğalgaz ve elektrik olarak ayırtmış ve tüm kaynaklar ile GSYİH arasında çift yönlü nedensellik tespit etmiştir. Li ve Leung (2012) ise kömür tüketimi ve büyüme ilişkisini Çin'in üç farklı bölgesi için incelemişlerdir. Kıyı ve merkez bölge için iki yönlü nedensellik, batı bölgesi için ise GSYİH'den kömür tüketimine tek yönlü nedensellik olduğunu belirlemişlerdir.

Altınay ve Karagöl (2005) Türkiye için elektrik tüketimi ekonomik büyüme ilişkisini 1950-2000 döneminde incelemişler ve elektrik tüketiminden büyümeye doğru elektrik tüketiminden büyümeye doğru olduğunu belirlemişlerdir. Karagöl vd. (2007) ise Türkiye örneğinde elektrik tüketimi ekonomik büyüme ilişkisini 1974-2004 döneminde



incelemişlerdir. Kısa dönemde pozitif, uzun dönemde ise negatif ilişki tespit etmişlerdir. Ayrıca Kapusuzoğlu ve Karan (2010) Türkiye’de elektrik tüketimi GSYİH ilişkisini 1975-2006 yılları arasında incelemişler ve nedenselliğin GSYİH’den elektrik tüketimine doğru olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Lise ve Van Montfort (2007) 1970-2003 döneminde Türkiye’de GSYİH’nin toplam enerji tüketiminin nedeni olduğunu belirlemişlerdir. Işık (2010) ise doğalgaz tüketimi büyüme ilişkisini 1977-2008 yılları arası dönemde Türkiye için incelemiştir. Sonuçlara göre kısa dönemde doğal gaz tüketimi ile büyüme arasında pozitif ilişki, uzun dönemde ise negatif ilişki bulmuştur.

Yukarıda bahsedilenlerin haricinde farklı ülkeler için de çalışmalar yapılmıştır. Mozumder ve Marathe (2007) Bangladeş örneğinde elektrik tüketimi büyüme ilişkisinde 1971-1999 verileriyle büyümeden elektrik tüketimine nedensellik tespit etmiştir. Kouakou (2011) ise Fildişi Sahili örneğini elektrik tüketimi büyüme ilişkisi açısından 1971-2008 yılları arası için incelemiş ve kısa dönemde iki yönlü, uzun dönemde ise elektrik tüketiminden büyümeye nedensellik olduğunu belirlemiştir. Odhiambo (2009) Tanzanya’da enerji tüketimi büyüme ilişkisini sınır testi kullanarak incelemiştir. Enerji tüketimini, kişi başı enerji tüketimi ve kişi başı elektrik tüketimi olarak ele almıştır. İki değişkenin de GSYİH’nin nedeni olduğunu belirlemiştir. Hondroyiannis vd. (2002) 1960-1996 döneminde Yunanistan’ı incelemişlerdir. Fiyatları ekonomik etkinliği temsil etmesi için analize eklemişler ve enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve fiyatlar arasında eşbütünleşmenin olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Ramcharran (1989) Jamaika örneğini, Samouilidis ve Mitropoulos (1984) Yunanistan örneğini, Sarı ve Soytaş (2004) ise Türkiye örneğini incelemişlerdir.

### **2.2.2. Ülke Grupları için Yapılan Çalışmalar**

Ülke grupları için yapılan çalışmalar da çeşitlilik arz etmektedir. Bu gruplar arasında en çok inceleme konusu olan ise G-7 ülkeleridir (Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, İngiltere ve ABD). Zachariadis (2007) G-7 ülkeleri için yaptığı çalışmasında ülkeleri ayrı ayrı analiz etmiş ve kullandığı üç ayrı modelin sonuçları oldukça çeşitlilik arz etmiştir. Kum vd. (2012) G-7 ülkelerinde doğal gaz tüketimi büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiş İtalya için doğalgaz tüketiminden büyümeye tek yönlü, Birleşik Krallık için bu ilişkinin tersi yönde ve diğer ülkeler için ise iki yönlü

nedensellik tespit etmiştir. Ayrıca önceki bölümde özetlenen Lee ve Chien (2010) çalışması da bu ülke grubu için örnek olarak gösterilebilir.

G-7 ülkeleri haricinde Squalli (2007) enerjiye bağlı ülkelerde enerji tasarruf edici çevre politikalarının ekonomik büyümeyi negatif etkileme ihtimalini düşünerek OPEC ülkelerini incelemiştir. Elektrik tüketimi büyüme arasında Endonezya, İran, Nijerya, Katar ve Venezüella'da büyümenin enerji tüketimine Fas, Irak ve Libya'dan daha fazla bağımlı olduğunu, diğer ülkelerde ise ilişki tespit edilemediğini raporlamıştır. Mahadeven ve Asafu-Adjaye (2007) 20 net enerji ithalatçısı ve ihracatçısı ülkeyi incelediği çalışmasında 1971-2002 yılları arasında enerji ihraç edenler arasında gelişmiş ülkeler için kısa ve uzun dönemde iki yönlü, gelişmekte olan ülkelerde ise enerji tüketiminden büyümeye kısa dönemde tek yönlü nedensellik tespit etmiştir. Net enerji ithalatçısı olan ülkelerde ise gelişmiş ülkeler için elektrik tüketiminden büyümeye tek yönlü ve diğer ülkeler için iki yönlü nedensellik belirlenmiştir. Bunların haricinde yine gelişmiş ülkelerin toplandığı G-11 ülkeleri için Lee (2006) Toda-Yamamoto nedensellik testini uygulamıştır. Birleşik Krallık, Almanya ve İsveç için nedenselliğin olmadığını, ABD için iki yönlü nedenselliğin olduğunu belirlemiştir. Kanada, Belçika, Hollanda ve İsviçre için enerji tüketiminden GSYİH'ye doğru, Fransa, İtalya ve Japonya için ise ters yönlü nedensellik belirlenmiştir.

Mehrra (2007) 11 petrol ihraç eden ülkeyi, bu ülkelerin petrol gelirine yüksek düzeyde bağımlı olması ve enerji konusunda örtük devlet desteğine sahip olması nedeniyle, incelemiştir. Elde ettiği sonuçlara göre 1971-2002 arası dönemde büyümenin enerji tüketiminin Granger nedeni olduğunu göstermiştir. Yoo ve Ku (2009) ise nükleer enerjiyi uzun süredir kullanan 6 ülkeyi analiz etmiş ve İsviçre için iki yönlü, Fransa ve Pakistan için büyümeden nükleer enerji tüketimine, Güney Kore için nükleer enerji tüketiminden büyümeye nedensellik tespit etmiştir. Ayrıca Arjantin ve Almanya için nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ile ilgili yapılan çalışmalardan Lee (2005) 18 gelişmekte olan ülkeyi incelemiştir. 1975-2001 yılları arasında kısa ve uzun dönemde enerji tüketiminden büyümeye nedensellik tespit etmiştir. Lee ve Chang (2007a) ise 22 gelişmiş ve 18 gelişmekte olan ülkeyi incelemiştir. Gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi

ile büyüme arasında iki yönlü, gelişmekte olan ülkelerde ise büyümede enerji tüketimine doğru nedensellik tespit edilmiştir.

Asya ülkeleri için ise Lee ve Chang (2008) 1971-2002 arası dönemde 16 Asya ülkesini incelemiştir. Kısa dönemde nedensellik ilişkisi olmadığı, uzun dönemde ise enerji tüketiminden büyümeye nedensellik ilişkisinin varlığı belirlenmiştir. Chen vd. (2007) ise sanayileşen ve gelişen 10 Asya ülkesini inceledikleri çalışmada ülkeler tekil olarak analiz edildiğinde sonuçlar çeşitlilik arz etmektedir. Panel veri analizi uygulandığında ise kısa dönemde elektrik tüketiminden büyümeye, uzun dönemde ise iki yönlü nedenselliğin varlığı tespit edilmiştir. Güney Doğu Asya Ülkeleri Birliği'ne (ASEAN) üye 4 ülke olan Malezya, Singapur, Endonezya ve Tayland'ın incelendiği çalışmada ise Yoo (2006), Malezya ve Singapur'da elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında iki yönlü, Endonezya ve Tayland'da ise büyümeden elektrik tüketimine doğru nedensellik belirlemiştir.

OECD ülkelerini inceleyen çalışmalara da literatürde rastlamak mümkündür. Önceki alt bölümde özetlenen Lee vd. (2008) çalışmasının haricinde Jinke vd. (2008) OECD üyesi olan ve olmayan önemli miktarda kömür tüketen ülkeler için kömür tüketimi ile büyüme ilişkisine odaklanmıştır. Japonya ve Çin için kömür tüketiminin büyümenin Granger nedeni olduğunu, Hindistan, Güney Kore, Güney Afrika ve ABD'de ise nedensellik ilişkisinin bulunmadığını belirlemişlerdir. Chontanawat vd.(2008) ise OECD üyesi ülkelere enerji tüketiminin GSYİH'nin nedeni olması durumuna OECD üyesi olmayan ülkelere göre daha fazla rastlandığını belirlemişlerdir.

Yukarıda bahsedilenlerin haricinde önceden belirlenmiş bir gruba bağlı kalmadan çok sayıda ülkenin dahil edildiği çalışmalar da mevcuttur. Örneğin Constantini ve Martini (2010) 71 ülkede sektörel enerji tüketimi ile büyüme ilişkisini incelemiştir. Ayrıca Huang vd. (2008a) 82 ülkeyi gelirlerine göre 4 gruba ayırmış ve enerji tüketimi büyüme ilişkisini analiz etmiştir. Düşük gelir grubunda ilişki olmadığı, düşük-orta ve yüksek-orta gelir grubunda büyümeden enerji tüketimine pozitif, yüksek gelir grubunda ise büyümeden enerji tüketimine negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Narayan vd. (2010b) 93 ülkeyi 7 panele ayırarak elektrik tüketimi büyüme ilişkisini incelemişlerdir. Paneller, Batı Avrupa, Asya, Latin Amerika, Afrika, Orta Doğu, G-6 ve tüm ülkeler olarak ayrıştırılmıştır. Orta Doğu panelinde büyümeden elektrik tüketimine, diğer tüm

panellerde ise iki yönlü nedensellik belirlenmiştir. Wolde-Rufael (2006) 17 Afrika ülkesini incelemiştir. 1971-2001 yılları arasında altı ülke için GSYİH'nin kişi başı elektrik tüketiminin nedeni, üç ülke için ters yönde nedensellik, üç ülke için iki yönlü nedensellik olduğunu belirlemiştir. Beş ülkede ise nedenselliğe rastlanmamıştır.

Ülkelerin ve ülke gruplarının incelendiği çalışmalarda sonuçlar arasında bir uzlaşmanın elde edildiğini ifade etmek mümkün değildir. Ancak gelişmiş zaman serisi analizlerinin kullanıldığı ve üretim fonksiyonuna uygun şekilde oluşturulan modellerle gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçların doğruya daha yakın olduğunu kabul etmek mümkündür. Bu nedenle gelişmiş ülkeler için yapılan çalışmalarda (örneğin Stern (2000) ve Ghali ve El-Sakka (2004)) iki yönlü nedenselliğin elde edilmiştir. Gelişmekte olan ülkeler için yapılan çalışmalarda ise (örneğin Sarı ve Soytaş (2007)) enerjinin üretimde önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir. Bazı ülkelerde emek ve sermayeden de daha önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bir diğer gelişmekte olan ülke için Oh ve Lee (2004) tarafından yapılan çalışmada ise uzun dönemde enerji ile GSYİH arasında iki yönlü, kısa dönemde ise enerji tüketiminden GSYİH'ye tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan yola çıkarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerjinin gelirin bir belirleyicisi olduğu sonucuna varılabilir.

## **2.3. KAYNAKLARA GÖRE UYGULAMALI LİTERATÜR**

Enerji kaynaklarına göre uygulamalı literatürde kaynakların oldukça çeşitlilik gösterdiği gözlenmektedir. Toplam enerji büyüme ilişkisinin incelendiği çalışmalar yoğunluktadır. Bunu elektrik, kömür, nükleer, yenilenebilir, doğalgaz, petrol, hidro enerji, odun, linyit ve atıklardan elde edilen enerji ile ilgili çalışmalar izlemektedir.

### **2.3.1. Toplam Enerji Tüketimi ile İlgili Çalışmalar**

Toplam enerji tüketiminin büyüme ile ilişkisinin incelendiği çalışmaların bazıları şu şekilde sıralanabilir: Kraft ve Kraft (1978), Akarca ve Long (1980), Yu ve Choi (1985), Erol ve Yu (1987) Abosedra ve Baghestani (1989), Hwang ve Gum (1991), Kaufman (1992), Stern (1993), Cheng ve Lai (1997), Masih ve Masih (1997 ve 1998), Asafu-Adjaye (2000), Stern (2000), Yang (2000b), Glasure (2002), Oh ve Lee (2004), Wolde-

Rufael (2004), Paul ve Bhattacharya (2004), Lee (2005), Al-Iriani (2006), Mehrara (2007), Lee ve Chang (2007a ve 2007b), Mahadeven ve Asafu-Adjaye (2007), Zachariadis (2007), Lee vd. (2008), Chiou-Wei vd. (2008), Lee ve Chang (2008), Huang vd. (2008a ve 2008b), Bowden ve Payne (2009), Constantini ve Martini (2010), Narayan vd. (2010a), Lee ve Chien (2010), Chang (2010). Toplam enerji tüketimi ile büyüme ilişkisini inceleyen bu çalışmalarda neden toplam enerji tüketiminin ele alındığına ilişkin açıklamalarda araştırmanın amacının enerjinin de üretimde bir kısıt olup olmadığının ortaya çıkarılması olduğu anlaşılabilmektedir.

### **2.3.2. Elektrik Tüketimi ile İlgili Çalışmalar**

Enerjinin farklı bir kullanım şekli olan ancak birincil bir enerji kaynağı olmayan elektrik enerjisi tüketimi ile büyümeyi ilişkilendirmeye çalışan çalışmalarda: Yoo (2005), elektrik enerjisinin sermaye, emek ve diğer üretim faktörlerinin verimliliğini artırdığını ve bu nedenle incelendiğini ifade etmiştir. Mozumder ve Marathe (2007) ise elektrik tüketiminin oldukça hızlı arttığı bir ülke olan Bangladeş'te elektrik tüketimi ile büyüme arasındaki nedenselliğin geleceğe ışık tutabileceğini düşünerek çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Squalli (2007) enerji kaynağı bakımından zengin olan ve elektrik kullanımının oldukça yaygın olduğu OPEC üyelerinde, ekonomik büyümenin diğer gelişmekte olan ülkelere göre neden yavaş olduğunu ortaya çıkarma amacını taşımıştır. Ferguson vd. (2000) ise elektrik tüketiminin modern toplumlar için büyüme üzerinde toplam enerji tüketiminden daha etkili bir rol oynadığını ifade etmişlerdir. Böhm (2008) Kyoto protokolü çerçevesinde Avrupa Birliği üyesi ülkelerin enerji tüketimini azaltıcı politikalarının büyümeye etkisinin belirlenmesinin önemine dikkat çekmiş ve bu ilişkiyi elektrik enerjisi özelinde incelemeye çalışmıştır. Chen vd. (2007), sanayileşen on ülkenin CO<sub>2</sub> salınımı ile büyüme arasında al-ver ilişkisinin var olup olmadığını belirleyerek, nasıl bir elektrik enerjisi politikası belirleyeceklerini belirleme amacıyla elektrik enerjisi tüketimine odaklanmışlardır. Ghosh (2002), elektrik enerjisini, en esnek enerji çeşidi olduğu için seçtiğini ifade etmiştir. Ayrıca elektrik enerjisinin analize dahil edildiği çalışmalara Ramcharran (1989), Yang (2000b), Ciarreta ve Zarraga (2010), Narayan vd. (2010b), Kouakou (2011) ve Huang (1993) da örnek olarak verilebilir.

### 2.3.3. Nükleer Enerji Tüketimi ile İlgili Çalışmalar

Nükleer enerji tüketimi ile büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalarda: Apergis ve Payne (2010a) 2009 Uluslararası Enerji Görünümü'nde ifade edilen ve nükleer enerji üretiminin diğer kaynaklara göre daha yüksek sermaye ihtiyacı olmasına rağmen, fosil yakıt fiyatlarındaki artışın bu enerji kaynağını kullanan ülkeleri daha rekabetçi hale getireceği görüşünden yola çıkarak bu kaynak ile büyüme ilişkisini incelemiştir. Yoo ve Ku (2009), yüksek enerji fiyatlarıyla başa çıkmanın bir yolu olan ve düşük işletme maliyeti ile birlikte dünyada kolaylıkla bulunan ve dağıtımı yapılabilen uranyum elementine dayanan nükleer enerjinin, ülkelerin enerji konusunda yabancı ülkelere bağımlılığını azaltacağı için tercih edilmekte olduğundan bahsetmişlerdir. Gelecekte daha yoğun kullanılacağı düşünüldüğünden bu enerji kaynağının büyüme ile ilişkisinin incelenmesinin önemli olduğunu belirtmiştir. Wolde-Rufael (2010a) enerji ithal eden ülkeler için istikrarlı ve güvenli bir enerji politikası belirleyebilmek için kaynakların çeşitlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca farklı enerji kaynaklarının etkisinin incelenmesinin enerji ve çevre politikalarının belirlenmesine yardım edeceğini ifade etmiştir. Bu nedenlerle nükleer enerji tüketimini çalışmasında incelemiştir. Yoo ve Jung (2005), Payne ve Taylor (2010) ise bu ilişkiyi inceleyen diğer çalışmalar olarak literatürde yer almaktadır.

### 2.3.4. Kömür Tüketimi ile İlgili Çalışmalar

Kömür tüketimi büyüme ilişkisinin analiz edildiği çalışmalarda: Wolde-Rufael (2010b), kömürün dünyada en çok bulunan ve en ekonomik fosil yakıt olması nedeniyle güvenli enerji talebini karşılayabileceği için çalışmada incelendiğini belirtmiştir. Yoo (2006), Güney Kore'nin petrole göre daha güvenli olduğunu düşündüğü için kömür tüketimini tercih ettiğini ve bu nedenle kömür tüketiminin büyüme ile ilişkisinin incelenmesi gerekliliği ile çalışmasını gerekçelendirmiştir. Jinke vd. (2008) ise kömürün dünya fosil yakıt rezervinin üçte ikisini oluşturması ve yaygın şekilde dağıtılabilmesi nedeniyle diğer yakıtlara göre daha güvenli olduğundan, söz konusu yakıtın tercih edilebilir olacağını belirtmişlerdir. Li ve Leung (2012), kömürün Çin'in enerji tüketiminin %70'ini oluşturduğunu ve bu durumun gelecekte birkaç on yıl daha devam edeceğini ifade ederek kömür tüketiminin etkisinin incelenmesinin önemini belirtmişlerdir. Ayrıca

Yang (2000a), Yang (2000a) ve Sarı ve Soytaş (2004) ise bu enerji kaynağı ile büyüme ilişkisini inceleyen diğer çalışmalar olarak sıralanabilir.

### **2.3.5. Doğalgaz Tüketimi ile İlgili Çalışmalar**

Doğalgaz tüketimi büyüme ilişkisinin incelemesini yapan çalışmalarda ise bu kaynağın seçimi çeşitli şekillerde gerekçelendirilmiştir. Apergis ve Payne (2010b), doğalgazın sanayi ve elektrik üretimi için önemli bir enerji kaynağı olduğunu, ayrıca düşük CO<sub>2</sub> salınımı oluşturduğundan Kyoto protokolü çerçevesinde ülke yönetimlerinin bu enerji kaynağını desteklediklerini belirtmişlerdir. Lim ve Yoo (2012) ise dünyada doğalgaz kullanımının fiyatı, çevre ile ilgili endişeler, kaynak çeşitlendirmesi gibi sebeplerle kullanıldığını, doğalgazın en hızlı gelişen birincil enerji kaynağı olduğunu, ayrıca petrole ve kömüre göre daha temiz, nükleer enerjiye göre daha az tartışmalı olduğu için gelecekte tercih edileceğine vurgu yapmışlardır. Kum vd. (2012), doğalgazın, elektrik üretiminde düşük sermaye maliyeti sahip, etkin bir yakıt olduğundan ve tüketiminin hızla arttığından, seçildiğini belirtmişlerdir. Işık (2010) ise doğalgazın, çevreye etkisinin az olduğu ve yüksek kaliteli bir yakıt türü olduğu için doğalgazın enerji sektöründe önemli bir rol oynadığından, çalışmada tercih edildiğine değinmiştir.

### **2.3.6. Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Diğer Kaynaklar ile İlgili Çalışmalar**

Yenilenebilir enerjinin tercih edildiği çalışmalarda ise; Sadorsky (2009), Uluslararası Enerji Ajansı'nın yenilenebilir enerjinin 2005-2030 yılları arasında en hızlı gelişen enerji sektörü olacağına yaptığı vurgudan yola çıkarak bu kaynağa çalışmada yer vermiştir. Apergis ve Payne (2011), yenilenemeyen enerji kaynaklarına alternatif olan yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir enerji politikalarına katkı yapabilmek için çalışmalarında yer vermişlerdir.

Diğer enerji kaynakları ise tek başlarına bir çalışmada yer tutmamalarına rağmen incelemeye konu olmuşlardır. Bu enerji kaynaklarından petrol ile büyümenin ilişkisinin incelendiği çalışmalar Yang (2000b) ve Sarı ve Soytaş (2004) iken, hidro enerji tüketimi, odun tüketimi, atık tüketimi ve linyit tüketimi ile büyümenin ilişkisinin incelendiği çalışma olarak ise yine Sarı ve Soytaş (2004) gösterilebilir.

Toplam enerji tüketimi ve çeşitli enerji kaynaklarının tüketimini inceleyen çalışmalarda da ortak bir sonuca ulaşılamamıştır. Önceki altbölümde de belirtildiği gibi üretim fonksiyonu temelinde yapılan analilerden elde edilen sonuçların daha uygun iktisadi modelin kurulması nedeniyle doğru sonuçlara yaklaştığı ifade edilebilir. Ayrıca modellemenin doğruluğunun yanında, gelişmiş zaman serisi yöntemlerinin de kullanıldığı çalışmalardan elde edilen sonuçların daha da doğru olacağı belirtilebilir. Ancak toplam enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmaların haricinde bahsedilen model ve yöntemin kullanıldığı çalışmalara rastlamak mümkün değildir. Bu nedenle toplam enerji tüketimi ile ilgili çalışmalarda (Stern, 2000; Ghali ve El-Sakka, 2004; Sarı ve Soytaş, 2007; Oh ve Lee, 2004) toplam enerji tüketiminin gelirin bir belirleyicisi olduğu tespit edilmiştir.

## **2.4. UYGULANAN YÖNTEME GÖRE UYGULAMALI LİTERATÜR**

Bu bölümde literatürde yer alan çalışmalar analiz yöntemine göre sınıflandırmaya tabi tutulacaktır. Böylece, çalışmada kullanılan analiz yöntemlerinin kullanılma amacının daha iyi açıklanabileceği düşünülmektedir. Bu amaca uygun olarak literatür 4 nesle ayrılmıştır. Bu gruplandırmaya temel olarak Mehrara (2007) ve Constantini ve Martini (2010) çalışmaları alınmıştır. Birinci nesil çalışmalar değişkenlerin durağan olduğunu varsayarak Sims (1972) tarafından geliştirilen VAR analizinin ve Granger nedensellik analizinin uygulandığı çalışmalardır. Bu çalışmalar genellikle 1980’li yıllarda yapılmıştır. İkinci ve üçüncü nesil çalışmalarda değişkenlerin durağan olup olmadığı ve eşbütünleşmenin varlığı da incelenmiştir. Ayrıca ikinci nesil çalışmalarda iki değişkenli analiz yapılırken, üçüncü nesil çalışmalarda çok değişkenli analize geçilmiştir. Dördüncü nesil çalışmalarda ise panel eşbütünleşme ve panel hata düzeltme modelleri kullanılmıştır.

### **2.4.1. Birinci Nesil Uygulamalı Literatür**

Birinci nesil uygulamalı literatür Kraft ve Kraft (1978)’in çalışmasını da içerecek şekilde genellikle 1980’li yıllarda yapılmış çalışmalardır. Söz konusu çalışmalarda serilerin durağan olduğu varsayılmıştır. Ayrıca bu çalışmalar Sims (1972) tarafından



geliştirilen geleneksel VAR modelini kullanmışlardır ve Granger nedensellik analizine yer vermişlerdir.

Bu çalışmalardan biri Kraft ve Kraft (1978) tarafından yapılmıştır. Çalışmada enerji tüketimi ile GSMH arasındaki ilişki incelenirken her iki değişken de ayrı eşitliklerde bağımlı değişken olarak ele alınmış ve diğer değişkenin cari değeri ile beş gecikmesi alınarak aralarındaki ilişki test edilmiştir. Akarca ve Long (1980) ise iki eşitlikten oluşan modelle ilişkiyi test etmişlerdir. Bu eşitlikler aşağıdaki gibidir:

$$GSMH_t = a + \sum_{i=-4}^3 \beta_i GEC_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$GEC_t = a + \sum_{i=-4}^3 \beta_i GSMH_{t-i} + \varepsilon_t$$

Ayrıca Chow (1960) ve Fisher (1970)'in geliştirdikleri testleri uygulayarak dönemler arası farklılık olup olmadığını belirlemeye çalışmışlardır. Yu ve Hwang (1984) Akarca ve Long (1980)'un çalışmasına benzer bir model oluşturmuş ve gözlem sayısını artırarak sonuçların değişip değişmediğini incelemişlerdir. Yu ve Choi (1985)'nin çalışması ise Sims'in ve Granger'ın geliştirdiği nedensellik analizlerini kullanan bir diğer çalışmadır.

Erol ve Yu (1987) ise serilerin durağan olup olmadıklarıyla ilgilenen ilk çalışmadır. Ancak bu çalışmada serilerin durağan olup olmadığını test etmek için herhangi bir yöntem kullanılmamıştır. Bunun yerine serilerin durağan olmadıkları varsayılarak, birinci farkları alınmış ve analize devam edilmiştir

Abosedra ve Baghestani (1989) ise aşağıdaki fonksiyonları ifade eden regresyon eşitlikleri ile Granger nedensellik analizi uygulayarak sonuca ulaşmaya çalışmışlardır.

$$EC = f(EC'nin m gecikmesi, GSMH'nin k gecikmesi, sabit)$$

$$GSMH = f(GSMH'nin m gecikmesi, EC'nin k gecikmesi, sabit)$$

Analizde ise gecikme uzunluklarını gösteren m ve k, beş olarak belirlenmiştir.

Bu dönemdeki tüm çalışmalarda olduğu gibi bu iki çalışmada da serilerin durağan olup olmadığı incelenmemiştir. Çalışmalarda elde edilen yüksek R<sup>2</sup> değerlerine dikkat çekilmiş ve bunun modelin güçlü olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Ancak bu durum serilerin durağan olmaması nedeniyle oluşabilecek olan sahte regresyondan da kaynaklanmış olabilir.

## 2.4.2. İkinci Nesil Uygulamalı Literatür

İkinci nesil çalışmalarda, birinci nesil çalışmalardan farklı olarak serilerin durağan olup olmadığı araştırılmıştır. Sonrasında ise enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkiyi incelemek için durağanlık durumuna göre eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Böylece değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı belirlenmiş ve gerekli olduğunda hata düzeltme modeli kurularak Granger nedensellik analizi yapılmıştır.

Bu dönemdeki çalışmalardan Nachane vd. (1988) serilerin durağanlık durumlarını Dickey-Fuller ve Artırılmış Dickey-Fuller testleri uygulamışlardır. Seriler düzeyde birim kök içerdiği için farkını alarak analiz etmişler ve serilerin  $I(1)$  olduğu sonucuna varmışlardır. Sonrasında ise Engle ve Granger (1987) tarafından geliştirilen eşbütünleşme testini uygulamışlardır. Nedensellik analizi için ise Granger nedensellik testini ve Sims (1974) tarafından geliştirilen nedensellik testini kullanmışlardır.

Cheng ve Lai (1997) Tayvan örneğini incelediği çalışmasında serilerin durağanlığını Phillips-Perron testi ile incelemişlerdir. GSYİH dışındaki diğer değişkenlerin durağan olmadığını belirlemiş ve durağanlığı sağlamak için serileri farkını almışlardır. Engle-Granger testi ile eşbütünleşme ilişkisinin varlığını kontrol etmişlerdir. Nedensellik analizinde ise Granger nedenselliğın Hsiao (1981) tarafından geliştirilen iki aşamalı versiyonunu kullanmışlardır.

Glasure ve Lee (1997) Güney Kore ve Singapur örneğini incelemek için öncelikle ADF birim kök testini uygulamışlardır. Gecikme sayısını belirlemek için Akaike bilgi kriterini kullandıkları analiz sonucunda değişkenlerin  $I(1)$  olduğu sonucuna varmışlardır. Sonrasında seriler arasında eşbütünleşmeyi test etmek için uyguladıkları Engle-Granger eşbütünleşme testi sonucunda serilerin eşbütünleşik olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu nedenle VAR modeline hata düzeltme terimi eklemişler ve nedensellik testi sonucunda iki ülke için de iki yönlü nedenselliğın olduğunu belirlemişlerdir.

### 2.4.3. Üçüncü Nesil Uygulamalı Literatür

Çok değişkenli analizin uygulandığı üçüncü nesil çalışmalarda, Johansen (1991) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemle eşbütünleşme ilişkisine konulan kısıtlar test edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda kısa dönemdeki düzeltmelerde incelenebilmiştir. Johansen tarafından geliştirilen yöntem aynı zamanda ikiden fazla değişken arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmasına da imkan vermektedir.

Konu ile ilgili olarak yukarıda açıklanan yöntemi kullanan ilk çalışma Masih ve Masih (1997) tarafından yapılmıştır. Talep yönlü olarak kurulan modelde GSYİH, enerji tüketimi ve enerji fiyatlarına yer verilmiştir. Johansen eşbütünleşme testi uygulanarak çok değişkenli model için eşbütünleşme ilişkisinin varlığı test edilmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin varlığı belirlendiğinden modele hata düzeltme terimlerini de içeren hata düzeltme modeli oluşturulmuştur. Masih ve Masih (1998) diğer bir çalışmalarında yine çok değişkenli bir model oluşturmuşlar ve diğer çalışmalarından farklı olarak enerjide dışa bağımlı iki ülke olan Güney Kore ve Tayvan'ı incelemişlerdir.

Stern (2000) Enerji tüketimi, GSYİH, sermaye stoku ve işgücü verileriyle ABD örneğini incelediği çalışmasında çok değişkenli eşbütünleşme analizi uygulamıştır. Asafu-Adjaye (2000) gelişmekte olan dört Asya ülkesi için yaptığı çalışmada enerji tüketimi ve reel geliri içeren modele enerji fiyatlarını da eklemiştir. Serilerin birinci dereceden bütünleşik olması nedeniyle Johansen çok değişkenli eşbütünleşme testi uygulamıştır. Soytaş ve Sarı (2003) ve Ghali ve El-Sakka (2004)'nın çalışmaları da bu nesilde uygulanan çalışmalar arasında gösterilebilir.

### 2.4.4. Dördüncü Nesil Uygulamalı Literatür

Dördüncü nesil çalışmalarda ise panel veri analizi kullanılmaktadır. Değişkenlerin durağanlığı ve eşbütünleşme analizi panel birim kök testleri ve panel eşbütünleşme analizi ile yapılmaktadır. Ayrıca panel hata düzeltme modeline ve panel nedensellik analizine yer vermektedirler. Panel veri analizine yer verilmesinin sebebi olarak ise gözlem sayısının çoğu ülke için yetersiz olması ve panel modellerde bu sorunun ortadan kalması, değişkenler arasında çoklu doğrusallığın azaltılması gibi sebepler gösterilmektedir (Lee, 2005; Constantini ve Martini, 2010).

Son nesil olarak değerlendirilebilecek olan bu dönemde yapılan çalışmalar arasındaki ilk örnek olarak 18 gelişmekte olan ülkeyi inceleyen Lee (2005) gösterilebilir. Çalışmada panel birim kök testleri, heterojen panel eşbütünleşme ve panel hata düzeltme modelleri kullanılmıştır. Al-Iriani (2006) ise panel birim kök testleri ve panel nedensellik analizi uygulayarak altı Körfez İşbirliği Teşkilatı ülkelerini incelemiştir. Bu dönem içinde değerlendirilebilecek diğer çalışmalarda ise; Lee ve Chang (2007a) 22 gelişmiş ve 18 gelişmekte olan ülkeyi, Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007) net enerji ithalatçısı olan 20 ülkeyi, Lee ve Chang (2008) 16 Asya ülkesini ve Constantini ve Martini (2010) ise 71 ülkeyi panel veri analizi yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir.

Yukarıda açıklanmaya çalışılan dört nesil boyunca oldukça çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Birinci nesilde durağanlık analizinin yapılmamış olması ve serilerin durağan kabul edilerek analizde kullanılması söz konusu dönemin en önemli sorunudur. İkinci nesil, ekonometrik yöntemlerin de gelişiminden faydalanarak birinci dönemde yaşanan bu sorunun önüne geçmiştir. Ancak ikinci nesilde kullanılan yöntemlerin içerdiği bazı sorunlar da yine yaşanan gelişmelerin sayesinde takip eden dönemlerde giderilebilmiştir.

Bu yöntemler zaman içinde gelişme gösterse de özellikle üçüncü ve dördüncü nesli bir gelişmişlik sıralamasına koyabilmek pek mümkün değildir. Üçüncü nesilde uygulanan yöntemlerin yüksek gözlem sayısına ihtiyaç duyması ve birçok ülke için özellikle enerji tüketimi verisinin söz konusu bu ihtiyacı karşılamaması nedeniyle dördüncü nesilde bahsedilen yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Dördüncü nesilde kullanılan panel veri analizi daha az gözlem sayısı ile analize imkan tanımaktadır. Ancak bu yöntemler de bazı sorunlar barındırmaktadır. Panel veri analizinde parametreler tüm ülkeler için aynı kabul edilmektedir. Oysa gelişmişlik düzeyi, enerji kaynakları sahipliği, kaynakların kullanım yoğunluğu benzerlik gösterebilse de sahip olunan sanayinin yapısı, sosyal ve kültürel farklılıklar nedeniyle parametrelerin aynı olması mümkün olamamaktadır. Ayrıca yatay kesit bağımlılığı da ülkelerin birlikte analiz edilmesinde soruna neden olan faktörlerden biridir. Bununla birlikte yatay kesitler arasında var olabilecek olan eşbütünleşme ilişkileri panel veri analizinde göz ardı edilmektedir. Böylece panel veri analizi farklı ülkelerin kendine özgü durumlarını ele alabilmekten uzaklaşmaktadır.

Bu çalışmada yukarıda açıklanan nedenlerle üncü nesilde uygulanan yöntemler ile analizin gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür. Böylece bahsedilen sorunlardan mümkün olduğunca uzaklaşılabileceği düşünölmektedir.

### 3. BÖLÜM EKONOMETRİK YÖNTEM

Çalışmada çok değişkenli analiz yapılması için VAR yöntemi kullanılmıştır. VAR yönteminin seçilmesinin nedeni değişkenler arasında içsel ve dışsal değişken ayırımına yer vermemesidir. Böylece enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin etkileşimini karşılıklı olarak tespit etmek mümkün olabilecektir. Ancak VAR yöntemi serilerin durağan olmasını gerektirmektedir. Bu nedenle öncelikle serilerin durağan olup olmadığı belirlenmiştir. Seriler durağan olmadığında, ayrıca aynı dereceden bütünleşik olduğunda eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Eşbütünleşmenin varlığında ise hata düzeltme modeli oluşturulmuştur. Ayrıca değişkenlere bir dönemde verilen bir şokun değişkenin kendisine ve bir başka değişkene etkisinin araştırılması için etki tepki fonksiyonları belirlenmiştir. Bununla birlikte bir değişkende meydana gelen bir değişimin ne oranda diğer değişkenlerden kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla ise varyans ayrıştırması yapılmıştır.

Bu bölümde enerji ile GSYİH ilişkisini analiz etmek için kullanılacak olan zaman serisi analizinin aşamaları olan durağanlık, eşbütünleşme, Granger nedensellik, etki-tepki ve varyans ayrıştırması analizi açıklanacaktır.

#### 3.2. DURAĞANLIK ANALİZİ

Zaman serisi verilerinin kullanıldığı analizlerde serilerin durağan olması önem arz etmektedir. Durağan olmayan serilerin varlığında yapılan analizler sonucu Granger ve Newbold (1974)'un sahte regresyon olarak tanımladığı durum ile karşılaşılabilir. Sahte regresyon durumunda yüksek  $R^2$  ve  $t$  istatistikleri ile karşılaşılır. Ayrıca kurulan regresyon eşitliğinde en küçük kareler tahmincileri tutarlı değildir (Enders, 2010: 196).

Serilerin durağan olabilmesi için bazı koşulları sağlamaları gerekir. Ekonometrik analizlerde kullanılan durağanlık kavramı zayıf durağanlıktır. Eğer serinin hem ortalaması ( $\mu_t$ ) hem de otokovaryansları ( $\gamma_{jt}$ ) zamana bağlı değilse  $Y_t$  süreci kovaryans durağan veya zayıf durağandır (Hamilton, 1994: 45). Bu iki şart aşağıdaki gibi açıklanabilir:

$$E(Y_t) = \mu \quad \text{tüm } t \text{ ler için}$$

$$E(Y_t - \mu)(Y_{t-j} - \mu) = \gamma_j \quad \text{tüm } t \text{ ler ve herhangi bir } j \text{ için}$$

Eğer bir sürecin ortalaması  $\beta t$  şeklinde zamana bağlı ise bu süreç kovaryans durağan değildir. Bir sürecin kovaryans durağan olabilmesi için  $Y_t$  ile  $Y_{t-j}$  arasındaki kovaryansın sadece aradaki zaman farkını gösteren  $j$ 'ye bağlı olması gerekir. Kovaryans durağan bir süreçte  $\gamma_j = \gamma_{-j}$  tüm  $j$  ler için sağlanır (Hamilton, 1994: 46).

Enders (2004) durağan süreçler ile durağan olmayan süreçler arasındaki farkları şu şekilde özetlemiştir:

Durağan zaman serileri için şoklar geçicidir. Şokların etkisi zamanla söner ve seriler tekrar uzun dönem ortalama düzeyine dönerler. Durağan seriler;

1. Uzun dönem sabit bir ortalama etrafında dalgalanmalarından dolayı ortalama denge seviyelerine dönme eğilimindedirler.
2. Zamanın etkisiyle değişmeyen, sabit varyansa sahiptirler.
3. Gecikme uzunluğu arttıkça azalan teorik korelograma sahiptirler.

Durağan olmayan seriler ise sürekli bileşene sahiptirler. Durağan olmayan bir zaman serisinin ortalaması ve varyansı zamana bağlıdır. Bu tür serilerde ise;

1. Serinin dönebileceği bir uzun dönem ortalaması yoktur
2. Serinin varyansı zamana bağlıdır yani zaman sonsuza yaklaştıkça varyans da sonsuza gider.
3. Teorik otokorelasyonlar azalmaz ancak sonlu örneklerde örnek otokorelagramı yavaş bir şekilde azalır.

Zaman serisi analizlerinde serilerin durağan olup olmadığının belirlenmesi oldukça önemlidir. Eğer süreç durağan değil ise zaman serisinin geçmiş ve gelecek boyunca zaman aralıklarını basit bir cebirsel model ile göstermek genelde zordur (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2010: 57). Sürecin durağan olması durumunda ise model kurmak daha kolay bir hal alır.

### 3.2.1. Dickey Fuller ve ADF (Augmented Dickey Fuller) Birim Kök Testi

Durağanlık sınaması yapılırken başvurulan tekniklerden en çok tercih edileni birim kök testidir. Aşağıdaki şekilde bir eşitliğe sahip olduğumuzu ve  $y$  serisinin bu eşitlik yardımıyla elde edildiğini düşünelim:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

Burada  $\varepsilon_t$ , sıfır ortalamalı, sabit varyanslı, ardışık bağımlı olmayan, olasılıklı hata terimidir. Böyle bir hata terimi beyaz gürültü (white noise) hata terimi olarak isimlendirilir (Gujarati, 2001:718). Bu eşitlikte  $a_1$  in 1'e eşit olduğunun sınaması yapılarak, sürecin birim kök içerip içermediği incelenir. Eğer  $a_1 = 1$  boş hipotezi reddedilemiyorsa süreç birim kök içermektedir. Ancak testi daha kolaylaştırmak için her iki taraftan  $y_{t-1}$  çıkarırsak aşağıdaki eşitliği elde ederiz:

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte  $\rho = a_1 - 1$  dir. bu durumda daha önce  $a_1 = 1$  olan boş hipotez  $\rho = 0$  haline gelmektedir. Dickey ve Fuller (1979) çalışmalarında birim kök testinin uygulanmasında üç farklı eşitlik kullanmışlardır (Enders, 2010: 196):

$$\Delta y_t = a_0 + \rho y_{t-1} + a_2 t + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Boş hipotez  $\rho = 0$  in geçerli olduğu durumda (3.3) rassal yürüyüş sürecidir. Eşitlik (3.3) sabit terim ve bir doğrusal trend içermediği durumlarda da  $\rho = 0$  hipotezinin geçerli olup olmadığının tespiti amacıyla t-testi uygulanır. Ancak farklılık oluşturan nokta, regresyon eşitliğine bir sabit veya trend eklenmesiyle t-testi için kullanılan kritik değerlerin değişmesidir. Dickey ve Fuller (1979) Monte Carlo çalışmaları ile  $\rho = 0$  için kritik değerleri belirlemiş ve bunlara sabit ve trend içermeyen model için  $\tau$ , sadece sabit içeren model için  $\tau_\mu$  ve hem sabit hem de trend içeren model için  $\tau_\tau$  olarak isimlendirmiştir (Enders, 2010: 196).

Hata teriminde otokorelasyon olduğu durumda ise (3.3) eşitliğinde sağ tarafa bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri eklenerek aşağıdaki eşitlik elde edilir:



$$\Delta y_t = a_0 + \rho y_{t-1} + a_2 t + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

Eşitlik (3.4) gibi durumlarda Dickey-Fuller testi uygulanırsa, buna Genişletilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey Fuller – ADF) testi denir (Gujarati, 2001: 720). Ancak burada önemli olan nokta gecikme sayısının doğru belirlenmesidir. Bununla birlikte tüm zaman serilerini birinci sıra otoregresif süreç olarak yazmak mümkün olmadığından  $p$ . sıra otoregresif süreci düşünersek:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_{p-2} y_{t-p+2} + a_{p-1} y_{t-p+1} + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Genişletilmiş Dickey-Fuller testini açıklamak amacıyla  $a_p y_{t-p+1}$  ekleyip çıkarırsak:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_{p-2} y_{t-p+2} + (a_{p-1} + a_p) y_{t-p+1} - a_p \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

Bu eşitlikte ise  $(a_{p-1} + a_p) y_{t-p+2}$  ekleyip çıkarırsak:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + (a_{p-1} + a_p) y_{t-p+2} - a_p \Delta y_{t-p+1} + \varepsilon_t$$

Elde edilir. Bu işlem devam ettirildiğinde ise:

$$\Delta y_t = a_0 + \rho y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta y_{t-i+1} + \varepsilon_t \quad (3.5)$$

burada  $\rho = -(1 - \sum_{i=1}^p a_i)$  ve  $\beta_i = -\sum_{j=1}^p a_j$  dir.

Eşitlik (3.5)'de  $\rho = 0$  ise süreç birim kök içermektedir (Enders, 2010: 215).  $\rho = 0$  boş hipotez olarak kurulduğunda, bu hipotezi test etmek için, eşitlikte sabit ve trend olmadığına  $\tau$ , sadece sabit olduğunda  $\tau_\mu$  ve sabit ve trend birlikte bulunduğu  $\tau_\tau$  kritik değerleri kullanılır.

### 3.2.2. Phillips-Perron (PP) Birim Kök Testi

Dickey-Fuller testlerinde hataların istatistiksel olarak bağımsız ve sabit varyansa sahip olduğu varsayılmaktadır. Ancak böyle bir durumda test yapılırken hataların ilişkisiz olduğuna ve sabit varyansa sahip olduğuna dikkat etmek gerekir (Enders, 2004: 239). Bu sorunun önüne geçebilmek için Phillips ve Perron (1988) Dickey-Fuller prosedürünün bu varsayımlarının yerine daha yumuşatılmış varsayımlar ile gerçekleştirilen bir test geliştirmiştir (Kutlar, 2000:171).

Enders (2004) bu testi açıklamak için öncelikle aşağıdaki eşitlikleri tanımlamıştır:

$$y_t = a_0^* + a_1^* y_{t-1} + \mu_t \quad (3.6)$$

$$y_t = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 y_{t-1} + \tilde{a}_2 (t - T/2) + \mu_t \quad (3.7)$$

Burada  $T$ , gözlem sayısını ve  $\mu_t$ ,  $E\mu_t = 0$  olan hata terimini göstermektedir. Ayrıca hata teriminin ilişkisiz ve homojen olmasına gerek yoktur. Daha hafif olan bu varsayımlar altında Phillips ve Perron'un geliştirdikleri test istatistikleri ise Dickey-Fuller test istatistiklerinin biraz değiştirilmiş halidir. En kullanışlı test istatistikleri şöyledir (Enders, 2004: 239):

$Z(ta_1^*)$ :  $a_1^* = 1$  hipotezini test etmek için kullanılır

$Z(t\tilde{a}_1)$ :  $\tilde{a}_1 = 1$  hipotezini test etmek için kullanılır

$Z(t\tilde{a}_2)$ :  $\tilde{a}_2 = 0$  hipotezini test etmek için kullanılır

$Z(\phi_3)$ :  $\tilde{a}_1 = 1$  ve  $\tilde{a}_2 = 0$  hipotezlerini test etmek için kullanılır.

Phillips-Perron testinin kritik değerleri ise Dickey-Fuller testinin kritik değerleri ile aynıdır. Ayrıca Phillips-Perron testi Dickey-Fuller testlerinin uygulanamadığı karmaşık durumlara da uygulanabilmektedir (Enders, 2004: 240). Test uygulanırken sıfır hipotezi serinin birim köke sahip olduğu şeklinde; alternatif hipotez ise serinin birim kök içermeyip durağan olduğu şeklinde kurulur.

### 3.3. VAR ANALİZİ

$z_t$  değişkeninin dışsal,  $y_t$  değişkeninin ise içsel olduğu aşağıdaki eşitlik göz önüne alındığında amaç bu eşitlikte  $a_0$  parametresinin ve  $A(L)$ ,  $B(L)$  ve  $C(L)$  polinomlarının parametrelerinin tahmin edilmesidir.

$$y_t = a_0 + A(L)y_{t-1} + C(L)z_t + B(L)\varepsilon_t \quad (3.8)$$

Eşitlik (3.8) de  $C(L)$  parametresi transfer fonksiyonu olarak adlandırılır. Bu parametre  $z_t$  dışsal değişkenindeki bir değişimin  $y_t$  içsel değişkenini nasıl etkilediğini gösterir. Yukarıdaki açıklamada değişkenlerden hangisinin içsel, hangisinin ise dışsal olduğunun bilindiği varsayılmıştır. Ancak gerçekte hangi değişkenlerin içsel hangilerinin ise dışsal olduğunun belirlenemediği durumlar da var olabilmektedir. Bu gibi durumlarda iki değişkene eşit şekilde yaklaşılması gerekmektedir.  $y_t$ 'nin,  $z_t$ 'nin şimdiki ve geçmiş değerlerinden etkilendiğini,  $z_t$ 'nin de  $y_t$ 'nin şimdiki ve geçmiş değerlerinden etkilendiğini varsaydığımızda aşağıdaki iki değişkenli sistem elde edilir (Enders, 2010: 297):

$$y_t = b_{10} - b_{12}z_t + \gamma_{11}y_{t-1} + \gamma_{12}z_{t-1} + \varepsilon_{yt} \quad (3.9)$$

$$z_t = b_{20} - b_{21}y_t + \gamma_{21}y_{t-1} + \gamma_{22}z_{t-1} + \varepsilon_{zt} \quad (3.10)$$

Bu durumda  $z_t$  ve  $y_t$  nin durağan olduğu,  $\varepsilon_{yt}$  ve  $\varepsilon_{zt}$  nin  $\sigma_y$  ve  $\sigma_z$  standart sapmalara sahip birbiriyle ilişkisiz temiz seriler olduğu varsayılmaktadır. Eşitlik (3.9) ve (3.10) bu varsayımlar altında, en büyük gecikme uzunluğu bir olduğundan, birinci sıra vektör otoregresyon (VAR) oluştururlar.

Eşitlik (3.9) ve (3.10), değişkenler eşanlı olarak birbirlerini etkiledikleri için indirgenmiş form eşitlikleri değildir. Bu modeli matris formunda yazmak istersek:

$$\begin{bmatrix} 1 & b_{12} \\ b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix}$$

veya

$$\mathbf{B}x_t = \mathbf{\Gamma}_0 + \mathbf{\Gamma}_1x_{t-1} + \varepsilon_t$$

Bu eşitliği  $\mathbf{B}^{-1}$  ile çarparsak standart VAR modelini elde ederiz:

$$x_t = \mathbf{A}_0 + \mathbf{A}_1x_{t-1} + e_t \quad (3.11)$$

$a_{i0}$ ,  $\mathbf{A}_0$  vektörünün  $i$ . elemanı,  $a_{ij}$ ,  $\mathbf{A}_1$  matrisinin  $i$ . satır ve  $j$ . sütündeki elemanı ve  $e_{it}$  ise  $e_t$  vektörünün  $i$ . elemanı olarak tanımlandığında VAR modeli standart formda şöyle yazılabilir:

$$y_t = a_{10} - a_{11}y_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + e_{1t} \quad (3.12)$$

$$z_t = a_{20} - a_{21}y_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + e_{2t} \quad (3.13)$$

VAR modelinde kullanılacak olan değişkenler iktisat teorisine dayanarak bulunur. Ayrıca uygun gecikme uzunluğunun da belirlenmesi önemlidir. Model kurulduktan sonra değişkenler ve sabit varyansa sahip hata terimleri birbirleriyle ilişkili olmadığından her bir eşitlik en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilebilir ve bu tahminler tutarlı ve asimptotik olarak etkindir (Enders, 2010: 303).

### 3.4. EŞBÜTÜNLEŞME

İktisadi zaman serileri birim kök içerdiğinde sahte regresyon durumu ile karşılaşılabilir. Tek değişkenli modellerde stokastik trendin fark alınarak giderilebilmesi mümkündür. Ancak çok değişkenli durumlarda durağan olmayan değişkenler için ne yapılacağı sorusu önemlidir. Çok değişkenli durumda değişkenlerin bir doğrusal kombinasyonu durağan olabilir (Enders, 2010: 356).  $x_t$  zaman serisi vektörünün her bir elemanı farklı alındıktan sonra durağan hale geliyorsa, ancak  $\beta'x_t$  doğrusal kombinasyonu hala durağan ise,  $x_t$  zaman serisi  $\beta$  eşbütünleşme vektörü ile eşbütünleşiktir (Engle ve Granger, 1987).

Uzun dönem dengesinde bulunan aşağıdaki gibi bir değişkenler kümesi olduğunda:

$$\beta_1x_{1t} + \beta_2x_{2t} + \dots + \beta_nx_{nt} = 0$$

$\beta$  ve  $x_t$  sırasıyla  $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$  ve  $(x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})'$  vektörlerini temsil ettiğinde,  $\beta x_t = 0$  olduğunda sistem uzun dönem dengede olsun. Söz konusu uzun dönem dengeden sapmalar bu durumda aşağıdaki gibi olur:

$$e_t = \beta x_t$$

$e_t$  nin durağan olması gerektiğinden dolayı bütünleşik değişkenlerin doğrusal kombinasyonu durağan olmalıdır (Enders, 2010: 357). Engle ve Granger (1987) eşbütünleşme tanımını aşağıdaki gibi yapmıştır:

$x_t = (x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{nt})'$  vektörünün bileşenleri aşağıdaki koşullar gerçekleşirse  $d, b$  sıradan bütünlüktür (yani  $x_t \sim CI(d, b)$  dir).

1.  $x_t$  nin tüm bileşenleri  $d$ . sıradan bütünlüktür.
2.  $b > 0$  olduğunda  $\beta x_t = \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_n x_{nt}$  doğrusal kombinasyonu  $(d - b)$  dereceden entegre bir  $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$  vektörü vardır. ( $\beta$  eşbütünlükleme vektörüdür)

Bu tanım ile ilgili dört önemli nokta bulunmaktadır (Enders, 2010: 359):

1. Eşbütünlükleme durağan olmayan değişkenlerin doğrusal kombinasyonu ile ilgilidir.
2. Engle ve Granger (1987)'in tanımından yola çıkıldığında, eşbütünlükleme aynı dereceden bütünlük değişkenleri içerir. Ancak bu, aynı dereceden bütünlük tüm değişkenlerin eşbütünlük olduğunu göstermez. Eşbütünlüğün olmaması değişkenler arasında uzun dönem ilişkinin olmadığını gösterir. Ayrıca farklı sıradan bütünlük seriler eşbütünlük olamazlar.
3.  $n$  değişken sayısını göstermek üzere, eğer  $x_t$  durağan olmayan bileşenlere sahipse, doğrusal olarak bağımsız  $n-1$  kadar eşbütünlükleme vektörü bulunabilir.
4. Eşbütünlükleme literatüründe her bir değişkenin tek bir birim kök içermesine yoğunlaşılmıştır. Bunun nedeni geleneksel regresyon veya zaman serisi analizlerinin değişkenler  $I(0)$  olduğunda da uygulanabilmesi ve az sayıda iktisadi değişkenin birden büyük dereceden bütünlük olmasıdır.

### 3.4.1. Ortak Trend

Eğer iki  $I(1)$  değişken eşbütünlük ise bunların bazı doğrusal kombinasyonları  $I(0)$  olur.

Aşağıdaki gibi iki  $I(1)$  değişken doğrusal trende sahip olduğunda (Greene, 2008: 759):

$$y_{1t} = \alpha + \beta t + u_t$$

$$y_{2t} = \gamma + \delta t + v_t$$

$u_t$  ve  $v_t$  temiz seriler olduğunda,  $y_{1t}$  ve  $y_{2t}$  nin doğrusal kombinasyonu  $(1, \theta)$  vektörü ile yeni bir değişken olan  $z_t$  üretilir:

$$z_t = (\alpha + \theta\gamma) + (\beta + \theta\delta)t + u_t + \theta v_t$$

$z_t$  serisi  $\theta = -\beta/\delta$  olduğunda durağan olabilecektir. Böyle bir durumda iki değişkeni doğrusal olarak bir araya getirmenin etkisi ortak trendin yok edilmesidir. Ancak Stock ve Watson (1988) bunun da ötesinde  $y_{1t}$  ve  $y_{2t}$  nin bir çeşit ortak trende sahip olduğu durumda eşbütünleşik olabileceklerini ifade etmişlerdir.  $y_1$  ve  $y_2$   $w_t = w_{t-1} + \varepsilon_t$  şeklinde bir rassal yürüyüş fonksiyonu olduklarında  $y_{it}$ , kendi rassal yürüyüş bileşenine,  $w_{it}$ , sahip olur. Bu durumda iki değişken sadece  $w_{1t} = w_{2t}$  olduğunda eşbütünleşik olabilir. Yani iki değişken ortak bir trende sahip olmalıdır.

### 3.4.2. Eşbütünleşme ve Hata düzeltme

$y_t$  ve  $z_t$  iki  $I(1)$  ve eşbütünleşik değişken olsun ve bunların eşbütünleşme vektörü  $[1, -\theta]$  olsun. Bu durumda  $\Delta y_t$ ,  $\Delta z_t$  ve  $(y_t - \theta z_t)$  değişkenleri  $I(0)$  olur. Hata düzeltme modeli ise şöyledir (Greene, 2008: 760):

$$\Delta y_t = \mathbf{x}_t' \boldsymbol{\beta} + \gamma(\Delta z_t) + \lambda(y_{t-1} - \theta z_{t-1}) + \varepsilon_t$$

Bu model  $y_t$  deki değişimin uzun dönem trendi etrafında  $I(0)$  değişkenlerin  $x_t$  ile çarpımı,  $z_t$  nin kendi uzun dönem trendi etrafında değişimi ve eşbütünleşme modelinin denge hatası olan  $(y_t - \theta z_t)$  ile açıklar. Bu modelin geçerli olabilmesi için iki değişkenin eşbütünleşik olması gerekir. Aksi durumda üçüncü terim ve dolayısıyla eşitliğin sağ tarafı,  $I(0)$  olmaz.

Modelin VAR gösterimini düşünersek:

$$\mathbf{y}_t = \boldsymbol{\Gamma} \mathbf{y}_{t-1} + \varepsilon_t$$

burada  $\mathbf{y}_t$  vektörü  $[y_t, z_t]'$  dür. Birinci farkları alırsak:

$$\mathbf{y}_t - \mathbf{y}_{t-1} = (\boldsymbol{\Gamma} - \mathbf{I}) \mathbf{y}_{t-1} + \varepsilon_t$$

veya

$$\Delta \mathbf{y}_t = \boldsymbol{\Pi} \mathbf{y}_{t-1} + \varepsilon_t$$

elde edilir.  $\boldsymbol{\Pi}$  matrisi  $\mathbf{y}_t$  deki değişkenlerin doğrusal kombinasyonunu üretir. Eşitliğin sol tarafında  $M$  tane değişken olduğunu düşündüğümüzde,  $r < M$  tane bağımsız doğrusal kombinasyon olabilir. Bu nedenle bu modelin bir VAR gösterimi olabilir, ancak eşbütünleşme  $\boldsymbol{\Pi}$ 'nin rankını kısıtlamaktadır. Eşbütünleşme için önemli olan konu  $\boldsymbol{\Pi}$  matrisinin rankıdır. Rank sıfır ise  $\boldsymbol{\Pi}$  matrisinin tüm elemanları sıfır olmalıdır (Enders,

2010: 372).  $\Pi$  matrisinin rankı sıfır olduğunda eşbütünleşme modeli birinci farklarda VAR modeline indirgenmiş olur:

$$\Delta y_t = \varepsilon_t$$

Burada her bir  $\Delta y_{it} = \varepsilon_{it}$  dir. Bu durumda  $y_t$  vektöründeki her bir değişkenin birinci farkı  $I(0)$  olur.  $y_{it}$  serileri birim kök süreçler olduğundan değişkenlerin durağan bir doğrusal kombinasyonu elde edilemez.

Eşbütünleşmeyi test etmek için ise çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ikisi Engle-Granger metodolojisi, Johansen metodolojisidir. Bu yöntemler aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

### 3.4.3. Engle-Granger Eşbütünleşme Testi

$y_t$  ve  $z_t$  değişkenleri  $I(1)$  olduğunda ikisi arasında bir denge ilişkisi olup olmadığını belirlemek istersek Engle ve Granger (1987)'ın önerdiği metodoloji kullanılabilir. Böylece iki  $I(1)$  değişkenin  $CI(1,1)$  olup olmadığı belirlenebilir (Enders, 2010: 373).

İlk olarak değişkenlerin kaçınıcı dereceden bütünleşik olduklarının belirlenmesi gerekir. Eğer iki değişken de durağansa standart zaman serisi yöntemleri kullanılacağı için eşbütünleşme analizi yapılmaz. Çünkü eşbütünleşme analizi değişkenlerin  $I(1)$  olmasını gerektirmektedir. Ancak değişkenlerin farklı dereceden durağan olduğu durumda ise Peseran vd (2001) tarafından geliştirilen sınır testi uygulanabilmektedir.

İkinci adımda uzun dönem denge ilişkisi aşağıdaki şekilde tahmin edilir:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 z_t + e_t \quad (3.14)$$

(3.14) eşitliği en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilir ve kalıntılar elde edilir. Hata serisi uzun dönem ilişkisinden sapmanın tahmin edilen değerlerini verir. kalıntı serisinin durağan olup olmadığı araştırılır. Eğer seri durağan ise iki serinin (1,1) dereceden eşbütünleşik olduğu sonucuna varılır. Eğer kalıntı serisi durağan değilse iki seri arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı belirlenmiş olur. Kalıntıların durağanlığının belirlenmesi için kullanılan otoregresyonda sabit terime yer verilmesine gerek yoktur. Çünkü bu seri regresyondan elde edilen kalıntı serisidir.

Üçüncü adımda ise hata düzeltme modeli tahmin edilir. Eşbütünleşme olduğu sonucuna varıldığında denge regresyonunun tahmin edilmesi ile ulaşılan kalıntılar ile hata düzeltme modeli tahmin edilir:

$$\Delta y_t = \alpha_1 + \alpha_y \hat{e}_{t-1} + \sum \alpha_{11}(i) \Delta y_{t-i} + \sum \alpha_{12}(i) \Delta z_{t-i} + \varepsilon_{yt} \quad (3.15)$$

$$\Delta z_t = \alpha_2 + \alpha_z \hat{e}_{t-1} + \sum \alpha_{21}(i) \Delta y_{t-i} + \sum \alpha_{22}(i) \Delta z_{t-i} + \varepsilon_{zt} \quad (3.16)$$

$\hat{e}_{t-1}$  dışında kalan kısım birinci farklarda VAR modelidir. Böylece VAR modeli için geliştirilen tüm prosedürler hata düzeltme için de kullanılabilir (Enders, 2010: 375). Son adımda modelin yeterliliğinin belirlenmesi amacıyla bazı prosedürler uygulanabilir.

#### 3.4.4. Johansen Eşbütünleşme Testi

Engle-Granger eşbütünleşme testi bazı eksiklikler barındırır. Bu eksikliklerden biri uzun dönem denge ilişkisinin bulunmasında değişkenlerden birinin eşitliğin sol tarafında yer almasıdır (Enders, 2010: 385). Ancak hangi değişkenin eşitliğin sol tarafında yer alacağını belirlemek araştırmacının tercihine bırakılmıştır. Değişkenlerden her ikisinin de eşitliğin sol tarafında bulunabileceği iki uzun dönem denge eşitliği oluşturulduğunda asimptotik olarak bu regresyonlardan elde edilen kalıntıların aynı birim kök testine sahip olabileceği söylenebilir. Ancak elde edilen veriler genellikle büyük örneklem olmadığında bu durum geçerli olamamaktadır. Engle-Granger testinin bir diğer eksiği olarak iki aşamalı bir test olması gösterilebilir (Enders, 2010: 386). Aşamaların birbirine bağımlı olması sorun oluşturabilmektedir. Çünkü uzun dönem denge regresyonundan elde edilen hatalar ikinci regresyonda kullanılmaktadır. İki aşamalı testte birinci aşamada araştırmacının yapabileceği bir hata ikinci aşamaya taşınmaktadır.

Yukarıda bahsedilen sorunların üstesinden gelebilmek için Johansen (1988) bir prosedür geliştirmiştir. Bu prosedür matrisin rankı ve karakteristik kökleri arasındaki ilişkiyi temel alır. Dickey-Fuller testinde  $\Delta y_t = (a_1 - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t$  eşitliğinde  $y_t$ 'nin durağanlığını belirlemek için  $(a_1 - 1) = 0$  eşitliğini içeren hipotez testi yapılır. Bunu  $n$  değişken için genellersek:



$$\begin{aligned}
\Delta x_t &= A_1 x_{t-1} - x_{t-1} + \varepsilon_t \\
&= (A_1 - I) x_{t-1} + \varepsilon_t \\
&= \Pi x_{t-1} + \varepsilon_t
\end{aligned} \tag{3.17}$$

(3.17)'de  $\Pi$ 'nin rankı eşbütünlük vektörü sayısını verir. Eğer  $\Pi$ 'nin rankı sıfır ise tüm  $x_{it}$  serileri birim kök içerir. Bu durumda bu serilerin durağan doğrusal bir kombinasyonu olmadığından seriler eşbütünlük değillerdir (Enders, 2010: 387).

Bir matrisin rankı, sıfırdan farklı karakteristik köklerin sayısına eşittir. Birbirinden farklı eşbütünlük vektörlerinin sayısı  $\Pi$ 'nin karakteristik köklerinin anlamlılığı denetlenerek elde edilebilir. 1'den istatistiksel olarak anlamlı olmayan şekilde farklı karakteristik köklerin sayısı aşağıdaki test istatistikleri ile tespit edilir:

$$\lambda_{iz}(r) = -T \sum_{i=r+1}^n \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

$$\lambda_{max}(r, r+1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1})$$

Burada  $T$ , kullanılabilir gözlem sayısı;  $\hat{\lambda}_i$  ise  $\Pi$  matrisinden elde edilen karakteristik köklerin tahmin edilen değeridir.  $\lambda_{iz}$  testi ayrıık eşbütünlük vektörü sayısının  $r$ 'ye eşit veya küçük olduğunu genel alternatif hipoteze karşı test eder.  $\lambda_{max}$  istatistiği ise  $r$  sayıda eşbütünlük vektörü olduğunu ifade eden boş hipotezi,  $r+1$  eşbütünlük vektörü olduğunu ifade eden alternatif hipoteze karşı test eder.

Birden fazla eşbütünlük vektörünün olması durumunda Engle-Granger yöntemini kullanmak mümkün değildir. Johansen metodunda ise, değişkenler arasında kaç tane eşbütünlük vektör olduğu test edilebilmektedir. Bu nedenle, Engle-Granger metodunun göre daha çok bilgi içeren ve testi tek bir eşbütünlük vektörü ile sınırlandırmayan Johansen metodu çalışmada tercih edilmiştir. Böylece gerçeğe daha yakın bir test gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.

### 3.5. GRANGER NEDENSELLİK ANALİZİ

Değişkenlerin dışsal olup olmadığının sınılanması ile Granger nedenselliği birbirinden oldukça farklı analizlerdir. Granger nedenselliği bir değişkenin gecikmeli değerlerinin

diğer değişkenin şimdiki değeri üzerinde etkisi olup olmadığını araştırmaktadır (Enders, 2010: 318). Halbuki  $z_t$  değişkeninin dışsal olması durumunda,  $y_t$  değişkeni üzerinde eşanlı bir etkisinin bulunmadığı düşünülür. Granger nedenselliği, böylece iki değişken arasında zaman bakımından bir öncelik veya ardılık ilişkisini araştırmaktadır (Gujarati, 2001:620). Bu araştırma iki değişkenin de geğmiş değerlerinin diğerinin şimdiki değerini etkileyip etkilemediğini belirlemek için yapılabilir. Böylece  $y_t$  nin,  $z_t$  nin Granger nedeni olup olmadığı,  $z_t$  nin,  $y_t$  nin Granger nedeni olup olmadığı veya  $y_t$  ile  $z_t$  ilişkisinde bir geri beslemenin olup olmadığını belirlemek mümkündür.

Granger nedenselliğini açıklayabilmek için aşağıdaki model ele alındığında:

$$y_t = \alpha_1 + \sum \alpha_{11}(i)y_{t-i} + \sum \alpha_{12}(i)z_{t-i} + \varepsilon_{yt} \quad (3.18)$$

$$z_t = \alpha_2 + \sum \alpha_{21}(i)y_{t-i} + \sum \alpha_{22}(i)z_{t-i} + \varepsilon_{zt} \quad (3.19)$$

Eşitlik (3.18)  $y_t$ 'nin kendi geğmiş değerleri ve  $z_t$ 'nin geğmiş değerleri ile ilişkili olduğunu, Eşitlik (3.19) ise  $z_t$ 'nin kendi geğmiş değerleri ve  $y_t$ 'nin geğmiş değerleri ile ilişkili olduğunu ifade eder.

Yukarıdaki regresyon eşitliklerinde nedensellik ilişkisinin tespiti için bilinen F-testi yapılır. Yapılan test sonucu katsayıların toplu olarak anlamlı olup olmamasına göre nedenselliğin yönü tespit edilir.

Eşitlik (3.18)'de  $\alpha_{12}(i)$  katsayıları istatistiksel bakımdan toplu olarak sıfırdan farklı değilse ve eşitlik (3.19)'da  $\alpha_{21}(i)$  katsayıları istatistiksel bakımdan toplu olarak sıfırdan farklıysa,  $y_t$ 'den  $z_t$ 'ye doğru tek yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna varılır. Eşitlik (3.18)'de  $\alpha_{12}(i)$  katsayıları istatistiksel bakımdan toplu olarak sıfırdan farklıysa ve eşitlik (3.19)'da  $\alpha_{21}(i)$  katsayıları istatistiksel bakımdan toplu olarak sıfırdan farklı değilse,  $z_t$  den  $y_t$  ye doğru tek yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna varılır. Eşitlik (3.18)'de  $z_t$ 'nin ve (3.19)'da  $y_t$ 'nin geğmiş değerlerinin katsayıları istatistiksel bakımdan toplu olarak sıfırdan farklıysa,  $z_t$  ile  $y_t$  arasında karşılıklı nedenselliğin olduğu söylenebilir. Her iki eşitlikte  $z_t$  ve  $y_t$  nin geğmiş değerlerinin katsayıları istatistiksel bakımdan toplu olarak sıfırdan farklı değilse  $z_t$  ile  $y_t$  arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı belirlenmiş olur.

Granger nedenselliğinde değişkenlerin kaç tane gecikmesinin regresyona katılacağının da belirlenmesi önemlidir. Çünkü nedensellik ilişkisinin varlığı ve yönü uygun gecikme

sayısının belirlenmesine oldukça duyarlıdır. Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi amacıyla bazı testler yapılabilir. Bu testler olabilirlik oranı testi (likelihood ratio test, Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criteria – AIC) ve Schwartz Bayesyan Kriteri (Schwarz Bayesian Criteria – SIC)'dir. Ancak olabilirlik oranı testi asimptotik teoriye dayandığından ve sadece bir model bir değerinin kısıtlı hali olduğunda kullanılabilirdiğinden çok kullanışlı değildir (Enders, 2010: 317). AIC ve SBC şöyle hesaplanır:

$$AIC = T \ln |\Sigma| + 2N$$

$$SBC = T \ln |\Sigma| + N \ln(T)$$

burada  $|\Sigma|$  kalıntıların varyans-kovaryans matrisinin determinanı,  $N$  ise tüm eşitliklerde kullanılan toplam parametre sayısıdır. Bu parametre sayısına sabit terimler de dahildir.

### 3.6. ETKİ-TEPKİ ANALİZİ

İki değişkenli VAR modelini yazarsak:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix}$$

Bu VAR modeli vektör hareketli ortalama (VMA) olarak şöyle yazılabilir (Enders, 2010: 307):

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{1t-i} \\ e_{2t-i} \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

$e_{1t}$  ve  $e_{2t}$  ise şöyle yazılabilir:

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt} \\ \varepsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

(3.20) ve (3.21) birleştirildiğinde:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{yt-i} \\ e_{zt-i} \end{bmatrix} \quad (3.22)$$

Elemanları  $\phi_{jk}(i)$  olan  $2 \times 2$  bir  $\phi_i$  matrisi tanımlarsak:

$$\phi_i = \frac{1}{1 - b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix}$$

$\phi_i$  kullanılarak ve  $\varepsilon_{yt}$  ile  $\varepsilon_{zt}$  cinsinden yazılarak (3.22) basitleştirilebilir:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \phi_{11}(i) & \phi_{12}(i) \\ \phi_{21}(i) & \phi_{22}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{yt-i} \\ \varepsilon_{zt-i} \end{bmatrix}$$

Daha toplu halde yazılırsa:

$$x_t = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \phi_i \varepsilon_{t-i} \quad (3.23)$$

Burada  $\phi_{jk}(i)$  katsayıları etki tepki fonksiyonu olarak tanımlanırlar. Örneğin  $\phi_{11}(i)$  fonksiyonu göz önüne alındığında, bu fonksiyon  $y$  değişkenine bir dönem önce verilen şokun  $y$  değişkeni üzerindeki etkisini göstermektedir.  $i$  dönemi gösterdiğinde, önceki dönemlerde verilen şokların etkisi ise  $i$  arttıkça,  $i$  üslü matrisin değeri küçüleceğinden etki de küçülecektir. Ayrıca etki tepki fonksiyonları elde edilirken değişkenlerin sıralamasının değişmesi sonuçların değişmesine neden olmaktadır. Peseran ve Shin (1998) bu sorunun önüne geçmek amacıyla genelleştirilmiş etki tepki fonksiyonlarını geliştirmiştir. Böylece sıralamanın değişmesi sonuçlar üzerinde etkili olmamaktadır.

Etki tepki fonksiyonları ile ilgili önemli bir nokta, bu fonksiyonların tahmin edilen katsayılarından ( $b$ ) elde edilmesidir (Enders, 2010: 311). Bu nedenle etki tepkiler hata içerir. Aşağıdaki gibi bir AR(1) modeli tahmin edildiğinde:

$$y_t = a_1 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.29)$$

$t$  istatistiğine göre  $a_1$  katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olduğunu varsayalım. Etki tepki fonksiyonu elde edilirken,  $y_{t-1}$  in veri bir değeri için  $\varepsilon_t$  ye verilen bir birim şok  $y_t$  yi bir birim artırır. İlerleyen dönemlerde  $y_{t+1}$ ,  $a_1$  olurken,  $y_{t+2}$  ise  $(a_1)^2$  olacaktır. Etki tepki fonksiyonu ise  $\phi(i) = (a_1)^i$  olarak yazılabilir. Güven aralığı ise  $a_1$  e iki standart sapma eklenerek ve çıkarılarak bulunur:

$$a_1 \pm t_{\alpha/2} sd(a_1)$$

### 3.7. VARYANS AYRIŞTIRMASI

Eşitlik (3.11) de zaman alt indisleri bir dönem ileri alınarak ve  $x_{t+1}$  in koşullu beklenen değeri alınarak şöyle yazılabilir (Enders, 2010: 313):

$$E_t x_{t+1} = \mathbf{A}_0 + \mathbf{A}_1 x_t$$

Bir dönem sonraki tahmin hatası  $x_{t+1} - E_t x_{t+1} = e_{t+1}$  olduğunda iki dönem sonrası için şu sonuç elde edilir:

$$\begin{aligned} x_{t+2} &= \mathbf{A}_0 + \mathbf{A}_1 x_{t+1} + e_{t+2} \\ &= \mathbf{A}_0 + \mathbf{A}_1 (\mathbf{A}_0 + \mathbf{A}_1 x_t + e_{t+1}) + e_{t+2} \end{aligned}$$

Burada koşullu beklenen değerleri alırsak:

$$E_t x_{t+2} = (\mathbf{I} + \mathbf{A}_1) \mathbf{A}_0 + \mathbf{A}_1^2 x_t$$

İki dönem sonraki tahmin hatası  $e_{t+2} + \mathbf{A}_1 e_{t+1}$  dir.

$n$  dönem sonra ise:

$$E_t x_{t+n} = (\mathbf{I} + \mathbf{A}_1 + \mathbf{A}_1^2 + \dots + \mathbf{A}_1^{n-1}) \mathbf{A}_0 + \mathbf{A}_1^n x_t$$

Bunun tahmin hatası ise:

$$e_{t+n} + \mathbf{A}_1 e_{t+n-1} + \mathbf{A}_1^2 e_{t+n-2} + \dots + \mathbf{A}_1^{n-1} e_{t+1}$$

olur. Eğer (3.23)'deki MA gösterimini kullanırsak

$$x_{t+n} = \mu + \sum_{i=0}^{\infty} \phi_i \varepsilon_{t+n-i}$$

Böylece  $n$  dönem tahmin hatası

$$x_{t+n} - E_t x_{t+n} = \sum_{i=0}^{n-1} \phi_i \varepsilon_{t+n-i}$$

olur.  $y_t$  serisi için  $n$  dönem sonra tahmin hatası şöyle olur:

$$\begin{aligned} y_{t+n} - E_t y_{t+n} &= \phi_{11}(0) \varepsilon_{yt+n} + \phi_{11}(1) \varepsilon_{yt+n-1} + \dots + \phi_{11}(n-1) \varepsilon_{yt+1} \\ &+ \phi_{12}(0) \varepsilon_{zt+n} + \phi_{12}(1) \varepsilon_{zt+n-1} + \dots + \phi_{12}(n-1) \varepsilon_{zt+1} \end{aligned}$$

$y_{t+n}$  nin  $n$  dönem sonra tahmin hatası varyansına  $\sigma_y(n)^2$  dersek:

$$\begin{aligned}\sigma_y(n)^2 &= \sigma_y^2[\phi_{11}(0)^2 + \phi_{11}(1)^2 + \dots + \phi_{11}(n-1)^2] \\ &\quad + \sigma_z^2[\phi_{12}(0)^2 + \phi_{12}(1)^2 + \dots + \phi_{12}(n-1)^2]\end{aligned}$$

$\phi_{jk}(i)^2$  nın hiçbir değeri negatif olmadığından,  $n$  arttıkça tahmin hatasının varyansı artacaktır. Her bir şok için,  $n$  dönem sonraki tahmin hatası varyansını ayrıştırmak mümkündür.  $\varepsilon_{yt}$  ve  $\varepsilon_{zt}$  serilerindeki şoklar için  $\sigma_y(n)^2$  nin oranları sırasıyla şöyle olur:

$$\frac{\sigma_y^2[\phi_{11}(0)^2 + \phi_{11}(1)^2 + \dots + \phi_{11}(n-1)^2]}{\sigma_y(n)^2}$$

$$\frac{\sigma_z^2[\phi_{12}(0)^2 + \phi_{12}(1)^2 + \dots + \phi_{12}(n-1)^2]}{\sigma_y(n)^2}$$

Tahmin hatası varyansı ayrıştırması bir serinin kendi şokları ile diğer değişkenin şoklarıyla oransal hareketini verir. Eğer  $\varepsilon_{zt}$  şokları  $y_t$  serisinin tahmin hatasında açıklayıcı etkiye sahip değilse,  $y_t$  serisinin dışsal olduğu söylenebilir. Eğer  $\varepsilon_{zt}$  şokları  $y_t$  serisinin tahmin hatasının tümünü açıklıyor ise, bu durumda  $y_t$  serisi tamamen içseldir. Ayrıca varyans ayrıştırmasında değişkenlerin sırası sonuçların değişmesine neden olduğundan Peseran ve Shin (1998) tarafından genelleştirilmiş varyans ayrıştırması geliştirilmiştir.

#### 4. BÖLÜM UYGULAMA

Gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi ile büyüme arasındaki ilişkinin enerjinin kaynaklarına göre ayrıştırılarak incelendiği bu çalışmada, neoklasik üretim fonksiyonuna enerjinin de üretim faktörü olarak eklenmesi ile üç üretim faktörlü üretim fonksiyonu elde edilmiştir:

$$Y_t = f(K_t, L_t, E_t) \quad (4.1)$$

Eşitlik (4.1)'de  $Y$  reel GSYİH'yi,  $K$  sermaye stokunu,  $L$  işgücünü ve  $E$  toplam enerji tüketimini temsil etmektedir.  $t$  alt indisi ise zamanı göstermektedir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında üretim fonksiyonunun her iki tarafını aynı değerlerle çarpmak veya bölmek mümkün olabilmektedir. Eşitlik (4.1)'in her iki tarafını  $1/L$  ile çarptığımızda aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$\left(\frac{Y}{L}\right)_t = f\left(\left(\frac{K}{L}\right)_t, 1, \left(\frac{E}{L}\right)_t\right) \quad (4.2)$$

$L$  model dışında belirlendiğinden bir dışsal değişkendir. Analiz yöntemi düşünüldüğünde yukarıdaki bölme işlemi ile  $L$ 'nin model içinde belirlenmemesini sağlamak mantıklıdır. Gösterimi basitleştirmek amacıyla eşitlik (4.2) şöyle yazılabilir:

$$y_t = f(k_t, 1, e_t) \quad (4.3)$$

Burada  $y$  işgücü başına çıktıyı,  $k$  işgücü başına sermaye stokunu ve  $e$  işgücü başına enerji tüketimini göstermektedir. Böylece üretim fonksiyonu görsel olarak tekrar iki üretim faktörü içeren duruma indirgenmiştir. Eşitlik (4.3) Cobb-Douglas üretim fonksiyonu şeklinde aşağıdaki gibi de yazılabilir:

$$y_t = k_t^a e_t^b \quad (4.4)$$

elde edilir. Eşitlik (4.4) logaritması alındığında ve büyüme formunda yazıldığında aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$\dot{y}_t = a\dot{k}_t + b\dot{e}_t \quad (4.5)$$

Enerji tüketimi modelde ayrıştırılarak kömür-kömür dışı, fosil yakıt-fosil yakıt dışı, nükleer-nükleer dışı ve yenilenebilir-yenilenebilir dışı enerji tüketimi olarak ayrı ayrı

yazılabilir. Böylece  $c$ , kömürü;  $f$ , fosil yakıtı;  $n$ , nükleer ve  $r$  yenilenebilir enerjiyi,  $d$  ise bu kaynaklar dışındaki enerji tüketimini gösterdiğinde eşitlik (4.5) haricinde aşağıdaki eşitlikler de yazılabilir:

$$\dot{y}_t = g\dot{k}_t + h\dot{c}_t + j\dot{cd}_t \quad (4.6)$$

$$\dot{y}_t = m\dot{k}_t + p\dot{f}_t + q\dot{fd}_t \quad (4.7)$$

$$\dot{y}_t = s\dot{k}_t + u\dot{n}_t + v\dot{nd}_t \quad (4.8)$$

$$\dot{y}_t = x\dot{k}_t + y\dot{r}_t + z\dot{rd}_t \quad (4.9)$$

Kömür, fosil<sup>1</sup>, nükleer ve yenilenebilir<sup>2</sup> enerji kaynakları birincil enerji kaynakları olarak değerlendirildiğinden (Energy Statistics Manual, 2005; 18) ve çalışmada bunların toplamı olarak toplam enerji tüketimi elde edildiğinden,  $c$  ile  $cd$ ,  $f$  ile  $fd$ ,  $n$  ile  $nd$  ve  $r$  ile  $rd$  toplamları da toplam enerji tüketimini verecektir. Bu durumda (4.6), (4.7), (4.8) ve (4.9) eşitlikleri ile (4.5) eşitliği özdeş olacaktır. Bu çalışmada kullanılan eşitlikler (4.5), (4.6), (4.7), (4.8) ve (4.9) eşitlikleridir. Farklı kaynakların tüketimi modellere katılırken, söz konusu kaynak harici enerji tüketimi de modellere eklenerek dışlanan değişken nedeniyle oluşabilecek sapmaların önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Çalışmada enerji tüketimi hem toplam enerji tüketimi olarak, hem de birincil enerji kaynaklarına göre ayrıştırılarak kullanılmıştır. Bu ayrıştırmanın nedeni ise farklı enerji kaynaklarının ekonomik büyümeye etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktır. Ayrıca incelenen ülkeler, veri seti geniş olan ülkelerden seçilmiştir. Bununla birlikte bu ülkelerin seçilmesinin diğer bir sebebi uzun süredir nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmakta olmalarıdır. Böylece tüm birincil enerji kaynaklarının incelenmesi sağlanabilmiştir. Çalışmada kullanılan verilerin güvenilir olması gerekliliği ise bu ülkelerin seçilmesinin bir diğer sebebidir.

Çalışmada kullanılan veriler çeşitli kaynaklardan derlenmiştir. ABD, İngiltere, Japonya, Fransa ve Kanada için enerji kaynaklarına ait veriler Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency – IEA) istatistiklerinden elde edilmiştir. Elde edilen

<sup>1</sup> Fosil yakıt tüketimi, petrol ve doğalgaz tüketiminin toplamından oluşmaktadır.

<sup>2</sup> Yenilenebilir enerji tüketimi, hidro enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve diğer yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji toplamından oluşmaktadır.



veriler kömür tüketimini, petrol ve doğalgazın toplamı olarak fosil yakıt tüketimini, nükleer enerji tüketimini, hidro enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi toplamı olarak yenilenebilir enerji tüketimini ifade etmektedir. Ayrıca enerji verileri milyon ton petrol eşdeğeri şeklindedir. Sermaye değişkenine ait veriler Dünya Bankası Dünya Gelişme Göstergelerinden (World Bank World Development Indicators) ve OECD istatistiklerinden elde edilmiştir. ABD için sermaye stoku serisi ABD Ticaret Bakanlığı Ekonomik Analiz Dairesi (Bureau of Economic Analysis) istatistiklerinden elde edilmiştir. Diğer ülkeler için ise sermaye değişkeninin yerine brüt sabit sermaye oluşumu (gross fixed capital formation) verileri kullanılmıştır. Sermaye verileri tüm ülkeler için 2000 yılı sabit kabul edilerek ABD doları cinsindedir. GSYİH verileri yine Dünya Bankası Dünya Gelişme Göstergelerinden alınmıştır. GSYİH verileri için 2000 yılı sabit kabul edilmiştir ve ABD doları cinsindedir. İşgücü değişkeni verileri ise OECD istatistiklerinden elde edilmiştir. Japonya için ise 1973-2010 arası kapsayan seriler kullanılmıştır. Bunun nedeni Japonya'nın özellikle enerji serilerinde analizlerde soruna neden olacağı düşünülen kırılmanın varlığıdır. Diğer tüm veriler 1960-2010 arasındaki 51 yıllık dönemi kapsamaktadır. Bütün veriler yıllık seriler olarak elde edilmiştir.

Değişkenler arasında karşılıklı etkileşim incelenmeden önde serilerin durağanlık özellikleri araştırılmıştır. Bu, uygun model seçimi için önemli bir aşamadır. Değişkenlerin durağanlık ve eşbütünleşme özelliklerine bağlı olarak, VAR veya VEC modeli oluşturulmuştur. Nedensellik, etki-tepki analizi ile varyans ayrıştırması oluşturulan bu modellere dayanılarak yapılmıştır.

Toplam enerji modellerinde eşbütünleşmenin varlığı halinde aşağıdaki hata düzeltme modeli oluşturulmuştur. Eşbütünleşmenin olmadığı durumlarda ise aynı temelde VAR modeli oluşturulmuş ve nedensellik testleri yapılmıştır. VAR modeli şu şekildedir:

$$\Delta GSYIH = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta TE_{t-i} + \varepsilon_{1,t} \quad (4.10)$$

$$\Delta TE = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta TE_{t-i} + \varepsilon_{2,t} \quad (4.11)$$

$$\Delta KS = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta TE_{t-i} + \varepsilon_{3,t} \quad (4.12)$$

Engle ve Granger (1988) çalışmalarında iki değişken arasında uzun dönemde eş bütünleşme ilişkisi olması halinde, bu değişkenler arasında tek yönlü veya iki yönlü Granger nedensellik ilişkisi olabileceğini belirtmişlerdir. (4.13), (4.14) ve (4.15) eşitlikleri ile oluşturulan VEC modeli ile nedensellik testleri gerçekleştirilmiştir.

$$\begin{aligned} \Delta GSYIH = & \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta TE_{t-i} \\ & + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_{1,t} \end{aligned} \quad (4.13)$$

$$\begin{aligned} \Delta TE = & \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta TE_{t-i} \\ & + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_{2,t} \end{aligned} \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned} \Delta KS = & \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta TE_{t-i} \\ & + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_{3,t} \end{aligned} \quad (4.15)$$

Kısa dönem nedenselliğin belirlenmesi için eşitlik (4.13)'de  $\Delta TE$ 'nin gecikmeli değerlerinin toplu şekilde istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ve  $\Delta KS$ 'nin gecikmeli değerlerinin toplu şekilde istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı test edilir. Eşitlik (4.14)'de  $\Delta GSYIH$  ve  $\Delta KS$  değişkenlerinin gecikmeli değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı test edilir. Eşitlik (4.15)'de ise  $\Delta GSYIH$  ve  $\Delta TE$  değişkenlerinin gecikmeli değerlerinin toplu olarak anlamlılığı test edilir. Alternatif hipotez Granger nedenselliğinin olduğudur.

Uzun dönem nedenselliğin belirlenmesi için ise eşitlik (4.13)'de  $\Delta TE$  ve  $\Delta KS$ 'nin gecikmeli değerlerinin ve  $ECT_{t-1}$  değişkeninin toplu şekilde istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı test edilir. İkinci eşitlikte uzun dönem nedenselliğin belirlenmesi için

$\Delta GSYIH$  ve  $\Delta TE$  değişkenlerinin gecikmeli değerlerinin ve  $ECT_{t-1}$  değişkeninin toplu şekilde istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı test edilir. Üçüncü eşitlikte ise  $\Delta GSYIH$  ve  $\Delta TE$  değişkenlerinin gecikmeli değerleri ile  $ECT_{t-1}$  değişkeninin istatistiksel olarak anlamlılığı toplu olarak test edilir. Gecikme uzunluğu Akaike bilgi kriterine göre belirlenmiştir.

Farklı enerji kaynaklarına göre yapılan analizlerde ise eşbütünleşmenin olmadığı durumda (4.16), (4.17), (4.18) ve (4.19) eşitliklerinden oluşan VAR modeli oluşturulmuştur. Bu model kömür modeli için oluşturulmuştur.

$$\begin{aligned} \Delta GSYIH = & \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta C_{t-i} \\ & + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta CD_{t-i} + \varepsilon_{1,t} \end{aligned} \quad (4.16)$$

$$\begin{aligned} \Delta C = & \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta C_{t-i} \\ & + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta CD_{t-i} + \varepsilon_{2,t} \end{aligned} \quad (4.17)$$

$$\begin{aligned} \Delta CD = & \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta C_{t-i} \\ & + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta CD_{t-i} + \varepsilon_{3,t} \end{aligned} \quad (4.18)$$

$$\begin{aligned} \Delta KS = & \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta C_{t-i} \\ & + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta CD_{t-i} + \varepsilon_{4,t} \end{aligned} \quad (4.19)$$

Ayrıca eşbütünleşmenin varlığı durumunda ise aşağıdaki VEC modeli kullanılacaktır. VEC modeli (4.20), (4.21), (4.22) ve (4.23) eşitliklerinden oluşmaktadır. Bu model kömür modeli için oluşturulmuştur.

$$\Delta GSYIH = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta C_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta CD_{t-i} + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_{1,t} \quad (4.20)$$

$$\Delta C = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta C_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta CD_{t-i} + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_{2,t} \quad (4.21)$$

$$\Delta CD = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta C_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta CD_{t-i} + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_{3,t} \quad (4.22)$$

$$\Delta KS = \alpha_1 + \sum_{i=1}^n \gamma_i \Delta GSYIH_{t-i} + \sum_{i=1}^n \theta_i \Delta KS_{t-i} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \Delta C_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta CD_{t-i} + \delta ECT_{t-1} + \varepsilon_{4,t} \quad (4.23)$$

Bu bölümde yukarıda açıklanan modelleme çerçevesinde ve yine yukarıda tanımlanan veriler ile sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, İngiltere, Fransa ve Japonya için gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen sonuçlara yer verilecektir.

#### 4.1. ABD SONUÇLARI

VAR modelinin uygulanabilmesi için serilerin durağan olması gerekmektedir. Serilerin durağan olmaması durumunda fark alma işlemi yapılarak seriler durağan hale getirilebilir. Bu nedenle çalışmada kullanılan veriler öncelikle durağan olup olmadıklarının tespiti amacıyla birim kök testlerine tabi tutulmuştur. Bu amaçla Artırılmış Dickey Fuller ve Phillips-Perron testlerine yer verilmiştir. Tablo 4.1 düzeyde ve birinci farkta ADF ve PP testi sonuçlarını göstermektedir. Test sonuçları tüm değişkenlerin düzeyde birim kök içerdiğini, ancak birinci farkta durağan olduğunu göstermektedir. Böylece seriler  $I(1)$ 'dir.

ABD için yapılan analizde seriler  $I(1)$  olduğundan dolayı bu seriler ile oluşturulan bir modelde eşbütünleşme ilişkisinin olması ihtimali düşünülmelidir. Bu nedenle eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı test edilmiştir. Bu amaçla Johansen eşbütünleşme testi uygulanmıştır.

**Tablo 4.1. Amerika Birleşik Devletleri için Birim Kök Testlerinin Sonuçları**

	ADF Testi			
	Düzye		Birinci Fark	
	Test istatistiği	P değeri	Test istatistiği	P değeri
Kömür tüketimi	-2.297	0.427	-6.543*	0.000
Kömür dışı tüketim	-3.077	0.123	-3.633**	0.037
Sermaye stoku	-2.430	0.360	-2.037**	0.041
Fosil yakıt tüketimi	-1.326	0.611	-3.488**	0.013
Fosil yakıt dışı tüketim	-1.931	0.316	-7.363*	0.000
GSYİH	-2.786	0.209	-5.339*	0.000
Nükleer tüketimi	-1.362	0.859	-3.801**	0.025
Nükleer dışı tüketim	-1.336	0.606	-4.533*	0.001
Yenilenebilir tüketimi	-1.623	0.464	-7.457*	0.000
Yenilenebilir dışı tüketim	-2.308	0.174	-4.352*	0.001
Toplam enerji tüketimi	-2.439	0.137	-4.446*	0.001
	PP Testi			
Kömür tüketimi	-2.219	0.469	-8.644*	0.000
Kömür dışı tüketim	-2.508	0.323	-3.661**	0.035
Sermaye stoku	-0.968	0.758	-3.372**	0.017
Fosil yakıt tüketimi	-0.952	0.763	-3.488**	0.013
Fosil yakıt dışı tüketim	-1.980	0.295	-7.363*	0.000
GSYİH	-2.241	0.457	-5.301*	0.000
Nükleer tüketimi	-3.162	0.104	-7.785*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-1.159	0.685	-4.481*	0.001
Yenilenebilir tüketimi	-1.581	0.485	-7.456*	0.000
Yenilenebilir dışı tüketim	-1.976	0.296	-4.303*	0.001
Toplam enerji tüketimi	-2.088	0.250	-4.404*	0.001

Not: \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.

#### 4.1.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları

Serilerin  $I(1)$  oldukları tespit edildikleri için eşbütünleşme analizi yapılmıştır. İlk modelde GSYİH, sermaye stoku ( $KS$ ) ve toplam enerji tüketimi ( $TE$ ) arasında uzun dönemli ilişkinin var olup olmadığı Johansen eşbütünleşme testi ile belirlenecektir. Bu amaçla önce vektör otoregresif (VAR) modelin tahmin edilmesi gerekmektedir. VAR modelinde gecikme sayısının belirlenmesi de önemlidir. Gecikme uzunluğunun belirlenmesi amacıyla AIC (Akaike Bilgi Kriteri), SBC (Schwarz-Bayesian Bilgi Kriteri), FPE (Final Prediction Error) kriterlerine başvurulmuştur. Tablo 4.2 VAR modelinde, bahsedilen kriterlerin değerlerini içermektedir.

**Tablo 4.2. Toplam Enerji Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi**

Gecikme	FPE	AIC	SBC
0	3.52E-08	-8.648311	-8.531361
1	1.53E-12	-18.69109	-18.22329*
2	1.34e-12*	-18.82772*	-18.00907
3	1.62E-12	-18.65354	-17.48404

FPE ve AIC kriterleri 2 gecikme alınması gerektiğini gösterirken, SBC kriteri 1 gecikme alınmasını önermektedir. Asimptotik olarak SBC daha doğru sonuçlar veriyor olsa da, bu çalışmada olduğu gibi gözlem sayısının az olduğu durumlarda AIC ve FPE daha iyi sonuçlar vermektedir (Lütkepohl, 2006; 151). Bu nedenle AIC ve FPE'nin önerdiği 2 gecikme ile analize devam edilmiştir.

Tablo 4.3 eşbütünlük testi sonuçlarını içermektedir. Johansen eşbütünlük testinde iz istatistiği ve maksimum özdeğer istatistiği kullanılmıştır.

**Tablo 4.3. Toplam Enerji Modelinde Johansen Eşbütünlük Testi Sonuçları**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	48.781	29.797*	0.000	35.154	21.132*	0.000
$r \leq 1$	$r = 2$	13.627	15.495	0.094	13.387	14.265	0.069
$r \leq 2$	$r = 3$	0.241	3.841	0.624	0.241	3.841	0.624

Eşbütünlük testinde ilk satırda görülebileceği gibi öncelikle  $r \leq 0$  hipotezine karşı  $r > 0$  hipotezi test edilmiştir. Her iki istatistik de boş hipotezin %5 anlamlılık düzeyinde reddedilebileceğini göstermektedir. Bu durumda ikinci satırda görülen  $r \leq 1$  boş hipotezine karşı  $r = 2$  alternatif hipotezi test edildiğinde ise boş hipotezin reddedilemeyeceği belirlenmiştir.

Bu nedenle bir tane eşbütünlük vektörünün bulunduğu sonucuna varılmıştır. Bundan sonraki aşama VEC modeli kullanılarak nedensellik testinin gerçekleştirilmesidir. Ayrıca eşbütünlük eşitliği tahmini de Tablo 4.4'de sunulmuştur.

**Tablo 4.4. Toplam Enerji Modelinde Eşbütünlük Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>TE</i>	<i>SABİT</i>
	1.486	0.238	33.351
	(73.474)	(4.376)	

Tablo 4.4'de görülebilen eşbütünlük eşitliği tahminine göre uzun dönemde sermaye stoku ve toplam enerji tüketimi GSYİH ile pozitif ilişkilidir. Değişkenlerin logaritmaları alınmış olduğundan katsayılar esneklik olarak da yorumlanabilir. Bu durumda uzun

dönemde GSYİH'nin sermaye stoku esnekliği yaklaşık 1,49'dur. Ayrıca GSYİH'nin enerji tüketimi esnekliği ise yaklaşık olarak 0,24 bulunmuştur. Bu, GSYİH'nin toplam enerji tüketimine kıyasla sermaye sermaye stoku ile daha güçlü ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Eşbütünleşme eşitliği değişkenler arasında olası nedensellik ilişkisinin yönü hakkında bilgi vermediğinden, Granger nedensellik analizi uygulanmıştır. Tablo 4.5'de sunulan kısa dönem nedensellik testi sonuçlarına göre toplam enerji tüketimi ile GSYİH arasında nedensellik olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca sermaye stoku kısa dönemde GSYİH'nin Granger nedeni iken, GSYİH'nin sermaye stokunun Granger nedeni olmadığı tespit edilmiştir. Uzun dönemde ise enerji tüketimi ile GSYİH arasında iki yönlü nedensellik ilişkisi belirlenirken sermaye stokundan GSYİH'ye doğru tek yönlü nedenselliğin varlığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar enerji tüketiminin kısa dönem büyümesi yerine uzun dönem büyümesi üzerinde etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Elde edilen bu bulgular kısa dönemde her iki yönde de nedenselliğin olmadığını ifade eden yansızlık kuramını desteklerken, uzun dönemde ise iki yönlü nedenselliği içeren geri besleme kuramını destekler niteliktedir.

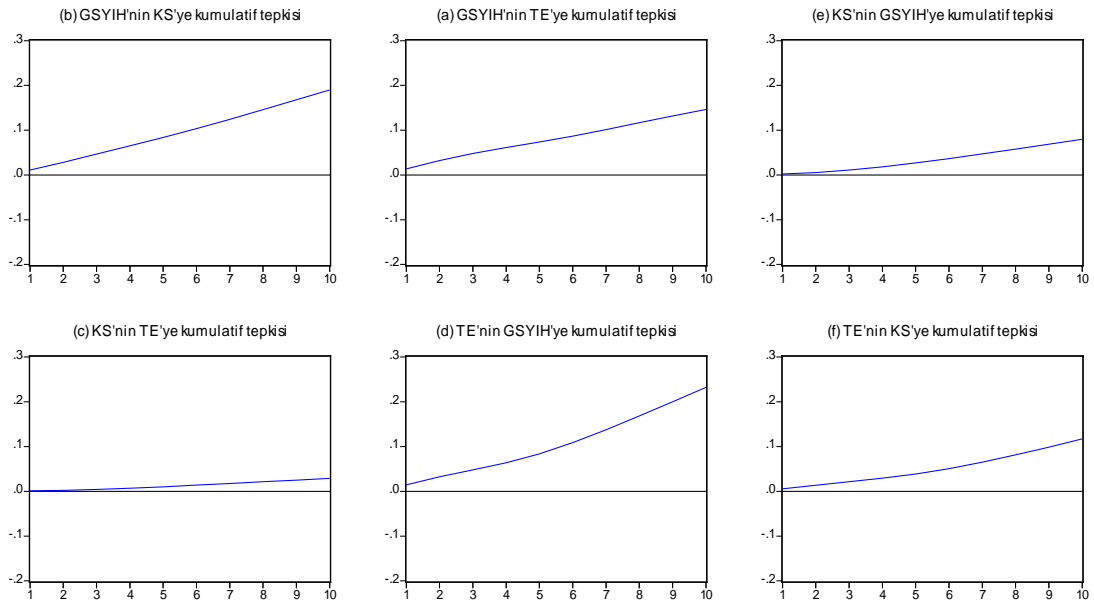
**Tablo 4.5. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken						
		Kısa Dönem						
Bağımlı değişken	$\Delta GSYIH$		$\Delta T$		$\Delta KS$			
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$			0,300	0,586	4,700	0,035		
$\Delta TE$	2,741	0,104						
$\Delta KS$	0,349	0,700						
		Uzun Dönem						
Bağımlı değişken	$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta TE$		$ECT \Delta KS$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$	-0,428	0,010			3,600	0,035	4,639	0,014
$\Delta TE$	-0,140	0,027	3,490	0,039				
$\Delta KS$	-0,064	0,337	1,481	0,234				

Granger nedensellik analizi bir değişkenin başka bir değişkeni açıklama gücü olup olmadığını test etmektedir. Ancak bir değişkenin diğer bir değişkeni ne kadar ve hangi yönde değişmesine neden olduğunu ölçmemektedir. Bu nedenle etki tepki fonksiyonlarının (veya dinamik çarpanlar) elde edilmesi gerekmektedir.

Etki tepki analizinde değişkenlerin sıralaması sonuçları değiştirdiğinden Peseran ve Shin (1998) tarafından geliştirilen genelleştirilmiş etkiler kullanılmıştır. Böylece değişkenlerin analizdeki sıralamasından bağımsız sonuçlar elde edilebilmektedir. Ayrıca değişkenlerin diğer bir değişkendeki değişime verdikleri tepkiler kümülatif olarak sunulmuştur.

**şekil 4.1. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**



Toplam enerji tüketimindeki bir şoka GSYİH'nin tepkisi şekil 4.1'de görülebilmektedir. şekilden de görülebileceği gibi enerji tüketimindeki artış GSYİH'yi hızlı bir şekilde artırmaktadır. Sermaye stokundaki bir değişim geliri yine hızlı bir şekilde artırmaktadır. Sermaye stokunun GSYİH'ye tepkisi artış yönündedir. Toplam enerji tüketiminin GSYİH'den kaynaklanan etkiye karşılık olarak verdiği tepkinin artış yönünde olduğu gözlenebilmektedir. Toplam enerji tüketiminin sermaye stokundaki bir değişime tepkisi ise düşüktür. Buradan çıkarılabilecek sonuç sermaye mallarındaki bir artışın enerji tüketimini yüksek düzeyde artırmadığıdır. Bu ise enerji verimliliğinde sağlanan artış ile açıklanabilir. Daha fazla makine ve teçhizat gibi sermaye malı kullanılıyor olmasına rağmen enerji tüketimindeki artışın düşük olması, enerji tasarruf edici teknolojik gelişmeye bağlanabilir. Toplam enerji tüketimindeki değişimin sermaye stoku üzerindeki etkisi ise çok daha azdır. Böylece iki değişken arasında bir tamamlayıcılık ilişkisinin olduğu ifade edilebilir.



GSYİH'nin toplam enerji tüketimine tepkisi ile bu iki değişken arasındaki nedensellik ilişkisi birlikte düşünüldüğünde toplam enerji tüketiminin GSYİH üzerinde bir kısıt olduğu sonucuna varılabilir. Çünkü toplam enerji tüketimi uzun dönemde GSYİH'nin nedenidir ve GSYİH toplam enerji tüketimine tepkisi ise pozitif ve yüksektir. Bunun sonucu olarak uzun dönemde enerji tüketimi için uygulanacak olan tasarruf politikalarının geliri azaltıcı etkide bulunması muhtemeldir.

Analizin son aşaması olarak uygulanan varyans ayrıştırması ile elde edilmek istenen, bir seride meydana gelen değişimin ne ölçüde diğer serilerden kaynaklandığıdır. Bu analizde de değişkenlerin sıralaması sonuçları değiştirdiğinden Peseran ve Shin (1998) tarafından geliştirilen genelleştirilmiş varyans ayrıştırması kullanılmıştır. Bu aşamaya ait sonuçlar Tablo 4.6'da verilmiştir. Toplam enerji tüketiminin GSYİH'deki değişimi açıklama gücü yüksektir. Bununla birlikte GSYİH'nin toplam enerji tüketimindeki değişimi açıklama gücü de yüksektir. Sermaye stokundaki değişimin ise toplam enerji tüketiminden çok kendisi ve GSYİH tarafından açıklandığı görülebilmektedir. Ayrıca toplam enerji tüketimindeki değişim az da olsa sermaye stokundaki değişimden kaynaklanmaktadır.

Elde edilen bu bulgular toplam enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bundan sonraki bölümlerde ise Amerika Birleşik Devletleri için farklı enerji kaynaklarına göre analizler yapılacaktır.

**Tablo 4.6. Toplam Enerji Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları**

Dönem	GSYİH için Varyans Ayrıştırması		
	GSYİH	KS	TE
0	1.000	0.215	0.447
1	0.998	0.201	0.422
2	0.995	0.189	0.401
3	0.991	0.179	0.383
4	0.987	0.171	0.368
5	0.982	0.164	0.355
	KS için Varyans Ayrıştırması		
	GSYİH	KS	TE
0	0.215	1.000	0.051
1	0.411	0.896	0.067
2	0.555	0.751	0.075
3	0.645	0.625	0.077
4	0.698	0.526	0.078
5	0.730	0.453	0.077
	TE için Varyans Ayrıştırması		
	GSYİH	KS	TE
0	0.447	0.051	1.000
1	0.504	0.052	0.992
2	0.554	0.052	0.978
3	0.596	0.052	0.960
4	0.632	0.052	0.941
5	0.662	0.052	0.921

#### 4.1.2. Kömür Modeli Sonuçları

Kömür modelinde değişkenler GSYİH, sermaye stoku, kömür tüketimi ve kömür dışı enerji tüketimidir. Bu değişkenlerin tümü  $I(1)$  olduklarından dolayı eşbütünlük analizi yapılması gerekmektedir. Bu amaçla önce VAR modelinin tahmin edilmesi gerekir. VAR modelinde kullanılacak olan gecikme sayısının belirlenebilmesi için çeşitli bilgi kriterlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.7’de sunulmuştur. Tablodan elde edilen bilgiye göre 2 gecikme alınması uygun bulunmuştur.

**Tablo 4.7. Kömür Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi**

Gecikme	FPE	AIC	SBC
0	4.43E-11	-12.48954	-12.3336
1	1.33E-15	-22.90552	-22.12585*
2	1.05E-15*	-23.15477*	-21.7514
3	1.29E-15	-22.98574	-20.9586

Eşbütünlük testi sonuçlarına göre bir tane eşbütünlük ilişkisi tespit edilmiştir. Bu nedenle hata düzeltme modeli kurulması gerekmektedir.

**Tablo 4.8. Kömür Modelinde Johansen Eşbütünlük Testi Sonuçları**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
r≤0	r>0	68.607	47.856	0.000	45.089	27.584	0.000
r≤1	r=2	23.518	29.797	0.222	16.004	21.132	0.225
r≤2	r=3	7.513	15.495	0.519	7.334	14.265	0.450
r≤3	r=4	0.179	3.841	0.672	0.179	3.841	0.672

Tablo 4.9, kömür modelinde eşbütünlük eşitliği tahmini sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre uzun dönemde sermaye stoku, kömür tüketimi ve kömür dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında pozitif ilişki bulunmaktadır. Uzun dönemde gelirin kömür tüketimi esnekliğinin kömür dışı enerji tüketimi esnekliğinden yüksek olduğu bulunmuştur. Bu sonucun kömür tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkinin kömür dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkinden daha güçlü olduğunu gösterdiği ifade edilebilir.

**Tablo 4.9. Kömür Modelinde Eşbütünlük Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>C</i>	<i>CD</i>	<i>SABİT</i>
	1.452	0.270	0.142	34.030
	(75.998)	(5.507)	(5.815)	

Hata düzeltme modeline dayalı olarak gerçekleştirilen Granger nedensellik analizi sonucunda Tablo 4.10'da sunulan sonuçlar elde edilmiştir. Kısa dönemde kömür tüketiminden GSYİH'ye doğru nedenselliğin olduğu, ancak GSYİH'den kömür tüketimine doğru nedenselliğin olmadığı ve yine kısa dönemde kömür dışı tüketim ile GSYİH arasında nedenselliğin olmadığı belirlenmiştir. Uzun dönemde ise kömür tüketimi ve kömür dışı tüketimden GSYİH'ye doğru nedensellik belirlenmiştir. Ancak ters yönde nedenselliğe rastlanamamıştır.

**Tablo 4.10. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

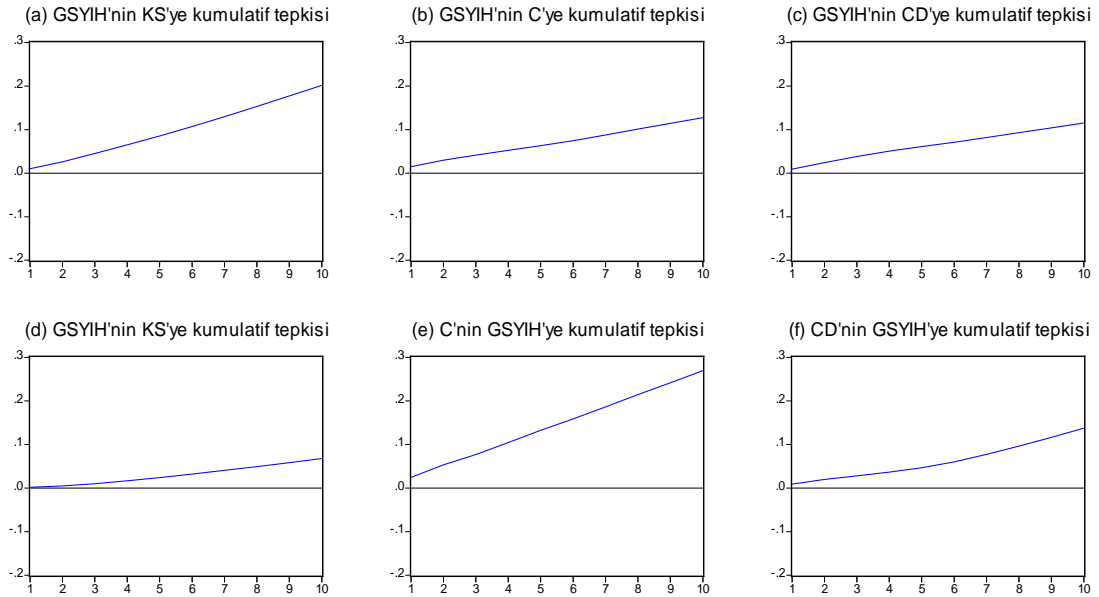
		Bağımsız değişken							
		Kısa Dönem							
		$\Delta GSYİH$		$\Delta C$		$\Delta CD$			
Bağımlı değişken		F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYİH$				6,821	0,012	1,680	0,201		
$\Delta C$		2,330	0,133						
$\Delta CD$		0,122	0,728						
		Uzun Dönem							
		$ECT$		$ECT \Delta GSYİH$		$ECT \Delta C$		$ECT \Delta CD$	
		Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$		-0,516	0,010			5,220	0,009	3,899	0,027
$\Delta C$		-0,166	0,397	1,813	0,175				
$\Delta CD$		-0,105	0,019	2,955	0,062				

Bu bulgular, kömür tüketimi ile GSYİH arasında kısa ve uzun dönemde büyüme kuramını desteklerken kömür dışı tüketim için kısa dönemde yansızlık kuramını, uzun dönemde ise büyüme kuramını desteklemektedir. Kömürün ABD için önemli bir enerji kaynağı olması ve 1960-2010 döneminde enerji ihtiyacının dörtte birinin kömürden karşılanması nedeniyle nedensellik ilişkisinin varlığı beklenen bir sonuçtur.

Kömür modeli için etki tepki fonksiyonları Şekil 4.2’de verilmiştir. GSYİH’nin sermaye stokuna kümülatif tepkisi artış yönündedir. Sermaye stokunun GSYİH’ye kümülatif tepkisi de artış yönündedir. Artış özellikle dördüncü dönemden itibaren görülmektedir. GSYİH, kömür tüketimine ve kömür dışı enerji tüketimine benzer tepkiler vermektedir. Ancak kömür tüketiminin ve kömür dışı enerji tüketiminin GSYİH’ye tepkisi farklılık göstermektedir. GSYİH’deki bir şoka kömür tüketiminin tepkisi, kömür dışı enerji tüketiminin tepkisinden daha fazladır. Bu durum kömür tüketiminin gelirdeki bir artıştan daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Bu sonuçtan yoğun kömür tüketen sektörlerin (örneğin demir-çelik sektörü) gelirdeki bir artışa daha duyarlı olduğu anlaşılabilir.

Bu sonuçlar kömür ve kömür dışı enerji tüketiminin gelir üzerinde birbirinden farklı bir etkide bulunmadığını göstermektedir. Ancak gelirdeki artışın kömür tüketimini kömür haricindeki enerji tüketimini artırdığından daha fazla artırmaktadır. Bu nedenle ABD’nin büyümesinin kömür tüketimini artıran bir büyüme olduğu söylenebilir.

### Şekil 4.2. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



Etki tepki fonksiyonları ve nedensellik analizi sonuçları birlikte ele alındığında kömür tüketiminin uzun dönemde GSYİH'nin nedeni olarak belirlendiğinden ve GSYİH'nin kömür tüketimine tepkisi pozitif ve yüksek olduğundan kömür tüketiminde meydana gelecek bir azalış gelirin azalmasına neden olabilecektir. Bu nedenle kömür tüketimini azaltıcı etkiye bulunacak olan politikaların geliri de düşüreceği ifade edilebilir.

Tablo 4.11'de kömür modeli için varyans ayrıştırması sonuçları raporlanmıştır. GSYİH'deki değişimin kömür dışı enerji tüketiminden çok kömür tüketiminden kaynaklandığı görülmektedir. Sermaye stokundaki değişimi ise hem kömür tüketiminin hem de kömür dışı tüketimin açıklama gücü oldukça düşüktür. Ayrıca kömür tüketimindeki değişimi kömür dışı enerji tüketiminin açıklama oranı ve kömür dışı enerji tüketimindeki değişim kömür tüketimi tarafından birbirine yaklaşık oranlarda açıklanmaktadır.

**Tablo 4.11. Kömür Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları**

Dönem	GSYİH için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	C	CD
0	1.000	0.225	0.447	0.259
1	0.996	0.217	0.414	0.246
2	0.990	0.210	0.387	0.235
3	0.984	0.204	0.365	0.226
4	0.977	0.198	0.347	0.218
5	0.971	0.194	0.332	0.212
	KS için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	C	CD
0	0.225	1.000	0.016	0.017
1	0.377	0.876	0.014	0.023
2	0.463	0.732	0.012	0.026
3	0.508	0.619	0.011	0.027
4	0.530	0.537	0.009	0.028
5	0.543	0.479	0.009	0.028
	C için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	C	CD
0	0.447	0.016	1.000	0.075
1	0.474	0.017	0.998	0.077
2	0.497	0.018	0.994	0.078
3	0.517	0.019	0.990	0.080
4	0.534	0.020	0.985	0.081
5	0.549	0.021	0.981	0.082
	CD için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	C	CD
0	0.259	0.017	0.075	1.000
1	0.313	0.021	0.073	0.986
2	0.357	0.024	0.071	0.961
3	0.394	0.026	0.069	0.933
4	0.423	0.028	0.067	0.905
5	0.446	0.030	0.065	0.879

### 4.1.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları

Serilerin  $I(1)$  olması sebebiyle yapılacak olan eşbütünlüşme analizinde gecikme sayısının belirlenmesi için kullanılan kriterlerden FPE ve AIC kriterleri iki gecikmeyi ifade ettiklerinden dolayı gecikme sayısı iki olarak belirlenmiştir. Sonrasında ise eşbütünlüşme analizine geçilmiştir. Eşbütünlüşme testi sonuçları Tablo 4.13'de sunulmuştur.

**Tablo 4.12. Fosil Yakıt Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi**

Gecikme	FPE	AIC	SBC
0	3.27E-10	-10.48966	-10.3337
1	9.18E-16	-23.27579	-22.4961*
2	6.99e-16*	-23.56328*	-22.1599
3	7.60E-16	-23.51696	-21.4898

Eşbütünlük testinde kullanılan iz ve maksimum özdeğer istatistikleri bir eşbütünlük vektörünün varlığını göstermektedir bu nedenle hata düzeltme modeli oluşturulmuştur.

**Tablo 4.13. Fosil Yakıt Modelinde Johansen Eşbütünlük Testi Sonuçları**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
		%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri	
r≤0	r>0	79.304	47.856	0.000	50.706	27.584	0.000
r≤1	r=2	28.598	29.797	0.068	20.461	21.132	0.062
r≤2	r=3	8.137	15.495	0.451	6.741	14.265	0.520
r≤4	r=4	1.396	3.841	0.237	1.396	3.841	0.237

Tablo 4.14'deki eşbütünlük eşitliği tahmini sonuçlarına göre ise sermaye stoku, fosil yakıt tüketimi ve fosil yakıt dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında pozitif ilişki vardır. Gelirin fosil yakıt tüketimi esnekliği ise fosil yakıt dışı tüketim esnekliğinden daha küçük bulunmuştur.

**Tablo 4.14. Fosil Yakıt Modelinde Eşbütünlük Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>F</i>	<i>FD</i>	<i>SABİT</i>
	1.412	0.221	0.237	33.551
	(55.906)	(9.377)	(8.046)	

Granger nedensellik analizi sonuçlarına göre fosil yakıt dışı enerji tüketimi kısa dönemde GSYİH'nin nedenidir. GSYİH ise uzun dönemde fosil yakıt tüketimi ile tek yönlü nedensellik ilişkisi içindedir. Uzun dönemde ayrıca fosil yakıt tüketimi ve fosil yakıt dışı enerji tüketimi GSYİH'nin nedeni olarak bulunmuştur. Ancak GSYİH'den fosil yakıt dışı enerji tüketimine doğru kısa ve uzun dönemde nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.

Fosil yakıt modeli bulguları kısa dönemde fosil ve fosil yakıt dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında büyüme kuramına uygundur. Uzun dönemde ise fosil yakıt tüketimi ile

GSYİH arasında muhafaza kuramına, fosil yakıt dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında ise yansızlık kuramına uygun sonuçlar bulunmuştur.

ABD'nin enerji tüketimini yaklaşık %60'ının fosil yakıt tüketiminden karşılandığı düşünüldüğünde eşbütünleşme eşitliğinden ve nedensellik testlerinin sonuçları oldukça ilginçtir. Bu durum, fosil yakıt tüketiminde verimliliğin düşük olması ile açıklanabilir.

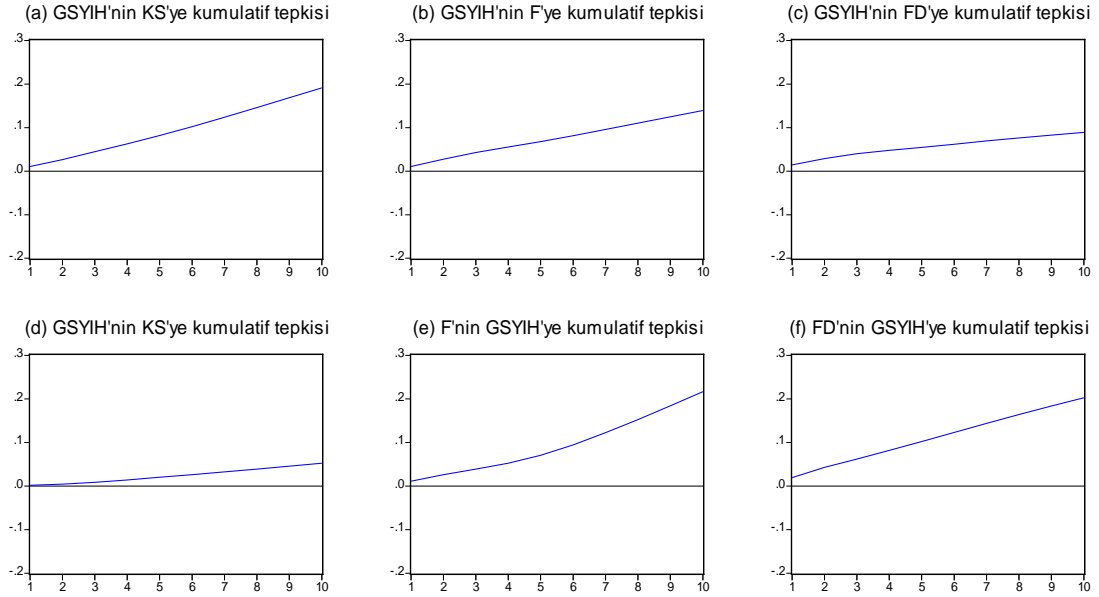
**Tablo 4.15. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken						
		Kısa Dönem						
Bağımlı değişken	$\Delta GSYIH$		$\Delta F$		$\Delta FD$			
	F istatistiği	P değeri	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$			3,040	0,088	6,236	0,016		
$\Delta F$	1,046	0,312						
$\Delta FD$	0,608	0,439						
		Uzun Dönem						
Bağımlı değişken	$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta F$		$ECT \Delta FD$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$	-0,618	0,000			7,917	0,001	8,822	0,000
$\Delta F$	-0,118	0,014	3,435	0,041				
$\Delta FD$	-0,014	0,865	0,306	0,737				

Etki tepki analizi sonuçları Şekil 4.3'de sunulmuştur. Buna göre GSYİH'nin sermaye stokundan kaynaklanan bir etkiye karşılık olarak verdiği tepki artış yönündedir. Sermaye stokunun GSYİH'deki bir şoka tepkisinin ise oldukça düşük olduğu görülmektedir. GSYİH'nin fosil yakıt tüketiminde ve fosil yakıt dışı enerji tüketimindeki bir değişikliğe tepkisi artış yönündedir. Ancak iki değişkene verdiği tepkinin birbirine yakın olduğu görülebilmektedir. Fosil yakıt tüketiminin ve fosil yakıt dışı enerji tüketiminin GSYİH'deki bir değişime tepkisi ise dönemler arasında aynı kalan bir artış oranı göstermektedir. Ancak fosil dışı yakıt tüketiminin GSYİH'deki değişime daha fazla tepki verdiği belirlenmiştir. Bu ise fosil yakıt dışı enerji tüketimini artıran bir büyümenin varlığına işaret etmektedir. Fosil yakıt tüketiminde 1960-2010 arasında yaşanmış olan %15 azalış da bu durumu teyit ettiği söylenebilir.



### Şekil 4.3. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



Varyans ayrıştırması sonuçlarına göre GSYİH'deki değişimin fosil yakıt tüketiminden çok fosil yakıt dışı enerji tüketiminden kaynaklandığı belirlenmiştir. Ayrıca fosil yakıt dışı enerji tüketiminin fosil yakıt tüketimini açıklama oranı ile fosil yakıt tüketiminin fosil yakıt dışı enerji tüketimini açıklama oranı birbirine yakındır..

Fosil yakıt tüketiminin uzun dönemde GSYİH'nin nedeni olması ve GSYİH'nin fosil yakıt tüketimine pozitif ve yüksek oranda tepki vermesinin sonucu olarak fosil yakıt tüketiminin gelir için kısıtlayıcı bir etkisinin bulunduğu söylenebilir. Bu enerji kaynağının tüketiminde meydana gelebilecek olan bir azalış gelirden azalmayı beraberinde getirecektir.

**Tablo 4.16. Fosil Yakıt Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları**

Dönem	GSYİH için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	F	FD
0	1.000	0.276	0.268	0.432
1	0.999	0.271	0.255	0.414
2	0.996	0.266	0.243	0.399
3	0.993	0.261	0.233	0.386
4	0.990	0.257	0.225	0.374
5	0.986	0.254	0.218	0.364
	KS için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	F	FD
0	0.276	1.000	0.006	0.042
1	0.438	0.908	0.009	0.054
2	0.539	0.791	0.011	0.060
3	0.597	0.693	0.012	0.062
4	0.631	0.617	0.012	0.063
5	0.651	0.559	0.013	0.063
	F için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	F	FD
0	0.268	0.006	1.000	0.105
1	0.343	0.011	0.983	0.115
2	0.409	0.017	0.951	0.121
3	0.465	0.023	0.913	0.125
4	0.512	0.028	0.874	0.128
5	0.550	0.033	0.837	0.129
	FD için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	F	FD
0	0.432	0.042	0.105	1.000
1	0.419	0.040	0.105	1.000
2	0.408	0.039	0.105	0.999
3	0.397	0.037	0.104	0.998
4	0.388	0.036	0.104	0.996
5	0.379	0.035	0.103	0.995

#### 4.1.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları

Nükleer enerji modelinde kullanılan değişkenler  $I(I)$  olduklarından eşbütünleşme analizi yapılması gerekmektedir. Öncelikle eşbütünleşme analizinde kullanılması gereken gecikme sayısı belirlendiğinde, tüm kriterler 1 gecikme alınması gerektiğini ifade etmektedirler.

**Tablo 4.17. Nükleer Enerji Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi**

Gecikme	FPE	AIC	SBC
0	3.89E-08	-5.711497	-5.55556
1	1.42e-14*	-20.53835*	-19.75868*
2	1.51E-14	-20.4904	-19.087
3	1.86E-14	-20.32125	-18.2941

Tablo 4.18'deki eşbütünlük analizi sonuçlarına göre iki eşbütünlük vektörü bulunmaktadır. Bu durumda yapılması gereken ise hata düzeltme modelinin oluşturulmasıdır.

**Tablo 4.18. Nükleer Enerji Modelinde Johansen Eşbütünlük Testi Sonuçları**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
		%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri	
r≤0	r>0	98.364	47.856	0.000	61.687	27.584	0.000
r≤1	r=2	36.677	29.797	0.007	23.971	21.132	0.019
r≤2	r=3	12.706	15.495	0.126	12.017	14.265	0.110
r≤4	r=4	0.689	3.841	0.407	0.689	3.841	0.407

Tablo 4.19'da sunulmuş olan eşbütünlük eşitliği tahmin sonuçlarına göre sermaye stoku, nükleer enerji tüketimi ve nükleer dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında pozitif ilişki bulunmaktadır. Ancak gelirin nükleer enerji tüketimi esnekliği oldukça düşüktür. Gelirin nükleer dışı enerji tüketimi esnekliği ise nükleer enerji tüketimi esnekliğinden çok daha büyüktür. Bu durum nükleer enerji tüketimi ile gelirin ilişkisinin oldukça zayıf olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.19. Nükleer Enerji Modelinde Eşbütünlük Eşitliği Tahmini Sonuçları**

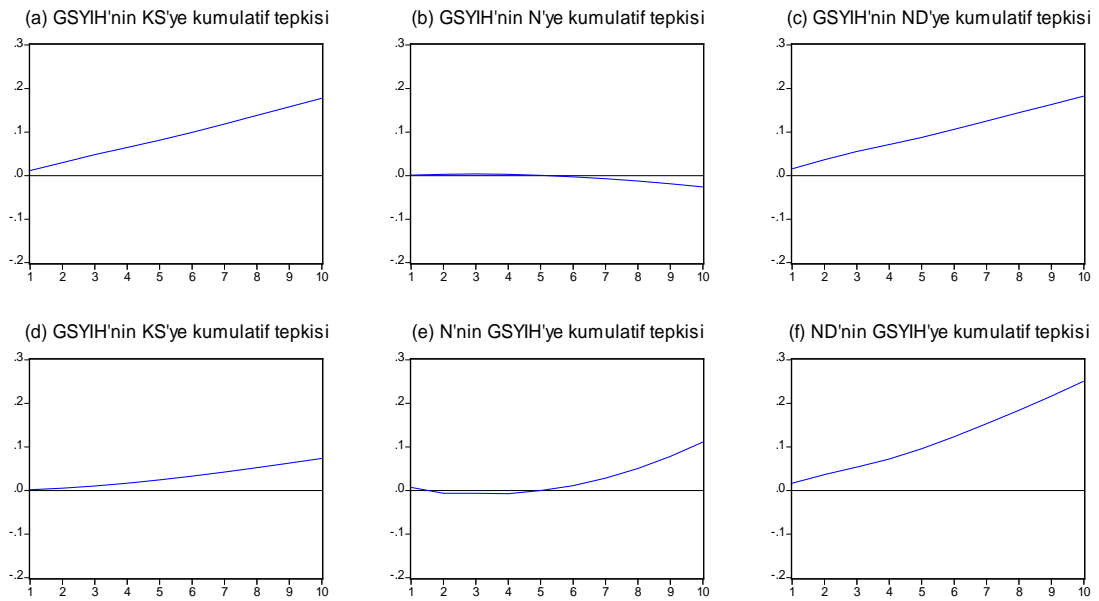
<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>N</i>	<i>ND</i>	<i>SABİT</i>
	1.393	0.018	0.276	32.321
	(55.407)	(5.953)	(9.228)	

Tablo 4.19'da raporlanmış olan Granger nedensellik analizi bulguları kısa ve uzun dönemde nükleer enerji tüketimi ile nükleer dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında nedensellik ilişkisi olmadığını göstermektedir. Elde edilen nedensellik sonuçları nükleer modelinde yansızlık kuramını desteklemektedir. Eşbütünlük eşitliğiyle elde edilen bulgular ve nedensellik testi sonuçları birlikte düşünüldüğünde nükleer enerji tüketiminin gelir üzerinde hissedilir etkisinin olmadığı sonucuna varılabilmektedir.

**Tablo 4.20. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken						
		Kısa Dönem						
Bağımlı değişken	$\Delta GSYIH$		$\Delta N$		$\Delta ND$			
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$			0,071	0,790	0,084	0,772		
$\Delta N$	1,094	0,345						
$\Delta ND$	1,634	0,207						
		Uzun Dönem						
Bağımlı değişken	$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta N$		$ECT \Delta ND$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$	-0,381	0,031			2,948	0,063	2,482	0,095
$\Delta N$	-0,049	0,104	1,633	0,197				
$\Delta ND$	-0,096	0,073	2,045	0,141				

Etki tepki analizi sonuçları Şekil 4.4’de görülmektedir. GSYİH’nin sermaye stokunun etkisine karşılık olarak verdiği tepki dönemler ilerledikçe aynı oranda artmaktadır. GSYİH’nin nükleer enerji tüketimine tepkisi ile nükleer enerji tüketiminin GSYİH’deki değişime tepkisi hemen hemen yok gibidir. Bu durum nükleer enerji tüketimi ile GSYİH arasında etkileşim olmaması olarak yorumlanabilir. Nükleer dışı enerji tüketiminin GSYİH’ye ve GSYİH’nin nükleer dışı enerji tüketimine tepkisi ise artış yönündedir ve dönemler arasında artış oranı bakımından bir farklılık olmadığı görülebilmektedir.

**Şekil 4.4. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**

Nükleer enerji modelinde elde edilen bulgular nükleer enerji tüketiminin GSYİH üzerinde kısıtlayıcı bir etkisinin bulunduğu dair bir bilgi vermemektedir. Nükleer enerjinin gelir üzerinde kısıtlayıcı bir etkisi bulunmadığından, bu kaynağın kullanımını azaltıcı politikaların geliri azaltıcı etkisinin olmayacağı ifade edilebilir.

**Tablo 4.21. Nükleer Enerji Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları**

Dönem	GSYİH için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	N	ND
0	1.000	0.274	0.036	0.458
1	1.000	0.273	0.040	0.451
2	0.999	0.271	0.044	0.444
3	0.998	0.269	0.048	0.438
4	0.997	0.268	0.051	0.432
5	0.996	0.266	0.054	0.427
	KS için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	N	ND
0	0.274	1.000	0.043	0.023
1	0.437	0.939	0.072	0.051
2	0.563	0.849	0.092	0.077
3	0.650	0.762	0.104	0.097
4	0.711	0.688	0.109	0.112
5	0.753	0.628	0.112	0.123
	N için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	N	ND
0	0.036	0.043	1.000	0.014
1	0.066	0.050	0.991	0.025
2	0.100	0.056	0.973	0.038
3	0.137	0.061	0.949	0.051
4	0.174	0.066	0.922	0.066
5	0.209	0.069	0.893	0.080
	ND için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	N	ND
0	0.458	0.023	0.014	1.000
1	0.483	0.027	0.021	0.998
2	0.506	0.031	0.029	0.993
3	0.528	0.035	0.038	0.986
4	0.550	0.038	0.046	0.977
5	0.569	0.042	0.054	0.968

Varyans ayrıştırması sonuçları incelendiğinde nükleer enerji tüketiminin GSYİH'deki değişimi açıklama gücünün oldukça düşük olduğu görülmektedir. Aynı durum sermaye stokundaki değişimi açıklama gücü için de geçerlidir. Ancak nükleer enerji tüketimi sermaye stokunu nükleer dışı enerji tüketimine göre daha yüksek oranda açıklamaktadır. Nükleer enerji tüketimi teknoloji yoğun bir enerji kaynağı olduğu için sermaye stokunu yüksek oranda açıklaması mümkündür.

#### 4.1.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları

Serilerin birinci dereceden bütünlük olması nedeniyle seriler arasındaki eşbütünlük ilişkisinin araştırılması gerekmektedir. Bunun yapılabilmesi için öncelikle VAR modelinin oluşturulması ve bu modelde gecikme sayısının belirlenmesi gerekir. Tablo 4.22’de görüldüğü gibi gecikme sayısı tüm kriterlere göre bir olarak alınmalıdır.

**Tablo 4.22. Yenilenebilir Enerji Modelinde VAR Analizi için Uygun Gecikme Sayısının Belirlenmesi**

Gecikme	FPE	AIC	SBC
0	2.36E-10	-10.81492	-10.659
1	2.31e-15*	-22.3539*	-21.5743*
2	2.61E-15	-22.2443	-20.8409
3	3.46E-15	-22.0019	-19.9748

Johansen eşbütünlük testi sonuçlarını gösteren Tablo 4.23’e göre seriler arasında bir eşbütünlük ilişkisi belirlenmiştir. Bundan sonraki aşama ise hata düzeltme modelinin oluşturulmasıdır.

**Tablo 4.23. Yenilenebilir Enerji Modelinde Johansen Eşbütünlük Testi Sonuçları**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
		%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri	
r≤0	r>0	67.447	47.856	0.000	42.532	27.584	0.000
r≤1	r=2	24.916	29.797	0.165	19.200	21.132	0.091
r≤2	r=3	5.715	15.495	0.729	5.616	14.265	0.663
r≤4	r=4	0.099	3.841	0.753	0.099	3.841	0.753

Yenilenebilir enerji modeline ait eşbütünlük eşitliği tahmin sonuçları Tablo 4.24’de görülebilmektedir. Buna göre sermaye stoku ve yenilenebilir dışı enerji tüketimi GSYİH ile uzun dönemde pozitif ilişki içindedir. Yenilenebilir enerji tüketiminin katsayısı ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu durum yenilenebilir enerji tüketiminin uzun dönemde gelir üzerinde ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkisinin olmadığını göstermektedir. Gelirin yenilenebilir dışı enerji tüketimi esnekliği ise 0,21 düzeyindedir.

**Tablo 4.24. Yenilenebilir Enerji Modelinde Eşbütünlük Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>R</i>	<i>RD</i>	<i>SABİT</i>
	1.469	0.041	0.213	33.311
	(94.786)	(1.394)	(4.884)	

Hata düzeltme modelinden elde edilen nedensellik testi sonuçlarına göre yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenebilir dışı enerji tüketimi kısa ve uzun dönemde GSYİH’nin

Granger nedeni değildir. Ancak uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile yenilenebilir dışı enerji tüketimi için P değerleri sınır değere oldukça yakındır. Bu nedenle uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile yenilenebilir dışı enerji tüketiminin GSYİH'nin nedeni olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Kısa dönemde GSYİH ile yenilenebilir ve yenilenebilir dışı enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisine ise rastlanamamıştır. Uzun dönemde ise GSYİH yenilenebilir enerji tüketiminin Granger nedeni değilken, yenilenebilir dışı enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre uzun dönemde ise yenilenebilir dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında geri besleme kuramı geçerlidir. Yine uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ile GSYİH arasında büyüme kuramına uygun sonuç elde edilmiştir. Diğer ilişkilerde ise yansızlık kuramı geçerlidir.

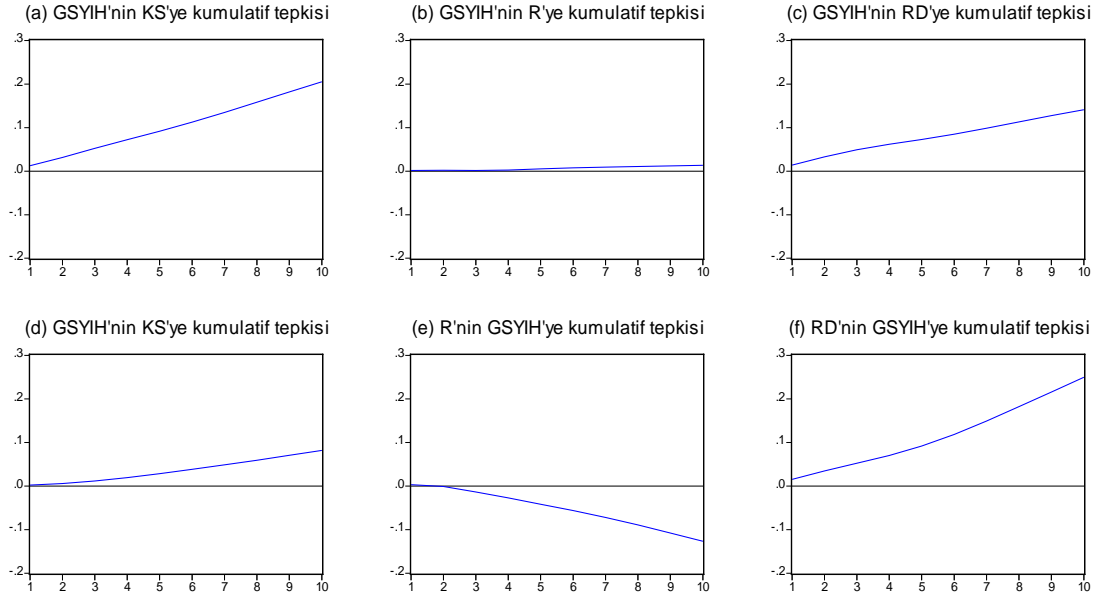
Bu sonuçlar yenilenebilir enerji tüketiminin gelir ile ilişkisinin zayıf olduğunu göstermektedir. Ancak yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının %5 olduğu düşünüldüğünde bu sonuç normal karşılanabilir.

**Tablo 4.25. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken							
		Kısa Dönem							
		$\Delta GSYIH$		$\Delta R$		$\Delta RD$			
Bağımlı değişken		F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$				0,079	0,779	0,211	0,647		
$\Delta R$		0,000	0,998						
$\Delta RD$		2,242	0,141						
		Uzun Dönem							
		$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta R$		$ECT \Delta RD$	
		Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$		-0,428	0,016			3,155	0,052	3,160	0,052
$\Delta R$		-0,180	0,028	2,925	0,064				
$\Delta RD$		-0,151	0,021	3,642	0,034				

Yenilenebilir enerji modelinde etki tepki analizi sonuçları Şekil 4.5'de sunulmuştur. GSYİH'nin sermaye stokuna tepkisi dönemler itibariyle değişmemektedir. Sermaye stokunun GSYİH'ye kümülatif tepkisi ise oldukça düşüktür. GSYİH'nin yenilenebilir enerji tüketimine tepkisi ve yenilenebilir enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi ise yok denecek kadar azdır. GSYİH'nin yenilenebilir dışı enerji tüketimine tepkisi iki dönem artış gösterirken sonrasında artış miktarı azalmaktadır. Yenilenebilir dışı enerji tüketiminin GSYİH'deki şoka kümülatif tepkisi önce artmış sonra yatay seyir izlemiştir.

### Şekil 4.5. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları



Yenilenebilir enerji modelinde uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimi GSYİH'nin nedenidir ancak GSYİH'nin yenilenebilir enerji tüketimine tepkisi yok denebilecek düzeyde olduğundan, bu kaynağın gelirin bir kısıtı olduğunu söylemek doğru olamayacaktır. Bu nedenle yenilenebilir enerji tüketimini azaltıcı etkide bulunacak bir tasarruf politikasının gelir üzerinde etkisi olamayacaktır.

Varyans ayrıştırması sonuçlarını içeren Tablo 4.26'ya göre yenilenebilir enerji tüketiminin GSYİH'deki değişimi açıklama gücü çok düşüktür. Benzer durum yenilenebilir enerji tüketiminin sermaye stokundaki değişimi açıklama oranı için de geçerlidir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimindeki değişimin kendisini oldukça yüksek oranda açıklaması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kendine has durumları ile açıklanabilir. Özellikle gelirdeki bir artışın daha hızlı bir şekilde tüketime sunulabilecek enerji kaynaklarının tüketimini artırması beklenen bir durumdur. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimini artırmak göreceli olarak daha zordur. Çünkü öncelikle bu enerji kaynaklarından yararlanılabilecek miktarın artırılması için yeni tesislerin kurulması veya var olan tesislerden daha fazla enerji elde edilmesini sağlayacak şekilde teknolojinin gelişmesi gerekmektedir. Ayrıca bu tür kaynaklar stoklanabilir değildir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek miktarda kullanılması ve acil enerji ihtiyaçlarını hızlı bir şekilde gidermesi mümkün değildir. Yenilenebilir enerjinin



gelirdeki artış kaynaklı enerji ihtiyaçlarındaki değişime cevap vermemesi bu şekilde açıklanabilir.

**Tablo 4.26. Yenilenebilir Enerji Modelinde Varyans Ayrıştırması Sonuçları**

Dönem	GSYİH için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	R	RD
0	1.000	0.234	0.011	0.442
1	0.998	0.227	0.008	0.419
2	0.994	0.221	0.006	0.400
3	0.989	0.216	0.004	0.383
4	0.984	0.211	0.003	0.368
5	0.979	0.207	0.003	0.355
	KS için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	R	RD
0	0.234	1.000	0.011	0.038
1	0.368	0.915	0.031	0.041
2	0.459	0.795	0.048	0.041
3	0.514	0.687	0.061	0.039
4	0.547	0.601	0.070	0.037
5	0.566	0.534	0.077	0.035
	R için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	R	RD
0	0.011	0.011	1.000	0.001
1	0.009	0.012	1.000	0.001
2	0.007	0.012	0.999	0.001
3	0.006	0.013	0.997	0.001
4	0.005	0.013	0.996	0.001
5	0.004	0.013	0.994	0.001
	RD için Varyans Ayrıştırması			
	GSYİH	KS	R	RD
0	0.442	0.038	0.001	1.000
1	0.494	0.043	0.001	0.992
2	0.539	0.047	0.001	0.977
3	0.578	0.050	0.002	0.958
4	0.611	0.053	0.003	0.936
5	0.639	0.055	0.005	0.914

#### 4.1.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları

Tüm kaynakları içeren bir model oluşturulduğunda toplam enerji tüketimi  $C$ ,  $F$ ,  $N$  ve  $R$  değişkenlerine ayrılarak temsil edilmiştir<sup>3</sup>. Eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edildiğinden VEC modeli oluşturulmuştur. Elde edilen eşbütünleşme eşitliğine göre sermaye stoku esnekliği yaklaşık olarak 1,41, kömür tüketimi esnekliği 0,20, fosil yakıt

<sup>3</sup> ABD ve incelenen diğer ülkelerde tüm kaynakları içeren modellere ait eşbütünleşme testi sonuçlarına ve etki tepki fonksiyonlarına Ek-A kısmında yer verilmiştir.

tüketimi esnekliği 0,11 ve nükleer enerji tüketimi esnekliği 0,01'dir. Yenilenebilir enerji tüketimi esnekliği ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

**Tablo 4.27. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>N</i>	<i>R</i>	<i>SABİT</i>
	1.413	0.196	0.108	0.008	-0.043	32.635
	(61.141)	(4.284)	(5.958)	(2.613)	(-1.867)	

Nedensellik testlerinde ise kısa dönemde kömür tüketiminin GSYİH'nin nedeni olduğu belirlenmiştir. Uzun dönemde ise GSYİH, kömür tüketiminin, nükleer enerji tüketiminin ve yenilenebilir enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular kömür tüketimindeki değişimin GSYİH'deki değişimin öncü bir göstergesi olduğunu göstermektedir. Ayrıca gelirin kömür, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji tüketiminin uzun dönemde nedeni olması, gelir artışlarıyla bu kaynaklardan daha fazla kullanılmasına yönelik olarak yatırım yapıldığı şeklinde yorumlanabilir.

**Tablo 4.28. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken											
		Kısa Dönem											
		$\Delta GSYIH$		$\Delta C$		$\Delta F$		$\Delta N$		$\Delta R$			
Bağımlı değişken		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P		
	$\Delta GSYIH$				5,054	0,030	0,256	0,615	0,507	0,480	0,066	0,797	
$\Delta C$		0,328	0,569										
$\Delta F$		0,013	0,907										
$\Delta N$		0,013	0,907										
$\Delta R$		0,879	0,354										
		Uzun Dönem											
		<i>ECT</i>		<i>ECT</i> $\Delta GSYIH$		<i>ECT</i> $\Delta C$		<i>ECT</i> $\Delta F$		<i>ECT</i> $\Delta N$		<i>ECT</i> $\Delta R$	
		P		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
$\Delta GSYIH$		-0,422	0,093			2,894	0,066	1,579	0,218	1,710	0,193	1,542	0,225
$\Delta C$		-0,511	0,037	3,870	0,028								
$\Delta F$		-0,072	0,126	1,232	0,302								
$\Delta N$		-0,116	0,005	5,068	0,010								
$\Delta R$		-0,342	0,006	4,315	0,019								

Bu bulgular, kaynaklara göre oluşturulan modellerden elde edilen bulgular ile tam olarak örtüşmemektedir. Ancak kömür tüketiminin GSYİH'nin nedeni olduğu bulgusu ile nükleer ve yenilenebilir enerji tüketiminin GSYİH'nin nedeni olmadığı bulguları bu

modeldeki bulgular ile paraleldir. Fosil yakıt modelinde nedensellik bulunamaması örtüşmeyen tek bulgudur.

Modelde etki tepki fonksiyonları yardımıyla çeşitli kaynak kullanımlarının karşılıklı etkileşimi de analiz edilmiştir. Kömür tüketimi ile fosil yakıt tüketimi arasında pozitif ilişki olduğu, yani kaynaklardan birinin tüketimi arttıkça diğerinin tüketiminin de arttığı belirlenmiştir. Nükleer enerji tüketiminin ise kömür kullanımı arttıkça düştüğü gözlenmiştir.

Fosil yakıtlar yoğun olarak kimya sektöründe, ulaşımda ve hanehalkı tüketiminde kullanılmaktadır. Kömür ise bu sektörlerde ara girdi olarak kullanılan ürünleri üreten demir çelik sektöründe kullanılmaktadır. Bu nedenle kömür tüketimi ile fosil yakıt tüketimi arasında pozitif ilişki bulunması beklenir. Ayrıca kömür tüketimi ile nükleer enerji tüketimi ikame olarak değerlendirilebilir. Kömürün kullanım alanlarından demir çelik sektörü ve elektrik üretimi ile nükleer enerjinin kullanım alanları birbiriyle örtüşebilmektedir. Demir çelik sektöründe de nükleer enerji kaynaklı elektrik enerjisinin kullanımı mümkündür. Dolayısıyla kömürün kullanıldığı her sektörde nükleer enerjiden elde edilen elektrik de kullanılabilir. Bu nedenle iki kaynağın birbirlerinin ikamesi olması muhtemeldir. Ayrıca fosil yakıt ile nükleer enerjinin tamamlayıcı olduğu sonucuna varılabilmektedir. Benzer ilişki nükleer enerji ile yenilenebilir enerji arasında da bulunmaktadır. Bu sonuçların ABD'nin fosil yakıtlara ve kömüre bağımlı olmasıyla yakından ilişkili olduğunu ifade etmek yanlış olmayacaktır.

Tüm modellerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde ABD'nin büyümesinin kömür ve fosil yakıt tüketimi artıran bir büyüme olduğu görülmektedir. Ayrıca nükleer ve yenilenebilir enerji tüketiminin GSYİH ile etkileşiminin düşük olduğu da belirlenmiştir. Bu durum söz konusu ülke için sürdürülebilir bir büyüme açısından kaynakların kıtlığı ve çevre düşünüldüğünde sorun oluşturabilecektir. Kömür ve fosil yakıtların yenilenebilir olmaması ve bu kaynakların miktarının giderek azalması büyüme üzerinde etkili olacak olan faktörlerden biridir. Ayrıca bu kaynakların çevreye etkileri ve daha temiz kaynaklar olan nükleer ve yenilenebilir enerjinin GSYİH ile ilişkisinin düşük olması bu ülkenin çevresel açıdan sürdürülebilir büyümesinin önünde engel teşkil edebilecektir.

Yukarıda açıklanan sorunları aşabilmek için ABD'nin kömür ve fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltması gerekmektedir. Bu bağımlılığın azaltılması hem kömür ve fosil yakıtların daha verimli kullanılmasını sağlayacak teknolojik gelişme ile hem de nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılmasını teşvik edecek politikalar geliştirilerek yapılabilir.

ABD ile ilgili oluşturulan modeller ile ilgili yapılan analizlerde sermaye stoku değişkeninin katsayısının tüm modellerde birbirine yakın değerlerde bulunması modellerin birbirleriyle tutarlı sonuçlar verdiğini gösteren bulgulardandır. Ayrıca nedensellik testlerinde de modeller arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak toplam enerji tüketimi ile oluşturulan modelin yeterli bilgiyi sağlamaktan uzak olduğu görülebilmektedir. Kaynaklara göre ayrı oluşturulan modellerden ve tüm kaynakları içeren modelden her bir kaynak ile ilgili daha fazla bilgi edinilebilmektedir. Ayrıca enerji tüketimi verilerinin yeterli zaman aralığında olmaması analizleri kısıtlayan bir faktör olduğu düşünüldüğünde tüm kaynakların ayrı ayrı modelde yer almasının bu açıdan sorun oluşturabileceği düşünülebilir. Bu nedenle daha az değişkenin kullanıldığı kaynaklara göre oluşturulan modellerin tercih edilmesi doğru olacaktır. Ayrıca kaynaklara göre oluşturulan modellerin incelenen kaynağın haricindeki enerji tüketimini de içermesi nedeniyle daha fazla bilgi verdiği görülebilmektedir. Bu nedenlerle her bir kaynağa göre ayrı model oluşturulması önerilebilir.

## 4.2. KANADA SONUÇLARI

Kanada'ya ait serilerin de durağan olup olmadıklarını belirlemek amacıyla birim kök testleri uygulanmıştır. Uygulanan birim kök testleri Artırılmış Dickey Fuller ve Phillips-Perron testleridir. Test sonuçları göre tüm seriler birinci farkta durağandır<sup>4</sup>. Bir başka deyişle seriler  $I(1)$ 'dir.

---

<sup>4</sup> Kanada, İngiltere, Fransa ve Japonya'ya ait modeller için birim kök testleri sonuçları Ek-B kısmında sunulmuştur.

### 4.2.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları

Modeldeki tüm seriler  $I(1)$  olduğundan eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Toplam enerji modelinde GSYİH, KS ve TE arasında uzun dönemli ilişkinin varlığının sınanması amacıyla Johansen eşbütünleşme testi uygulanmıştır<sup>5</sup>.

Toplam enerji modelinde eşbütünleşme ilişkisinin varlığı belirlenmiştir. Sonraki aşama olarak VEC modeli kullanılarak nedensellik testi gerçekleştirilmiştir. Eşbütünleşme eşitliği tahmini Tablo 4.29'da sunulmuştur. Sonuçlara göre uzun dönemde sermaye stoku ve toplam enerjinin GSYİH ile pozitif ilişkisi bulunmaktadır. Ayrıca gelirin enerji tüketimi esnekliği 0,43 düzeyindedir ve ABD için bulunan değerden daha yüksektir. Bununla birlikte sermaye stoku esnekliği ile enerji tüketimi esnekliği birbirine daha yakın değerler olarak elde edilmiştir. Hatırlanacağı üzere ABD için bu değerler birbirinden oldukça farklıdır.

**Tablo 4.29. Toplam Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>TE</i>	<i>SABİT</i>
	0.688	0.437	5.960
	(20.561)	(5.470)	

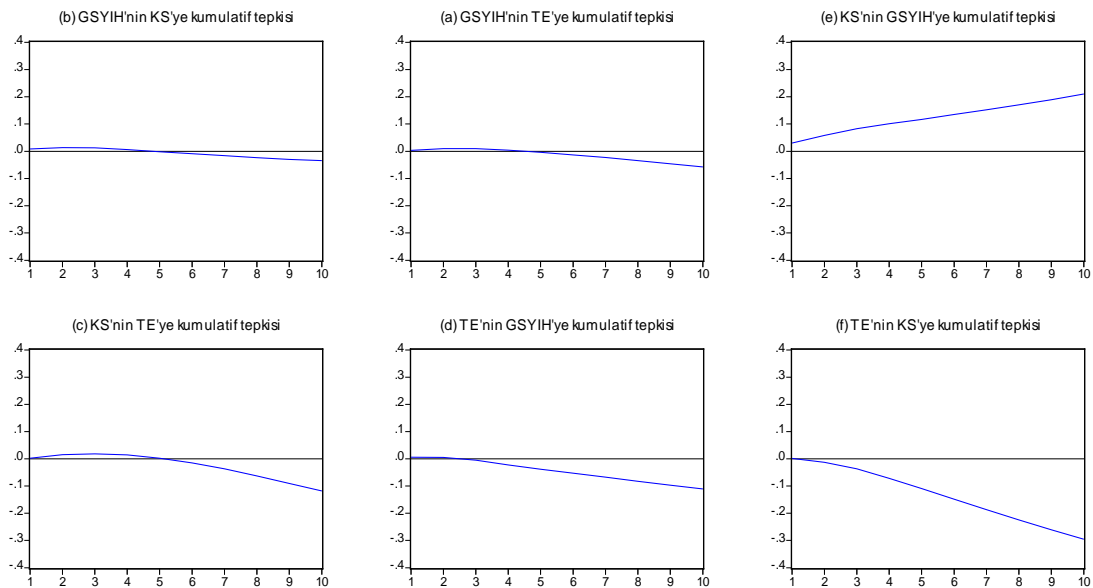
Kısa dönemde toplam enerji tüketimi GSYİH'nin nedeni olarak belirlenirken, uzun dönemde ise GSYİH ile toplam enerji tüketimi ve GSYİH ile sermaye stoku arasında iki yönlü bir nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. Kısa dönemde büyüme kuramına, uzun dönemde ise geri besleme kuramına uygun sonuçlar elde edilmiştir. Eşbütünleşme eşitliği tahmini sonuçları ile nedensellik testi sonuçları Kanada için enerji tüketimi ile GSYİH arasında önemli bir ilişkinin olmadığını göstermektedir.

<sup>5</sup> Kanada, İngiltere, Fransa ve Japonya'ya ait modeller için eşbütünleşme testi sonuçları Ek-B kısmında sunulmuştur.

**Tablo 4.30. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken						
		Kısa Dönem						
Bağımlı değişken	$\Delta GSYIH$		$\Delta TE$		$\Delta KS$			
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$			4.182	0,047	0,753	0,390		
$\Delta TE$	1,053	0,310						
$\Delta KS$	0,702	0,406						
		Uzun Dönem						
Bağımlı değişken	$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta TE$		$ECT \Delta KS$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$	0,187	0,012			5,461	0,007	5,886	0,005
$\Delta TE$	-0,108	0,060	4,043	0,024				
$\Delta KS$	-0,439	0,004	4,776	0,013				

Değişkenler arasındaki etki tepki fonksiyonlarında ise toplam enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi önce çok düşük düzeyde bir artış, ikinci dönemin sonrasında ise azalış şeklindedir. GSYİH'nin toplam enerji tüketimine tepkisi ise yok kabul edilebilecek bir düzeydedir. Toplam enerji tüketiminin sermaye stokuna tepkisinin azalış yönünde olması enerji verimliliğine yönelik teknoloji kullanımı ile açıklanabilir. Sermaye stokunun toplam enerji tüketimine tepkisi ise çok düşüktür.

**Şekil 4.6. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**

Toplam enerji tüketimi uzun dönemde GSYİH'nin nedeni olsa da, GSYİH'nin toplam enerji tüketimine verdiği tepki oldukça düşüktür. Bu nedenle toplam enerji tüketiminin

geliri kısıtlayıcı bir etkisinden söz edilememektedir. Toplam enerji tüketimindeki azalışların gelir üzerinde etkide bulunmayacağı görülebilmektedir.

Literatürde nedensellik analizinin uygulandığı çalışmalarda elde edilen sonuçların önerilerde bulunmak için yeterli olmaması, iki değişkenin arasındaki ilişkinin ortaya konulabilmesi için etki tepki fonksiyonlarının da elde edilmesi gerekliliği Kanada için oluşturulan bu modelde görülebilmektedir. Toplam enerji tüketimi GSYİH'nin nedeni olarak bulunmuş olmasına rağmen, GSYİH toplam enerji tüketimindeki değişime tepki vermemektedir. Bu nedenle iki değişken arasındaki ilişkinin tespiti için nedensellik analizi yeterli olamamaktadır. Değişkenler arası ilişkinin içeriği etki-tepki fonksiyonları ile daha iyi bir şekilde açıklanabilmektedir.

#### 4.2.2. Kömür Modeli Sonuçları

Kömür modelinde kullanılan değişkenler de  $I(1)$  olduklarından eşbütünleşme ilişkisinin varlığı test edilmiştir. Test sonuçları eşbütünleşme ilişkisinin varlığını gösterdiğinden VEC modeli kurularak nedensellik analizi yapılmıştır. Elde edilen eşbütünleşme eşitliğine göre uzun dönemde sermaye stoku, kömür tüketimi ve kömür dışı enerji kaynağı tüketimi GSYİH üzerinde pozitif etkiye sahiptir.

Tüm katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca gelirin kömür tüketimine olan duyarlılığının kömür dışı enerji tüketimine olan duyarlılığından düşük olması dikkat çekicidir. Bu bulgu GSYİH'nin kömür dışı enerji tüketimi ile ilişkisinin kömür tüketimi ile olan ilişkisinden daha güçlü olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.31. Kömür Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

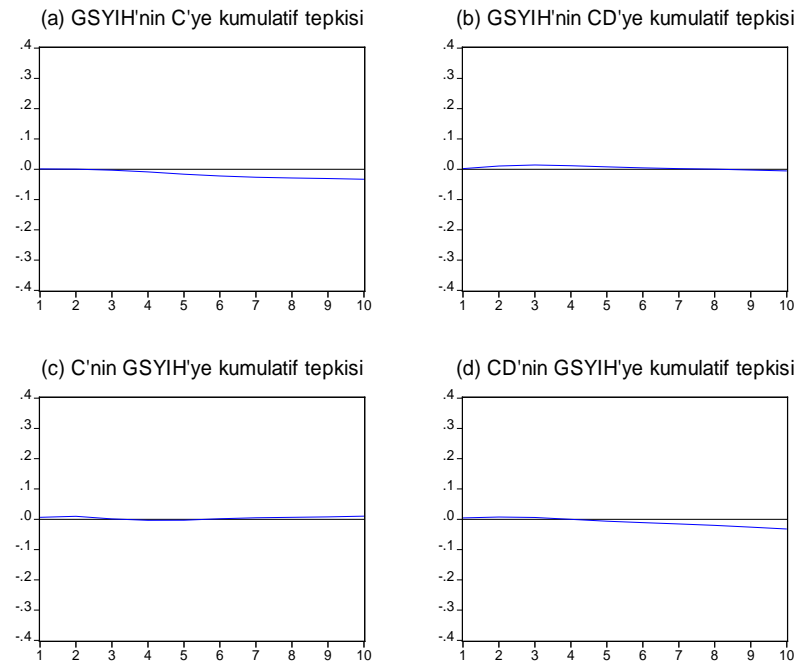
<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>C</i>	<i>CD</i>	<i>SABİT</i>
	0.713	0.254	0.333	6.946
	(27.580)	(4.008)	(6.753)	

Tablo 4.32 Granger nedensellik analiz sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre kısa ve uzun dönemde nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır. Bu durum kısa ve uzun dönemde yansızlık kuramını destekleyen bir sonucu içermektedir.

**Tablo 4.32. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken						
		Kısa Dönem						
Bağımlı değişken	$\Delta GSYIH$		$\Delta C$		$\Delta CD$			
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$			2,031	0,161	2,504	0,121		
$\Delta C$	0,872	0,355						
$\Delta CD$	2,112	0,153						
		Uzun Dönem						
Bağımlı değişken	$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta C$		$ECT \Delta CD$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$	-0,038	0,293			1,132	0,332	2,091	0,136
$\Delta C$	0,023	0,869	0,479	0,622				
$\Delta CD$	-0,063	0,869	2,076	0,138				

Etki tepki analizi sonuçlarına göre ise GSYİH'nin kömür tüketimine tepkisi ile kömür dışı enerji tüketimine tepkisi sıfıra yakın düzeydedir. Kömür tüketiminin ve kömür dışı enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi ise yine çok düşüktür. Ayrıca kömür tüketiminin gelir için bir kısıt olmadığını da söylemek mümkündür.

**Şekil 4.7. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**



### 4.2.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları

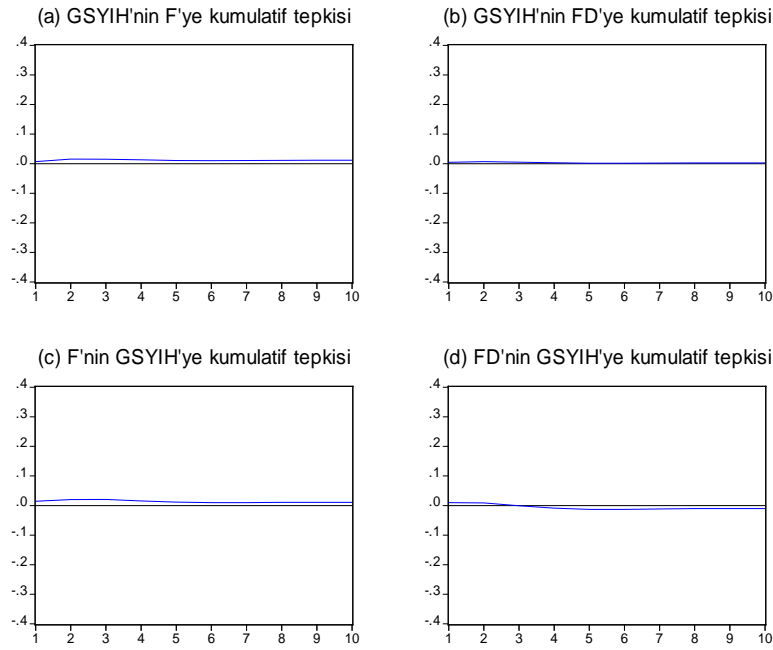
Fosil yakıt modelinde kullanılan seriler arasında eşbütünleşme ilişkisine rastlanmadığından VAR modeline dayanan Granger nedensellik analizi uygulanmıştır. Sonuçlar ise yansızlık kuramını destekler niteliktedir ve fosil yakıt tüketimi ile GSYİH arasında nedensellik ilişkisinin olmadığını göstermektedir.

**Tablo 4.33. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYIH$		$\Delta F$		$\Delta FD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$			4.777	0.092	0.729	0.694
$\Delta F$	2.703	0.259				
$\Delta FD$	1.287	0.525				

Etki tepki analizi sonuçları ise GSYİH'nin fosil yakıt tüketimine verdiği tepki ve fosil yakıt tüketiminin GSYİH'ye tepkisi oldukça düşüktür. GSYİH ile fosil yakıt dışı enerji tüketimi arasındaki etki tepki fonksiyonlarında ise anlamlı bir tepki bulunmamaktadır. Elde edilen bu bulgular fosil yakıt tüketiminin gelire etkisinin olmadığı sonucunu vermektedir. Ayrıca bu durumu açıklayabilmek amacıyla fosil yakıtların kullanımında verimliliğin düşük olması düşünülebilir. Verimlilikteki düşüşü gerekçelendirebilecek önemli unsurlardan biri fosil yakıt fiyatlarıdır. Kuzey Amerika ülkelerinde Avrupa ülkelerine göre fosil yakıt fiyatları oldukça düşüktür. Bunun bir sonucu olarak Kuzey Amerika ülkelerinde fosil yakıtların verimli kullanılamayabileceği düşünülebilir. Bununla birlikte Kanada için fosil yakıt tüketiminin gelir üzerinde kısıt olduğu ifade edilememektedir.

### Şekil 4.8. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



#### 4.2.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları

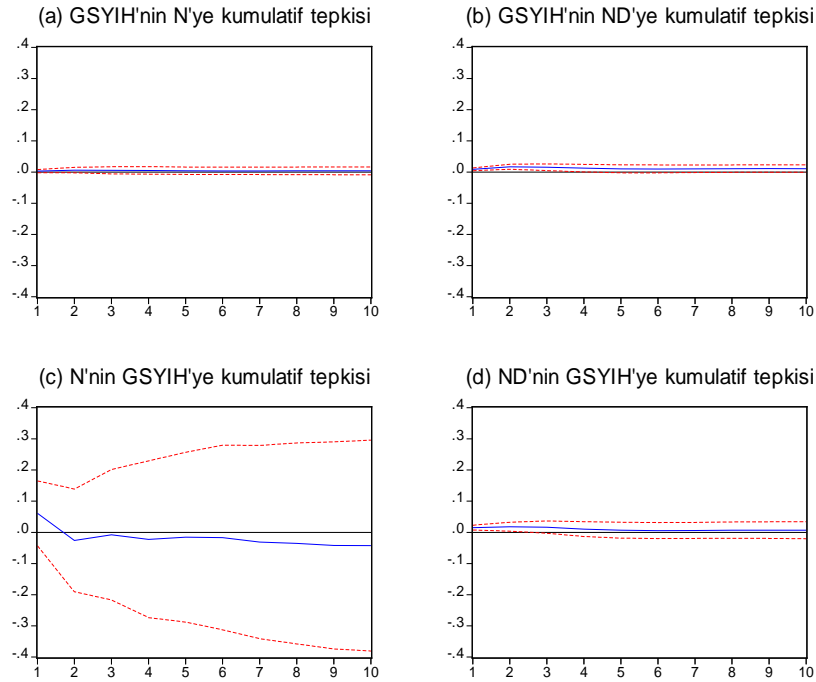
Nükleer enerji modelindeki seriler arasında eşbütünlük ilişkisine rastlanmamıştır. Bu nedenle VAR modeli oluşturulmuş ve nedensellik analizi yapılmıştır. Nedensellik ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuç iki yönlü nedenselliğin olmadığını ifade eden yansızlık kuramını desteklemektedir.

**Tablo 4.34. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYİH$		$\Delta N$		$\Delta ND$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$			0.415	0.813	3.376	0.185
$\Delta N$	3.636	0.162				
$\Delta ND$	2.374	0.305				

Etki tepki analizi sonuçlarına göre ise GSYİH ile nükleer enerji tüketimi arasında anlamlı bir tepki bulunmamıştır. Bu sonuçlar nükleer enerji tüketiminin GSYİH üzerinde kısıtlayıcı etkisinin bulunmadığını göstermektedir.

### Şekil 4.9. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



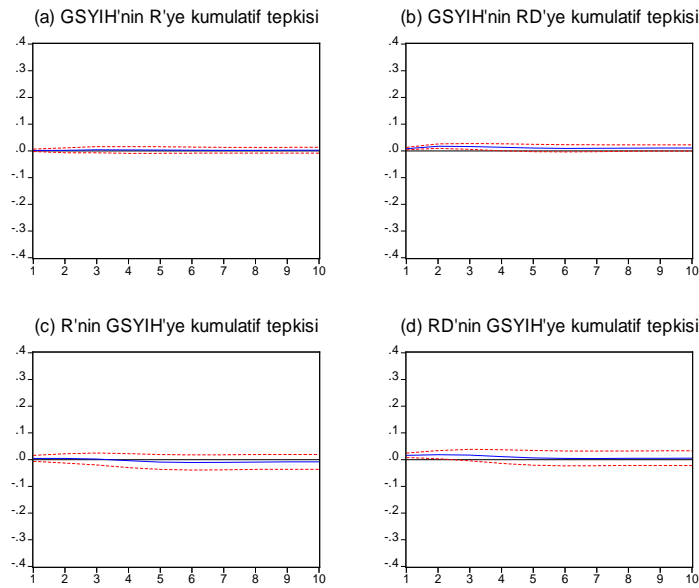
#### 4.2.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları

Yenilenebilir enerji modelindeki seriler arasında da eşbütünlük ilişkisine rastlanmamış ve VAR modeline dayalı nedensellik analizi yapılmıştır. Bu analizin sonuçlarına göre sadece yenilenebilir dışı enerji tüketiminin GSYİH'nin Granger nedeni olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç büyüme hipotezini desteklemektedir. Ancak yenilenebilir enerji tüketimi ile GSYİH arasında nedensellik ilişkisine rastlanamamıştır. Bu sonuç da yenilenebilir enerji için yansızlık kuramına uygun bir sonuç vermektedir. Yenilenebilir enerji Kanada'nın enerji tüketiminin %16'sını karşılamaktadır. Burada öne çıkan sonuç ise yenilenebilir enerji dışındaki enerji kaynakları tüketiminin toplu halde GSYİH'nin nedeni olmasıdır. Diğer modellerden elde edilen bilgi bu kaynakların tek başlarına GSYİH'nin nedeni olmadığıdır. Ayrıca toplam enerji modelinden elde edilen toplam enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığı bu modelden elde edilen sonuçla paralellik göstermektedir.

**Tablo 4.35. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYIH$		$\Delta R$		$\Delta RD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$			0.807	0.668	6.079	0.048
$\Delta R$	2.358	0.308				
$\Delta RD$	1.515	0.469				

Etki tepki analizinde ise GSYİH ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki ilişkide anlamlı bir tepkiye rastlanamamıştır. GSYİH'nin yenilenebilir dışı enerji tüketimine tepkisi düşüktür ve anlamlılığı dördüncü döneme kadar sürmektedir. Yenilenebilir dışı enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi ise yine düşük düzeydedir. Bununla birlikte tepkinin anlamlılığı üçüncü döneme kadar devam etmektedir. Elde edilen bulgular yenilenebilir enerji tüketiminin geliri kısıtlayıcı etkisinin bulunmadığını göstermektedir.

**Şekil 4.10. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları**

#### 4.2.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları

Tüm kaynakların ayrıştırılmış şekilde analize dahil edildiği bu modelde eşbütünleşme ilişkisine rastlanmamıştır. Bu nedenle VAR modeli oluşturulmuş ve nedensellik analizi yapılmıştır. Nedensellik analizi sonucunda kömür tüketiminin GSYİH'nin Granger nedeni olduğu bulunmuştur. Diğer kaynakların ise GSYİH ile nedensellik ilişkisine sahip olmadığı belirlenmiştir. Kömür tüketimi ile ilgili sonuç haricindeki sonuçlar kaynaklara göre oluşturulan modellerdeki sonuçlar ile örtüşmektedir. Etki tepki

fonksiyonları incelendiğinde fosil yakıt ile kömürün ikame veya tamamlayıcılık ilişkisine sahip olduğunu gösteren bir bilgi elde edilememiştir. Ancak fosil yakıt ile nükleer enerjinin ve nükleer enerji ile yenilenebilir enerjinin tamamlayıcılık ilişkisi gösterdiği ifade edilebilir. Buradan çıkarılabilecek olan sonuç ise fosil yakıt tüketimindeki artışların nükleer enerji tüketimindeki artışı beraberinde getirdiğidir.

**Tablo 4.36. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken									
	Kısa Dönem									
	$\Delta GSYİH$		$\Delta C$		$\Delta F$		$\Delta N$		$\Delta R$	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
$\Delta GSYİH$			6.622	0.037	2.031	0.362	1.668	0.434	3.891	0.143
$\Delta C$	2.471	0.291								
$\Delta F$	4.362	0.113								
$\Delta N$	5.368	0.068								
$\Delta R$	2.337	0.311								

Kanada için oluşturulan modeller incelendiğinde toplam enerji modelinde nedenselliğin tespit edilmesine rağmen, kaynaklara göre oluşturulan modellerde nedensellik tespit edilememiştir. Sadece yenilenebilir dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında nedenselliğin bulunması kömür, fosil yakıt ve nükleer enerjinin toplu halde GSYİH'nin nedeni olduğu sonucunu vermektedir. Ayrıca kaynaklara göre oluşturulan modellerde anlamlı tepkilerin elde edilememiş olmasının da, toplam enerji modelinde toplam enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkinin oldukça düşük olmasıyla benzer nitelik taşıdığı düşünülebilir.

Yapılan analizler sonucunda Kanada için enerji tüketiminin GSYİH üzerindeki etkisinin düşük olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle bu ülkenin enerji tasarruf edici politikaları uygulamasının gelir artışını sınırlayıcı bir etkisinin olmayacağı söylenebilir.

Bu modeller içinde toplam enerji modelinin yine yeterli bilgiyi sağlamadığı görülmektedir. Bu nedenle kaynaklara göre oluşturulan modeller toplam enerji modelinden üstün durumdadır.

### 4.3. İNGİLTERE SONUÇLARI

İngiltere'nin GSYİH, sermaye stoku, toplam enerji tüketimi ve diğer enerji kaynakları tüketimine ilişkin seriler için yapılan birim kök testleri sonucu serilerin düzeyde birim kök içerdiği, ancak birinci farkta durağan oldukları belirlenmiştir. Bu da serilerin  $I(1)$  olduğunu göstermektedir.

#### 4.3.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları

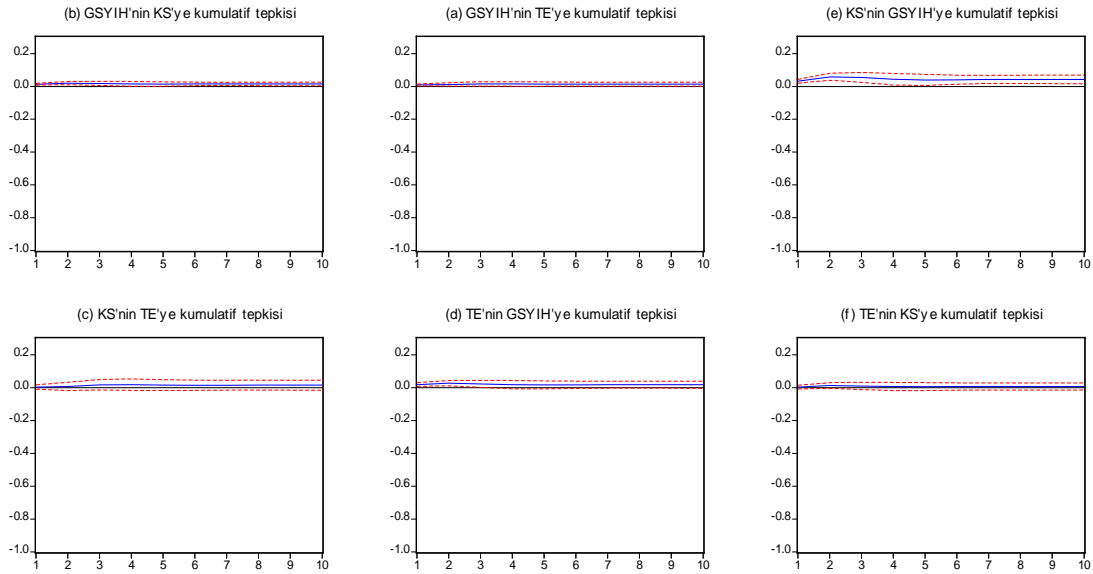
İngiltere için oluşturulan toplam enerji modelinde kullanılan seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığının belirlenmesi için yapılan analizde eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle VAR modeli oluşturulmuş ve nedensellik analizi yapılmıştır. GSYİH ile toplam enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

**Tablo 4.37. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYIH$		$\Delta TE$		$\Delta KS$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$			3.317	0,191	0.136	0.934
$\Delta TE$	3.018	0.221				
$\Delta KS$	9.515	0.008				

Etki tepki fonksiyonlarında ise GSYİH'nin toplam enerji tüketimine tepkisi ve toplam enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi oldukça düşüktür. Ayrıca toplam enerji tüketimi ile sermaye stoku arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmüştür.

### Şekil 4.11. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



### 4.3.2. Kömür Modeli Sonuçları

Kömür modelinde de seriler arasında eşbütünlük ilişkisi test edildiğinde iki testten biri bir adet eşbütünlük, diğeri ise eşbütünlüğün olmadığı sonucunu vermiştir. Bu nedenle öncelikle VEC modeli oluşturulmuş ve hata düzeltme teriminin anlamlı olup olmadığına bakılmıştır. Hata düzeltme teriminin anlamlı olmaması nedeniyle eşbütünlüğün olmadığı kanaatine varılmıştır. Böylece VAR modeli kurularak nedensellik analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara yansızlık kuramını desteklemektedir. Hem kömür tüketimi ile GSYİH arasında, hem de kömür dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

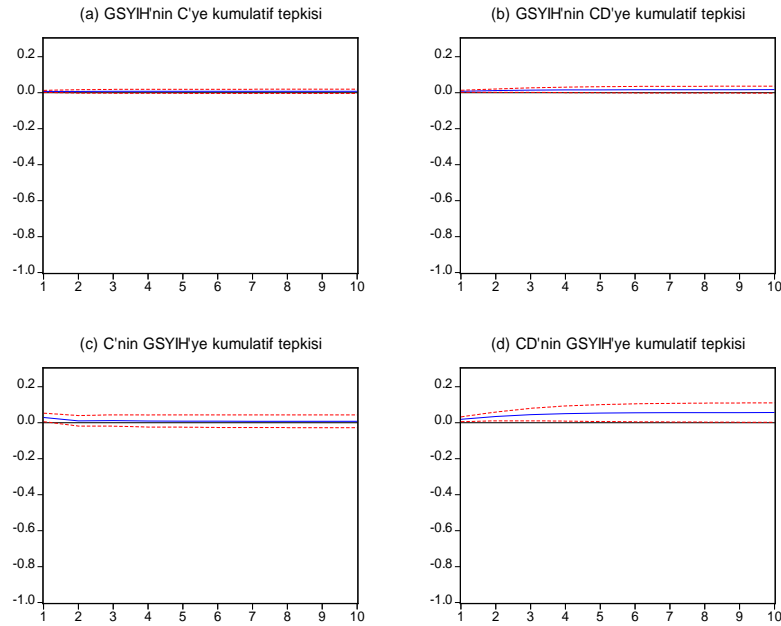
**Tablo 4.38. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYİH$		$\Delta C$		$\Delta CD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$			1.154	0.283	0.078	0.780
$\Delta C$	0.318	0.573				
$\Delta CD$	0.447	0.504				

Etki tepki analizi sonuçlarına göre kömür tüketimi ile GSYİH'nin birbirlerine tepkileri anlamlı değildir. GSYİH'nin kömür dışı enerji tüketimine tepkisi çok düşükken, kömür dışı enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi artış yönündedir. Elde edilen bu sonuçlar

İngiltere'nin kömür tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının %15 düzeyinde olduğu düşünüldüğünde normal olarak değerlendirilebilir.

#### Şekil 4.12. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



#### 4.3.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları

Fosil yakıt modelindeki değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmaması nedeniyle VAR modeli oluşturulmuştur. Sonrasında ise nedensellik analizi yapılmıştır. Sonuçlara göre GSYİH'nin kömür tüketiminin Granger nedeni olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç ise muhafaza kuramını desteklemektedir. GSYİH'deki bir değişim sonraki dönemlerde fosil yakıt tüketimindeki değişimi açıklayıcı güce sahiptir.

**Tablo 4.39. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

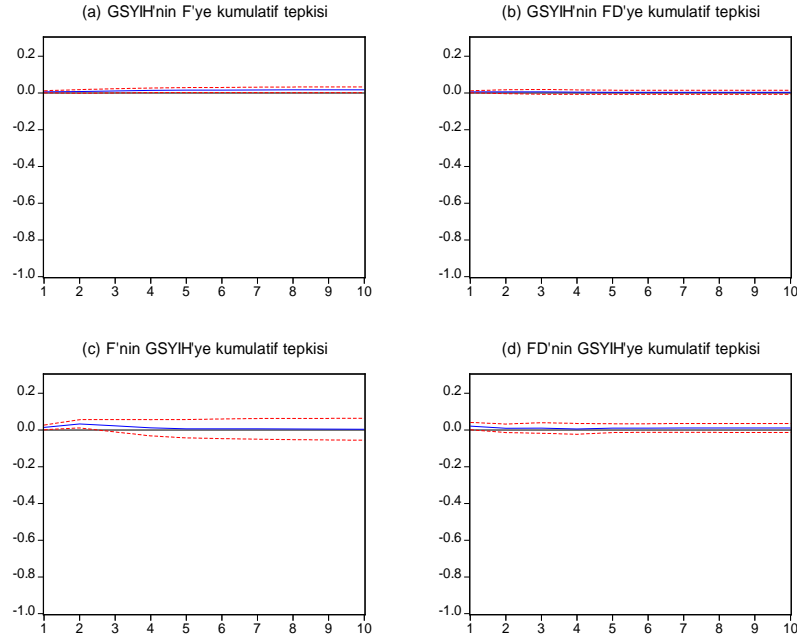
Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYİH$		$\Delta F$		$\Delta FD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$			4.321	0.115	0.942	0.624
$\Delta F$	11.422	0.003				
$\Delta FD$	0.162	0.922				

Fosil yakıt modelinden elde edilen etki tepki fonksiyonları ise Şekil 4.13'de sunulmuştur. Tek anlamlı tepki fosil yakıt tüketiminin GSYİH'ye verdiği tepkidir. Bu



tepkinin anlamlılığı ise üçüncü dönemde sona ermektedir. GSYİH'deki bir şok fosil yakıt tüketimini önce artırmakta sonrasında ise artış azalmaktadır.

**Şekil 4.13. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**



#### 4.3.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları

Nükleer enerji modelini oluşturan seriler arasında eşbütünlük ilişkisinin varlığı belirlendiğinden VEC modeli oluşturulmuştur. Sonrasında ise VEC modeline dayalı nedensellik analizi yapılmıştır. Eşbütünlük eşitliğinden sermaye stokunu uzun dönemde GSYİH ile pozitif ilişki içinde olduğu, diğer değişkenlerin ise negatif ilişkide olduğu görülmektedir. GSYİH'nin sermaye stoku esnekliği istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Nükleer enerji tüketimi esnekliği ise yaklaşık -0,28 olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.40. Nükleer Enerji Modelinde Eşbütünlük Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>N</i>	<i>ND</i>	<i>SABİT</i>
	0.276	-0.276	-2.931	13.305
	(0.922)	(-2.133)	(-3.757)	

Nükleer enerji tüketiminin kısa ve uzun dönemde GSYİH'nin nedeni olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yine kısa ve uzun dönemde GSYİH, nükleer dışı enerji

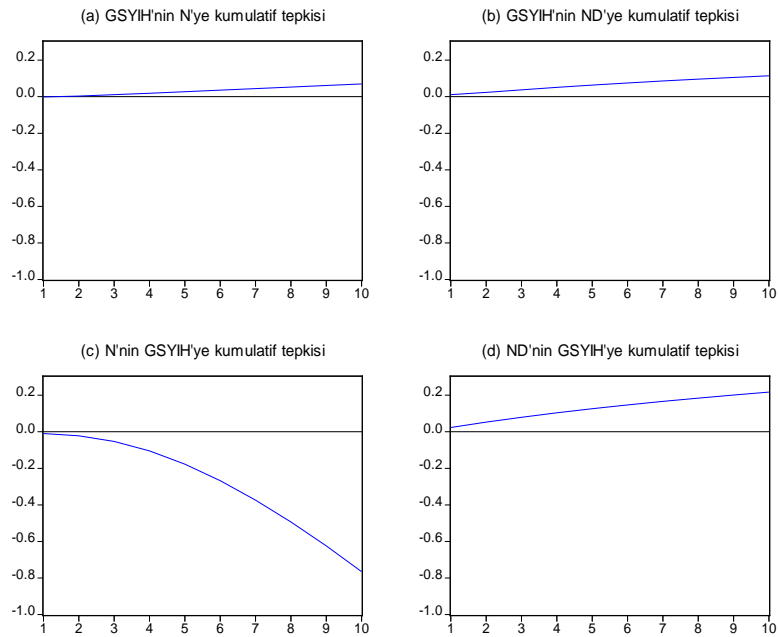
tüketiminin nedeni olarak tespit edilmiştir. İlk sonuç büyüme kuramını, ikinci sonuç ise muhafaza kuramını destekler niteliktedir.

**Tablo 4.41. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken						
		Kısa Dönem						
Bağımlı değişken	$\Delta GSYIH$		$\Delta N$		$\Delta ND$			
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$			6.544	0.014	2.425	0.127		
$\Delta N$	1.622	0.209						
$\Delta ND$	4.308	0.044						
		Uzun Dönem						
Bağımlı değişken	$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta N$		$ECT \Delta ND$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$	0.000	0.993			3.275	0.047	1.273	0.290
$\Delta N$	-0.093	0.058	2.952	0.062				
$\Delta ND$	-0.325	0.002	5.810	0.006				

Etki tepki analizi sonuçlarına göre ise GSYİH'nin nükleer enerji tüketimine ve nükleer dışı enerji tüketimine tepkisi ile nükleer dışı enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi artış yönündeyken, nükleer enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi azalış yönündedir.

**Şekil 4.14. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**



### 4.3.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları

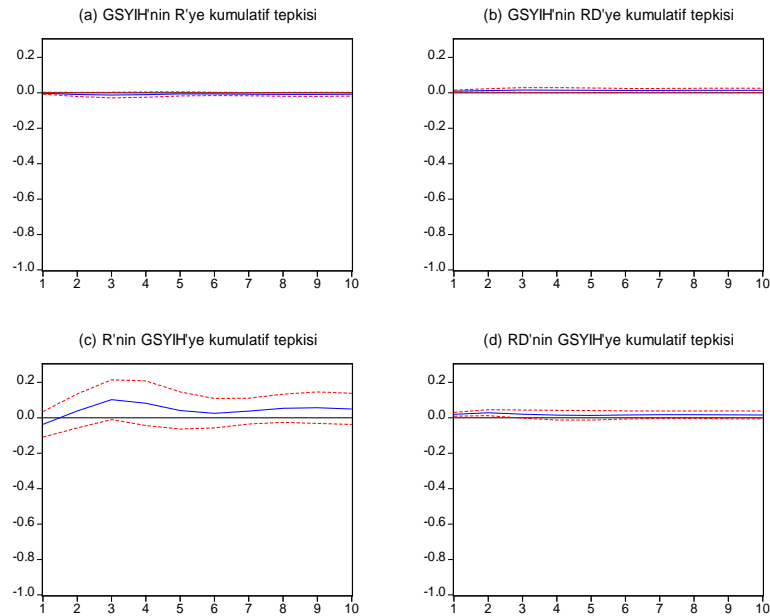
İngiltere için oluşturulan yenilenebilir enerji modelinde seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun sonrasında gerçekleştirilen nedensellik analizleri sonucunda yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenebilir dışı enerji tüketimi ile GSYİH arasında nedensellik ilişkisinin olmadığı sonucu elde edilmiştir. Bu sonuç yansızlık kuramına uygun bir sonuçtur.

**Tablo 4.42. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYİH$		$\Delta R$		$\Delta RD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$			2.053	0.358	3.393	0.183
$\Delta R$	0.264	0.876				
$\Delta RD$	2.885	0.236				

İngiltere incelenen ülkeler arasında yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının en düşük olduğu ülkedir. Bu pay yaklaşık olarak %1'dir. Bu nedenle yenilenebilir enerji tüketiminin GSYİH'de bir değişime neden olmasının oldukça güç olacağı düşünülebilir.

### Şekil 4.15. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları



Yenilenebilir enerji modelinde etki tepki fonksiyonları Şekil 4.15'de sunulmuştur. GSYİH'nin yenilenebilir enerji tüketimine tepkisi ile yenilenebilir enerji tüketiminin

GSYİH'ye tepkisi anlamlı değildir. GSYİH'nin yenilenebilir dışı enerji tüketimine tepkisi ile yenilenebilir dışı enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi çok düşüktür.

#### 4.3.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları

Tüm kaynakların dahil edildiği modelde eşbütünleşme ilişkisinin varlığı nedeniyle hata düzeltme modeli oluşturulmuştur. Ayrıca nedensellik analizi yapılmıştır. Eşbütünleşme eşitliği tahmini, kömür tüketiminin ve fosil yakıt tüketiminin uzun dönemde GSYİH ile pozitif ilişkili olduğu, nükleer enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketiminin ise GSYİH ile negatif ilişkili olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.43. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>N</i>	<i>R</i>	<i>SABİT</i>
	0.191	0.322	0.454	-0.071	-0.072	5.799
	(1.434)	(3.218)	(4.527)	(-2.154)	(-2.028)	

Ayrıca enerji kaynakları arasında GSYİH ile ilişkisi en yüksek olan kaynak fosil yakıt olarak belirlenmiştir. İngiltere fosil yakıtları yoğun olarak kullanan bir ülkedir. Bu nedenle fosil yakıtın üretim aşamalarında oldukça fazla kullanıldığı ifade edilebilir. Söz konusu yoğun kullanımın GSYİH'yi fosil yakıtlara bağımlı hale getirdiği ifade edilebilir.

Granger nedensellik testi sonuçlarına göre enerji kaynaklarından GSYİH'ye doğru nedensellik sadece nükleer enerji için geçerlidir. Bu sonuç kaynaklara göre oluşturulan modellerin sonuçları ile uyumaktadır. Ayrıca etki tepki fonksiyonları incelendiğinde kömür ile fosil yakıtın, kömür ile nükleer enerjinin ve fosil yakıt ile nükleer enerjinin birbirlerinin ikamesi şeklinde hareket ettikleri belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji ise diğer tüm kaynaklar ile tamamlayıcılık ilişkisi içindedir. Yenilenebilir enerjinin diğer kaynaklarla tamamlayıcılık ilişkisinde olması diğer kaynakların tüketimi sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapıldığını gösteren bir bulgu olarak değerlendirilebilir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının düşük kullanımı göz önüne alındığında bu durum İngiltere için bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

**Tablo 4.44. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken		Bağımsız değişken											
		Kısa Dönem											
		$\Delta GSYIH$		$\Delta C$		$\Delta F$		$\Delta N$		$\Delta R$			
F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P		
$\Delta GSYIH$				0,205	0,653	2,147	0,151	6,433	0,015	1,836	0,182		
$\Delta C$	0,098	0,755											
$\Delta F$	2,426	0,127											
$\Delta N$	2,416	0,128											
$\Delta R$	0,594	0,445											
		Uzun Dönem											
		<i>ECT</i>		<i>ECT</i> $\Delta GSYIH$		<i>ECT</i> $\Delta C$		<i>ECT</i> $\Delta F$		<i>ECT</i> $\Delta N$		<i>ECT</i> $\Delta R$	
		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
$\Delta GSYIH$	-0,135	0,223			1,553	0,224	1,400	0,258	3,903	0,028	1,679	0,199	
$\Delta C$	-0,552	0,005	4,615	0,015									
$\Delta F$	-0,198	0,009	4,302	0,020									
$\Delta N$	-0,103	0,173	2,523	0,092									
$\Delta R$	-0,242	0,073	1,767	0,183									

İngiltere için oluşturulan modeller sonucunda kaynaklara göre oluşturulan modellerin toplam enerji modelinden üstün olduğunu göstermektedir. Toplam enerji modelinde nedensellik ilişkisinin olmadığı görülmekte iken, kaynaklara göre oluşturulan modellerde farklı sonuçların elde edilmesi mümkün olmuştur. Ayrıca kaynaklara göre oluşturulan modeller incelendiğinde ilişkinin GSYİH'den enerji kaynaklarına doğru olduğu ifade edilebilir. Bu nedenle İngiltere'nin enerji tasarruf edici politikalar uygulamasının büyüme üzerinde etkisinin sınırlı olacağı söylenebilir. Ayrıca gelirdeki bir artışın fosil yakıt tüketiminde artışa neden olması büyümenin çevresel açıdan sorun oluşturabileceğini göstermektedir. Bu durum daha önce de bahsedildiği gibi İngiltere'nin fosil yakıtlara bağımlılığı ile ilişkilidir. İngilterenin büyümesinin kirlilik oluşturmayacağı bir enerji politikası gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle temiz enerji kaynaklarına yönelmesi tavsiye edilebilir.

İngiltere için oluşturulan toplam enerji modelinde ve kaynaklara göre oluşturulan modellerde, toplam enerji tüketiminin ve farklı kaynakların tüketiminin gelirin bir kısmı olmadığı sonucunu elde etmek mümkündür.

#### 4.4. FRANSA SONUÇLARI

Fransa için kullanılan seriler düzeyde birim kök içerirken, birinci farkta durağan bulunmuştur. Bu nedenle oluşturulan beş modelde de öncelikle eşbütünleşme analizi uygulanmıştır.

##### 4.4.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları

Toplam enerji modelinde kullanılan seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı belirlendiğinden hata düzeltme modeli oluşturulmuştur. Hata düzeltme modeline dayalı olarak nedensellik analizi uygulanarak, kısa ve uzun dönem nedensellik ilişkisinin var olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Tablo 4.45’de verilen eşbütünleşme eşitliği, sermaye stoku ve toplam enerji tüketiminin uzun dönemde GSYİH ile pozitif ilişkili bulunduğunu göstermektedir. GSYİH’nin toplam enerji tüketimine olan duyarlılığı 0,47 iken, sermaye stokuna duyarlılığı 0,29’dur. Bu değerler enerji tüketiminin GSYİH ile ilişkisinin, sermaye stoku ile GSYİH’nin ilişkisinden daha güçlü olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.45. Toplam Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

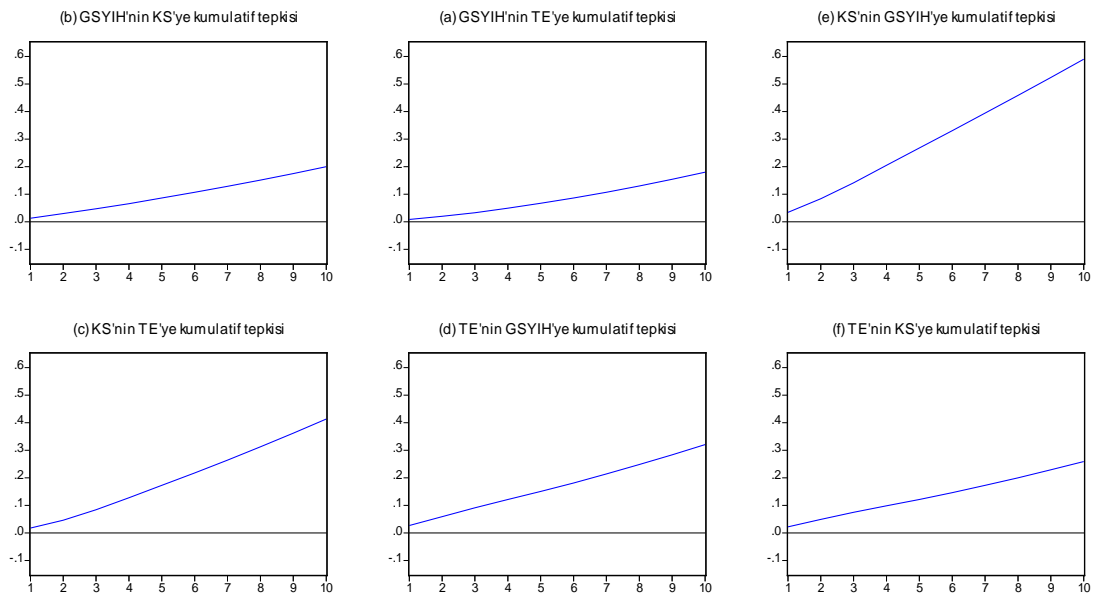
<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>TE</i>	<i>SABİT</i>
	0.289	0.467	10.158
	(2.423)	(3.194)	

Tablo 4.46 ise nedensellik testleri sonuçlarını göstermektedir. Buna göre kısa dönemde ve uzun dönemde nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Bu sonuç yansızlık kuramını desteklemektedir.

**Tablo 4.46. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken						
		Kısa Dönem						
Bağımlı değişken	$\Delta GSYIH$		$\Delta T$		$\Delta KS$			
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$			0.171	0.682	0.044	0.834		
$\Delta TE$	3.835	0.056						
$\Delta KS$	0.263	0.610						
		Uzun Dönem						
Bağımlı değişken	$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta TE$		$ECT \Delta KS$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$	0.003	0.924			0.092	0.911	0.024	0.976
$\Delta TE$	-0.005	0.069	2.745	0.075				
$\Delta KS$	-0.163	0.052	2.038	0.142				

Şekil 4.16'da sunulan etki tepki fonksiyonlarına göre toplam enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi ve GSYİH'nin toplam enerji tüketimine tepkisi artış yönündedir. Toplam enerji tüketimindeki artış sermaye stokunu artırmaktadır. Bu durumun iki değişkenin birbirinin tamamlayıcısı olduğunu ifade ettiği söylenebilir.

**Şekil 4.16. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**

#### 4.4.2. Kömür Modeli Sonuçları

Kömür modelini oluşturan seriler arasında da eşbütünleşme ilişkisi belirlenmiştir. Elde edilen eşbütünleşme eşitliğine göre uzun dönemde sermaye stoku ve kömür dışı enerji tüketimi GSYİH ile pozitif ilişkilirken, kömür tüketiminin katsayısının anlamlı olmadığı bulunmuştur. Fransa’da GSYİH’nin sermaye stoku esnekliği ile kömür dışı enerji tüketimi esnekliği birbirine yakın değerlerdir. Ayrıca Fransa’da kömür tüketimi toplam enerji tüketiminin %5’ini oluşturmaktadır. Bu açıdan bakıldığında en düşük öneme sahip enerji kaynağı olduğundan GSYİH ile ilişkisinin düşük olması veya anlamlı bir ilişkinin olmaması beklenen bir sonuçtur.

**Tablo 4.47. Kömür Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYIH</i>	<i>KS</i>	<i>C</i>	<i>CD</i>	<i>SABİT</i>
	0.254	-0.062	0.238	8.975
	(2.266)	(-1.803)	(3.549)	

Nedensellik analizi sonuçlarına göre ise kısa ve uzun dönemde kömür tüketimi ile GSYİH arasında nedenselliğe rastlanamamıştır. GSYİH’nin ise kısa ve uzun dönemde kömür dışı enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu belirlenmiştir. Ancak ters yönde bir nedensellik ilişkisine rastlanamamıştır. Bu durum, yukarıda belirtildiği gibi kömürün az kullanılıyor olması ile ilişkilendirilebilir.

**Tablo 4.48. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

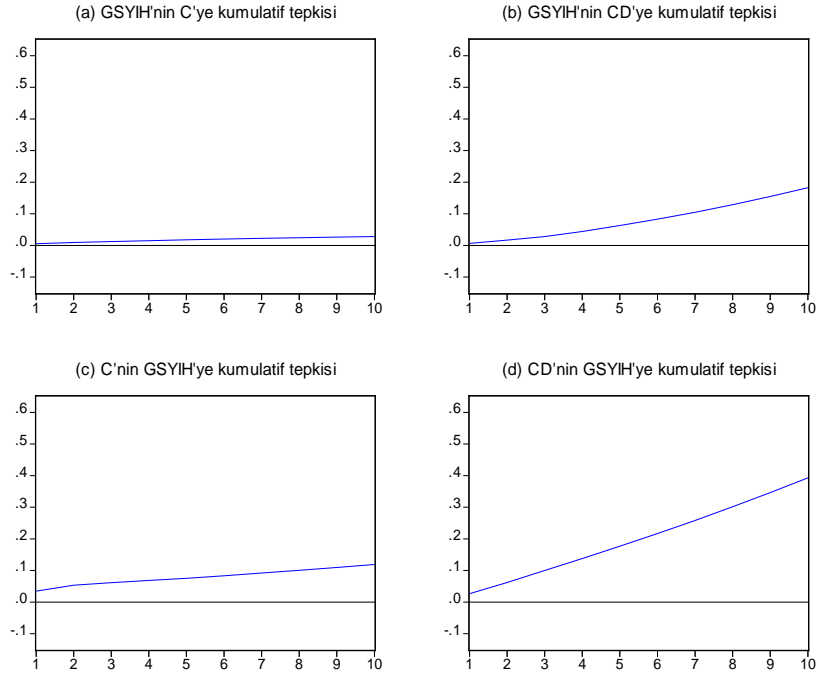
		Bağımsız değişken							
		Kısa Dönem							
		$\Delta GSYIH$		$\Delta C$		$\Delta CD$			
Bağımlı değişken		F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYIH$				2.357	0.132	2.687	0.108		
$\Delta C$		1.017	0.319						
$\Delta CD$		4.679	0.036						
		Uzun Dönem							
		<i>ECT</i>		<i>ECT</i> $\Delta GSYIH$		<i>ECT</i> $\Delta C$		<i>ECT</i> $\Delta CD$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	
$\Delta GSYIH$	-0.048	0.376			2.260	0.116	1.949	0.155	
$\Delta C$	-0.208	0.019	3.093	0.055					
$\Delta CD$	-0.132	0.142	3.247	0.048					

Etki tepki fonksiyonları ise GSYİH’nin kömür tüketimine tepkisinin, kömür dışı enerji tüketimine tepkisine göre daha düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca kömür



tüketiminin GSYİH'ye tepkisi de kömür dışı enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisinden daha düşük olarak belirlenmiştir.

#### Şekil 4.17. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



#### 4.4.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları

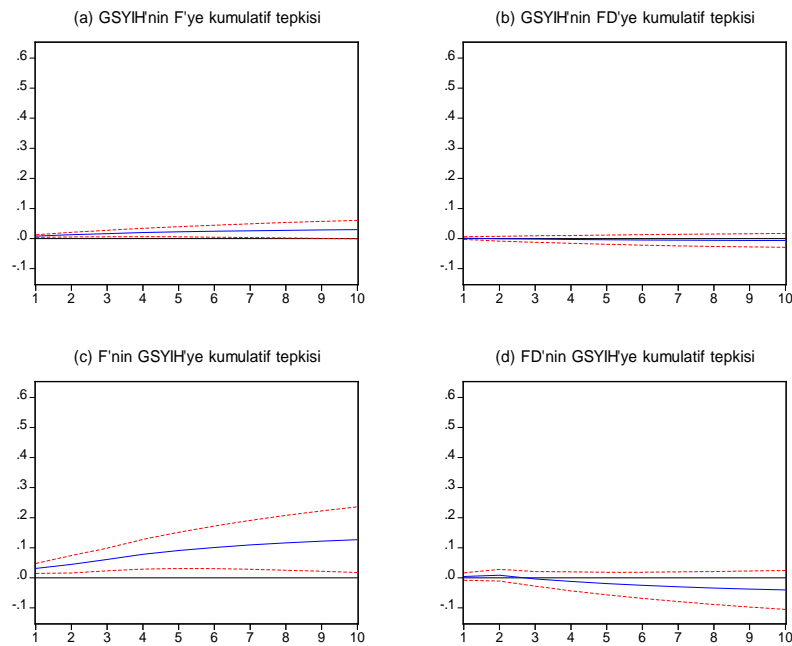
Fosil yakıt modelinde kullanılan seriler için yapılan eşbütünleşme testlerinde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bir test eşbütünleşme ilişkisinin varlığını gösterirken, bir diğeri eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı sonucunu vermiştir. Bu nedenle öncelikle hata düzeltme modeli kurulmuş ve hata düzeltme teriminin durumuna bakılmıştır. Hata düzeltme teriminin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edildiğinden eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Bunun sonucunda ise VAR modeli oluşturulmuş ve nedensellik analizi yapılmıştır.

**Tablo 4.49. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYİH$		$\Delta F$		$\Delta FD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$			1.080	0.583	1.920	0.383
$\Delta F$	3.788	0.151				
$\Delta FD$	4.507	0.105				

Nedensellik analizi sonucunda değişkenler arasında nedensellik ilişkisine rastlanmamıştır. Bu durum fosil yakıt modelinde yansızlık kuramının geçerli olduğunu göstermektedir.

Etki tepki analizi sonuçlarına göre ise GSYİH'nin fosil yakıt tüketimine ve fosil yakıt tüketiminin GSYİH'ye tepkisi artış yönündedir. Ayrıca fosil dışı yakıt tüketimi ile GSYİH'nin birbirlerine tepkileri anlamlı değildir.

**Şekil 4.18. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**

#### 4.4.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları

Nükleer enerji modelini oluşturan seriler arasında eşbütünlük ilişkisi tespit edildiğinden hata düzeltme modeli kurularak Granger nedensellik analizi yapılmıştır. Eşbütünlük eşitliği uzun dönemde sermaye stokunun ve nükleer enerji tüketiminin GSYİH ile pozitif ilişkili olduğunu göstermektedir. Ancak nükleer dışı enerji

tüketiminin katsayısı anlamlı değildir. Fransa'nın toplam enerji tüketiminin yarısını nükleer enerjiden sağladığı düşünüldüğünde, GSYİH'nin nükleer enerji tüketimi esnekliği oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 4.50. Nükleer Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>N</i>	<i>ND</i>	<i>SABİT</i>
	0.410	0.029	0.133	7.712
	(4.441)	(2.789)	(1.896)	

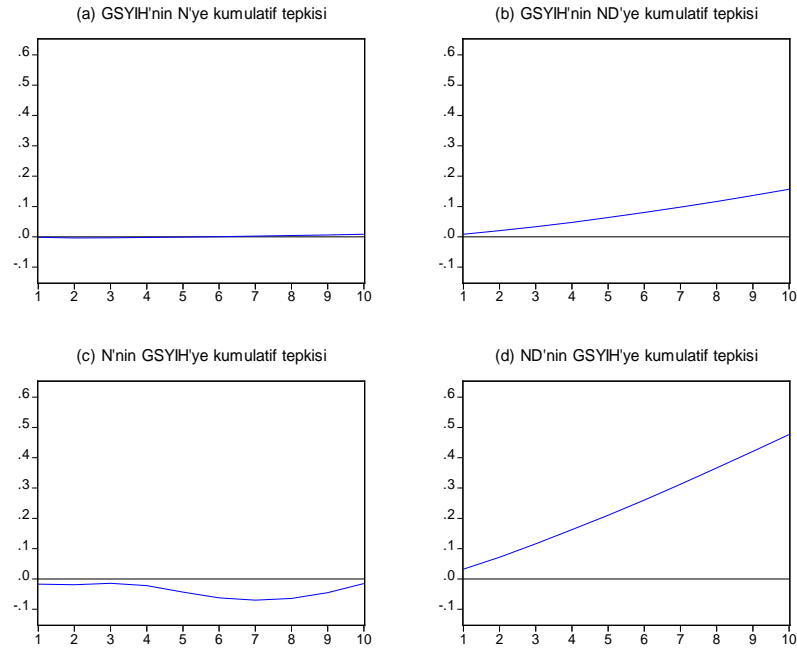
Granger nedensellik analizi sonuçlarına göre kısa dönemde nükleer enerji tüketimi GSYİH'nin, GSYİH ise nükleer dışı enerji tüketiminin nedeni olarak bulunmuştur. Uzun dönemde ise GSYİH hem nükleer enerji tüketiminin, hem de nükleer dışı enerji tüketiminin nedeni olarak bulunmuştur.

**Tablo 4.51. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken							
	Kısa Dönem							
	$\Delta GSYİH$		$\Delta N$		$\Delta ND$			
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYİH$			4.140	0.048	0.999	0.323		
$\Delta N$	2.627	0.112						
$\Delta ND$	2.808	0.016						
Bağımlı değişken	Uzun Dönem							
	<i>ECT</i>		<i>ECT <math>\Delta GSYİH</math></i>		<i>ECT <math>\Delta N</math></i>		<i>ECT <math>\Delta ND</math></i>	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$	-0.040	0.659			2.368	0.105	0.568	0.570
$\Delta N$	-0.135	0.055	3.725	0.032				
$\Delta ND$	-0.172	0.005	4.525	0.016				

Etki tepki analizinden elde edilen sonuçlar Şekil 4.19'da görülebilmektedir. Nükleer enerji tüketimi ile GSYİH'nin birbirlerine tepkileri yok denecek düzeydedir. Nükleer dışı enerji tüketimi ile GSYİH'nin ise birbirini artış yönünde etkilemekte olduğu görülebilmektedir. Nükleer enerjinin payı düşünüldüğünde bu sonuç da dikkat çekicidir.

#### Şekil 4.19. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



#### 4.4.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları

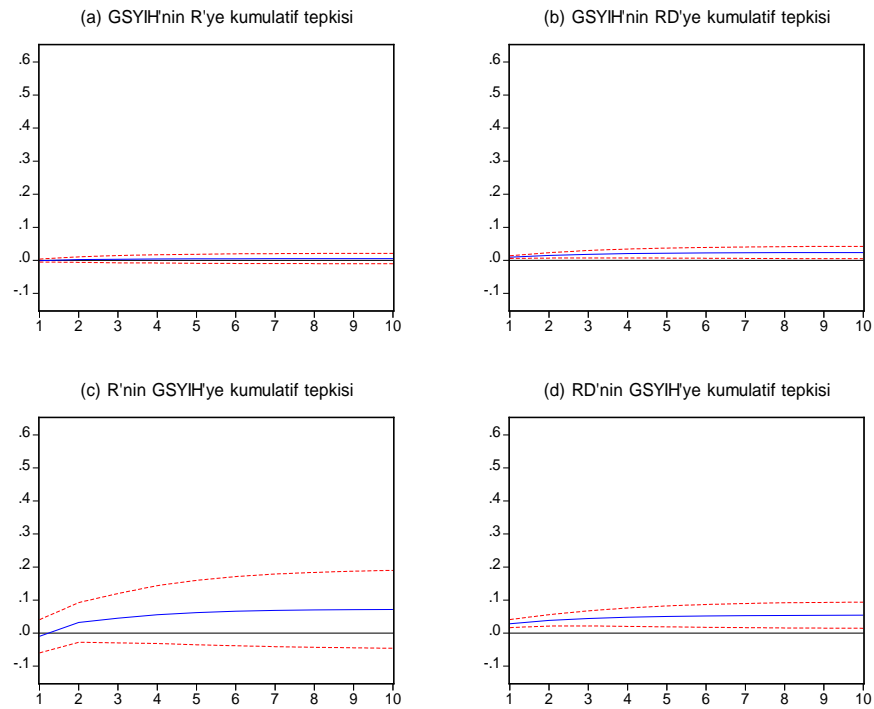
Yenilenebilir enerji modelinde seriler arasında eşbütünlük ilişkisi bulunmamıştır. Bu nedenle VAR modeli oluşturulmuştur. VAR modeline dayalı olarak Granger nedensellik testi yapılmıştır. Bunun sonucunda değişkenler arasında nedensellik ilişkisine rastlanamamıştır. Bu durum yenilenebilir enerji modelinde yansızlık kuramının geçerli olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.52. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYİH$		$\Delta R$		$\Delta RD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$			2.491	0.115	0.024	0.876
$\Delta R$	3.143	0.076				
$\Delta RD$	1.911	0.167				

Etki tepki analizine göre ise GSYİH ile yenilenebilir enerji tüketiminin birbirlerine anlamlı tepkisi belirlenememiştir. GSYİH ile yenilenebilir dışı enerji tüketiminin birbirlerine tepkisi ise düşük olmakla birlikte artış yönündedir.

#### Şekil 4.20. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları



#### 4.4.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları

Tüm kaynakların dahil edildiği bu modelde eşbütünleşme testleri farklı sonuçlar vermiştir. Hata düzeltme teriminin anlamlılığına göre analize devam edilmiştir. Hata düzeltme terimi istatistiksel olarak anlamlı bulunduğundan eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu sonucuna varılmıştır. Eşbütünleşme eşitliğine göre uzun dönemde sermaye stoku ve nükleer enerji tüketimi GSYİH ile pozitif, yenilenebilir enerji tüketimi ise negatif ilişkilidir. Ayrıca kömür tüketimi ve fosil yakıt tüketiminin katsayısının anlamlı olmadığı görülebilmektedir. Katsayıların esneklikleri gösterdiği düşünüldüğünde, GSYİH'nin en nükleer enerji tüketimi ile ilişkisi diğerlerine göre daha güçlü bulunmuştur.

**Tablo 4.53. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>N</i>	<i>R</i>	<i>SABİT</i>
	1.936	0.103	-0.321	0.255	-0.547	10.257
	(2.724)	(0.301)	(-0.768)	(3.892)	(-2.240)	

Nedensellik testi sonuçlarına göre ise kısa ve uzun dönemde hiçbir kaynağın GSYİH'nin nedeni olmadığı bulunmuştur. Bu sonuç nükleer enerji modelinin sonucu hariç olmak üzere diğer kaynaklara göre oluşturulan model sonuçları ile tutarlıdır.

Ancak nükleer enerji modelinde nükleer enerji tüketimi ile GSYİH arasındaki nedensellik testi sonucu ile bu modelde aynı değişkenler arasındaki sonuç birbirine oldukça yakındır. Böylece tüm kaynakları içeren modelin diğer modeller ile tutarlı sonuçlar verdiği sonucuna varılabilir. Ayrıca nedenselliğin gelirden enerji tüketimine doğru olması muhafaza kuramını destekleyen bir bulgudur.

**Tablo 4.54. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken											
		Kısa Dönem											
		$\Delta GSYIH$		$\Delta C$		$\Delta F$		$\Delta N$		$\Delta R$			
Bağımlı değişken		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P		
	$\Delta GSYIH$				0,791	0,378	1,592	0,214	3,520	0,067	1,776	0,189	
$\Delta C$		0,138	0,711										
$\Delta F$		0,614	0,437										
$\Delta N$		1,743	0,194										
$\Delta R$		4,482	0,040										
		Uzun Dönem											
		$ECT$		$ECT \Delta GSYIH$		$ECT \Delta C$		$ECT \Delta F$		$ECT \Delta N$		$ECT \Delta R$	
Bağımlı değişken		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
	$\Delta GSYIH$	-0,079	0,493			1,305	0,282	1,172	0,319	1,955	0,154	1,131	0,332
$\Delta C$		-0,356	0,008	3,879	0,028								
$\Delta F$		-0,039	0,704	0,342	0,712								
$\Delta N$		-0,230	0,004	6,182	0,004								
$\Delta R$		-0,530	0,001	7,919	0,001								

Modelde etki tepki fonksiyonları incelendiğinde enerji kaynakları arasında şu ilişkilerin varlığına işaret eden sonuçlara ulaşılmıştır. Kömür, fosil yakıt ile tamamlayıcı durumda olduğu, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji ile ikame konumunda oldukları ifade edilebilir. Ayrıca fosil yakıt ile nükleer enerjinin ikame, fosil yakıt ile yenilenebilir enerjinin ve nükleer enerji ile yenilenebilir enerjinin ise tamamlayıcı oldukları söylenebilir.

Tüm modeller incelendiğinde Fransa için nükleer enerjinin önemli bir kaynak olmasına karşın GSYİH ile etkileşiminin zayıf olduğu görülmektedir. Ayrıca toplam enerji modelinin Fransa için de yeterli olmadığı, kaynaklara göre ayrıştırma yapılarak oluşturulan modellerin daha fazla bilgi içerdiği görülmüştür. Oluşturulan modellerde toplam enerji tüketiminin ve enerji kaynakları tüketiminin gelir için bir kısıt olmadıkları sonucuna da ulaşılmıştır.

## 4.5. JAPONYA SONUÇLARI

Japonya için oluşturulan modellerde kullanılan değişkenlerin tümü düzeyde birim kök içermektedir. Birinci farkta ise tüm değişkenler durağandır. Bu nedenle öncelikle seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı test edilmiştir. Sonrasında ise uygun model oluşturularak nedensellik analizi uygulanmıştır. Etki tepki fonksiyonları da elde edilerek uygulama sonlandırılmıştır.

### 4.5.1. Toplam Enerji Modeli Sonuçları

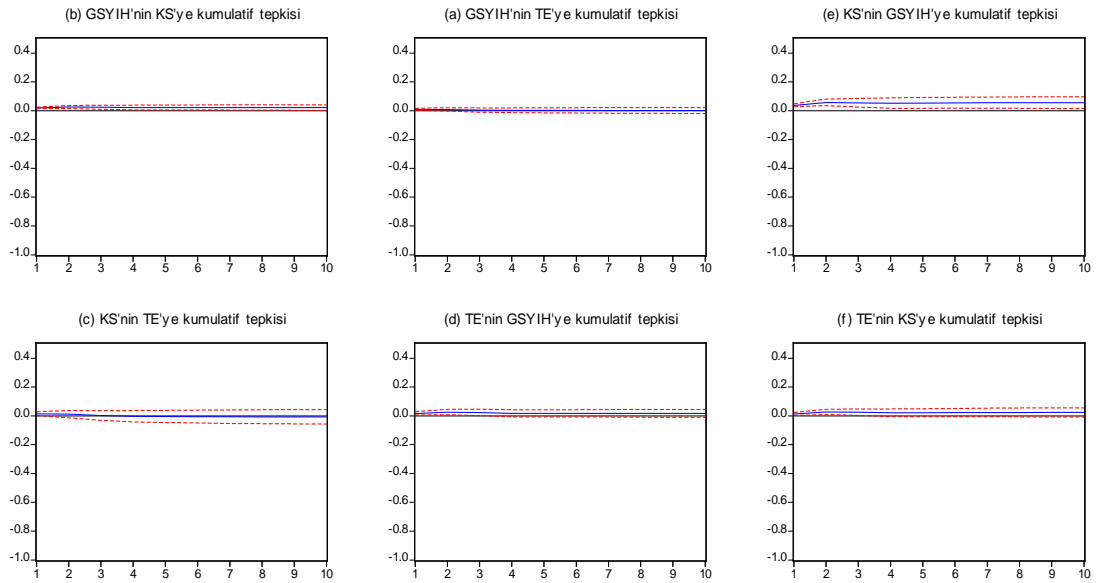
Toplam enerji modelinde kullanılan seriler arasında eşbütünleşme bulunmamaktadır. Eşbütünleşmenin olmadığı duruma uygun olarak VAR modeli oluşturulmuştur. Granger nedensellik analizi sonucunda ise değişkenler arasında nedensellik ilişkisine rastlanamamıştır.

**Tablo 4.55. Toplam Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYIH$		$\Delta T$		$\Delta KS$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$			2.026	0.363	0.066	0.968
$\Delta TE$	1.679	0.431				
$\Delta KS$	1.156	0.561				

Etki tepki analizi sonuçları Şekil 4.21’de görülebilmektedir. GSYİH’nin toplam enerji tüketimine tepkisi artış yönündedir. Ancak bu tepki ikinci döneme ulaşmadan anlamlılığını yitirmektedir. Toplam enerji tüketiminin GSYİH’ye tepkisi ise artış yönündedir. Sonrasında ise artış oranında azalma görülmektedir. Tepkinin anlamlılığı ise üçüncü döneme kadar sürmektedir. Ancak tüm bu etki tepki fonksiyonlarında etkileşimler düşük düzeydedir. Etki tepki fonksiyonlarında elde edilebilecek bir diğer sonuç ise (e) panelinde görülebileceği gibi toplam enerji ile sermaye stokunun tamamlayıcı olabileceğini gösteren ilişkidir.

### Şekil 4.21. Toplam Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları



### 4.5.2. Kömür Modeli Sonuçları

Kömür modelinde kullanılan değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı belirlenmiştir. Bu nedenle hata düzeltme modeli oluşturularak nedensellik analizi yapılmıştır. Eşbütünleşme eşitliği uzun dönemde sermaye stokunun ve kömür tüketiminin GSYİH ile pozitif ilişkisinin olduğunu göstermektedir. Kömür dışı enerji tüketiminin GSYİH ile ilişkisinin ise istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca GSYİH'nin kömür tüketimi esnekliğinin diğer ülkelere göre yüksek olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 4.56. Kömür Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>C</i>	<i>CD</i>	<i>SABİT</i>
	1.673	0.686	-0.401	2.664
	(8.829)	(5.338)	(-1.607)	

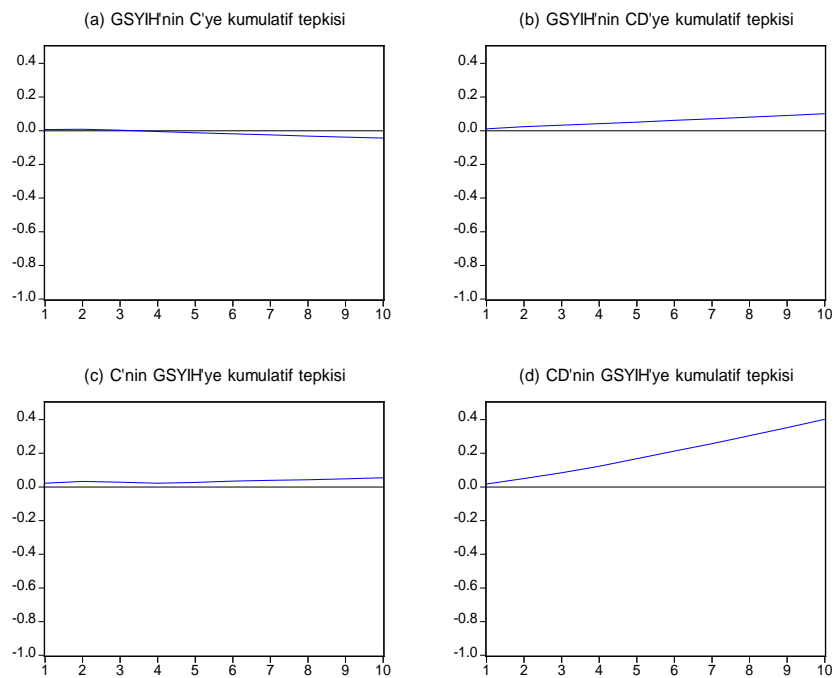
Granger nedensellik analizi sonuçlarına göre kısa dönemde nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Kısa dönemde yansızlık kuramını destekleyen bu sonucun dışında, uzun dönemde muhafaza kuramını destekleyen nedensellik ilişkisi elde edilmiştir. Buna göre uzun dönemde GSYİH'nin kömür tüketiminin Granger nedeni olduğu belirlenmiştir.



**Tablo 4.57. Kömür Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken						
		Kısa Dönem						
Bağımlı değişken	$\Delta GSYİH$		$\Delta C$		$\Delta CD$			
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri		
$\Delta GSYİH$			0.145	0.705	0.304	0.579		
$\Delta C$	1.872	0.181						
$\Delta CD$	1.254	0.271						
		Uzun Dönem						
Bağımlı değişken	$ECT$		$ECT \Delta GSYİH$		$ECT \Delta C$		$ECT \Delta CD$	
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$	0.116	0.131			1.583	0.221	2.060	0.144
$\Delta C$	-0.426	0.006	6.177	0.005				
$\Delta CD$	-0.125	0.091	2.325	0.114				

Etki tepki fonksiyonlarına göre ise GSYİH'nin kömür tüketimine tepkisi sıfıra çok yakındır. Kömür tüketiminin GSYİH'ye tepkisi ise düşük olmakla birlikte yatay seyir izlemektedir. GSYİH ile kömür dışı enerji tüketiminin birbirine tepkileri ise artış yönündedir. Burada özellikle GSYİH'deki artışın kömür dışı tüketiminde büyük bir artışa neden olduğu görülmektedir. Bu sonuç, büyümenin kömür dışı enerji tüketimini kömür tüketimini artırdığından daha fazla artırdığını göstermektedir. Ayrıca GSYİH'nin kömür dışı enerji tüketimine tepkisi kömür tüketimine olan tepkisinden daha fazladır.

**Şekil 4.22. Kömür Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**

### 4.5.3. Fosil Yakıt Modeli Sonuçları

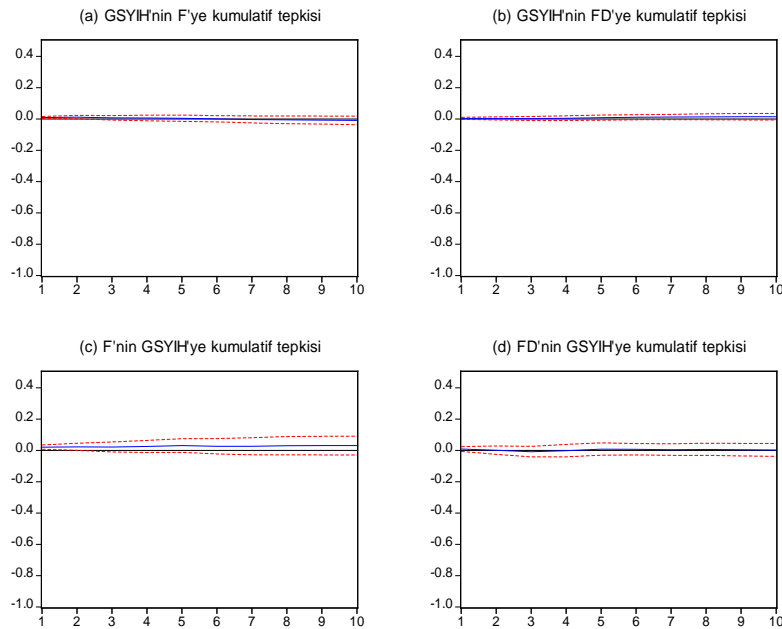
Fosil yakıt modelinde değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı belirlendiğinden VAR modeli oluşturularak nedenselli analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda seriler arasında nedenselliğin bulunmadığı belirlenmiştir.

**Tablo 4.58. Fosil Yakıt Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYİH$		$\Delta F$		$\Delta FD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYİH$			6.379	0.095	2.531	0.470
$\Delta F$	2.148	0.542				
$\Delta FD$	5.598	0.133				

Ayrıca fosil yakıt tüketimi ile GSYİH arasındaki etki tepki fonksiyonlarında değişkenlerin birinde meydana gelen değişimin diğerinde az da olsa artışa neden olduğu görülmektedir. Ancak tepkilerin anlamlılığı ikinci dönemden itibaren kaybolmaktadır. Bu durum iki değişkende de meydana gelen artışın diğer değişkeni artırdığını göstermektedir yani GSYİH'deki bir artış fosil yakıt tüketimini fosil yakıt tüketimindeki bir artış ise GSYİH'yi artırmaktadır.

**Şekil 4.23. Fosil Yakıt Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**



#### 4.5.4. Nükleer Enerji Modeli Sonuçları

Nükleer enerji modelinde eşbütünleşme ilişkisinin varlığı nedeniyle hata düzeltme modeli oluşturulmuştur. Hata düzeltme modeli çerçevesinde ise kısa dönem ve uzun dönem nedensellik testleri uygulanmıştır. Eşbütünleşme eşitliğine göre sermaye stoku ve nükleer enerji tüketimi uzun dönemde GSYİH ile pozitif ilişkilidir. Nükleer dışı enerji tüketiminin ise uzun dönemde GSYİH ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca GSYİH'nin sermaye stoku esnekliği 1,17, nükleer enerji tüketimi esnekliği 0,27 olduğu belirlenmiştir. Japonya analiz edilen beş ülke arasında nükleer enerjiyi en yüksek oranda kullanan ikinci ülkedir. Ancak bu oran (%16) yine de çok yüksek değildir.

**Tablo 4.59. Nükleer Enerji Modelinde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>N</i>	<i>ND</i>	<i>SABİT</i>
	1.175	0.272	0.312	25.979
	(4.710)	(5.615)	(1.179)	

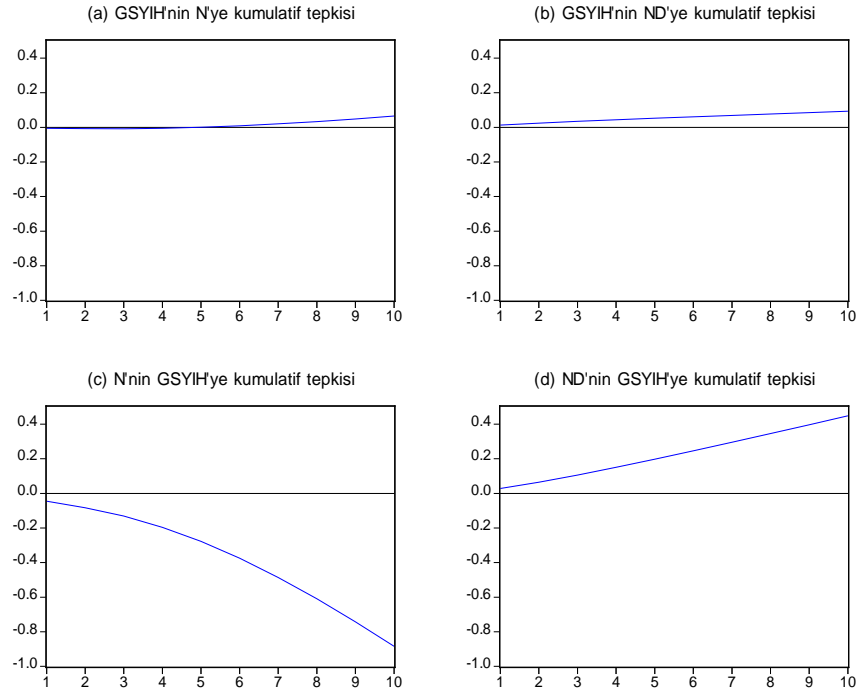
Granger nedensellik analizi sonuçlarına göre kısa dönemde GSYİH sadece nükleer dışı enerji tüketiminin nedeni olarak tespit edilmiştir. Uzun dönemde ise GSYİH hem nükleer enerji tüketiminin hem de nükleer dışı enerji tüketiminin nedeni olarak belirlenmiştir. Ancak nükleer enerji tüketimi ile nükleer dışı enerji tüketiminin GSYİH'nin nedeni olmadığı belirlenmiştir.

**Tablo 4.60. Nükleer Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken								
	Kısa Dönem								
	$\Delta GSYİH$		$\Delta N$		$\Delta ND$				
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri			
$\Delta GSYİH$									
$\Delta N$	3.279	0.079	1.997	0.167	2.111	0.156			
$\Delta ND$	4.416	0.043							
Bağımlı değişken	Uzun Dönem								
	<i>ECT</i>		<i>ECT <math>\Delta GSYİH</math></i>		<i>ECT <math>\Delta N</math></i>		<i>ECT <math>\Delta ND</math></i>		
	Katsayı	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	
	$\Delta GSYİH$	0.016	0.835			1.021	0.371	1.085	0.350
	$\Delta N$	-0.337	0.008	5.052	0.043				
$\Delta ND$	-0.141	0.228	3.654	0.037					

Etki tepki fonksiyonlarına göre GSYİH'nin nükleer enerji tüketimine tepkisini oldukça az olduğu belirlenmiştir. Nükleer enerji tüketiminin GSYİH'ye tepkisi ise azalış yönündedir. Nükleer dışı enerji tüketimi ile GSYİH'nin birbirine verdiği tepki ise artış yönündedir.

**Şekil 4.24. Nükleer Enerji Modelinde Etki Tepki Analizi Sonuçları**



#### 4.5.5. Yenilenebilir Enerji Modeli Sonuçları

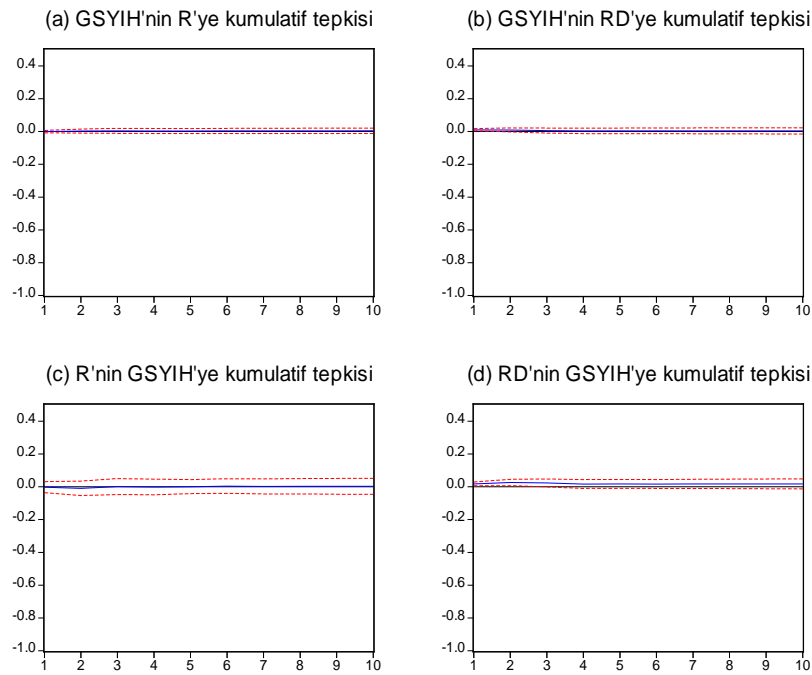
Yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenebilir dışı enerji tüketimi, sermaye stoku ve GSYİH'den oluşan bu modelde ise eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle VAR modeli temelinde Granger nedensellik analizi yapılmıştır. Söz konusu analiz sonucunda muhafaza kuramını destekler şekilde GSYİH'nin yenilenebilir enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 4.61. Yenilenebilir Enerji Modelinde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken					
	$\Delta GSYIH$		$\Delta R$		$\Delta RD$	
	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri	F istatistiği	P değeri
$\Delta GSYIH$			0.855	0.652	1.544	0.462
$\Delta R$	8.820	0.012				
$\Delta RD$	2.663	0.264				

Şekil 4.25’de görülen etki tepki fonksiyonlarına göre GSYİH ile yenilenebilir enerji tüketiminin birbirine verdiği tepkiler anlamlı değildir. GSYİH’nin yenilenebilir dışı enerji tüketimine verdiği tepki oldukça düşük ve azalış yönündedir. Ayrıca bu tepki ikinci döneme ulaşmadan anlamlılığını yitirmektedir. Yenilenebilir dışı enerji tüketiminin GSYİH’ye tepkisi ise yatay bir seyir izlemektedir ve yine oldukça düşüktür. Ayrıca söz konusu tepkinin anlamlılığını üçüncü dönemden itibaren kaybolmaktadır.

#### Şekil 4.25. Yenilenebilir Enerji Modeli için Etki Tepki Analizi Sonuçları



#### 4.5.6. Tüm Kaynakları İçeren Model Sonuçları

Bu modelde toplam enerjiyi temsilen tüm enerji kaynakları ayrı ayrı modele dahil edilmiştir. Eşbütünleşmenin varlığı belirlendiğinden hata düzeltme modeli oluşturulmuştur. Eşbütünleşme eşitliği tahmin sonuçlarına göre kömür tüketimi esnekliği en yüksek olan enerji kaynağıdır. Bu kaynağı sırasıyla nükleer enerji ve fosil yakıt izlemektedir.

**Tablo 4.62. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Eşbütünleşme Eşitliği Tahmini Sonuçları**

<i>GSYİH</i>	<i>KS</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>N</i>	<i>R</i>	<i>SABİT</i>
	0.184	0.699	0.241	0.245	-0.508	10.084
	(3.461)	(14.778)	(3.708)	(17.955)	(-7.623)	

Nedensellik analizi sonuçlarına göre kısa ve uzun dönemde hiçbir kaynak GSYİH'nin nedeni değildir. Bu sonuç kaynaklara göre ayrı ayrı oluşturulan modellerle uyumaktadır. Bu nedenle kaynaklara özel modellerin kurulmasının uygun olduğu söylenebilir.

**Tablo 4.63. Tüm Kaynakları İçeren Modelde Granger Nedensellik Testi Sonuçları**

		Bağımsız değişken											
		Kısa Dönem											
		$\Delta GSYİH$		$\Delta C$		$\Delta F$		$\Delta N$		$\Delta R$			
Bağımlı değişken		F	P	F	P	F	P	F	P	F	P		
	$\Delta GSYİH$				0,000	0,975	1,384	0,249	1,884	0,180	0,043	0,837	
$\Delta C$		2,657	0,113										
$\Delta F$		0,822	0,371										
$\Delta N$		6,610	0,015										
$\Delta R$		0,331	0,569										
		Uzun Dönem											
		<i>ECT</i>		<i>ECT</i> $\Delta GSYİH$		<i>ECT</i> $\Delta C$		<i>ECT</i> $\Delta F$		<i>ECT</i> $\Delta N$		<i>ECT</i> $\Delta R$	
			P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
$\Delta GSYİH$		-0,088	0,663			0,187	0,830	0,702	0,503	0,944	0,400	0,109	0,896
$\Delta C$		-0,951	0,002	7,211	0,002								
$\Delta F$		-0,094	0,465	0,859	0,434								
$\Delta N$		-0,612	0,004	8,462	0,001								
$\Delta R$		-0,977	0,001	6,717	0,004								

Ayrıca bu modeldeki değişkenlere ait etki tepki fonksiyonları incelendiğinde kömürün ve fosil yakıtların nükleer enerji ile ikame olduğunu gösteren bulgular elde edilmiştir. Ayrıca kömür ve nükleer enerji ile yenilenebilir enerjinin tamamlayıcılık ilişkisi gösterdiği, fosil yakıt ile yenilenebilir enerjinin ise birbirinin ikamesi olduğu ifade edilebilir.

Japonya örneğinden elde edilen sonuçlar bu ülke için toplam veya farklı kaynaklara göre enerji tüketiminin GSYİH üzerinde etkili olmadığını göstermektedir. Ayrıca toplam enerji tüketiminin ve kaynaklara göre enerji tüketiminin GSYİH üzerinde kısıtlayıcı bir etkisinin de bulunmadığı ifade edilebilir. Bu nedenle enerji tasarruf edici politikaların uygulanmasının büyümeyi sınırlandırmayacağı söylenebilir. Ancak

büyümenin özellikle kömür tüketimini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda Japonya'nın büyümesinin çevresel etkilerinin olacağını söylemek mümkündür. Japonya'nın kömür kullanımının artışı engellemek için, kömür üzerinde vergi artışına gitmesi veya daha temiz kaynakların kullanımını teşvik edici önlemler alması tavsiye edilebilir.

Tüm modeller incelendiğinde Japonya için oluşturulan toplam enerji modelinden elde edilemeyen bazı bilgilerin kaynaklara göre oluşturulan modellerden elde edilebildiği görülebilmektedir. Bu nedenle kaynaklara göre oluşturulan modellerin kullanılmasının daha uygun olacağı ifade edilebilir.

## 5. BÖLÜM SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki farklı bir yaklaşımla incelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle enerjinin, üretimdeki yeri tartışılmıştır. Neoklasik üretim modelinin öne sürdüğü iki faktörlü üretim teorisine yapılan eleştiriler ve söz konusu teoriye alternatif olarak geliştirilmeye çalışılan teoriler incelenmiştir. Enerjinin, üretim fonksiyonunda bir faktör olarak yer alabilmesinin koşulu olarak görülebilecek olan diğer üretim faktörleri ile ilişkisi de incelenmiştir. Böylece gerçekte enerjinin emek ve sermaye ile ikame edilip edilemeyeceği ve enerji kullanmadan üretimin yapılıp yapılamayacağı açıklanmaya çalışılmıştır. Yine üretimde önemli etkenlerden biri olan teknolojinin enerji ile ilişkisi de inceleme konusu yapılmıştır. Böylece teknolojik gelişimin de enerjinin üretimdeki yerini belirleyen bir faktör olarak nasıl bir etkisinin bulunduğu analiz edilmiştir. Teorik kısımda son olarak ise enerji ve büyüme arasındaki ilişkiyi etkileyen faktörler ele alınmıştır.

Enerji ile büyüme arasındaki ilişkiyi teorik açıdan ele alan çalışmalar oldukça az sayıdadır. Bununla birlikte bu ilişkiyi inceleyen uygulamalı çalışmaların sayısı ise oldukça yüksektir ve her geçen gün bu çalışmaların sayısındaki artış hızı da artmaktadır. Ancak uygulamalı çalışmalarda genellikle teori ile ilgili bir altyapıya ulaşmak pek mümkün değildir. Uygulamalı çalışmaların tanıtıldığı ikinci kısımda, kapsamlı bir tarama yapılmaya çalışılmıştır. Öncelikle uygulamalı çalışmaların tarihsel gelişim süreci incelenmiştir. Sonrasında ise incelenen ülkelere ve ülke gruplarına göre literatür sınıflandırılmıştır. Farklı enerji kaynaklarının kullanımının çalışmanın ana unsuru olması nedeniyle, bu bölümde kaynaklara göre de bir sınıflandırma yapılmıştır. Son olarak ise uygulanan yöntemlere göre sınıflandırma yapılarak literatür incelemesi tamamlanmıştır. Böylece, geçmişte yapılan çalışmalar oldukça ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmuştur. Çalışmada kullanılan ekonometrik yöntemlerin açıklandığı üçüncü bölüm ve sonrasında uygulama kısmı ile çalışma tamamlanmıştır.

Çalışmada incelenen ülkeler, birincil enerji kaynaklarının tümünü kullanan ülkeler arasından seçilmiştir. Ayrıca ülke seçiminde söz konusu enerji kaynaklarını uzun süredir kullanıyor olmaları da dikkate alınmıştır. Böylece, kaynaklar arasındaki farklılığın daha açık bir şekilde ortaya çıkarılabileceği düşünülmüştür. Kullanılan veriler zaman boyutu olarak yeterlidir. Gözlem sayısının artırılması tercih edilen bir durum



olsa da, belirli bir tarihten öncesine ait verilerin olmaması çalışmayı kısıtlamıştır. Beş ülkenin analiz edildiği çalışmada en büyük gözlem sayısı 51 olmuştur.

Enerji kaynakları için yapılan farklı sınıflandırmalar bulunmaktadır. Ancak özellikle birincil enerji kaynaklarının kullanılması ile aynı değerin iki kez analizde yer almasının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Birincil enerji kaynaklarının işlenmesi ile elde edilen ikincil enerji kaynaklarından biri olan elektrik enerjisi de bu nedenle çalışmada incelenen kaynaklar arasında yer almamıştır.

Çalışmada kullanılan yöntemin ve analizin, iktisat teorisinin kısıtları altında doğru bir şekilde devam ettirilebilmesi için öncelikle tüm seriler işgücü serisine bölünmüştür. Böylece, dışsal bir değişken olan işgücünün, analizde içsel bir değişken gibi bulunmasının önüne geçilmiştir. Bu dönüşümün yapılabilmesi için gerekli olan ölçüğe göre sabit getiri varsayımının oldukça sınırlayıcı olduğu kabul edilebilir. Ancak bu dönüşümün yapılmasının gerekliliği teoriye uygun bir analiz yapılabilmesi açısından oldukça önemli olduğundan, bu varsayımın yapılabileceği düşünülmüştür. Uygulama aşamasında öncelikle serilerin durağanlığı incelenmiştir. Serilerin durağanlık durumuna göre eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Seriler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığı durumunda hata düzeltme modeli oluşturulmuştur. Eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı tespit edildiğinde ise VAR modeli oluşturulmuştur. Sonrasında ise Granger nedensellik analizi yapılmıştır. Böylece bir değişkenin, diğer değişkenin sonraki dönemlerdeki değeri üzerinde belirleyici olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca bir değişkende meydana gelen değişime diğer değişkenlerin nasıl tepki verdiğinin belirlenmesi amacıyla etki tepki fonksiyonları elde edilmiştir. Son olarak ise bir değişkendeki değişimin ne ölçüde diğer değişkenlerden kaynaklandığını belirlemek için varyans ayrıştırması uygulanmıştır.

Çalışmada, farklı kaynakların inceleme konusu olduğu literatürde, daha önce dışlanan değişken sapmasına yol açtığı düşünülen bir durumun da önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bunun için bir enerji kaynağının tüketim verisi kullanılırken analize söz konusu enerji kaynağının dışındaki enerji tüketimi de katılmıştır. Bu, çalışmayı daha önce yapılan çalışmalardan ayıran en önemli özelliklerden biridir. Bu yaklaşım ile çalışma, literatürde farklılık oluşturmaktadır.

ABD için oluşturulan modellerden elde edilen bulgulara göre; enerji kaynaklarına göre oluşturulan modellerden kömür ve fosil yakıt tüketiminin gelir için bir kısıt etkisi gösterdiği, nükleer ve yenilenebilir enerji tüketiminin bu tür bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

ABD için elde edilen bulgular, ABD ekonomisinin kömür ve fosil yakıtlara bağımlı durumda olduğunu göstermektedir. Ancak söz konusu kaynakların tükenmesi ve çevreye oldukça zararlı olması nedeniyle sürdürülebilir büyümenin önünde engel teşkil edeceği bilinmektedir. Bu durumda ABD'nin daha temiz enerji kaynaklarına geçişinin oldukça önemli olduğu görülmektedir. Ancak, özellikle kömür ve fosil yakıtların gelir üzerindeki kısıtlayıcı etkisinin olması, temiz enerji kaynaklarına geçişte geliri azaltıcı etkilerin görülmesi ihtimalini ortaya çıkarmaktadır. Dünyanın en büyük ekonomilerinden birinin çevreye zararlı ve tükenen kaynaklara bu şekilde bağımlı olması hem dünya ekonomisinin geleceği bakımından hem de çevresel kaygılar nedeniyle sorun oluşturabilecek düzeydedir. Elde edilen bu sonuçlar dünyanın önemli sorunlarından biri olan küresel ısınma açısından da önemlidir. Özellikle fosil yakıt ve kömür tüketiminin karbondioksit salınımının yüksek olduğu düşünüldüğünde ABD ekonomisinin söz konusu kaynaklara bağımlı olması küresel ısınmanın engellenmesi önünde önemli engellerden biri olarak durmaktadır.

Ayrıca ABD için toplam enerji modelinden elde edilen sonuçlar Kraft ve Kraft (1978), Akarca ve Long (1980), Yu ve Choi (1985), Abosedra ve Baghestani (1989) ve Stern (1993 ve 2000)'in çalışmalarıyla uyum sağlamamaktadır. Ancak söz konusu çalışmalardan Kraft ve Kraft (1978), Abosedra ve Baghestani (1989) ve Stern (1993 ve 2000)'in çalışmalarında elde edilen GSYİH'den enerji tüketimine doğru olan tek yönlü nedenselliğin varlığı uyuşan sonuçtur.

Kanada için elde edilen sonuçlar incelendiğinde uzun dönemde gelirin enerji tüketimi ile ilişkisinin oldukça güçlü olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca GSYİH'nin kömür tüketimine olan duyarlılığının kömür dışı enerji tüketimine olan duyarlılığından düşük olması özellikle çevresel anlamda kaygıları azaltabilecek niteliktedir. Bu sonuç ABD için geçerli olan tartışmaların Kanada için yapılmasının pek de mümkün olmadığını bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketimi dışında kalan enerji kaynaklarının toplu halde gelirin nedeni olması da dikkat çekicidir. Enerji

kaynaklarını gelir üzerinde kısıtlayıcı etkisinin olmaması bu ülkenin enerji tasarruf edici politikaları uygulayabileceğini göstermektedir. Bu açıdan ABD ile önemli ölçüde farklılaşmaktadır. Bu durum da, Kanada'nın ekonomik büyümesinin küresel ısınma açısından sorun teşkil etmemesi olarak yorumlanabilir. Kanada için elde edilen sonuçlar Erol ve Yu (1987)'nin çalışması ile uyumaktadır. Ancak Lee (2006)'nin elde ettiği tek yönlü nedenselliğin yerine iki yönlü nedensellik elde edilmiştir.

İngiltere'nin de fosil yakıtları yüksek oranda tüketmesi nedeniyle uzun dönemde enerjiye ulaşılabilme konusunda ve çevresel konularda sorunlarla karşılaşması muhtemeldir. İngiltere'de fosil yakıt kullanımı toplam enerji tüketiminin dörtte üçünü oluşturmaktadır. Bu nedenler göz önüne alındığında İngiltere'nin de ABD gibi enerji kaynaklarında çeşitlendirmeye gitmesi gerekliliği öne çıkmaktadır. Ancak enerji kaynaklarının gelir üzerinde kısıtlayıcı etkisinin olmaması nedeniyle temiz enerji kaynaklarına geçiş aşamasında geliri azaltıcı etkilerin görülmemesi muhtemeldir. Küresel ısınma dikkate alındığında İngiltere'nin ekonomik büyümesinin de sorun olmayacağı görülebilmektedir. Ayrıca toplam enerji modelinden elde edilen sonuçlar Yu ve Choi (1985), Erol ve Yu (1987) ve Lee (2006)'nin bulguları ile uyumaktadır.

Fransa'nın yoğun bir şekilde nükleer enerjiyi kullanması diğer ülkelerin ihtiyaç duyduğu bir enerji sistemine sahip olmaya yakın olduğunu göstermektedir. Ancak nükleer enerji tüketiminin gelire katkısının düşük olması nedeniyle, bu kaynağın kullanımının beklenen etkiyi gerçekleştirmediği görülmektedir. Bu nedenle Fransa'nın nükleer enerji kullanımı kendisine bir avantaj sağlamamaktadır. Bununla birlikte Fransa'nın küresel ısınma sorununa diğer ülkeler kadar katkı yapmadığı da söylenebilir. Toplam enerji modelinden elde edilen bulgular Yu ve Choi (1985) ve Lee (2006)'nin bulgularıyla örtüşmemektedir. Ayrıca nükleer enerji modelinden elde edilen bulgular Yoo ve Ku (2009)'nin bulgularını desteklemektedir.

Son olarak Japonya'nın enerji kaynaklarına bağlı bir büyümesinin olmadığı belirlenmiştir. Bu modellerden elde edilen bir diğer sonuç enerji kaynaklarının gelir üzerinde bir kısıt etkisi göstermedikleridir. Bu nedenle Japonya'nın uygulayacağı enerji tüketimini azaltıcı politikalar gelir üzerinde etkide bulunmayacaktır. Bu durum tüm enerji kaynakları için geçerlidir. Bu nedenle Japonya için enerji tasarrufu politikaları önerilebilir. Böylece Japonya'nın ekonomik büyümesi küresel ısınma sorununa katkı

yapmadan da sağlanabilir. Ayrıca toplam enerji modeli sonuçları Erol ve Yu (1987) ve Lee (2006)'nin çalışmalarının sonuçlarında yer alan endensellik ilişkilerini içermemektedir. Kömür modelinden elde edilen bulgular ise Jinke vd. (2008)'in bulgularıyla uyuşmamaktadır.

Ülkeler için elde edilen sonuçlar özetlendikten sonra enerji kaynaklarına göre ülkelerin durumunu gösteren bir karşılaştırmanın yapılması faydalı olacaktır. Bu amaçla her bir kaynak için elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir. Toplam enerjinin ABD'de kısa dönemde GSYİH'nin nedeni olmadığı belirlenmiştir. Ancak Kanada için bu durum nedenselliğin olmadığını göstermektedir. Ayrıca Kanada için uzun dönemde GSYİH'nin toplam enerji tüketimine olan duyarlılığı ABD'den daha yüksektir. İngiltere, Fransa ve Japonya örneklerinde de toplam enerji tüketimi ile GSYİH arasında nedensellik bulunmamıştır. Bununla birlikte toplam enerji tüketiminin sadece ABD'de gelir için bir kısıt olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kömür modellerinden edinilen bilgiler ise uzun dönemde Fransa'nın diğer ülkelerden farklılaştığını ve kömür tüketiminin GSYİH ile ilişkisinin anlamlı olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte kömür tüketimi sadece ABD için uzun dönemde nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. Diğer ülkelerde ise nedensellik ilişkisinin olmadığı belirlenmiştir. Yine tüm ülkeler içinde sadece ABD için kömür tüketimi gelir üzerinde kısıtlayıcı etki göstermektedir. Fosil yakıt modellerinden ise kömür modeline benzer şekilde sadece ABD için nedensellik ilişkisi ve gelir üzerinde kısıtlayıcı etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu nedensellik ilişkisi uzun dönemde bir nedenselliği göstermektedir. Ayrıca ABD için fosil yakıt tüketimi esnekliği ise fosil yakıt dışı tüketim esnekliğinden daha büyük bulunmuştur.

Nükleer enerji modellerinde; İngiltere ve Fransa için nükleer enerjinin gelirin nedeni olduğu bulunmuştur. Diğer ülke örneklerinde ise nedenselliğe rastlanamamıştır. Ayrıca gelirin nükleer enerji tüketimi esnekliği ve etki tepki fonksiyonları göz önüne alındığında bu iki değişken arasında güçlü bir ilişkinin olmadığı gözlemlenmiştir. İncelenen tüm ülkelerde nükleer enerjinin gelir için bir kısıt olmadığı sonucuna da varılmıştır. Yenilenebilir enerji modellerinden analiz edilen ülkelerin hiç birinde yenilenebilir enerji tüketimi gelirin nedeni olarak bulunamamıştır. Ayrıca etki tepki fonksiyonlarından iki değişkenin erkileşiminin ya çok az ya da anlamlı olmadığı

bulmuştur. Yine incelenen tüm ülkeler için yenilenebilir enerjinin de gelir üzerinde kısıtlayıcı bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir.

Tüm kaynakların dahil edildiği modellerden ABD ve Kanada için gelir ile en güçlü ilişkide olan kaynağın kömür, İngiltere için fosil yakıtlar, Fransa için nükleer ve Japonya için kömür olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tüm ülkelerde kömür ve nükleer enerjinin birbirinin ikamesi şeklinde hareket ettikleri belirlenmiştir. Nükleer enerji ile yenilenebilir enerji arasında ise sadece ABD’de ikame ilişkisi gözlemlenirken diğer ülkelerde tamamlayıcılık ilişkisi içinde oldukları ifade edilebilir. Buradan ABD’nin aksine diğer ülkelerin nükleer enerji ve yenilenebilir enerjiyi birlikte kullanma amacında oldukları söylenebilir. Diğer kaynakların birbirleriyle olan ilişkilerinde ise genellikle farklı sonuçlar edinilmiştir.

Analizler sonucunda ulaşılan sonuçlar, toplam enerjinin bir bütün olarak ele alındığı modellerden yeterli bilginin elde edilemediğini göstermektedir. Ayrıca kaynaklara göre ayrıştırma yapılarak oluşturulan modellerin daha fazla bilgi verdiği de gözlenmiştir. Kanada örneğinde olduğu gibi herhangi bir kaynağın dışındaki enerji tüketiminin de analize dahil edilmesi farklı sonuçlara ulaşılmasını mümkün kılabilir. Böylece, toplam enerjinin bir bütün olarak ele alındığı modeller ile birlikte, tüm kaynakların modele ayrıştırılarak katıldığı modellerden de daha fazla bilgi sunabilmektedir. Bu nedenle, oluşturulan modellerin enerji kaynaklarına göre oluşturulması daha faydalıdır.

Çalışmanın sonucunda elde edilen bulguların geçmişteki çalışmalar ile karşılaştırılması yapıldığında, aynı ülkelerin incelendiği çalışmalar ile farklılık arz ettiği görülebilmektedir. Ancak çalışmanın asıl amacı, literatürde var olan karmaşaya yeni bir halka eklemek değildir. Bunun yerine teorik altyapının kullanılmaması ve uygulanan ekonometrik yöntemlerin gerekliliklerinin yerine getirilmemesi gibi nedenlerle ortaya çıkan sorunlara dikkat çekmek ve literatüre katkı yapmaktır.

Temiz enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasının amaçlandığı düşünüldüğünde sadece ABD için bu amaca uygun hareket etmenin, GSYİH üzerinde azaltıcı etkide bulunabileceği dikkat çekicidir. Ayrıca ülkelerin kısa dönem ve uzun dönem büyümesi için farklı bilgilerin elde edilmiş olması da önemli olduğu düşünülen sonuçlardandır.

Elde edilen bu sonuçların enerji politikalarının şekillenmesinde politik karar vericilere bilgiler sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma, enerji politikalarının belirlenmesinde sadece ekonomik büyüme perspektifine ışık tutmaya çalışmaktadır. Ancak söz konusu politikalar şekillenirken siyasi değişkenlerin, sosyal yapının ve çevre politikalarının da dikkate alınması gerekmektedir. Bu değişkenlerin tartışılması ise çalışmanın konusu dışında kalmaktadır.

İncelenen ülkelerin tümünün gelişmiş ülkeler olması gözlem sayısının yüksek tutulmasının istenmesinden kaynaklanmıştır. Veri setleri genişledikçe, gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkeler için de çalışmaların yapılması mümkün olacaktır. Böylece farklı gelişmişlik seviyesindeki ülkeler için de öneriler geliştirilebilecektir. Ayrıca Kummel (1980)'in önerdiği şekilde kirlilik fonksiyonunun da analize dahil edilmesi ile değerli sonuçların elde edilebileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Abosedra, S. ve H. Baghestani (1989) “New Evidence on the Causal Relationship Between United States Energy Consumption and Gross National Product” *The Journal of Energy and Development*, 14(2): 285-292
- Akarca, A. T. ve T. V. Long (1980) “On the Relationship Between Energy and GNP: A Reexamination” *Journal of Energy and Development*, 5(2): 326-331
- Akyüz, Y. (2009) *Sermaye Bölüşüm Büyüme*, Eflatun Yayınevi, İstanbul.
- Al-Iriani, M. A. (2006) “Energy–GDP relationship revisited: An example from GCC countries using panel causality”, *Energy Policy*, 34 3342–3350
- Altınay, G. ve E. Karagöl (2005) “Electricity consumption and economic growth: Evidence from Turkey” *Energy Economics*, 27: 849–856
- Apergis, N. ve J. E. Payne (2010) “A panel study of nuclear energy consumption and economic growth”, *Energy Economics*, 32: 545–549.
- Apergis, N. ve J. E. Payne (2010) “Natural gas consumption and economic growth: A panel investigation of 67 countries” *Applied Energy*, 87: 2759–2763
- Apergis, N. ve J. E. Payne (2011) “Renewable and non-renewable electricity consumption–growth nexus: Evidence from emerging market economies” *Applied Energy*, 88: 5226–5230
- Apergis, N. ve J. E. Payne (2011) “The renewable energy consumption–growth nexus in Central America” *Applied Energy*, 88: 343–347
- Apostolakis, B. E. (1990) “Energy-capital substitutability/complementarity: The dichotomy”, *Energy Economics*, 12(1):48-58
- Arnberg, S. ve T. Bjorner (2007) “Substitution between energy, capital and labour within industrial companies: A micro panel data analysis”, *Resource and Energy Economics*, 29(2): 122-136.

- Arrow, K. J. (1962). "The economic implications of learning-by-doing." *Review of Economic Studies* 29: 155-173.
- Asafu-Adjaye, J. (2000) "The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries", *Energy Economics*, 22: 615-625
- Ayres, R. U. ve B. Warr, (2005), "Accounting for growth: the role of physical work", *Structural Change and Economic Dynamics*, 16(2): 181-209.
- Ayres, R.U. ve I. Nair (1984) "Thermodynamics and economics". *Phys. Today*, 37: 62–71.
- Beaudreau, B. C. (1998), *Energy and Organisation: growth and distribution re-examined*, Greenwood Press, Westport, CT. 139
- Beaudreau, B. C. (2005), "Engineering and economic growth", *Structural Change and Economic Dynamics*, 16(2), 211-20.
- Beenstock, M. ve P. Willcocks (1981) "Energy consumption and economic activity in industrialized countries: The dynamic aggregate time series relationship" *Energy Economics*, 3(4): 225–232
- Berberoğlu, C. N. (1982). *Türkiye'nin Ekonomik Gelişmesinde Elektrik Enerjisi Sorunu*. Eskişehir: E.İ.T.İ.A. Yayınları
- Berndt, E. R. (1990). "Energy use, technical progress and productivity growth: a survey of economic issues." *The Journal of Productivity Analysis*, 2: 67-83.
- Berndt, E. R. ve D. O. Wood, (1979), "Engineering and econometric interpretations of energy-capital complementarity", *American Economic Review* Jun.:, 259-68.
- Berndt, E. R., (1978), "Aggregate energy, efficiency and productivity measurement", *Annual Review of Energy*, 3, 225-73.
- Bowden N. ve J. Payne (2009) "The causal relationship between U.S. energy consumption and real output A disaggregated analysis", *Journal of Policy Modeling*, 31: 180-188.



- Böhm, D.C. (2008) “Electricity consumption and economic growth in the European Union: A causality study using panel unit root and cointegration analysis”, *5th International Conference on European Electricity Market*.
- British Petroleum (2010) Statistical Review of World Energy 2010
- Broadstock, D., L. Hunt ve S. Sorrell (2007) UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect Technical Report 3: Elasticity of substitution studies. UKERC Report UKERC/WP/TPA/2007/011. UKERC
- Chang, C. C. (2010) “A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China” *Applied Energy*, 87: 3533–3537
- Chen, S. T., H. I. Kuo ve C. C. Chen (2007) “The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian countries” *Energy Policy*, 35: 2611–2621
- Cheng, B. S. ve T. W. Lai (1997) “An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan” *Energy Economics*, 19: 435-444
- Chiou-Wei, S. Z., C. F. Chen ve Z. Zhu (2008) “Economic growth and energy consumption revisited—Evidence from linear and nonlinear Granger causality” *Energy Economics*, 30: 3063–3076
- Chontanawat, J., L. C. Hunt ve R. Pierse (2008) “Does energy consumption cause economic growth?: Evidence from a systematic study of over 100 countries” *Journal of Policy Modeling*, 30: 209–220
- Ciarreta, A. ve A. Zarraga (2010) “Economic growth-electricity consumption causality in 12 European countries: A dynamic panel data approach” *Energy Policy*, 38: 3790–3796
- Cleveland, C. J. and M. Ruth, (1997), 'When, where and by how much do biophysical limits constrain the economic process?' *Ecological Economics*, 22, 203-23.
- Cleveland, C. J., R. Costanza, C. A. S. Hall ve R. K. Kaufmann (1984) “Energy and the U.S. economy: A biophysical perspective.” *Science*, 225: 890-897.

- Common, M. ve C. Perrings (1992) "Towards an ecological economics of sustainability" *Ecological Economics*, 6(1): 7-34.
- Costantini, V. ve C. Martini (2010) "The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data" *Energy Economics*, 32: 591–603
- Costanza, R. (1980). "Embodied energy and economic valuation" *Science*, 210: 1219-1224.
- Costanza, R. ve H. E. Daly (1992) Natural Capital and Sustainable Development *Conservation Biology*, 6(1): 37-46
- Daly, H. E. (1997) "Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz." *Ecological Economics* 22: 261-266.
- Dickey, D. A. ve W. A. Fuller (1979) "Distributions of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Journal of American Statistical Association*, 74, ss. 427-431.
- Enders, W. (2004). *Applied Econometric Time Series*. New York
- Enders, W. (2010). *Applied Econometric Time Series*. New York
- Engle, R. ve C. W. J. Granger (1987). "Cointegration and Error-Correction: Representation, Estimation, and Testing," *Econometrica*, 55, ss. 251-276
- Erol, Ü. ve E. S. H. Yu (1987) "On the Causal Relationship Between Energy and Income for Industrialized Countries," *The Journal of Energy and Development*, 13(1): 113-122
- Ferguson, R., W. Wilkinson ve R. Hill (2000) "Electricity use and economic development", *Energy Policy*, 28: 923-934.
- Fisher, D. E. (1990) *Fire and Ice: The Greenhouse Effect, Ozone Depletion, and Nuclear Winter*, Harper and Row, New York.

- Frondel, M. ve C. M. Schmidt (2004) "Facing the truth about separability: nothing works without energy", *Ecological Economics*, 51: 217-23.
- Georgescu-Roegen, N. (1975) "Energy and Economic Myths", *Southern Economic Journal*, 41(3): 347-381
- Georgescu-Roegen, N., (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Ghali, K. H. ve M. I. T. El-Sakka, (2004) "Energy use and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis," *Energy Economics*, 26(2):2 25-238.
- Ghosh, S. (2002) "Electricity consumption and economic growth in India" *Energy Policy*, 30: 125–129
- Glasure, Y. U. (2002) "Energy and national income in Korea: further evidence on the role of omitted variables", *Energy Economics*, 24: 355-365
- Glasure, Y.U. ve A.R. Lee (1997) "Cointegration, error correction and the relationship between GDP and energy: the case of South Korea and Singapore" *Resource and Energy Economics* 20: 17–25.
- Granger, C. ve P. Newbold (1974) "Spurious Regressions in Econometrics" *Journal of Econometrics*, 2: 111-120.
- Greene, W. (2008) *Econometric Analysis*, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Gujarati, D. N. (2001) *Temel Ekonometri*. Çev. Ü. Şenesen – G. G. Şenesen İstanbul: Literatür Yayıncılık
- Hall, C. A. S., C. J. Cleveland ve R. K. Kaufmann, (1986), *Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process.*, Wiley Interscience, New York.
- Hamilton, J. D. (1994) *Time Series Analysis*, Princeton University Press, New Jersey.
- Hondroyannis, G., S. Lolos ve E. Papapetrou (2002) "Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece" *Energy Economics*, 24: 319-336

- Hsiao, C., 1981. Autoregressive modeling and money income causality detection. *J. Mon. Econ.* 7: 85-106.
- Huang M. L., S. Y. Liao ve H. Y. Jeng (2006) Substitution between Energy and Non-Energy Inputs in Taiwan's Manufacturing Sector International Conference on Business And Information 2006 July 12-14, Singapore. <http://bai2006.atistr.org/CD/Papers/2006bai6241.doc> (erişim tarihi 11 Mart 2011)
- Huang, B. N., M. J. Hwang ve C.W. Yang (2008a) "Does more energy consumption bolster economic growth? An application of the nonlinear threshold regression model" *Energy Policy*, 36: 755–767
- Huang, B. N., M.J. Hwang ve C.W. Yang (2008b) "Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach", *Ecological Economics*, 67: 41–54
- Huang, J. P. (1993) "Electricity consumption and economic growth: A case study of China", *Energy Policy*, 21(6): 717-720
- Hwang, D. B. K. ve B. Gum (1991) "The Causal Relationship Between Energy and GNP: The Case of Taiwan" *The Journal of Energy and Development* 16(2): 219-226
- International Energy Agency (IEA) (2005) *Energy Statistics Manual*.
- International Energy Agency (IEA) (2010) *World Energy Statistics*.
- Işık, C. (2010) "Natural gas consumption and economic growth in Turkey: a bound test approach" *Energy Syst.* 1: 441–456
- Jenkins, G. (1990) *Oil Economists' Handbook: Statistics*, Taylor and Francis, 5. Baskı.
- Jinke, L., S. Hualing ve G. Dianming (2008) "Causality relationship between coal consumption and GDP: Difference of major OECD and non-OECD countries" *Applied Energy*, 85: 421–429
- Johansen, S. (1988). "Statistical Analysis of Cointegrating Vectors," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, ss. 231-254

- Johansen, S., (1991) “Estimation and hypothesis-testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models” *Econometrica* 59, 1551–1580.
- Kamps, C., (2006) New estimates of government net capital stocks for 22 OECD countries 1960–2001. IMF staff papers 53 (1), 120–150.
- Kapusuzoğlu, A. ve M. B. Karan (2010) “Gelişmekte Olan Ülkelerde Elektrik Tüketimi ile Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Arasındaki Es-Bütünleşme ve Nedensellik İlişkisinin Analizi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Çalışma” *İşletme ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 1 (3): 57-68
- Karagöl, E., E. Erbaykal ve H. M. Ertuğrul (2007) “Türkiye’de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı” *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8 (1): 72-80
- Kaufmann, R. K. (1992) “A biophysical analysis of the energy/real GDP ratio: implications for substitution and technical change” *Ecological Economics*, 6: 35-56
- Kouakou, A. K. (2011) “Economic growth and electricity consumption in Coted’Ivoire: Evidence from time series analysis” *Energy Policy*, 39: 3638–3644
- Kraft, J. ve A. Kraft (1978) “On the Relationship Between Energy and GNP” *The Journal of Energy and Development*, 3(2): 401-403
- Kum, H., O. Ocal ve A. Aslan (2012) “The relationship among natural gas energy consumption, capital and economic growth: Bootstrap-corrected causality tests from G-7 countries” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 2361– 2365
- Kummel, R., (1980), “Growth dynamics of the energy dependent economy”, Oelgeschlager Gunn and Hain, Cambridge, MA.
- Kummel, R., (1982), “The impact of energy on industrial growth”, *Energy*, 7(2): 189-203.

- Kummel, R., J. Henn ve D. Lindenberger, (2002), 'Capital, labor, energy and creativity: modeling innovation diffusion', *Structural Change and Economic Dynamics*, 13(4): 415-33.
- Kummel, R., W. Strassl, A. Gossner ve W. Eichhorn, (1985), 'Technical progress and energy dependent production functions', *Nationalökonomie - Journal of Economics*, 3: 285- 311.
- Kutlar, A. (2000). *Ekonometrik Zaman Serileri*. Ankara: Gazi Kitapevi
- Lee C. C. (2006) "The causality relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited" *Energy Policy*, 34: 1086–1093
- Lee, C. C. (2005) "Energy consumption and GDP in developing countries: A cointegrated panel analysis", *Energy Economics*, 27: 415–427
- Lee, C. C. ve C. P. Chang (2007a) "Energy consumption and GDP revisited: A panel analysis of developed and developing countries" *Energy Economics*, 29: 1206–1223
- Lee, C. C. ve C. P. Chang (2007b) "The impact of energy consumption on economic growth: Evidence from linear and nonlinear models in Taiwan" *Energy*, 32: 2282–2294
- Lee, C. C. ve C. P. Chang (2008) "Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data" *Resource and Energy Economics*, 30: 50–65.
- Lee, C. C. ve M. S. Chien (2010) "Dynamic modelling of energy consumption, capital stock, and real income in G-7 countries" *Energy Economics*, 32: 564–581
- Lee, C. C., C. P. Chang ve P. F. Chen (2008) "Energy-income causality in OECD countries revisited: The key role of capital stock" *Energy Economics*, 30: 2359–2373
- Li, R. ve G. C. K. Leung (2012) "Coal consumption and economic growth in China", *Energy Policy*, 40: 438–443

- Lim, H. J. ve S. H. Yoo (2012) “Natural Gas Consumption and Economic Growth in Korea: A Causality Analysis”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 7(2): 169-176
- Lise, W. ve K. Van Montfort (2007) “Energy consumption and GDP in Turkey: Is there a co-integration relationship?” *Energy Economics*, 29 1166–1178
- Lütkepohl, H. (2005) *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*, Springer-Verlag, Berlin.
- Mahadevan, R. ve J. Asafu-Adjaye (2007) “Energy consumption, economic growth and prices: A reassessment using panel VECM for developed and developing countries” *Energy Policy*, 35: 2481–2490
- Masih, A. M. M. ve R. Masih (1997) “On the Temporal Causal Relationship Between Energy Consumption, Real Income, and Prices: Some New Evidence From Asian-Energy Dependent NICs Based on A Multivariate Cointegration/Vector Error-Correction Approach”, *Journal of Policy Modeling*, 19(4):417-40
- Masih, A. M. M. ve R. Masih (1998) “A multivariate cointegrated modelling approach in testing temporal causality between energy consumption, real income and prices with an application to two Asian LDCs”, *Applied Economics*, 30:10, 1287-1298
- Mehrara, M. (2007) “Energy consumption and economic growth: The case of oil exporting countries” *Energy Policy*, 35: 2939–2945
- Melosi, M. V. (1985) *Coping with Abundance: Energy and Environment in Industrial America 1820-1980*, Newberry Awards Records, New York.
- Mozumder, P. ve A. Marathe (2007) “Causality relationship between electricity consumption and GDP in Bangladesh”, *Energy Policy* 35: 395-402.
- Murry, D. A. ve G. D. Nan, (1990) “The Energy Consumption and Employment Relationship: A Clarification” *The Journal of Energy and Development*, 16(1): 121-131

- Nachane, D.M., R.M. Nadkarni ve A.V. Karnik (1988) "Co-integration and causality testing of the energy–GDP relationship: a cross-country study" *Applied Economics* 20: 1511–1531.
- Narayan, P. K., S. Narayan ve S. Popp (2010a) "A note on the long-run elasticities from the energy consumption–GDP relationship" *Applied Energy*, 87:1054–1057
- Narayan, P. K., S. Narayan ve S. Popp (2010b) "Does electricity consumption panel Granger cause GDP? A new global evidence" *Applied Energy*, 87: 3294–3298
- Nguyen, S. V. ve M. L. Streitwieser (1997) "Capital-Energy Substitution Revisited: New Evidence From Micro Data," Working Papers 97-4, Center for Economic Studies, U.S. Census Bureau.
- Ockwell, D. G. (2008) "Energy and economic growth: Grounding our understanding in physical reality", *Energy Policy*, 36: 4600–4604.
- Odhiambo, N. M. (2009) "Energy consumption and economic growth nexus in Tanzania: An ARDL bounds testing approach" *Energy Policy*, 37: 617–622
- Oh, W. ve K. Lee (2004) "Causal relationship between energy consumption and GDP revisited: The case of Korea 1970–1999" *Energy Economics*, 26: 51–59
- Öztürk, I. (2010) "A literature survey on energy–growth nexus", *Energy Policy* 38: 340–349
- Paul, S. ve R. N. Bhattacharya (2004) "Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results" *Energy Economics*, 26: 977–983
- Payne, J. E. ve J. P. Taylor (2010) "Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in the U.S.: An Empirical Note", *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 5(3): 301-307
- Pesaran, M.H. ve Y. Shin (1998) "Generalized impulse response analysis in linear multivariate models" *Economics Letters*, 58: 17–29.



- Pesaran, M. H., Y. Shin ve R.J. Smith (2001) "Bounds testing approaches to the analysis of level relationships" *Journal of Applied Econometrics*, 16: 289-326.
- Philips, P. C. B. ve P. Perron (1998) "Testing for a unit root in time series regression", *Biometrika*, 75, 335-346.
- Pokrovski, V.N. (2003) "Energy in the theory of production" *Energy* 28, 769–788.
- Ramcharran, H. (1989) "Electricity consumption and economic growth in Jamaica" *Energy Economics*, 12(1): 65–70
- Rasche, R. H. ve J A. Tatom (1977) "Energy resources and potential GNP" *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, June:10-24
- Sadorsky, P. (2009) "Renewable energy consumption and income in emerging economies" *Energy Policy*, 37: 4021–4028
- Samouilidis, J. E. ve C.S. Mitropoulos (1984) "Energy and economic growth in industrializing countries: The case of Greece" *Energy Economics*, 6(3): 191–201
- Sari, R. ve U. Soytas (2004) "Disaggregate energy consumption, employment and income in Turkey" *Energy Economics*, 26: 335– 344
- Sari, R. ve U. Soytas (2007) "The growth of income and energy consumption in six developing countries" *Energy Policy*, 35: 889–898.
- Saunders, H. D., (2007), 'Fuel conserving (and using) production function', Working Paper, Decision Processes Incorporated, Danville, CA.
- Schurr, S. and B. Netschert (1960) *Energy and the American Economy, 1850-1975*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Sevüktekin, M. ve M. Nargeleçekenler (2010) *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi*, Nobel Yayınları, Ankara.
- Shiu, A. ve P. L. Lam (2004) "Electricity Consumption and Economic Growth in China" *Energy Policy*, 32: 47–54

- Sims, C. A. (1974) "Output and Labour Input in Manufacturing", *Brookings Papers on Economic Activity*, 695-736
- Sims, C.A., (1972) "Money, income, and causality" *American Economic Review*, 62, 540–552.
- Smith, Z. A. (1994) *The Environmental Policy Paradox*, Prentice Hall, Second Edition, New Jersey.
- Smulders, S. ve M. de Nooij (2003). "The impact of energy conservation on technology and economic growth." *Resource and Energy Economics*, 25: 59–79.
- Solow, R. (1956) "A Contribution to the Theory of Economic Growth" *The Quarterly Journal of Economics*, 70: 65–94.
- Solow, R. M. (1974). "Intergenerational equity and exhaustible resources" *Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources*, 29-46.
- Solow, R. M. (1997) "Reply: Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz." *Ecological Economics*, 22: 267-268.
- Sorrell, S. ve Dimitropoulos J. (2007) "UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect: Technical Report 5: Energy, productivity and economic growth studies". UKERC Report UKERC/WP/TPA/2007/013. UKERC.
- Soytas, U., Sari, R., (2003) "Energy consumption and GDP: causality relationship in G-7 countries and emerging markets" *Energy Economics* 25 (1), 33–37.
- Squalli, J. (2007) "Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC members", *Energy Economics*, 29:1192–1205.
- Stern, D. I. (1993) "Energy and economic growth in the USA: A multivariate approach," *Energy Economics*, 15(2): 137-150
- Stern, D. I. (1997) "Limits to substitution and irreversibility in production and consumption: a neoclassical interpretation of ecological economics." *Ecological Economics*, 21: 197-215.

- Stern, D. I. (2000) "A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy", *Energy Economics*, 22: 267-283.
- Stern, D.I. (2004) "Economic Growth and Energy" *Article Number: NRGY : 00147 Encyclopedia of Energy*, Volume 2, Elsevier
- Stern, D.I. ve C. J. Cleveland (2004) "Energy and Economic Growth", *Rensselaer Working Papers in Economics*, No: 0410
- Stiglitz, J. E. (1967) "A Two-Sector Two Class Model of Economic Growth", *The Review of Economic Studies*, 34(2): 227-238
- Stiglitz, J. E. (1997) "Reply: Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz." *Ecological Economics*, 22: 269-270.
- Stiglitz, J.E., (1974) "Growth with exhaustible natural resources, efficient and optimal growth paths" *Review of Economic Studies* 41: 123– 137.
- Stock, J. ve M. Watson (1988). Testing for common trends *Journal of the American Statistical Association* 83, 1097–1107.
- Sweeney, J. L. (2002) *Economics of Energy*, <http://www.stanford.edu/~jsweeney/paper/Energy%20Economics.PDF> (erişim tarihi: 6 Haziran 2011)
- Victor, P.A. (1994) "Natural capital, substitution and indicators of sustainable development" *Third Biennial Meeting of the International Society for Ecological Economics*, San Jose, Costa Rica.
- Wolde-Rufael, Y. (2004) "Disaggregated industrial energy consumption and GDP: the case of Shanghai, 1952–1999" *Energy Economics*, 26: 69–75
- Wolde-Rufael, Y. (2006) "Electricity consumption and economic growth: a time series experience for 17 African countries" *Energy Policy*, 34: 1106–1114
- Wolde-Rufael, Y. (2010a) "Bounds test approach to cointegration and causality between nuclear energy consumption and economic growth in India" *Energy Policy*, 38: 52–58

- Wolde-Rufael, Y. (2010b) "Coal consumption and economic growth revisited" *Applied Energy*, 87: 160–167
- Yang, H. Y. (2000a) "Coal Consumption and Economic Growth in Taiwan", *Energy Sources*, 22(2): 109-115
- Yang, H. Y. (2000b) "A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan", *Energy Economics* 22: 309-317
- Yoo S. H. (2005) "Electricity consumption and economic growth: evidence from Korea" *Energy Policy*, 33: 1627-1632
- Yoo, S. H. (2006) "The causal relationship between electricity consumption and economic growth in the ASEAN countries" *Energy Policy*, 34: 3573–3582
- Yoo, S. H. (2006) "Causal relationship between coal consumption and economic growth in Korea" *Applied Energy*, 83: 1181–1189
- Yoo, S. H. ve K. O. Jung (2005) "Nuclear energy consumption and economic growth in Korea" *Progress in Nuclear Energy*, 46(2): 101-109
- Yoo, S. H. ve S. J. Ku (2009) "Causal relationship between nuclear energy consumption and economic growth: A multi-country analysis", *Energy Policy*, 37: 1905–1913
- Yu, E. S. H. ve J. Y. Choi (1985) "The Causal Relationship Between Energy and GNP: An International Comparison" *The Journal of Energy and Development* 10(2): 249-272
- Yu, E. S. H. ve B. K. Hwang (1984) "The relationship between energy and GNP, further results" *Energy Economics*, 6: 186–190.
- Yu, E. S. H. ve J. C. Jin (1992) "Cointegration tests of energy consumption, income, and employment" *Resources and Energy*, 14: 259-266.
- Yuan, J. H., J. G. Kang, C. H. Zhao ve Z. G. Hu (2008) "Energy consumption and economic growth: Evidence from China at both aggregated and disaggregated levels" *Energy Economics*, 30: 3077–3094

Yuan, J., C. Zhao, S. Yu ve Z. Hu (2007) “Electricity consumption and economic growth in China: Cointegration and co-feature analysis” *Energy Economics*, 29: 1179–1191

Zachariadis T. (2007) “Exploring the relationship between energy use and economic growth with bivariate models: New evidence from G-7 countries”, *Energy Economics*. 29: 1233-1253.

## EK-A Tüm Kaynakları İçeren Model Eşbütünleşme Testi Sonuçları ve Etki Tepki Fonksiyonları

**Tablo EK A-1** Tüm Kaynakları İçeren Model Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları  
**ABD**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	175.894	95.754	0.000	57.987	40.078	0.000
$r \leq 1$	$r = 2$	117.907	69.819	0.000	46.505	33.877	0.001
$r \leq 2$	$r = 3$	71.402	47.856	0.000	35.478	27.584	0.004
$r \leq 3$	$r = 4$	35.924	29.797	0.009	26.682	21.132	0.008
$r \leq 4$	$r = 5$	175.894	95.754	0.000	57.987	40.078	0.000
$r \leq 5$	$r = 6$	117.907	69.819	0.000	46.505	33.877	0.001

### Kanada

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	0.554	90.645	0.107	0.554	37.104	0.104
$r \leq 1$	$r = 2$	0.361	53.541	0.482	0.361	20.607	0.713
$r \leq 2$	$r = 3$	0.306	32.934	0.561	0.306	16.792	0.598
$r \leq 3$	$r = 4$	0.225	16.142	0.702	0.225	11.698	0.578
$r \leq 4$	$r = 5$	0.092	4.444	0.865	0.092	4.440	0.810
$r \leq 5$	$r = 6$	0.000	0.004	0.949	0.000	0.004	0.949

### İngiltere

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	0.624	130.688	0.000	0.624	47.959	0.005
$r \leq 1$	$r = 2$	0.494	82.729	0.003	0.494	33.380	0.057
$r \leq 2$	$r = 3$	0.424	49.350	0.036	0.424	27.018	0.059
$r \leq 3$	$r = 4$	0.257	22.332	0.280	0.257	14.541	0.322
$r \leq 4$	$r = 5$	0.124	7.790	0.488	0.124	6.482	0.552
$r \leq 5$	$r = 6$	0.026	1.308	0.253	0.026	1.308	0.253

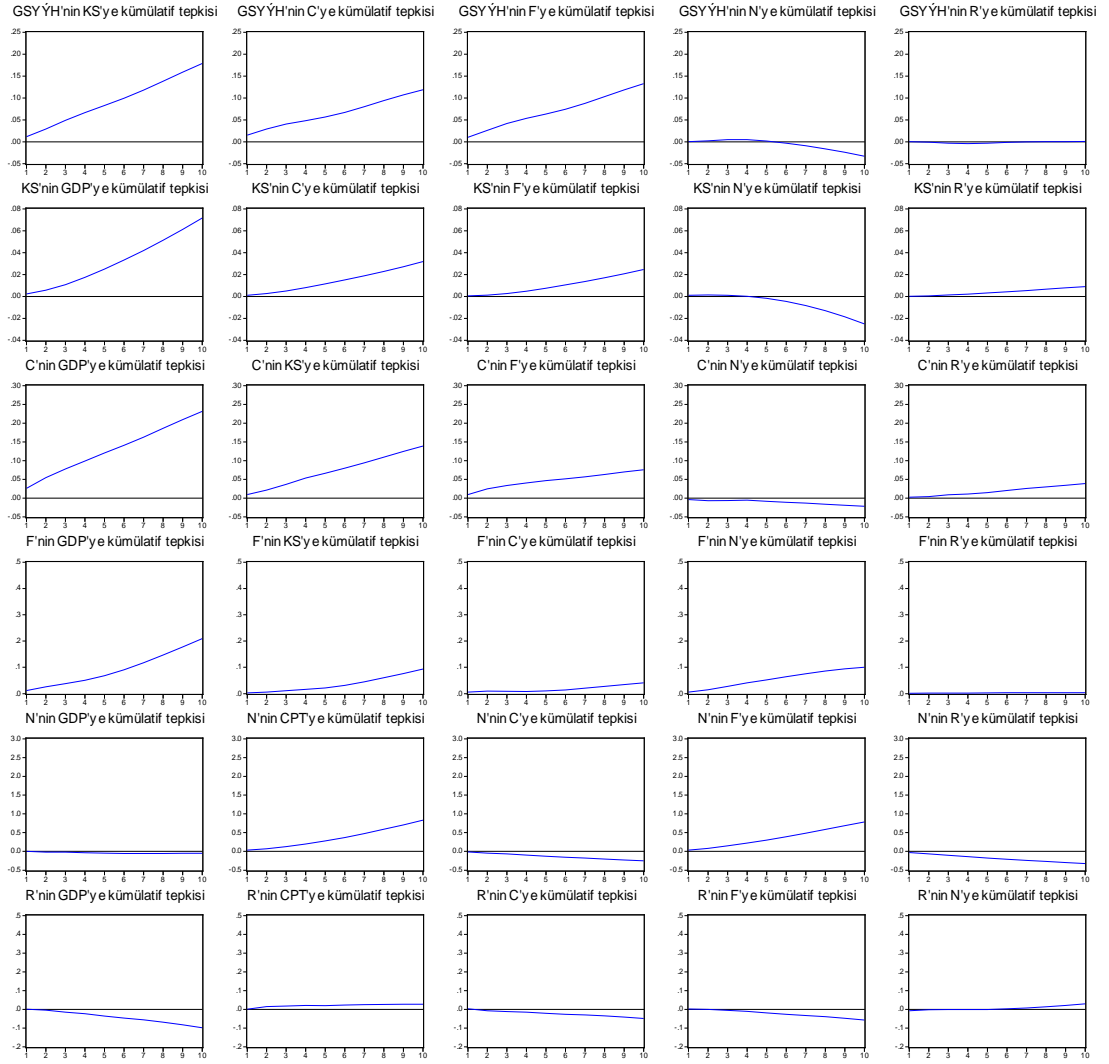
### Fransa

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	0.536	112.453	0.002	0.536	37.640	0.092
$r \leq 1$	$r = 2$	0.384	74.813	0.019	0.384	23.715	0.477
$r \leq 2$	$r = 3$	0.330	51.097	0.024	0.330	19.593	0.370
$r \leq 3$	$r = 4$	0.307	31.504	0.032	0.307	17.977	0.131
$r \leq 4$	$r = 5$	0.161	13.527	0.097	0.161	8.600	0.321
$r \leq 5$	$r = 6$	0.096	4.928	0.026	0.096	4.928	0.026

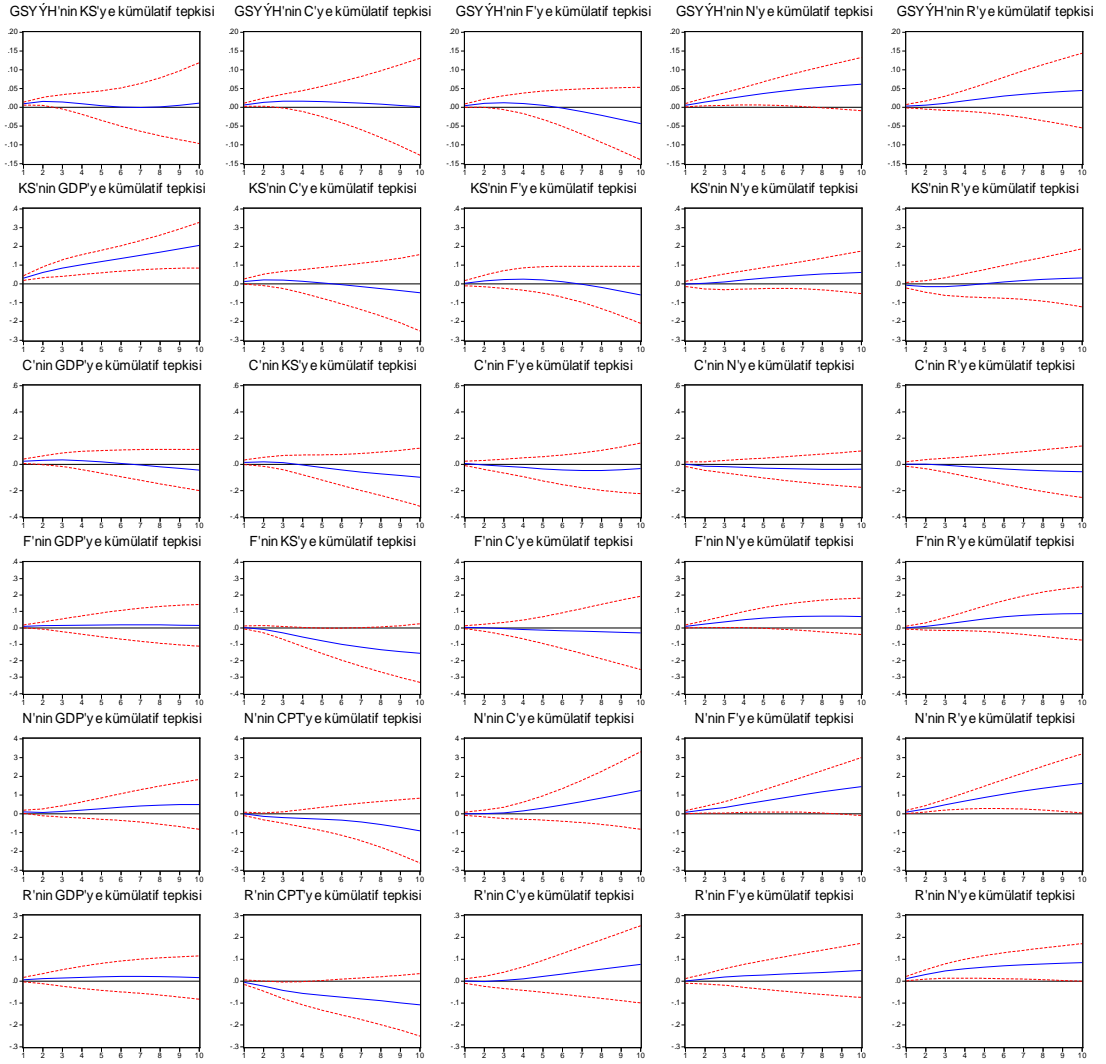
### Japonya

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	0.815	154.309	0.000	0.815	64.175	0.000
$r \leq 1$	$r = 2$	0.702	90.133	0.001	0.702	46.029	0.001
$r \leq 2$	$r = 3$	0.469	44.104	0.108	0.469	24.058	0.133
$r \leq 3$	$r = 4$	0.236	20.046	0.420	0.236	10.235	0.722
$r \leq 4$	$r = 5$	0.210	9.811	0.296	0.210	8.941	0.291
$r \leq 5$	$r = 6$	0.023	0.870	0.351	0.023	0.870	0.351

## EK A-2 ABD Tüm Kaynakları İçeren Modelde Etki Tepki Fonksiyonları

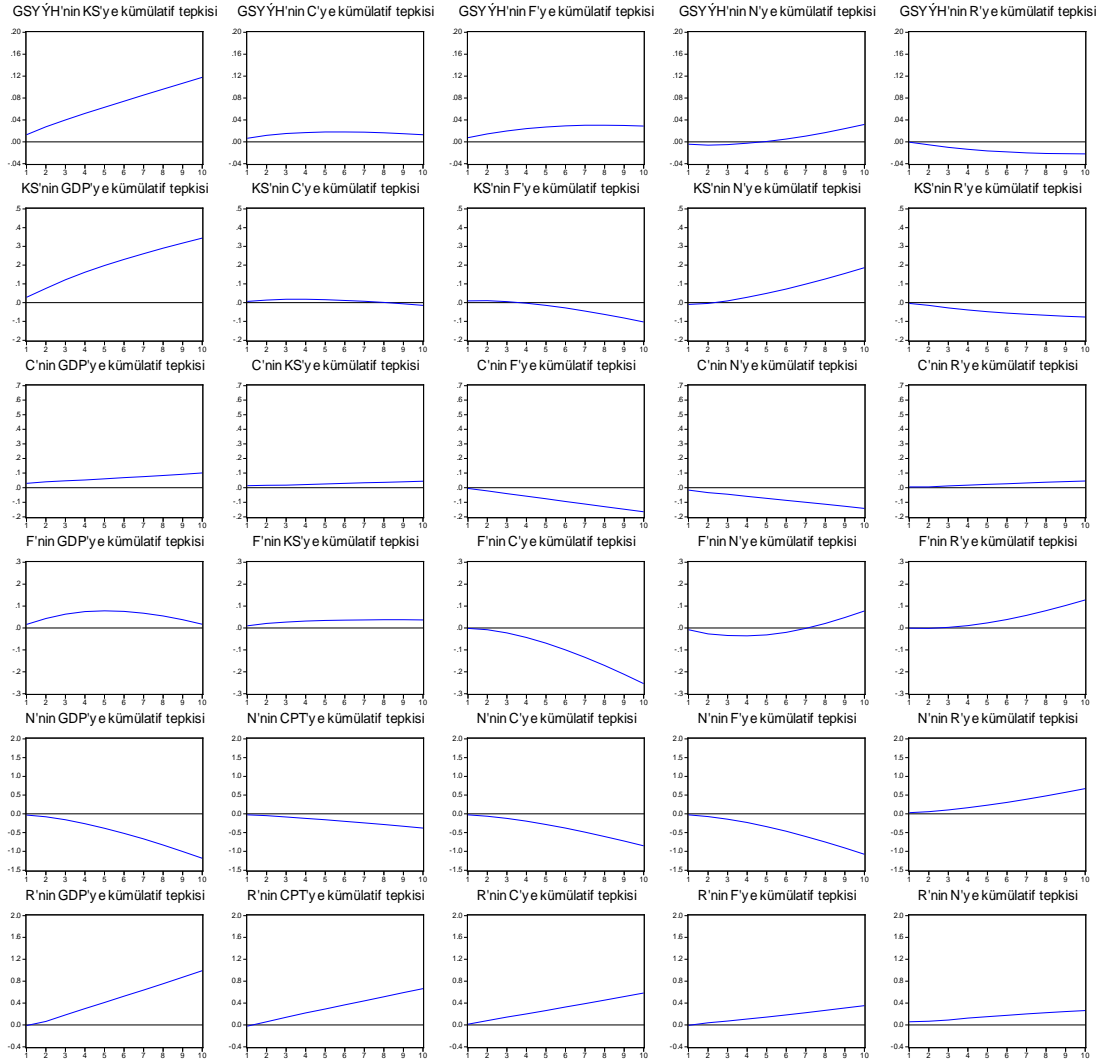


### EK A-3 Kanada Tüm Kaynakları İçeren Modelde Etki Tepki Fonksiyonları

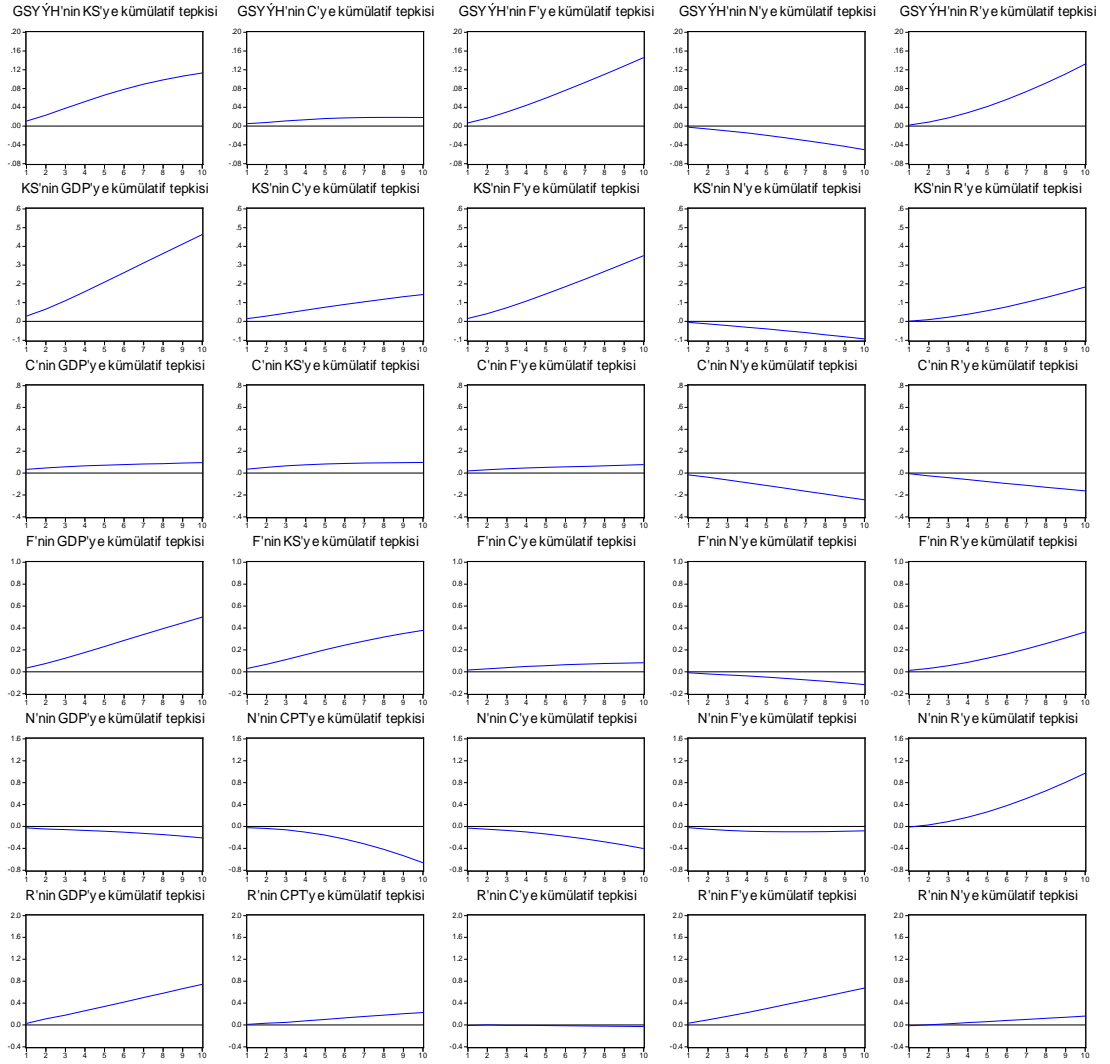




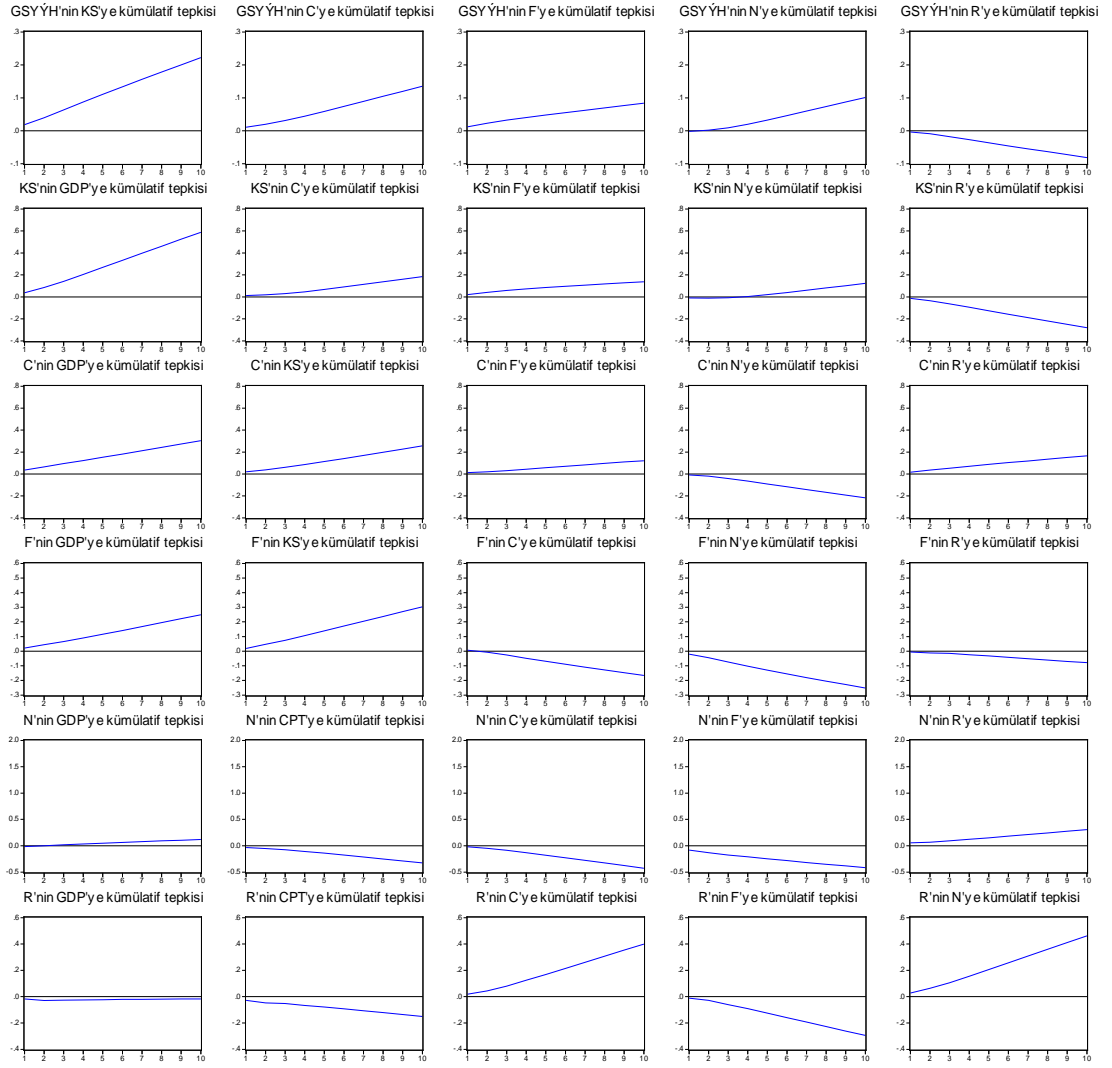
## EK A-4 İngiltere Tüm Kaynakları İçeren Modelde Etki Tepki Fonksiyonları



## EK A-5 Fransa Tüm Kaynakları İçeren Modelde Etki Tepki Fonksiyonları



## EK A-6 Japonya Tüm Kaynakları İçeren Modelde Etki Tepki Fonksiyonları



## EK-B Kanada, İngiltere, Fransa ve Japonya Analizlerinde Birim Kök, Gecikme Uzunluğu ve Eşbütünleşme Testleri Sonuç Tabloları

**Tablo EK B-1** Kanada için Birim Kök Testlerinin Sonuçları

	ADF Testi			
	Düzyey		Birinci Fark	
	Test istaistiği	P değeri	Test istaistiği	P değeri
Kömür tüketimi	-1.244	0.890	-7.710*	0.000
Kömür dışı tüketim	-2.467	0.342	-4.162*	0.010
Sermaye stoku	-2.197	0.481	-5.743*	0.000
Fosil yakıt tüketimi	-2.475	0.339	-4.292*	0.007
Fosil yakıt dışı tüketim	-0.123	0.993	-6.784*	0.000
GSYİH	-3.410	0.062	-4.794*	0.002
Nükleer tüketimi	-1.692	0.739	-8.403*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-2.442	0.354	-4.866*	0.001
Yenilenebilir tüketimi	-1.463	0.829	-6.354*	0.000
Yenilenebilir dışı tüketim	-2.446	0.352	-5.082*	0.001
Toplam enerji tüketimi	-2.354	0.398	-4.866*	0.001
	PP Testi			
Kömür tüketimi	-1.280	0.881	-7.711*	0.000
Kömür dışı tüketim	-2.259	0.448	-3.970**	0.016
Sermaye stoku	-2.197	0.481	-5.599*	0.000
Fosil yakıt tüketimi	-2.569	0.296	-4.261*	0.008
Fosil yakıt dışı tüketim	0.267	0.998	-7.050*	0.000
GSYİH	-2.597	0.283	-4.455*	0.004
Nükleer tüketimi	-1.757	0.709	-8.356*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-2.262	0.446	-4.855*	0.001
Yenilenebilir tüketimi	-1.674	0.748	-6.354*	0.000
Yenilenebilir dışı tüketim	-2.338	0.406	-4.979*	0.001
Toplam enerji tüketimi	-2.074	0.547	-4.713*	0.002

Not: \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.

**Tablo EK B-2** Kanada için Johansen Eşbütünleşme Testlerinin Sonuçları  
**Toplam Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	34.423	29.797	0.014	26.520	21.132	0.008
$r \leq 1$	$r = 2$	7.903	15.495	0.476	7.889	14.265	0.390
$r \leq 2$	$r = 3$	0.014	3.841	0.906	0.014	3.841	0.906

**Kömür Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	67.909	47.856	0.000	37.504	27.584	0.002
$r \leq 1$	$r = 2$	30.405	29.797	0.043	16.129	21.132	0.217
$r \leq 2$	$r = 3$	14.275	15.495	0.076	13.615	14.265	0.063
$r \leq 3$	$r = 4$	0.661	3.841	0.416	0.661	3.841	0.416

**Fosil Yakıt Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	34.836	47.856	0.457	18.421	27.584	0.461
$r \leq 1$	$r = 2$	16.414	29.797	0.683	10.376	21.132	0.709
$r \leq 2$	$r = 3$	6.038	15.495	0.691	4.899	14.265	0.755
$r \leq 4$	$r = 4$	1.139	3.841	0.286	1.139	3.841	0.286

**Nükleer Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	41.499	47.856	0.173	19.146	27.584	0.403
$r \leq 1$	$r = 2$	22.353	29.797	0.279	16.273	21.132	0.209
$r \leq 2$	$r = 3$	6.079	15.495	0.686	6.006	14.265	0.612
$r \leq 4$	$r = 4$	0.073	3.841	0.787	0.073	3.841	0.787

**Yenilenebilir Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	32.263	47.856	0.598	15.373	27.584	0.718
$r \leq 1$	$r = 2$	16.890	29.797	0.648	9.225	21.132	0.814
$r \leq 2$	$r = 3$	7.665	15.495	0.502	7.460	14.265	0.436
$r \leq 4$	$r = 4$	0.206	3.841	0.650	0.206	3.841	0.650

**Tablo EK B-3** İngiltere için Birim Kök Testlerinin Sonuçları

	ADF Testi			
	Düzy		Birinci Fark	
	Test istaistiği	P değeri	Test istaistiği	P değeri
Kömür tüketimi	-0.130	0.940	-9.433*	0.000
Kömür dışı tüketim	-1.858	0.661	-4.812*	0.002
Sermaye stoku	-2.568	0.296	-5.256*	0.000
Fosil yakıt tüketimi	-1.996	0.589	-4.914*	0.001
Fosil yakıt dışı tüketim	-2.841	0.190	-10.278*	0.000
GSYİH	-2.427	0.361	-4.826*	0.002
Nükleer tüketimi	-3.349	0.070	-5.759*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-1.538	0.803	-7.403*	0.000
Yenilenebilir tüketimi	-1.875	0.653	-5.141*	0.001
Yenilenebilir dışı tüketim	-1.177	0.904	-7.397*	0.000
Toplam enerji tüketimi	-1.081	0.922	-7.335*	0.000
	PP Testi			
Kömür tüketimi	0.067	0.960	-9.984*	0.000
Kömür dışı tüketim	-1.877	0.652	-4.900*	0.001
Sermaye stoku	-2.192	0.484	-5.177*	0.001
Fosil yakıt tüketimi	-1.990	0.593	-5.009*	0.001
Fosil yakıt dışı tüketim	-2.705	0.239	-10.278*	0.000
GSYİH	-1.675	0.747	-4.740*	0.002
Nükleer tüketimi	-3.219	0.093	-5.981*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-1.614	0.773	-7.405*	0.000
Yenilenebilir tüketimi	-1.760	0.709	-4.895*	0.001
Yenilenebilir dışı tüketim	-1.276	0.883	-7.386*	0.000
Toplam enerji tüketimi	-1.201	0.899	-7.326*	0.000

Not: \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.

**Tablo EK B-4 İngiltere için Johansen Eşbütünleşme Testleri Sonuçları**  
**Toplam Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	28.467	29.797	0.071	17.402	21.132	0.154
$r \leq 1$	$r = 2$	11.066	15.495	0.208	9.400	14.265	0.254
$r \leq 2$	$r = 3$	1.666	3.841	0.197	1.666	3.841	0.197

**Kömür Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	51.798	47.856	0.020	26.105	27.584	0.076
$r \leq 1$	$r = 2$	25.693	29.797	0.138	15.805	21.132	0.237
$r \leq 2$	$r = 3$	9.888	15.495	0.289	9.614	14.265	0.239
$r \leq 3$	$r = 4$	0.275	3.841	0.600	0.275	3.841	0.600

**Fosil Yakıt Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	43.909	47.856	0.112	24.635	27.584	0.114
$r \leq 1$	$r = 2$	19.274	29.797	0.473	13.058	21.132	0.447
$r \leq 2$	$r = 3$	6.215	15.495	0.670	5.357	14.265	0.696
$r \leq 4$	$r = 4$	0.858	3.841	0.354	0.858	3.841	0.354

**Nükleer Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	65.383	47.856	0.001	35.673	27.584	0.004
$r \leq 1$	$r = 2$	29.710	29.797	0.051	21.216	21.132	0.049
$r \leq 2$	$r = 3$	8.494	15.495	0.414	6.414	14.265	0.561
$r \leq 4$	$r = 4$	2.080	3.841	0.149	2.080	3.841	0.149

**Yenilenebilir Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	45.282	47.856	0.086	26.565	27.584	0.067
$r \leq 1$	$r = 2$	18.717	29.797	0.513	11.937	21.132	0.554
$r \leq 2$	$r = 3$	6.780	15.495	0.603	6.389	14.265	0.564
$r \leq 4$	$r = 4$	0.391	3.841	0.532	0.391	3.841	0.532

**Tablo EK B-5** Fransa için Birim Kök Testlerinin Sonuçları

	ADF Testi			
	Düzy		Birinci Fark	
	Test istaistiği	P değeri	Test istaistiği	P değeri
Kömür tüketimi	-0.478	0.887	-7.935*	0.000
Kömür dışı tüketim	-3.063	0.126	-5.700*	0.000
Sermaye stoku	-2.859	0.184	-4.329*	0.006
Fosil yakıt tüketimi	-0.657	0.427	-4.363*	0.000
Fosil yakıt dışı tüketim	-2.364	0.393	-4.782*	0.002
GSYİH	-3.089	0.120	-5.654*	0.000
Nükleer tüketimi	-1.641	0.762	-6.261*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-2.917	0.166	-5.861*	0.000
Yenilenebilir tüketimi	-1.911	0.634	-7.980*	0.000
Yenilenebilir dışı tüketim	-2.452	0.350	-6.911*	0.000
Toplam enerji tüketimi	-2.378	0.386	-6.655*	0.000
	PP Testi			
Kömür tüketimi	-0.290	0.919	-8.362*	0.000
Kömür dışı tüketim	-2.990	0.145	-5.758*	0.000
Sermaye stoku	-3.289	0.080	-4.355*	0.006
Fosil yakıt tüketimi	-1.002	0.280	-4.353*	0.000
Fosil yakıt dışı tüketim	-1.508	0.814	-4.862*	0.001
GSYİH	-3.125	0.112	-5.644*	0.000
Nükleer tüketimi	-1.622	0.770	-6.263*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-2.833	0.193	-5.935*	0.000
Yenilenebilir tüketimi	-1.810	0.685	-8.228*	0.000
Yenilenebilir dışı tüketim	-2.449	0.351	-6.921*	0.000
Toplam enerji tüketimi	-2.377	0.387	-6.655*	0.000

Not: \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.



**Tablo EK B-6** Fransa için Johansen Eşbütünleşme Testleri Sonuçları  
**Toplam Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
r≤0	r>0	48.286	29.797	0.000	34.811	21.132	0.000
r≤1	r=2	13.475	15.495	0.099	7.737	14.265	0.406
r≤2	r=3	5.738	3.841	0.017	5.738	3.841	0.017

**Kömür Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
r≤0	r>0	57.542	47.856	0.005	32.715	27.584	0.010
r≤1	r=2	24.827	29.797	0.168	13.016	21.132	0.451
r≤2	r=3	11.811	15.495	0.166	8.312	14.265	0.348
r≤3	r=4	3.500	3.841	0.061	3.500	3.841	0.061

**Fosil Yakıt Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
r≤0	r>0	78.393	47.856	0.000	34.731	27.584	0.005
r≤1	r=2	43.662	29.797	0.001	26.368	21.132	0.008
r≤2	r=3	17.294	15.495	0.027	11.479	14.265	0.132
r≤4	r=4	5.815	3.841	0.016	5.815	3.841	0.016

**Nükleer Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
r≤0	r>0	60.899	47.856	0.002	36.125	27.584	0.003
r≤1	r=2	24.774	29.797	0.170	14.102	21.132	0.357
r≤2	r=3	10.671	15.495	0.233	7.682	14.265	0.412
r≤4	r=4	2.989	3.841	0.084	2.989	3.841	0.084

**Yenilenebilir Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
r≤0	r>0	67.080	47.856	0.000	36.371	27.584	0.003
r≤1	r=2	30.709	29.797	0.039	13.256	21.132	0.429
r≤2	r=3	17.452	15.495	0.025	11.537	14.265	0.129
r≤4	r=4	5.916	3.841	0.015	5.916	3.841	0.015

**Tablo EK B-7** Japonya için Birim Kök Testlerinin Sonuçları

	ADF Testi			
	Düzy		Birinci Fark	
	Test istaistiği	P değeri	Test istaistiği	P değeri
Kömür tüketimi	-2.764	0.219	-6.415*	0.000
Kömür dışı tüketim	-2.321	0.413	-4.660*	0.003
Sermaye stoku	-0.938	0.941	-4.219*	0.010
Fosil yakıt tüketimi	-1.541	0.797	-4.933*	0.002
Fosil yakıt dışı tüketim	-1.493	0.814	-5.636*	0.000
GSYİH	-0.817	0.955	-5.375*	0.001
Nükleer tüketimi	-2.543	0.307	-7.686*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-1.667	0.746	-5.491*	0.000
Yenilenebilir tüketimi	-2.238	0.456	-7.620*	0.000
Yenilenebilir dışı tüketim	-1.868	0.651	-5.292*	0.001
Toplam enerji tüketimi	-1.893	0.639	-5.288*	0.001
	PP Testi			
Kömür tüketimi	-2.467	0.342	-8.752*	0.000
Kömür dışı tüketim	-1.940	0.614	-4.572*	0.004
Sermaye stoku	-0.515	0.978	-4.219*	0.010
Fosil yakıt tüketimi	-1.794	0.688	-4.933*	0.002
Fosil yakıt dışı tüketim	-1.471	0.822	-6.751*	0.000
GSYİH	-0.817	0.955	-5.375*	0.001
Nükleer tüketimi	-4.809	0.002	-7.795*	0.000
Nükleer dışı tüketim	-1.688	0.737	-5.464*	0.000
Yenilenebilir tüketimi	-2.225	0.463	-7.666*	0.000
Yenilenebilir dışı tüketim	-1.963	0.602	-5.231*	0.001
Toplam enerji tüketimi	-1.989	0.588	-5.223*	0.001

Not: \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.

**Tablo EK B-8** Japonya için Johansen Eşbütünleşme Testleri Sonuçları  
**Toplam Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	26.555	29.797	0.113	19.566	21.132	0.082
$r \leq 1$	$r = 2$	6.989	15.495	0.579	6.314	14.265	0.573
$r \leq 2$	$r = 3$	0.675	3.841	0.411	0.675	3.841	0.411

**Kömür Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	64.439	47.856	0.001	28.011	27.584	0.044
$r \leq 1$	$r = 2$	36.428	29.797	0.007	19.510	21.132	0.083
$r \leq 2$	$r = 3$	16.918	15.495	0.030	16.752	14.265	0.020
$r \leq 3$	$r = 4$	0.166	3.841	0.683	0.166	3.841	0.683

**Fosil Yakıt Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	59.458	47.856	0.003	27.324	27.584	0.054
$r \leq 1$	$r = 2$	32.135	29.797	0.026	19.433	21.132	0.085
$r \leq 2$	$r = 3$	12.701	15.495	0.126	10.841	14.265	0.162
$r \leq 4$	$r = 4$	1.860	3.841	0.173	1.860	3.841	0.173

**Nükleer Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	77.719	47.856	0.000	38.506	27.584	0.001
$r \leq 1$	$r = 2$	39.214	29.797	0.003	29.907	21.132	0.002
$r \leq 2$	$r = 3$	9.306	15.495	0.338	8.434	14.265	0.336
$r \leq 4$	$r = 4$	0.873	3.841	0.350	0.873	3.841	0.350

**Yenilenebilir Enerji Modeli**

H <sub>0</sub>	H <sub>1</sub>	İz İstatistiği			Maksimum Özdeğer İstatistiği		
			%5 kritik değeri	P değeri		%5 kritik değeri	P değeri
$r \leq 0$	$r > 0$	47.074	47.856	0.059	24.651	27.584	0.114
$r \leq 1$	$r = 2$	22.423	29.797	0.276	13.584	21.132	0.400
$r \leq 2$	$r = 3$	8.839	15.495	0.380	7.855	14.265	0.394
$r \leq 4$	$r = 4$	0.985	3.841	0.321	0.985	3.841	0.321