



**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
EKONOMETRİ BİLİM DALI**

**AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI:
ENTEGRASYON VE ETKİLEŞİMLER**

(Doktora Tezi)

Selin KARATEPE

Bursa 2017



**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
EKONOMETRİ BİLİM DALI**

**AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI:
ENTEGRASYON VE ETKİLEŞİMLER**

(Doktora Tezi)

Selin KARATEPE

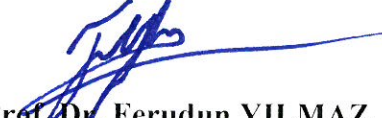
Danışman: Özer ARABACI

Bursa 2017


T. C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ekonometri Anabilim Dalı, Ekonometri Bilim Dalı'nda 711217001 numaralı Selin KARATEPE'nin hazırladığı "AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI: ENTEGRASYON VE ETKİLEŞİMLER" konulu doktora ile ilgili tez savunma sınavı, 19.07/2017 günü 10³⁰ - 12³⁰ saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin/çalışmasının **BAŞARILI** (başarılı/başarısız) olduğuna **OYBİRLİĞİ** (oybirliği/oy çokluğu) ile karar verilmiştir.


Doç. Dr. ÖZER ARABACI
(Tez/Danışmanı)
Uludağ Üniversitesi


Prof. Dr. Ferudun YILMAZ
Uludağ Üniversitesi


Prof. Dr. Mustafa SEVÜKTEKİN
Uludağ Üniversitesi


Doç. Dr. Mine AKSOY KAVALCI
Yalova Üniversitesi


Yrd. Doç. Dr. Baki DEMİREL
Gaziosmanpaşa Üniversitesi

19.07/2017

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 10/07/2017

Tez Başlığı/ Konusu: "AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI: ENTEGRASYON VE ETKİLEŞİMLER"


Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 215 sayfalık kısmına ilişkin, 10/07/2017 tarihinde şahsım tarafından TURNITIN adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %4'tür.

Uygulanan Filtrelemeler:

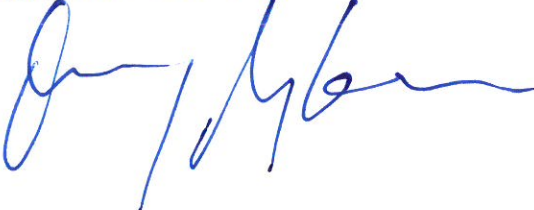
1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar dahil/ hariç

Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.


10.07-2017

Adı Soyadı: Selin KARATEPE
Öğrenci No: 711217001
Anabilim Dalı: Ekonometri
Programı: Ekonometri
Statüsü: Doktora

Danışman
Doç. Dr. Özer ARABACI


Yemin Metni

Doktora tezi olarak sunduğum “AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI: ENTEGRASYON VE ETKİLEŞİMLER” başlıklı çalışmanın bilimsel araştırma, yazma ve etik kurallarına uygun olarak tarafımdan yazıldığına ve tezde yapılan bütün alıntıların kaynaklarının usulüne uygun olarak gösterildiğine, tezimde intihal ürünü cümle veya paragraflar bulunmadığına şerefim üzerine yemin ederim.


10.07.2017

Adı Soyadı: Selin KARATEPE

Öğrenci No: 711217001

Anabilim Dalı: Ekonometri

Programı: Ekonometri

Statüsü: Doktora

ÖZET

Yazar Adı ve Soyadı: Selin Karatepe

Üniversite: Uludağ Üniversitesi

Enstitü: Sosyal Bilimler Enstitüsü

Anabilim Dalı: Ekonometri

Bilim Dalı: Ekonometri

Tezin Niteliği: Doktora Tezi

Sayfa Sayısı: XV + 194

Mezuniyet Tarihi: / / 20.....

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özer Arabacı

AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI: ENTEGRASYON VE ETKİLEŞİMLER

Bu çalışma, Avrupa Komisyonu tarafından belirlenen ortak Avrupa elektrik piyasası hedefi bağlamında Avrupa ülkeleri elektrik piyasalarında piyasa entegrasyonu ve piyasalar arası etkileşimleri incelemeyi amaçlamaktadır. Avrupa ülkelerinden (Avusturya, Belçika, Fransa, Almanya, Hollanda, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Macaristan, Slovakya, Portekiz, İspanya, İtalya, Birleşik Krallık, Danimarka, Estonya, Finlandiya, İsveç, Litvanya, Letonya, Norveç) elde edilen aylık ortalama spot elektrik fiyatları zaman serileri, Johansen vd. (2000) eştümleşme analizi; günlük ortalama spot elektrik fiyatları zaman serileri ise Engle (2002) dinamik koşullu korelasyon (DCC) analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Analizlerden elde edilen bulgular, yapısal kırılmalar dikkate alındığında Avrupa elektrik piyasalarının uzun dönemde entegre olduğuna işaret etmektedir. Entegrasyonun belirleyicileri arasında, piyasalar arasındaki enterkoneksiyon kapasite kısıtları, farklı piyasa yapıları, farklı iklim koşullarına bağlı farklı tüketim kalıpları ve farklı birincil kaynak kompozisyonlarına bağlı etkenler sıralanabilir. Bununla birlikte, Avrupa elektrik piyasaları arasındaki karşılıklı etkileşimleri ve birlikte hareketi güçlendiren en önemli unsurların, iletim ağı kapasitesindeki artış, iletim ağı kapasitesinin yönetimindeki etkinlik düzeyi ve piyasaların senkronizasyonunu sağlayan kurumsal ve yasal çerçevedeki uyumlulaştırıcı düzenlemeler olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Avrupa Elektrik Piyasaları; Piyasa Entegrasyonu; Yapısal Kırılmalar; Eştümleşme; Dinamik Koşullu Korelasyonlar.

ABSTRACT

Name and Surname: Selin Karatepe

University: Uludag University

Institution: Social Science Institution

Field: Econometrics

Branch: Econometrics

Degree Awarded: PhD

Page Number: XV + 194

Degree Date: / / 20.....

Supervisor: Doç. Dr. Özer Arabacı

EUROPEAN ELECTRICITY MARKETS: INTEGRATION and INTERACTIONS

This study aims to examine the European electricity market integration and interactions among European electricity markets in the context of the common energy market objective set by the European Commission. Electricity spot market data obtained from European countries (Austria, Belgium, France, Germany, the Netherlands, Czech Republic, Hungary, Slovakia, Poland, Portugal, Spain, Italy, United Kingdom, Denmark, Estonia, Finland, Sweden, Lithuania) are analyzed using econometric and statistical methodology for time series analysis. Monthly average price series are analyzed using Johansen et al. (2000) co-integration approach. Daily average price series are analyzed using Engle (2002) dynamic conditional correlation (DCC) analysis. The results suggest that the European electricity markets are integrated in the long-run when structural breaks are considered in the co-integration analysis. The determinants of integration include interconnection capacity constraints among markets, different market structures, different consumption patterns depending on different climatic conditions, and factors related to different primary resource compositions. However, the most important factors that strengthen the interactions and the co-movement between European electricity markets are the increase in the transmission capacity, the efficiency of the congestion management, and regulations on an overall institutional and legal framework which synchronizes the electricity markets.

Keywords: European Electricity Markets; Market Integration; Structural Breaks; Co-integration; Dynamic Conditional Correlations.

ÖNSÖZ

Değerli hocalarım, Prof. Dr. Sacit ERTAŞ'a, Doç. Dr. Kadir Yasin ERYİĞİT'e ve Doç. Dr. Özer ARABACI'ya gerek bu çalışmanın şekillenmesindeki gerekse akademik kariyerim üzerindeki etkileri ve emekleri için teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmaya olan katkıları ve yapıcı eleştirileri için Prof. Dr. Mustafa SEVÜKTEKİN'e, Prof. Dr. Ferudun YILMAZ'a, Yrd. Doç. Dr. Baki DEMİREL'e ve Doç. Dr. Mine AKSOY'a teşekkür ederim.

Sevgili aileme ve can dostum Zeplin'e benim için sağladıkları güven ve sevgi ortamı için teşekkür ederim.

Bursa, 2017

Selin KARATEPE

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar	xi
ŞEKİLLER	xii
KISALTMALAR	xiv

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. ELEKTRİK ENDÜSTRİSİNE İLİŞKİN TEMEL KAVRAMLAR	1
1.1.1. Elektrik Endüstrisinin Yapısal Özellikleri	1
1.1.2. Elektrik Piyasalarında Rekabet	3
1.1.2.1. Elektrik Endüstrisinin Deregülasyonu	5
1.1.2.1.1. Elektrik endüstrisi modelleri	6
1.1.2.1.2. Elektrik endüstrisinde ayrışma türleri	7
1.1.2.2. Rekabetçi Toptan Satış Elektrik Piyasalarının Tasarımı	8
1.1.2.3. Rekabetçi Toptan Satış Elektrik Piyasalarında Ticaret	9
1.1.2.4. Rekabetçi Elektrik Fiyatlarının Özellikleri	12
1.1.3. Elektrik Piyasalarında Piyasa Gücü Sorunu	14
1.2. AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI	16
1.2.1. Yasal Çerçeve	16
1.2.2. Avrupa Toptan Satış Elektrik Piyasaları	19
1.2.2.1. Avrupa Elektrik Borsaları	20

1.2.3. Avrupa Ortak Elektrik Piyasası	25
1.2.3.1. Piyasa Eşleşmesi	26
1.2.3.2. Fiyat Eşleşme Bölgeleri	28
1.3. ÇALIŞMANIN AMACI	31
1.4. ÇALIŞMANIN TEMEL SORULARI VE HİPOTEZLER.....	32
1.5. ÇALIŞMANIN KAPSAMI.....	32
1.6. ÇALIŞMANIN YAPISI.....	35

İKİNCİ BÖLÜM

PİYASA ENTEGRASYONU

2.1. KURAMSAL ÇERÇEVE	37
2.1.1. Piyasa Kavramı ve Piyasa Entegrasyonu.....	37
2.1.1.1. Tek Fiyat Yasası.....	41
2.1.1.2. Ticarete Elverişlilik ve Rekabet Edebilirlik.....	43
2.1.1.3. Rekabetçi Uzamsal Piyasa Dengesi	44
2.1.1.4. Piyasalararası Oynaklık Aktarımı	47
2.2. PİYASA ENTEGRASYONUNUN TEST EDİLMESİ.....	48
2.2.1. Kısa Dönem Yaklaşım: Dinamik Koşullu Korelasyon Analizi.....	53
2.2.2. Uzun Dönem Yaklaşım: Eştümleşme Analizi	54
2.3. LİTERATÜR TARAMASI.....	56

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARININ ENTEGRASYONU:

KISA DÖNEM YAKLAŞIMI

3.1. GİRİŞ	67
3.2. OYNAKLIĞIN MODELLENMESİ	69
3.2.1. Engle (2002) Dinamik Koşullu Korelasyon Analizi	70

3.3.	VERİ SETİ	77
3.4.	AMPİRİK BULGULAR	80
3.5.	SONUÇ	120

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARININ ENTEGRASYONU:

UZUN DÖNEM YAKLAŞIMI

4.1.	GİRİŞ	127
4.2.	YAPISAL KIRILMA VE BİRİM KÖK TESTLERİ.....	129
4.2.1.	Lee ve Strazicich (2003) Çoklu Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi	131
4.3.	EŞTÜMLEŞME ANALİZİ	133
4.3.1.	Johansen, Mosconi ve Nielsen (2000) Eşütmeleşme Yaklaşımı	135
4.3.2.	Vektör Hata Düzeltme Modeli Kısıtlama Testleri.....	138
4.4.	VERİ SETİ	140
4.5.	AMPİRİK BULGULAR	147
4.6.	SONUÇ	158

SONUÇ	161
--------------------	-----

KAYNAKLAR	169
------------------------	-----

EKLER	179
--------------------	-----

ÖZGEÇMİŞ	192
-----------------------	-----

TABLULAR

Tablo 1.1. Avrupa Elektrik Borsaları

Tablo 3.1. Betimsel İstatistikler

Tablo 3.2. CWE bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

Tablo 3.3. CWE bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

Tablo 3.4. CSE bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

Tablo 3.5. CSE bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

Tablo 3.6. CEE bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

Tablo 3.7. CEE bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

Tablo 3.8. SWE bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

Tablo 3.9. SWE bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

Tablo 3.10. FUI bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

Tablo 3.11. FUI bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

Tablo 3.12. İskandinav bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

Tablo 3.13. İskandinav bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

Tablo 3.14. Baltık bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

Tablo 3.15. Baltık bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

Tablo 4.1. Betimsel İstatistikler

Tablo 4.2. Lee ve Strazicich (2003) birim kök sınaama istatistikleri

Tablo 4.3. Johansen vd. (2000) eştümleşme testi bulguları

Tablo 4.4. NWE-NP bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Tablo 4.5. NWE bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Tablo 4.6. EU-NP bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Tablo 4.7. EU bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Tablo 4.8. NP bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

ŞEKİLLER

- Şekil 1.1.** Avrupa elektrik piyasaları arasındaki fiziki elektrik akışları (2015)
- Şekil 1.2.** Avrupa elektrik piyasalarında ihraç edilen elektrik ve ulusal kaynaklardan karşılanan tüketim oranları (2015)
- Şekil 1.3.** Elektrik piyasalarında denge
- Şekil 1.4.** PCR kullanıcısı ve üyesi ülkeler
- Şekil 3.1.** CWE bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı
- Şekil 3.2.** CWE bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar
- Şekil 3.3.** CSE bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı
- Şekil 3.4.** CSE bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar
- Şekil 3.5.** CEE bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı
- Şekil 3.6.** CEE bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar
- Şekil 3.7.** SWE bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı
- Şekil 3.8.** SWE bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar
- Şekil 3.9.** FUI bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı
- Şekil 3.10.** FUI bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar
- Şekil 3.11.** İskandinav bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı
- Şekil 3.12.** İskandinav bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar
- Şekil 3.13.** Baltık bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı
- Şekil 3.14.** Baltık bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar
- Şekil 4.1.** Nord Pool hariç Kuzey-Batı Avrupa (NWE-NP) bölgesi
- Şekil 4.2.** NWE bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri
- Şekil 4.3.** NWE-NP bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri
- Şekil 4.4.** EU bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri
- Şekil 4.5.** Nord Pool hariç Avrupa (EU-NP) bölgesi
- Şekil 4.6.** EU-NP bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri

Şekil 4.7. NP bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri



KISALTMALAR

AB: Avrupa Birliği

ACER: Agency for the Cooperation of Energy Regulators (Avrupa Enerji Ajansı)

ADF: Augmented Dickey- Fuller

ARCH: Autoregressive Conditional Heteroskedasticity

BEMIP: Baltic Energy Market Action Plan

BETTA: British Electricity Trading and Transmission Agreement

CCC: Constant Conditional Correlation (Sabit Koşullu Korelasyon)

CEE: Central East Europe (Merkez Doğu Avrupa)

CSE: Central South Europe (Merkez Güney Avrupa)

CWE: Central West Europe (Merkez Doğu Avrupa)

DCC: Dynamic Conditional Correlation (Dynamic Conditional Correlation)

DF: Dickey- Fuller

ECM: Error Correction Model (Hata Düzeltme Modeli)

EGARCH: Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity

EMH: Efficient Market Hypothesis (Etkin Piyasa Hipotezi)

ENTSO-E: European Network of Transmission System Operators for Electricity

ESTJ: Enke- Samuelson- Takayama- Judge

EUPHEMIA: Pan-European Hybrid Electricity Market Integration Algoritm

FUI: France- United Kingdom- Ireland

GARCH: Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans)

LM: Lagrange Multiplier (Langrange Çarpanı)

LOP: Law of One Price (Tek Fiyat Yasası)

MCR: Multi Coupling Regions (Çoklu Bölge Eşleşmesi)

MGARCH: Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity

NE: Northern Europe (Kuzey Avrupa)

NETA: New Electricity Trading Agreement

NP: Nord Pool

nTPA: negotiated Third Party Access (pazarlığa tabi üçüncü şahıs erişimi)

NWE: North West Europe (Kuzey Batı Avrupa)

OTC: Over-the-counter (Tezgah Üstü Piyasa)

PCR: Price Coupling of Regions (Fiyat Eşleşme Bölgeleri)

QML: Quasi Maximum Likelihood

rTPA: regulated Third Party Access (Düzenlemeye tabi Üçüncü Şahıs Erişimi)

SWE: South West Europe (Güney Batı Avrupa)

TSO: Transmission System Operator (İletim Sistemi Operatörü)

VAR: Vector Autoregression (Vektör Otoregresyon)

VECM: Vector Error Correction Model (Vektör Hata Düzeltme Modeli)



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Bu bölüm üç temel kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda, elektrik endüstrisinin yapısı ve rekabetçi elektrik piyasalarının genel özellikleri; ikinci kısımda Avrupa elektrik piyasalarında serbestleşme ve entegrasyon süreci, yasal çerçeve ve elektrik ticaretine ilişkin temel kavramlar; üçüncü ve son kısımda ise çalışmanın amacı ve kapsamı ile çalışmanın temel soruları ve hipotezleri ana hatları ile açıklanmaktadır.

1.1. ELEKTRİK ENDÜSTRİSİNE İLİŞKİN TEMEL KAVRAMLAR

Elektrik endüstrisinde, 1980'lerde başlayan ve günümüzde de sürmekte olan deregülasyon ve yeniden yapılandırma çalışmaları gerek endüstrinin fiziksel yapısında gerekse ticari yapısında yeni kavram ve tasarımların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu nedenle, hâlen ideal bir yapı arayışında olan günümüz elektrik endüstrisinin işleyişine ilişkin özellikler ve endüstrinin yakın geçmişi ileriki araştırmalara temel oluşturması bakımından önem taşımaktadır. Bu kısımda elektrik endüstrisine ve rekabetçi elektrik piyasalarına özgü temel kavram ve nitelikler ana hatları ile açıklanmaktadır.

1.1.1 Elektrik Endüstrisinin Yapısal Özellikleri

Elektrik endüstrisi, üretim, şebeke sistemi işletimi (iletim ve dağıtım), ve elektriğin son tüketiciye satışını ifade etmek üzere “arz” ya da perakende satış olmak üzere üç ana bölümde incelenebilir. Bununla birlikte, endüstrinin yapısı, üretim, iletim, dağıtım ve sistem işletimi endüstrinin fiziksel fonksiyonları; toptan satış ve perakende satış da endüstrinin ticari fonksiyonları olmak üzere farklı bir sınıflandırma altında da düşünülebilir (Hunt, 2002:2). Elektrik, bir ikincil enerji türü olup prensipte herhangi bir birincil enerji kaynağını elektrik enerjisine dönüştürmek mümkündür. Bununla birlikte, günümüzde elektrik üretiminde yaygın olarak fosil yakıtlar, nükleer enerji ve hidrolik enerji kullanılmaktadır. Henüz toplam üretimdeki payı az olmakla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da artmaktadır.

Üretim, genellikle büyük ölçekli elektrik santrallerinde gerçekleştirilmekle birlikte küçük ölçekli santrallerde de gerçekleştirilebilmektedir. Üretilen elektriğin tüketiciye ulaştırılması yani şebeke işletimi, iletim ve dağıtım olmak üzere iki süreç içerir. Elektriğin güç santrallerinden trafolarla taşınması iletim şebekeleri; trafolardan son tüketiciye ulaştırılması ise dağıtım şebekeleri üzerinden gerçekleştirilir. İletim, sistemdeki enerji kayıplarını minimize etmek amacıyla yüksek voltajlı şebekeler üzerinden gerçekleştirilir. Elektrik iletim şebekeleri aşırı yüke karşı oldukça hassas yapılardır. Sistem operatörü, arz ve talebi sürekli dengede tutmak için sistemdeki yük durumuna göre jeneratörlerden üretimlerini kısımlarını veya arttırmalarını istemek zorundadır. Üreticiler ile iletim şebekesinin işletimi arasında gerçek zamanlı koordinasyon şarttır. Dağıtım ise trafolarla ulaşan elektriğin düşük voltajlı hatlar üzerinden son tüketiciye aktarılmasıdır. Elektrik, dağıtım hatlarına ulaştıktan sonra son tüketiciye doğru tek yönlü bir akış söz konusudur. Depolanması ya da iletim şebekesine geri gönderilmesi söz konusu değildir. Dağıtım firmaları, sayaçların okunup tüketimin faturalandırılmasıyla, dağıtım hatlarının bakımını veya onarımını yapmakla ve gerektiğinde yeni hatların kurulumunu gerçekleştirmekle sorumludur.

Elektrik endüstrisindeki en önemli ve en zorlayıcı özellik, arz (üretim) ile talebin (tüketim) daima dengede olması gerekliliğidir. Üretilen elektrik son tüketiciye doğru bir şebeke boyunca ışık hızıyla ilerlerken sistem bileşenlerinin voltaj ve frekansdaki büyük değişimlere karşı korunabilmesi için üretim ve tüketim sürekli dengede olmalıdır. Bunun anlamı, üretilen elektriğin depolanmaksızın tüketilmesi gerektiğidir. Elektriğin büyük miktarlarda depolanması günümüz teknolojisi ile mümkün değildir. Küçük miktarlarda depolamanın maliyeti ise çok yüksek olup ekonomik olarak etkin değildir. Aslında, elektrik bir mal olarak üretilmekte ancak bir hizmet gibi tüketilmektedir (Bunn, 2004:3).

Elektrik talebi, mevsimlere, hava koşullarına, iş yoğunluğuna (hafta içi/ hafta sonu, gündüz/gece), ve birincil kaynak fiyatlarına bağlı olarak değişir. Elektrik talebindeki anlık değişimler karşısında dengenin bozulmaması için arzın da benzer şekilde anlık olarak güncellenmesi gerekmektedir. Bu dengedeki anlık bir bozulma tüm elektrik şebekesini tehlikeye atabilir. Örneğin, üretimin tüketimi karşılayamaması halinde şebekenin güvenliği için üretimin ve dağıtımın durdurulması gerekir ki bunun anlamı bölgesel elektrik kesintileridir.

Elektrik üretimi, elektrik talebindeki dalgalanmalarla ve öngörülemeyen aksaklıklarla başa çıkabilecek şekilde planlanmalı ve yürütülmelidir. Düşük talep dönemlerinde santraller üretim kapasitelerinin fazlasıyla altında üretim yapmak zorunluluğu ile karşı karşıyadır. Arz güvenliğinin sağlanmasında üretim ve rezerv kapasitesi kadar birincil kaynak ve üretim teknolojilerindeki çeşitlilik de önem taşımaktadır. Örneğin, üretimi durdurulan bir hidrolik santral dakikalar içinde yeniden üretime başlayabiliyorken nükleer santrallerde bu iş için gereken süre günleri bulabilmektedir. Benzer şekilde, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının artması ve bu kaynaklardaki süreklilik problemi, elektrik üretiminde birincil kaynak çeşitliğinin arz güvenliği açısından önemini bir başka ifadesidir.

1.1.2 Elektrik Piyasalarında Rekabet

Piyasa, alıcı ve satıcıların karşı karşıya geldikleri ve mübadelenin gerçekleştiği ve böylece fiyatın oluştuğu yerdir. Fetter (1924) piyasayı, çok sayıda alıcı ve satıcının tam rekabet koşullarına benzer koşullarda ticaret yaptıkları yer olarak tanımlar. Tam rekabet piyasasında, her bir katılımcı piyasa fiyatının kendi eylemlerinden bağımsız oluştuğunu varsayar. Tam rekabette piyasa katılımcıları fiyat alıcı olup piyasa fiyatına etki edemezler. Bu nedenle, tam rekabet varsayımı ancak piyasada küçük paylara sahip, birebir aynı ürünü üreten çok sayıda firma olduğunda mantıklıdır (Varian, 2010: 293). Firmalar arz ettikleri miktarı değiştirerek piyasa fiyatına etki edemediklerinden kar maksimizasyonu üretim miktarına bağlıdır. Tam rekabet varsayımının gerçekleşmediği her piyasa biçimi eksik rekabet piyasalarının bir türüdür. Tam rekabet piyasasına en tezat piyasa biçimi tek bir firmanın tüm piyasaya hükmettiği monopollerdir. Bir firma maliyet ve ölçek yapısıyla bir ürünü diğer firmalarla beraber olduğundan daha ucuza üretebiliyorsa o piyasada tek üretici olur. Diğer firmalar bu maliyetlerle üretim yapmadıkça piyasada tek üretici olarak kalır. Bu tip monopollere doğal monopoller adı verilir.

Elektrik piyasaları günümüzde de devam etmekte olan serbestleşme sürecine dek böyle bir yapıya sahipti. 1990'ların başından bu yana, geleneksel olarak devlet kontrollü monopol bir yapıya sahip olan elektrik endüstrisinde üretim, iletim, dağıtım ve perakende satışı birlikte idare eden dikey entegre monopol yapının ayrışması ve

piyasaların serbestleşerek rekabetçi bir nitelik kazanmasına yönelik reformlar gerçekleşmektedir. Piyasalarda etkinliğin sağlanması amacıyla yönelik reformların üç temel aracı bulunmaktadır: şebekeye serbest erişim, yeniden yapılandırma ve deregülasyon (Hunt, 2002: 5).

Elektrik endüstrisinin rekabete açılabilir kısımları üretim, toptan satış ve perakende satış piyasalarıdır. İletim ve dağıtım şebekeleri ve bunların işletiminde doğal monopol yapı sürmektedir. Üretilen elektriğin son tüketiciye ulaşmasını sağlayan iletim ve dağıtım şebekeleri geniş coğrafyaları kapsayan ve kuruluşu yüksek yatırım maliyetleri içeren yapılardır. Alternatif şebeke yapılarının kuruluşu ekonomik ve çevresel olarak etkin olmayacağından iletim ve dağıtım tek şebeke üzerinden işletilmektedir. Yani, iletim ve dağıtımda bölgesel veya ulusal düzeyde doğal monopol yapı devam etmektedir (Hunt, 2002: 3). Ancak endüstrinin genelinde rekabet koşullarının sağlanabilmesi ve korunabilmesi için bu aşamalar yoğun olarak regülasyona tabidir.* Böylece, yerleşik firmaların piyasa gücünü kötüye kullanımı engellenmeye ve tüm piyasa katılımcılarının iletim ve dağıtım şebekelerine erişiminin adil bir biçimde gerçekleşmesine çalışılmaktadır. Bu amaçla, şebeke sisteminin işletimi bağımsız bir sistem operatörü tarafından yürütülmektedir.

Dikey entegre monopol yapıda, elektriğin üretimi, iletimi, dağıtım ve son tüketiciye satışını bir firma tek başına idare eder. Firmanın faaliyet alanı bir bölge ya da şehir olabileceği gibi bir ülkenin bütünü de olabilir. Elektrik piyasalarına rekabetçi nitelik kazandırmaya yönelik erken dönem düzenlemeler bu dikey entegre yapının ayrışması ve üçüncü şahısların şebekeye adil erişimi üzerine odaklanmıştır.

Küçük farklılıklara rağmen, dünya genelinde enerji piyasalarının serbestleştirilmesinin ardındaki motivasyon ortak ideolojik ve politik sebeplere sahiptir. Özellikle, diğer piyasalarda serbestleşme ile yakalanan başarının enerji sektöründe de yakalanabileceği beklentisi ve monopol yapının bölünmesine yönelik ihtiyaçtan söz

* Regülasyon, devletin ekonomiye doğrudan müdahalesini içeren bir politika aracıdır. Devlet, piyasaya giriş çıkışı düzenleyici yasal monopoller oluşturarak piyasaya müdahale edebilir. Piyasa regülasyonu, piyasa kurallarının tanımlanması, piyasa katılımcılarını bu kuralları uygulamaya mecbur kılabacak yasal düzenlemelerin yapılması ve piyasa işleyişinin denetlenmesini içerir. Deregülasyon ise ilgili piyasada devletin piyasa kuralları ve piyasanın işleyişi üzerindeki kısıtlayıcı rolünün azaltılması veya bütünüyle ortadan kaldırılmasıdır.

edilebilir. Rekabetçi yapının sektörde teknolojik yenilikleri tetiklemesi ve ekonomik etkinliği artırması beklenmektedir (Weron, 2006:1). Bununla birlikte monopol yapının bozulması da üretim, iletim ve dağıtım teknolojilerindeki değişimler ve gelişmelerle mümkün olmuştur. Elektrik endüstrisinde, 1990'lara kadar büyük üretim santrallerinin kullanımını gerektiren ölçek ekonomileri nedeniyle doğal monopol olarak kabul edilen üretim sürecinin bu yapısı, yeni üretim teknolojileri sayesinde daha küçük üretim santralleri ile erişilen ekonomik etkinlik neticesinde bozulabilmiştir (Weron, 2006:1; Hunt, 2002:19). Bununla birlikte, bilgi teknolojilerindeki ilerlemelerin, iletim ve dağıtım şebekelerinin işletiminde yarattığı gelişmeler üretim, iletim ve dağıtımdaki dikey entegre yapının ayrıştırılmasında önemli rol oynamıştır. Böylece elektrik endüstrisinde üretim, toptan satış ve perakende piyasalarının rekabete açılması mümkün olmuştur.

1.1.2.1 Elektrik Endüstrisinin Deregülasyonu

Dikey entegre monopol yapıda endüstrinin tüm fonksiyonlarının tek firma tarafından gerçekleştirilmesi üretimden tüketime kadar tüm sıralı faaliyetlerin koordinasyonu açısından kolaylıklar içermektedir. Elektrik endüstrisinde serbest piyasa koşullarının işlediği rekabetçi bir endüstri yapısının oluşturulması ise zorlu süreçler içermektedir. Endüstrinin yeniden yapılandırılması sürecinde karşılaşılan zorlukların büyük ölçüde çözüldüğü söylenebilir. Ancak özellikle, yerleşik firmaların piyasa gücü uygulama olanağı ve kısa dönemde arz güvenliği ile uzun dönemde yeni kapasite yatırımlarına ilişkin sorunlar devam etmektedir. Bu ve benzeri sorunların çözümü için tek bir reçete ya da ideal piyasa tasarımı söz konusu değildir. Ülkeler kendi iç dinamikleri ve gereksinimlerine göre farklı tasarımlar üretmiş; farklı başarı düzeylerine erişmiştir (Hunt, 2002:9).

Serbestleşme pratiklerinden elde edilen deneyime dayanarak rekabet ortamının oluşturulmasında birbiri ile ilişkili birkaç temel adım üzerinde fikir birliğine varılmıştır (Jamass ve Pollitt, 2005:13):

(i) Endüstrinin yeniden yapılandırılması yani üretim, iletim, dağıtım ve perakende satışta dikey ayrışma ile üretim ve perakende satışta yatay ayrışmanın sağlanması.

- (ii) Endüstrinin rekabete açılabilir kısımlarının (üretim, toptan satış ve perakende satış) rekabete açılması.
- (iii) Üçüncü şahısların şebekeye adil erişiminin sağlanması için iletim ve dağıtım şebekelerinin regülasyonu ve bağımsız bir düzenleme kurulunun oluşturulması.
- (iv) Piyasaya girişin özendirilmesi.

1.1.2.1.1 Elektrik endüstrisi modelleri

Elektrik endüstrisinin yapısına ilişkin dört temel model tanımlanmıştır: *Monopol, Tek Alıcılı Model, Toptan Satış Rekabeti, Perakende Rekabeti*. Elektrik endüstrisi reformlarına dek dünya genelinde yaygın olan birinci model, rekabetin olmadığı, dikey entegre monopol bir endüstri yapısıdır. Elektriğin üretiminden son tüketiciye satışına kadarki tüm ardışık piyasa faaliyetleri tek bir firma tarafından gerçekleştirilir (Hunt, 2002:41).

Tek alıcılı (satın alma acentesi) modelde, sadece elektriğin üretim aşamasında rekabete izin verilir. Yeni üretim kapasitelerinin piyasaya katılımı serbesttir. Ancak, elektriğin üreticiden satın alımında yetkili tek bir kurum vardır. Bu kurum, tüm kayıtlı tüketiciler adına üreticilerle pazarlık halindedir. Yani bu aşamada fiyat oluşumu rekabetçi prensipte gerçekleşmektedir. Satış gerçekleştikten sonra elektrik, dağıtımı sağlayacak olan tedarikçi firmalara güncel bir tarife üzerinden satılır. Elektrik son tüketiciye tedarikçi firma tarafından ulaştırılır. Bu aşamada tüketicinin tedarikçi firmayı seçme şansı yoktur. Perakende fiyatları piyasa mekanizmasının işleyişi neticesinde oluşmaz. Yani dağıtım aşamasında monopol bir yapı söz konusudur. Ancak model basitliği nedeniyle reformların başlangıç aşamasında avantajlıdır (Hunt, 2002:42).

Daha gelişmiş bir başka piyasa biçimi rekabetçi toptan satış piyasalarıdır. Bu tip piyasalarda üretici ve dağıtıcı firmalar (perakendeciler) ya da büyük kullanıcılar zorunlu bir aracı kurum olmaksızın mübadele halindedir. Toptan satış piyasası çok sayıda alıcıya açık olduğu için daha gerçekçi bir rekabetten söz edilebilir. Diğer yandan perakende satış aşamasında tüketici elektrik satın alacağı perakendeciye seçme olanağına sahip değildir (Hunt, 2002:46).

Perakende satış piyasasının da rekabetçi nitelikte işlediği piyasalarda tüketiciler elektrik satın alacakları firmayı seçme olanağına sahiptir. Toptan satış piyasası gibi perakende satış piyasası da piyasa mekanizması ile işler (Hunt, 2002:53). Elbette böylesi bir piyasanın inşası hem fiziki açıdan hem de piyasa katılımcılarının eğitilmesi açısından bir uzmanlaşma süreci gerektirir. Bu tip piyasaların bir diğer zorluğu ise tüketiciyi korumaya yönelik bir takım katı düzenlemeler gerektirmesidir (Hunt, 2002:56).

1.1.2.1.2 Elektrik endüstrisinde ayrışma türleri

Elektrik endüstrisinde, üretim, iletim, dağıtım ve perakende satışta dikey; üretim ve perakende satışta ise yatay konsantrasyon söz konusudur. Elektrik endüstrisinde ayrışma ise piyasa üzerinde dikey ve yatay olarak gerçekleşen konsantrasyonun ayrıştırılmasına yönelik düzenlemeleri (regülasyonları) ifade eder. Üçüncü şahısların şebekeye erişimi, elektrik piyasasının rekabet koşullarında işlemesi için gerekli koşul olduğundan, endüstri yeniden yapılandırılırken sistem operatörünün rolü üzerinde yoğunlukla durulmuştur (Hogan, 1992:214).

Dikey ayrışmada amaç elektrik endüstrisinin doğal tekel yapısını sürdürecektir olan iletim ve dağıtım şebekelerine tüm piyasa katılımcılarının erişiminin adil olarak sağlanmasıdır (Atiyas, 2006:65). Böylece şebeke işletimi ile üretim ve perakende satış piyasaları arasında oluşabilecek rekabeti engelleyici faaliyetler sınırlandırılmaktadır. Bu amaçla, şebeke operatörlerinin görev ve sorumluluklarını belirleyen ve üçüncü şahısların şebeke erişimine ilişkin ayrışma türleri belirlenmiştir* (Hunt, 2002:60; Akın 2008:14; Atiyas, 2006:65).

- Muhasebede ayrışma, çapraz sübvansiyonun engellenmesi için, mülkiyeti ortak olup endüstrinin farklı fonksiyonlarında faaliyet gösteren firmaların, farklı faaliyet alanlarının ayrı hesaplarda muhasebeleştirilmesi anlamına gelir.

*Ayrışma türlerine ilişkin terminoloji kaynağa göre değişiklik göstermektedir. Fonksiyonel ayrışma, bağımsız sistem operatörü (ISO); hukuki ayrışma, bağımsız iletim şebekesi operatörü (ITO) olarak da adlandırılmaktadır.

- Fonksiyonel ayrışma, aynı firma içindeki farklı fonksiyonların, faaliyetlerini ayrı birimlerde gerçekleştirecek şekilde yeniden örgütlenmesini gerektirir.
- Hukuki ayrışma, farklı fonksiyonların ana şirkete bağlı şirketlere devredilerek faaliyetlerin şirketler hukuku kapsamında birbirinden ayrılmasıdır. Burada ana şirketin mülkiyet hakkına dokunulmaz.
- Mülkiyette ayrışma, farklı fonksiyonların faaliyetlerini yürüten şirketlerin mülkiyetinin aynı gerçek ya da tüzel kişi olmamasıdır.

Şebekeye adil erişim, dikey konsantrasyonu azaltmakta veya bütünüyle ortadan kaldırmaktadır. Ancak yatay konsantrasyonun çözümünde etkili değildir (Hogan, 1997:108). Yatay ayrışmada amaç, yerleşik firmaların piyasa gücü uygulamalarının önüne geçmektir. Piyasa gücü, firmaların bireysel ya da grup olarak, karlılığını korumak için üretimi kısırarak fiyatları rekabetçi seviyenin üzerine çekme gücünü ifade eder (Werden, 1996:16). Elektrik endüstrisinde iletim ağı kısıtlarının piyasaların parçalı yapısını güçlendirerek yerleşik firmaların piyasa gücü uygulama olanağını desteklediği yönünde bir anlayış söz konusudur (Hogan, 1997:135; Gilbert vd. 2004:708). Özellikle bazı güç santrallerinin stratejik noktalarda konumlanmış olması veya piyasa gücüne sahip firmanın başka bazı hizmetlerin de sağlayıcısı olması sorunun kaynağına ilişkin önemli birer örnektir. Piyasa gücü sorunu, elektrik endüstrisinin serbestleşmesinde karşılaşılan sorunlar arasında öncelikli olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle, bu konu ileride daha detaylı olarak ele alınacaktır.

1.1.2.2 Rekabetçi Toptan Satış Elektrik Piyasalarının Tasarımı

Toptan satış piyasalarının rekabete açılması elektrik endüstrisi reformunun temel adımlarındandır. Bununla birlikte piyasanın örgütlenme biçiminde farklı tasarımlar benimsenmiştir.

Ticaretin ikili anlaşmalarla gerçekleştiği organize olmayan piyasalar tezgâh üstü piyasa (OTC: over-the-counter) olarak adlandırılır. Serbestleşmenin başlangıç aşamasında, Avrupa'da birinci elektrik yönergesinin uygulanmaya koyulduğu süreçte, kısa ve uzun dönem elektrik sözleşmeleri ikili anlaşmalarla gerçekleştirilmiştir.

Organize toptan satış piyasalarının tasarımında benimsenen yaklaşımlar ise havuz modeli ya da elektrik borsaları olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir (Green, 2005:73; Hunt, 2002:172; Weron 2006:3). Burada terminoloji kaynağa veya yazara göre farklılık göstermektedir. Örneğin, Green (2005) söz konusu sınıflandırmada brüt havuz modeli ve net havuz modeli şeklinde bir adlandırmaya gider.

Brüt havuz modelinde katılımın zorunlu olduğu merkezi bir piyasa söz konusudur. Tüm üreticiler ürettikleri elektriği merkezi bir piyasaya satmak ve burada oluşan fiyatı kabul etmek zorundadır (Green, 2005:73). Havuzun dışında ticarete izin verilmez. Tüm üreticiler belirli zaman dilimleri için teklif verirler. Sistem operatörü bu teklifleri en yüksek fiyattan başlayarak sıralar. Kümülatif miktarlar ve fiyat teklifleri arasındaki ilişkiyi gösteren eğri piyasa arz eğrisini oluşturur. Talep eğrisi de teklif ve tahminler ile elde edilir. Piyasa fiyatı, böylece oluşturulan arz ve talep eğrilerinin keşişim noktasında oluşan fiyattır. Havuz modelinde teklifler pek çok teknik kısıt göz önünde bulundurularak oluşturulur. Bu nedenle buradaki fiyat oluşumu da karmaşık optimizasyon hesapları gerektirir (Green, 2005:73).

Net havuz modelinde ya da elektrik borsalarında ise üreticiler, perakendeciler ya da tüketiciler ile ikili ticaret anlaşmaları yapabilirler (Green, 2005:73). Sistem operatörü, bu anlaşmalardan haberdar edilmek zorundadır. Sistem operatörü bu anlaşmalardaki miktar ve fiyat bilgilerini kullanarak piyasa fiyatını belirler. Elektrik borsalarında teklifler sadece belirli periyotlar için elektrik miktar ve fiyat bilgilerini içerir. Çeşitli teknik kısıtlar göz ardı edildiği için elektrik borsaları “sadece enerji” piyasalarıdır (Green, 2005:76). Avrupa’nın büyük bölümünde toptan satış piyasalarının örgütlenme biçimi elektrik borsaları (net havuz) şeklindedir.

1.1.2.3 Rekabetçi Toptan Satış Elektrik Piyasalarında Ticaret

Piyasanın temel fonksiyonu ticarete konu olan malın denge fiyatının belirlenmesidir. Her piyasa belirli ticaret kurallarına göre işler. Elektrik piyasalarında bu kurallara “ticari anlaşmalar” (trading agreements) adı verilir.

İyi çalışan rekabetçi piyasalar için, piyasanın örgütlenme biçimi nasıl olursa olsun, arzu edilen bazı piyasa özellikleri vardır. Eksiksiz bir piyasada hem spot piyasa ve vadeli piyasalar hem de risk yönetimi araçları olmalıdır.

Spot piyasalar ya da gün- öncesi piyasalarda, gelecek günün her yarım ya da bir saatlik ihale dönemleri için teklifler verilir. Piyasa katılımcıları, satmak ya da satın almak istedikleri elektrik miktarı ve bu miktar için razı oldukları maksimum ve minimum fiyat aralığını içeren teklifleri piyasa kapanışından önce sistem operatörüne bildirmek durumundadır. Sistem operatörünün bu teklifleri “liyakat sıralaması” (merit order) denilen bir usule göre sıralamasıyla arz ve talep ilişkisi kurulur ve denge fiyatı belirlenir. Sistemin dengelendiği yani arz ve talebin birbirlerini karşıladığı noktada, sisteme giren son birim tüketime karşılık gelen üretim santralının teklifindeki fiyat “dengeleme fiyatı” olarak belirlenir. Dengeleme fiyatı, o zaman diliminde üretim yapan tüm santrallere ödenen fiyattır. Fiziki teslimat takip eden gün gerçekleşir (Houllier, 2014:23; Boisseleau 2004:44).

Piyasanın kapanışı ile teslimatın gerçekleşmesi arasındaki zaman farkı hem piyasa katılımcıları için hem de arz- talep dengesinin sürekliliği açısından sistem operatörü için uzun bir süredir. Fiziki teslimattan birkaç saat önce kapanan gün-içi piyasalar, sistem operatörü için arz-talep dengesinde gün içinde oluşabilecek dengesizliklerin giderilmesinde bir dengeleme piyasası işlevi görmektedir (Houllier, 2014:23; Boisseleau 2004:86). Böylece, piyasa katılımcıları da kısa dönemde fiziki sözleşmelerini dengeleme olanağına sahip olmaktadır.

Elektrik endüstrisinde sistem operatörünün gerçek zamanlı arz- talep dengesini sağlayabilmesi için bir dengeleme piyasasına ihtiyaç vardır. Burada gerçek zamanlı arz-talep dengesi ve rezerv kapasitesi yönetilir. Sistem operatörünün arz ve talebi sürekli olarak dengede tutabilmesi için güç santrallerinin üretimlerini, tüketicilerin ise tüketimlerini aniden arttırmaları veya azaltmaları gerekebilir. Spot piyasaların kapanışından sonra piyasa katılımcıları üretimlerini belirli bir miktarda arttırmak/azaltmak ya da tüketimlerini belirli bir miktarda azaltmak/arttırmak için razı oldukları fiyat tekliflerini bildirirler. Dengeleme piyasasında fiyatlama, yine sistem operatörü tarafından, piyasa mekanizması benzeri bir prensipte gerçekleştirilir (Houllier, 2014:23; Boisseleau 2004:86).

Elektrik piyasalarında finansal piyasalara benzer şekilde türev araçlar da bulunmaktadır. Türev piyasa araçları, temelde piyasa katılımcılarının fiyat riskinden korunma araçları olup spekülasyon amaçla da kullanılabilirler. Elektrik piyasalarında türev araçlar, forward, futures, swap ve opsiyon sözleşmeleridir (Mantysaari, 2015:14).

Futures sözleşmeler, belli bir miktar elektriğin gelecekte belirli bir tarihte üzerinde önceden anlaşılmış bir fiyattan alınıp satılmasıdır. Futures sözleşmeler, elektrik borsaları gibi organize piyasalarda alınıp satılan ve sözleşme standartları net olarak biçimlendirilmiş sözleşmelerdir (Hunt, 2002:116). Vade tarihi geldiğinde, sözleşmede belirtilen miktarda elektriğin fiziki ve nakdi teslimi zorunludur. Elektrik piyasalarında fiyat riskinden korunma araçlarından biri olmakla birlikte spekülasyon ya da arbitraj amacıyla da kullanılabilir (Deng ve Oren, 2006:943; Mantysaari, 2015:573). Bununla birlikte, elektrik piyasalarında, depolama ve iletim ağı kısıtları nedeniyle arbitraj olanaklarının oldukça kısıtlı olduğunu da belirtmek gerekir (Lucia ve Schwarz, 2002:5).

Forward sözleşmeler de belli bir miktar elektriğin gelecekte belirli bir tarihte üzerinde önceden anlaşılmış bir fiyattan alınıp satılmasıdır. Vade süresi saatler ya da yıllar olabilmekle birlikte, vade tarihi geldiğinde, sözleşmede belirtilen miktarda elektriğin fiziki ve nakdi teslimi zorunludur. Tezgâh üstü piyasalarda alıcı ve satıcı arasında yapılan ikili anlaşmalarla gerçekleştirilir. Futures sözleşmelerin aksine alıcı ve satıcıların belirleyeceği özel koşullara uygun olarak düzenlenebilir. Ancak futures sözleşmelere göre temerrüt riski daha yüksektir. Elektrik piyasalarındaki fiyat riskinden korunmada temel araçlardandır (Deng ve Oren, 2006:942).

Opsiyon, sahibine bir varlığı gelecekte belirli bir fiyattan alma (alım/call opsiyonu) ya da satma (satım/put opsiyonu) hakkı sağlayan bir sözleşmedir. Opsiyon sahibi, alım/ satım hakkını, sözleşme süresi boyunca uygun gördüğü bir zamanda kullanabileceği gibi koşulları uygun bulmadığı takdirde kullanmayabilir. Elektrik opsiyon alıcısı, opsiyon satıcısına, opsiyon sözleşmesi için opsiyon primi adı verilen bir ödeme yapar. Opsiyon primi, opsiyon satıcısına, alıcının verdiği karara göre sözleşmedeki yükümlülüğünü yerine getirme zorunluluğu karşılığında yapılan ödemedir. Opsiyonlar, tezgah üstü piyasalarda ya da opsiyon borsalarında (organize

piyasalarda) alınıp satılabilir. Finansal piyasalarda olduğu gibi elektrik piyasalarında da çok farklı çeşitte opsiyon türü bulunmaktadır.

Elektrik swapları (takasları) future sözleşmelerin bir uygulamasıdır (Mantysaari, 2015:572). Tarafların farklı şartlardaki elektrik sözleşmelerini birbirleriyle takas etmelerini sağlayan finansal sözleşmelerdir (Deng ve Oren, 2006:944). Tezgah üstü piyasalarda işlem görür ve riskten korunma, spekülasyon, değişen finansal koşullara uyum sağlama gibi amaçlarla kullanılır.

1.1.2.4 Rekabetçi Elektrik Fiyatlarının Özellikleri

Rekabetçi elektrik piyasalarında elektrik ticareti finansal piyasalara benzer dinamiklere sahip piyasalarda gerçekleşmektedir. Fiyatlar artık regüle olmayıp bağımsız sistem operatörleri tarafından arz ve talep dengesini sağlayacak şekilde sürekli olarak yeniden belirlenir. Elektrik, piyasada herhangi bir varlık ya da mal gibi alınıp satılmakta ancak herhangi bir maldan farklı olarak depolanamamaktadır. Elektrik fiyatları, özellikle elektriğin iletim ağı ve depolama kısıtları nedeniyle diğer varlık fiyatlarından farklı karakteristiklere sahiptir.

Talepteki değişimlere ve özellikle elektrik endüstrisinin karakteristiklerine bağlı olarak elektrik fiyatlarında, başka piyasalarda gözlenmeyen türden gün içi, haftalık ve yıllık mevsimselliklere, beklenmedik, kısa ömürlü ve öngörülemeyen fiyat sıçramalarına ve negatif fiyatlara rastlanmaktadır.

Negatif fiyatlar, esnek olmayan birincil kaynaklardan üretilen elektrik düşük talep ile eşzamanlı gerçekleştiğinde ortaya çıkmaktadır. Elektrik üretiminde esnek olmayan birincil kaynaklar kullanılıyorsa üretiminin istenilen anda durdurulması ve yeniden başlatılması mümkün olmayacaktır. Esnek olmayan birincil kaynaklara örnek olarak üretimde bütünüyle dışsal faktörlere (rüzgar, güneş vb.) bağlı olan yenilenebilirler ve üretiminin durdurulması ve başlatılması günler alan nükleer santraller gösterilebilir. Elektrik büyük miktarlarda depolanamadığı ve iletim ağı belirli bir frekansta dengede tutulmak zorunda olduğu için sisteme verilen elektriğin tüketimle dengelenmesi gerekmektedir. Talebin düşük olduğu dönemde üreticiler üretimlerini durdurup tekrar başlatmanın maliyeti ile elektriği piyasaya negatif fiyatla satmanın

maliyeti arasında bir kıyas ve seçim yapmak durumundadırlar. Nitekim üreticilerin negatif fiyatlara razı olarak üretimi sürdürmelerinin ardındaki neden, birincil kaynağın çıktıda değişiklik yapmaya müsaade etmeyecek kadar katı olması, üreticinin üretimi durdurma maliyetinin sürdürme maliyetinden yüksek olması veya iletim ağının dengede tutulabilmesi için üretimin sürmesinin sözleşmeye bağlanmış bir zorunluluk olması olabilir (Energy Brainpool, 2014:2).

Elektrik piyasalarında ayırt edici diğer özelliklerden biri de spot elektrik fiyatlarının ortalamaya dönen doğasıdır. Ortalamaya dönen süreç özelliği gösteren seriler, kısa dönemli sapmalar gösterebilir de zaman içerisinde uzun dönem ortalama düzeyine doğru yönelirler. Bu tip serilerde, serideki stokastik bileşen serinin dengeden uzaklaşmasına sebep olurken deterministik bileşen serinin dengeye doğru çekilmesini sağlar (Pilipovic, 1998:61). Spot elektrik fiyatları kısa dönemde ortalama etrafında salınım göstermekte ancak uzun dönemde arzın ayarlanması neticesinde fiyatlar üretim maliyetlerinin gerektirdiği düzeye geri dönmektedir. Elektrik talebini ve dolayısıyla elektriğin denge fiyatını etkileyen dominant faktör hava koşullarıdır. Hava koşullarının döngüsel doğası dolayısıyla spot elektrik fiyatları ortalamaya dönen süreç özelliği gösterirler (Knittel ve Roberts, 2005; Escibano vd., 2011:625; Haldrup ve Nielsen, 2006:355).

Bununla birlikte, elektrik talebi kısa dönemde yüksek düzeyde inelastiktir. Olağan dışı hava koşulları veya endüstrinin fiziksel fonksiyonlarındaki aksaklıklar neticesinde oluşan yüksek talep dönemlerinde tüketiciler talep ettikleri elektrik miktarını düşürmezler. Bu durum fiyatlarda ani yükselme ve sıçramalara yol açar (Weron, 2006:26). Elektrik piyasalarında gözlenen bu fiyat sıçramaları, spot elektrik fiyatlarının ortalamaya dönen süreç özelliği nedeniyle kısa ömürlüdür (Huisman ve Mahieu, 2003:428; Escibano vd., 2011:625). Bununla birlikte, elektrik talebinin fiyattaki değişimler karşısındaki inelastik yapısı bölgeler arası iletim ağı kapasite kısıtlarıyla birleşince yüksek talep dönemlerinde fiyat sıçramalarını ve dolayısıyla oynaklığı şiddetlendirebilmektedir (Escibano vd. 2011:624, de Jong ve Huisman, 2002:2).

Spot elektrik fiyatları günlük ve hatta saatlik dalgalanmalara ve yüksek oynaklığa sahiptir (Knittel ve Roberts, 2005:792; Escibano vd. 2011:624; Weron

2006:26). Yüksek oynaklık, günler ve haftalar boyunca sürebilmekte; arz ve talep şoklarıyla veya başka enerji piyasalarındaki, türev piyasalardaki ve makroekonomideki olaylarla tetiklenebilmektedir. Bu geçici fiyat dalgalanmaları, elektrik fiyatlarındaki toplam değişikliğin büyük bölümünden sorumludur. Oynaklık, getirilerin standart sapması olarak tanımlanır ve günlük fiyatlar için hesaplanırsa ham petrol ve doğalgaz gibi ürünlerde fiyat oynaklığı %1.5- 4 aralığında iken elektrik piyasalarında %50'lere varabilmektedir (Weron, 2006:26). Bununla beraber, oynaklık, düşük ve yüksek oynaklıkların birbirini takip etmesi neticesinde kümelenme eğilimindedir. Bu ise sabit varyans (homoskedastisite) varsayımının ihlali anlamına gelir ve spot elektrik piyasalarında oynaklığın modellenmesinde zamanla değişen varyansın dikkate alınmasını gerektirir (Knittel ve Roberts, 2005:816; Escribano vd. 2011; Goto ve Karolyi, 2003:2).

Kısaca açıklanan tüm bu özellikler nedeniyle elektrik piyasalarında diğer piyasalardan farklı fiyat dinamikleri söz konusudur.

1.1.3 Elektrik Piyasalarında Piyasa Gücü Sorunu

Piyasa gücü, firmaların, bireysel ya da grup olarak karlılığı korumak amacıyla üretimi kısırarak fiyatları rekabetçi seviyenin üzerine çekme gücünü ifade eder (Werden, 1996:16). Piyasa gücü analizlerinin odak noktası ticarete konu olan ürünün ve piyasanın coğrafi kapsamının belirlenmesidir (Werden, 1996:16). Genel olarak, tek bir firma ya da birlikte hareket eden bir grup firmanın sahip olduğu yüksek piyasa payı bir piyasada piyasa gücünün varlığı için gerek koşuldur (Kaysen ve Turner, 1959:101).

Coğrafi olarak kapsamı belirli bir piyasada, piyasa payı yüksek olan yerleşik firmalar, üretimi kısırarak ve fiyat yükselterek piyasa gücü uygulama olanağı elde etmektedirler. Dış ticaret söz konusu olduğunda, firmalar, genellikle bağlı buldukları yurtiçi piyasalarda yüksek piyasa payına sahipken diğer ülkelerde daha az piyasa payına sahiptir. Bu durum, eksik rekabet koşullarında firmaların yurtiçi piyasalarda daha fazla piyasa gücüne sahip olmaları anlamına gelir. Böylece, firmalar, yurtiçi piyasalarda yurt dışı piyasalara kıyasla daha yüksek fiyatlar belirleme ve karşılıklı damping olanağı elde ederler.

Tam rekabet piyasalarında, piyasa katılımcıları çıktı düzeylerini marjinal maliyetlerinin piyasa fiyatına eşit olduğu noktada belirlerler. Böylece piyasa denge fiyatı sosyal refahı optimize eden çıktı düzeyinde oluşur. Elektrik endüstrisinin deregülasyonunun ardındaki motivasyonlardan birinin bu etkinlik düzeyine yaklaşmak olduğu söylenebilir (Younes ve Ilic, 1998:335). Günümüz elektrik piyasalarının mevcut durumu, piyasa katılımcılarının piyasa gücü uygulama olanağının olmadığı bu ideal durumdan oldukça uzaktadır. Başlangıçta, çok sayıda firmanın piyasaya girişi ile yerleşik firmaların piyasa paylarının azalması neticesinde çözüleceğine inanılan piyasa gücü sorunu giderek daha ciddi boyutlara ulaşmıştır. Öyle ki, serbestleşmenin önde gelen savunucuları dahi sorunu karamsar bir dille ele almaktadır. Newberry (2002), rekabetçi elektrik piyasalarının ya ulaşılamaz ya da sürdürülemez olduğunu ifade ederken; Green (2004), elektrik endüstrisi serbestleştiğinde piyasa gücünün bir problem olabileceğine pek az sayıda insanın itiraz edebileceğini iddia etmektedir (Bahçe 2007:57). Jamasb (2006) ise serbestleşmeden beklenen faydaların beklenildiği ölçüde gerçekleşmemesini ve gerçekleşen faydanın bölüşümündeki eşitsizliği piyasa gücü sorunuyla ilişkilendirmektedir.

Eksik rekabet koşullarında dış ticaretin söz konusu olduğu durumlarda piyasaların entegre olup olmadığına ilişkin ayrım piyasa gücü olgusu nedeniyle önem taşımaktadır. Piyasa entegrasyonu firmaların piyasa gücü uygulama olanaklarının mümkün olmadığını, firmaların ayrı piyasalarda değil tek bir entegre piyasada rekabet ettiklerini ima eder. Böylece piyasa gücü, firmaların kendi ulusal piyasalarındaki paylarına değil entegre piyasa içinde sahip oldukları paya bağlı olur. Bu da firmaların ulusal piyasalardaki piyasa gücünün azalacağı anlamına gelir. Ancak, elektrik endüstrisinde piyasa gücü, piyasanın coğrafi kapsamının ve dolayısıyla firmanın piyasadaki payının yanı sıra firmanın coğrafi konumuna ve bölgedeki iletim ağı kısıtlarına da bağlıdır (Hogan, 1997:135). İletim ağı kısıtları, toptan satış elektrik piyasalarının parçalı yapısını ve dolayısıyla üreticilerin bölgesel piyasa gücünü güçlendiren bir etkidir (Gilbert vd., 2004:708). Bununla beraber firmanın bölge içerisindeki konumlanışı iletim ağı kısıtları nedeniyle piyasa gücü konusunda önemli rol oynar. Öyle ki firma, bölge içindeki piyasa payını koruyacak şekilde rekabetten izole olarak konumlanmış olabilir. Bu durum, coğrafi olarak yerleşmiş bölgeler üreterek firmaların, endüstrinin yapısından ve regülasyonlardan bağımsız olarak bireysel ya da

küçük gruplar halinde bölgesel piyasa gücü uygulamalarını mümkün kılabilir (Younes ve Ilic, 1998:335).

Kuramsal literatürde piyasa gücü sorununun kaynağına ilişkin iki farklı yaklaşımdan söz edilebilir (Bahçe, 2007:52). Birinci yaklaşıma göre piyasa gücü sorununun kaynağında elektrik piyasalarının serbestleştirilmesinde uygulanan politikalar bulunmaktadır. Bu yaklaşıma göre piyasa gücü sorunu geçici bir durum olarak yorumlanmaktadır. Diğer yandan, ikinci yaklaşım ise sorunun oluşturulan piyasa yapısından kaynaklandığını bu nedenle geçici değil kalıcı olduğu anlayışına sahiptir. Halihazırda, ne kuramsal literatür ne de ampirik çalışmalar elektrik piyasalarında piyasa gücü sorununun çözümüne yönelik kesin bir öneride bulunamamaktadır (Bahçe, 2007:57).

1.1. AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI

Bu kısımda, ilk olarak, Avrupa elektrik piyasalarının reformuna yönelik yasal düzenlemeler Avrupa Komisyonunun elektrik yönergeleri çerçevesinde açıklanmaktadır. İkinci olarak, Avrupa ülkelerinde elektrik borsalarının kuruluşuna ve işleyişine ilişkin temel bilgilere yer verilmiştir. Son olarak, Avrupa ortak elektrik piyasası hedefine ilişkin güncel gelişmeler ve Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonundan beklenen faydalar ana hatlarıyla açıklanmaktadır.

1.2.1. Yasal Çerçeve

Avrupa Topluluğu'nun temeli 1951 Paris antlaşması ile Avrupa Kömür Çelik Topluluğu'nun (AKÇT) kurulması ile atılmıştır. Bunu takiben 1957'de Euratom antlaşması ile Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu (AAET) kurulmuştur. Avrupa Ekonomik Topluluğu (AET) 1957'de Roma antlaşması ile Avrupa'da ortak bir piyasanın inşası amaçlanarak oluşturulmuştur. Bu antlaşmada, ortak piyasa hedefine yönelik olarak özellikle tarım ve ulaşım ile ilgili düzenlemeler yapılmış; elektrik ya da enerji piyasalarıyla ilgili bir düzenlemeye gidilmemiştir. Avrupa Birliği tek pazarını ve Avrupa politik işbirliğini resmen başlatan antlaşma Roma antlaşmasıdır. Daha sonra 1987 Avrupa Tek Senedi ile Roma antlaşmasında bir takım köklü yasal değişiklikler yapılmış; ekonomik ve politik işbirliğine ilişkin girişimler hız kazanmıştır. Avrupa Tek

Senedi ile 1992 yılının sonuna dek tek pazar hedefine ulaşılması öngörülmüştür. Daha sonraki yasal değişiklikler 1992'de Maastricht ve 1997'de Amsterdam antlaşmaları ile yapılmıştır.

Avrupa Tek Senedi'nde iç pazarın oluşturulması ve ekonomik entegrasyon hedefine ilişkin genel düzenlemeler yapılmıştır. İç Pazar ve ekonomik entegrasyon ile ulusal piyasaların rekabete açılarak Avrupa'da ekonomik büyüme ve kalkınmayı tetiklemesi amaçlanmaktadır. Bununla beraber, elektrik endüstrisine ilişkin ilk önemli doğrudan girişim Avrupa Komisyonu'nun 1988'de yayınladığı iç enerji piyasası bildirisidir. Bu bildiri ile ulusal elektrik piyasalarının bütünleşerek Avrupa genelinde tam entegre bir iç piyasa oluşturması hedefi açıkça ortaya konulmuştur.

Avrupa'da elektrik ticareti Avrupa Birliği'nin (AB) kurucu antlaşmalarının genel hükümlerine tabidir. Ancak kurucu antlaşmalarda enerji piyasalarını düzenlemeye yönelik detaylı hükümler yer almamaktadır. Bu nedenle AB elektrik piyasalarını düzenlemeye yönelik yasal yapı esas olarak yönergeler ile oluşturulmaktadır.

Avrupa Komisyonu'nun 1989 yılındaki 90/277/EC sayılı yönergesi elektrik endüstrisinin serbestleşmesine yönelik olarak düzenlenen ilk yönerge'dir. Ancak bu yönergenin rekabetçi bir piyasanın yaratılması açısından yeterli olmadığı gerekçesiyle Avrupa Komisyonu 1996 yılında 96/92/EC sayılı yeni bir çerçeve yönerge hazırlamıştır. Bu yönergede, özellikle elektrik endüstrisinin dikey entegre yapısının ayrıştırılması üzerine odaklanılmış; üretim, iletim ve dağıtım aşamalarını düzenleyen ortak kurallar ortaya konulmuştur. Böylece AB üyesi ülkelerde elektrik endüstrisinin serbestleşmesi ve kademeli olarak rekabete açılmasına ilişkin süreç somut olarak başlamıştır. Bu nedenle 96/92/EC sayılı yönerge birinci elektrik piyasası yönergesi olarak değerlendirilmektedir. Yönergede serbest piyasa ortamına ve elektrik iç piyasasına kademeli bir geçiş öngörülmüştür. Buna göre, üye ülkeler elektrik piyasalarını en azından belirlenen minimum oranda rekabete açmak durumundadır. Üretim aşaması tümüyle rekabete açılmalı ve şebeke işletimi, üretim ve arz (perakende satış) aşamalarından bağımsız olmalıdır. Yönerge ile elektrik endüstrisinin dikey entegre monopol yapısı ayrıştırılmakta ve üretim aşaması yeni santrallerin kurulmasının teşviki ile tam rekabete açılmaktadır. Üye ülkeler üretim kapasitesi oluştururken piyasaya girişin serbest olduğu, şeffaf ve adil bir yöntem izlemek durumundadırlar. Piyasa şeffaflığının sağlanması, menfaat ihtilafı sonucunda oluşabilecek haksız rekabetin

önlenmesi ve şebekeye erişimde tam bir adaletin sağlanması açısından şebeke işletimi, üretim ve perakende satış aşamalarından ayrıştırılmalıdır. Bu amaçla yönergede şebeke operatörlerinin görev ve sorumluluklarını belirleyen ve şebeke erişimine ilişkin kural ve yöntemleri düzenleyen hükümlere yer verilmiştir. Üye ülkelere, iletim ve dağıtım şebekelerine erişim yöntemi olarak üç farklı model önerilmiştir. Buna göre üye ülkeler, pazarlığa tabi üçüncü şahıs erişimi (nTPA: negotiated third party access), düzenlemeye tabi üçüncü şahıs erişimi (rTPA: regulated third party access) ve tek alıcı modeli olmak üzere üç alternatiften birini seçme hakkına sahiptir.

Dağıtım ve iletim şebekelerinin işletimi de benzer prensiplerde temellendirilmiştir. Ancak üye ülkeler, gerekli gördükleri hallerde, dağıtım firmalarını tüketiciyi ve kamu yararını korumaya yönelik bir takım düzenlemelere tabi tutabilecektir. Bunların yanı sıra yönerge, üretim, iletim, dağıtım ve perakende satış aşamalarına ilişkin muhasebe hesaplarının ayrıştırılmasını ve mali tabloların şeffaflığını da mecbur kılmaktadır. Muhasebede ayrışma ile amaçlanan çapraz sübvansiyonun engellenmesidir.

Avrupa Komisyonu'nun ikinci elektrik piyasası yönergesi 2003 yılındaki 2003/54/EC sayılı yönergedir. Bu yönergede de öncülü olan ilk yönergede olduğu gibi dikey entegre endüstriyel yapının ayrıştırılması, piyasaların rekabete açılması ve elektrik iç piyasasına geçiş üzerine odaklanılmıştır. İkinci yönergede, bağımsız düzenleyiciler ve şebeke erişimine ilişkin regülasyonlar sıkılaştırılarak rekabetçi piyasaların gelişimi desteklenmektedir. Sınır ticaretinin regülasyonu ile de piyasa entegrasyonu desteklenmektedir. İkinci yönergede 2007 yılının sonuna kadar gerçekleştirilmesi öngörülen düzenlemeler şunlardır:

- (i) iletim sistemi operatörlerinin ve dağıtım sistemi operatörlerinin endüstrinin geri kalanından ayrıştırılması,
- (ii) üretim piyasasına serbest giriş,
- (iii) arz (perakende) rekabetinin denetimi,
- (iv) toptan satış piyasalarının rekabete tam olarak açılması,
- (v) yenilenebilir kaynak kullanımının teşvik edilmesi,
- (vi) düzenleyici kurumun rolünün güçlendirilmesi,

(vii) Avrupa ortak elektrik piyasasına geçiş (Jamass ve Politt, 2005:17).

2007 yılında Avrupa Komisyonu tarafından önerilen ve 2009 yılında parlamento ve AB konseyi tarafından kabul edilerek aynı yılın Eylül ayında yürürlüğe giren Üçüncü Enerji Paketinde yer alan 2009/72/EC sayılı yönerge öncülü olan 2003/54/EC sayılı ikinci yönergenin yerini almıştır. Bu yönergede de ekonomik etkinliğin arttırılması, piyasalarda tam rekabetin sağlanması ve elektrik iç pazarının oluşturulması ile piyasa entegrasyonuna ilişkin düzenlemeler yer almaktadır. Ayrıca, tüketicinin korunmasına ve bağımsız piyasa denetçilerinin rolüne yönelik düzenlemeler güçlendirilmiştir; perakende piyasasında şeffaflık ve denetime vurgu yapılmıştır. Bunlara ek olarak, ulusal düzeydeki elektrik piyasası düzenleme kurumları arasındaki işbirliğinin etkin şekilde yürütülmesinin sağlanması için ve sınır ötesi konularda kararlar almak üzere Enerji regülatörleri işbirliği ajansının (ACER: Agency for the Cooperation of Energy Regulators) kurulmasına karar verilmiştir. Sınır ötesi işbirliği ve yatırımların iyileştirilmesine yönelik olarak ortak ticari ve teknik yönergelerin ve güvenlik standartlarının geliştirilmesi kararlaştırılmıştır. AB üye ülkeleri bu yönergede alınan kararları 3 Mart 2011 tarihine kadar ulusal düzeyde yasalaştırarak yürürlüğe koymakla yükümlü tutulmuştur.

1.2.2. Avrupa Toptan Satış Elektrik Piyasaları

Avrupa elektrik piyasalarında serbestleşme sürecinin başlangıç aşamasında elektrik ticareti, sadece tezgâh üstü piyasalarda (OTC: over-the-counter) ikili anlaşmalar ile gerçekleşmektedir. Birinci elektrik yönergesinin uygulamaya geçirildiği bu dönemi takiben Avrupa'nın pek çok ülkesinde elektrik borsaları kurulmaya başlamıştır. 2016 yılı itibariyle Avrupa ülkelerinin çoğunda* toptan satış elektrik piyasaları elektrik borsaları (net havuz modeli) olarak örgütlenmiştir. Elektrik borsalarında elektrik, gün öncesi piyasa (spot piyasa), gün içi piyasa ve türev piyasalar olmak üzere üç temel piyasada işlem görür.

*İrlanda ve Yunanistan'da brüt havuz modeli; Hırvatistan, Kıbrıs ve Malta'da tek alıcı modeli şeklinde bir örgütlenme söz konusudur (ECA Report on EU Electricity Forward Markets, 2015).

Avrupa elektrik piyasalarında ticaret, elektrik borsalarında ya da tezgâh üstü piyasalarda ikili anlaşmalar ile gerçekleşmektedir. İkili anlaşmalar, alıcı ve satıcıların herhangi bir borsaya bağlı olmaksızın alım satım yapmalarına olanak sağlar.

1.2.2.1. Avrupa Elektrik Borsaları

Avrupa'nın ilk çok uluslu organize elektrik piyasası İskandinav ve Baltık ülkelerini içeren Nord Pool'dur. Nord Pool, 1991 Norveç Elektrik akdi neticesinde 1993'te kurulmuştur. Havuz olarak adlandırılmasına rağmen piyasaya katılım zorunlu değildir. Bu yönüyle İngiltere ve Galler' de NETA (New Electricity Trading Agreement) (2001)' ya kadar geçerli olan havuz sisteminden farklıdır. Nord Pool, 1996'da İsveç, 1998'de Finlandiya, 1999'da Danimarka, 2010'da Estonya, 2012'de Litvanya ve 2013'te Letonya'nın katılımıyla Avrupa'daki en geniş uluslararası elektrik borsasını oluşturmuştur. Nord Pool'un 2015 yılındaki üye sayısı 380 ve ticaret hacmi 489 TWh' tir (Tablo 1.1). Baltık ülkeleri elektrik piyasalarının hem kendi aralarındaki hem de Avrupa'nın geri kalanı ile olan elektrik iletim bağlantıları günümüzde hala yetersiz kalmaktadır. Bununla beraber, Baltık ülkeleri ile Avrupa'nın geri kalanı arasındaki elektrik iletimi, Estonya ile Finlandiya arasındaki Estlink 1 ve Estlink 2; Livanya ve Polonya arasındaki LitPol Link; İsveç ve Litvanya arasındaki Nordbalt bağlantıları sayesinde önemli miktarda artmıştır. Baltık ülkeleri enerji piyasalarının Avrupa'ya entegrasyonunu, daha fazla bağlantı hattının inşa edilmesiyle güçlendirilmesini amaçlayan BEMIP (Baltic Energy Market Action Plan) üzerinde Haziran 2009'da anlaşmaya varılmış; plan Mart 2011'de uygulamaya konulmuştur. LitPol Link ve Nordbalt bağlantıları BEMIP kapsamında planlanmış ve gerçekleştirilmiştir. 14 Ocak 2015'te imzalanan Enerji Arz Güvenliği Deklarasyonu ile liberal, şeffaf, rekabetçi ve etkin enerji piyasaları hedeflenmiş; bu bağlamda, üçüncü enerji paketinin tam olarak uygulanması; enerji piyasalarının entegrasyonu; gerekli enerji bağlantı hatlarının inşası; Baltık ülkeleri enerji piyasalarının Avrupa enerji piyasaları ile senkronizasyonu ve Avrupa Enerji Arz Güvenliği Stratejisi'nin yürürlüğe konması amaçlanmıştır (BEMIP Action Plan, 2015: 2)

Tablo 1.1. Avrupa elektrik borsaları

	Ticaret Hacmi (TWh)	Üye Sayısı	Piyasa Payı (%)
NordPool	489	380	
EPEX_DE	302	219	53
EPEX_FR	110	114	23
Swissix	24	81	38
APX_NL	44	68	39
APX_UK	61	64	19
Belpex	24	54	29
EXAA	8.22	77	13.6
OTE	19.97	n/a	67.8
IPEX (GME)	287	259	67.8
OMIE (OMEL)	259	n/a	79

Not: Veriler ilgili elektrik borsalarının 2015 yılı yıllık değerlendirme raporlarından alınmıştır.

Avrupa’da ilk organize elektrik piyasası 1990 yılında İngiltere ve Galler’de kurulmuştur. Havuz modeli olarak tasarlanan İngiltere ve Galler elektrik piyasasının yerini 2001 yılında NETA’nın (New Electricity Trading Agreement) yürürlüğe girmesiyle elektrik borsaları almıştır. APX Power UK (APX_UK) 2000 yılında kurulmuş, İngiltere’nin ilk bağımsız elektrik borsasıdır. 2003 yılında İngiltere ve Galler’de hem APX-UK hem de UKPX aktiftir. 2005 yılında BETTA’nın (British Electricity Trading and Transmission Agreement) yürürlüğe girmesiyle İskoçya da Birleşik Krallık elektrik piyasasına katılmıştır. Birleşik Krallık’ta, Avrupa’daki diğer elektrik piyasalarından farklı olarak teklifler saatlik değil yarım saatlik bloklar şeklinde yapılandırılmıştır. APX_UK’ in 2015 yılındaki kayıtlı üye sayısı 64; ticaret hacmi 61 TWh olarak gerçekleşmiştir (Tablo 1.1). Birleşik Krallık ile Hollanda elektrik piyasaları, inşası 2010 yılının Ekim ayında tamamlanan ve 2011 yılının Nisan ayında faaliyete giren iletim hattı ile bağlıdır. Birleşik Krallık ve Fransa elektrik piyasalarını birbirine bağlayan ilk iletim hattı 1961 yılında inşa edilmiş 160 MW’lık bir hattır. Bu hat, ihtiyacı karşılamada yetersiz kaldığı için 1975-1986 döneminde 2000 MW’lık yeni bir sistemle değiştirilmiştir. Kasım 2016’da Angus Fırtınası esnasında bir gemi çapasının kablolarına zarar vermesi neticesinde hattın iletim kapasitesi yarı yarıya azalmıştır.

Hollanda’da elektrik piyasalarının rekabete geçişi 1989 yılında başlamış ancak asıl değişimler 1995 ve 1998 yıllarında gerçekleşmiştir. 1999 yılında APX Power Netherlands (APX_NL) Nord Pool modeli temel alınarak kurulmuştur. Ekim 2010’da APX grubu, Belçika elektrik borsası Belpex ile birleşmiştir.

2015 yılında gerçekleşen APX ve EPEX SPOT birleşmesinden sonra Avrupa’nın en geniş uluslararası elektrik borsası EPEX SPOT olmuştur. Bu zamana kadar EPEX SPOT Avrupa’nın ikinci en geniş uluslararası elektrik borsası olup Almanya/Avusturya, Lüksemburg, Fransa ve İsviçre’yi kapsamakta ve; 2015 yılında toplamda 414 üye ve 436 TWh ticaret hacmine sahiptir (Tablo 1.1).

Almanya’da elektrik piyasası 1998 yılında rekabete açılmıştır. 2000 yılının ortasına kadar ikili anlaşmalarla tezgah üstü piyasalarda gerçekleşen ticaret Mayıs ayında APX_DE’nin, Haziran ayında LPX’in ve Ağustos ayında EEX’in kurulmasıyla organize piyasaya taşınmıştır. APX_DE 2000 yılının Aralık ayında kapanmış; LPX ve EEX 2002 yılında birleşmiştir.

Fransa’da elektrik piyasalarının deregülasyonu 2000 yılında başlamış ancak rekabete geçiş 2001 yılının sonunda gerçekleşmiştir. Fransa elektrik borsası Powernext, Kasım 2000’de NordPool destekli olarak kurulmuştur. 2008 yılının Eylül ayında, %50 EEX ve %50 Powernext destekli olarak EPEX SPOT oluşturulmuştur. Powernext Ocak 2009’da; EEX Eylül 2009’da EPEX SPOT’a devredilmiştir.

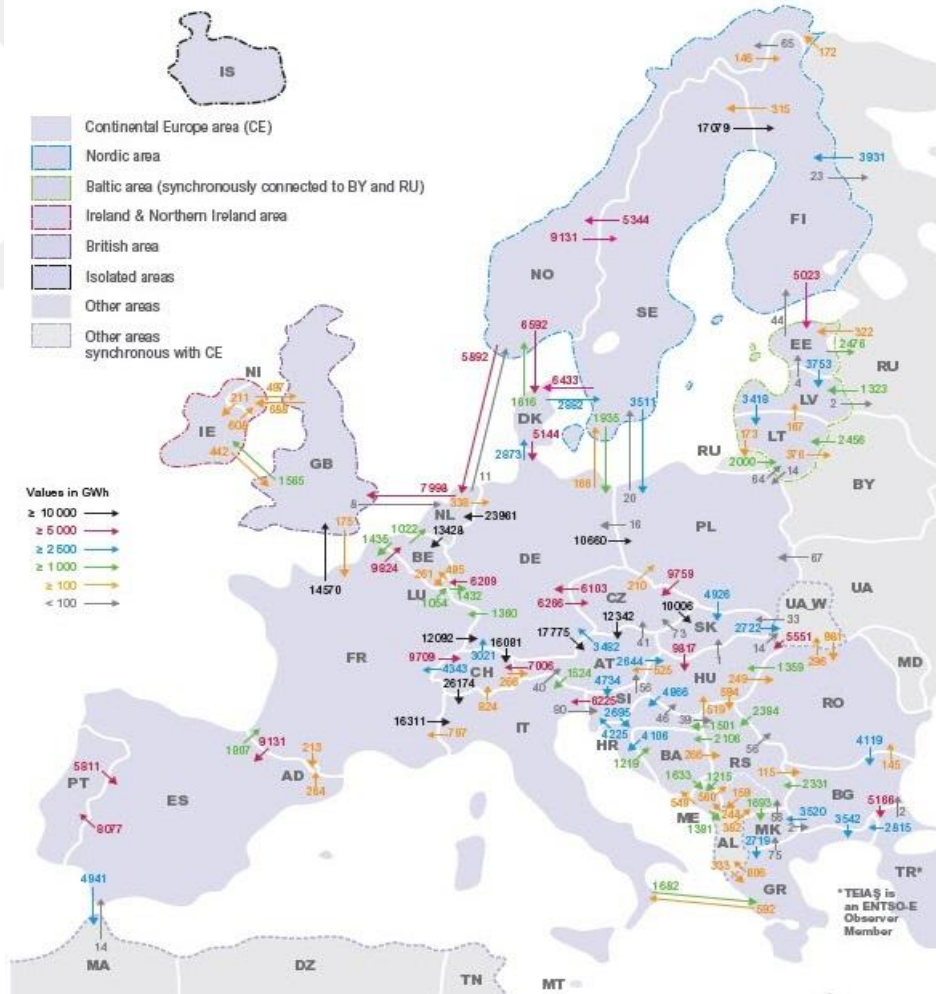
2015 yılının Nisan ayında Belpex’i de içeren APX grubu, EPEX SPOT ile birleşmiş, merkez-batı Avrupa ve Birleşik Krallık bölgesini kapsar duruma gelmiştir. 2016 yılının sonundan itibaren EPEX SPOT adı altında faaliyetine devam etmektedir.

İtalyan elektrik borsası IPEX (GME), 1999 yılının Mart ayında birinci elektrik yönergesi doğrultusunda kurulmuştur. 2015 yılında 259 üye ve 287 TWh ticaret hacmine ulaşmıştır.

İspanya elektrik borsası OMIE (OMEL), 1997 yılında katılımın zorunlu olduğu bir yapıda kurulmuştur. 1998 yılında İspanya’da faaliyete başlayan OMIE, 2007’den itibaren tüm İber Yarımadası’nı kapsamakta ve hâlihazırda Nord Pool modeline uygun olarak işletilmektedir. 2016 itibarıyla, İspanya ve Portekiz’deki elektrik arzının %80’i OMIE’de işlem görmektedir. Coğrafi olarak Avrupa’nın geri kalanından ayrık bir konumda olan İber Yarımadası’nın 2008 yılında kararlaştırılan ve inşası 2015 yılının

Şubat ayında tamamlanan Inelfe iletim hattı ile Fransa'ya bağlantısı sağlanmıştır. İspanya ile Fransa arasındaki elektrik ticaretini sağlayan bu hat Ekim 2015 itibariyle ticari operasyona başlamıştır.

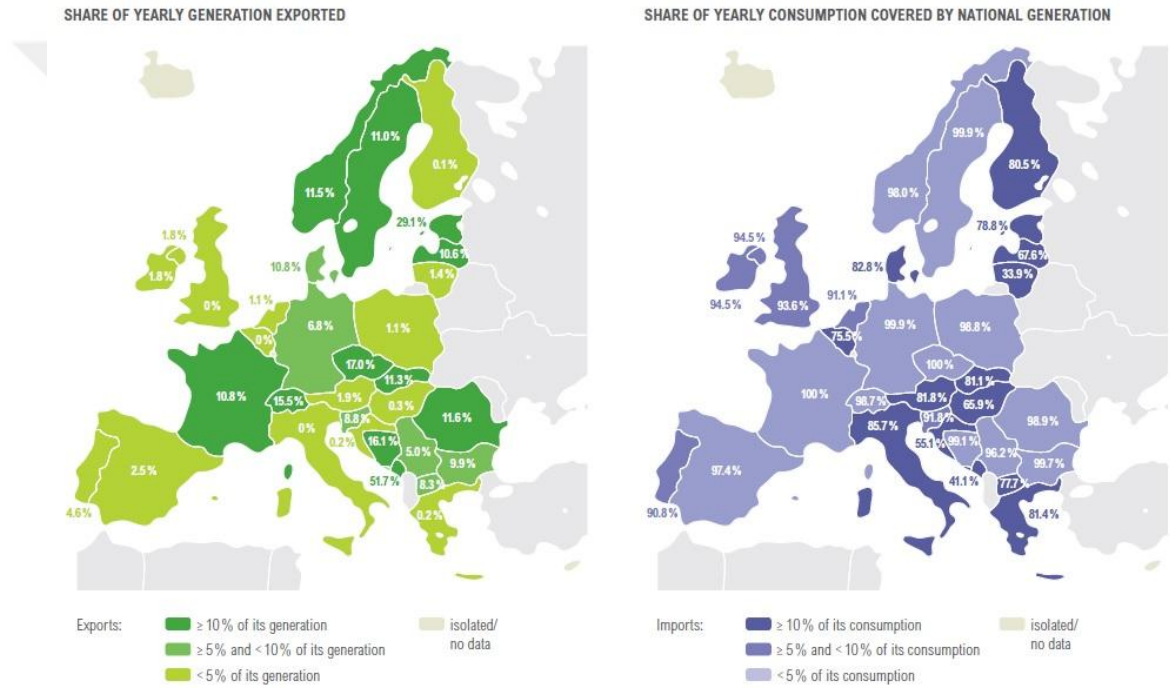
Elektrik piyasalarında, ülkelerin dış ticaret dengesi, piyasa eşleşmesi, sınır ötesi iletim ağı kapasite kısıtları ve fiyatlardaki dalgalanmalar nedeniyle yıldan yıla değişkenlik göstermektedir. Elektrik piyasalarının (borsalarının) dış ticaret dengesi, ülkelerdeki fiziki elektrik giriş çıkışı arasındaki dengedir. Fiziki elektrik akışındaki denge ile ticari işlemler dengesi (ihracat ithalat farkı), fiziki elektrik akışının iki ülke arasındaki enterkoneksiyonla sağlandığı bir sistemde genellikle birbirine eşit değildir (ENTSO-E, 2015). Şekil 1.1, 2015 yılı ENTSO-E verileri ile Avrupa elektrik piyasalarında gerçekleşmiş ülkeler arası fiziki elektrik akışlarını göstermektedir.



Kaynak: Statistical Factsheet, ENTSO-E, 2015.

Şekil 1.1 Avrupa elektrik piyasaları arasındaki fiziki elektrik akışları (2015)

Bir ülkenin, komşu ülkelere fiziki olarak ihraç ettiği elektrik miktarının o ülkenin elektrik üretimindeki payı, net elektrik ihracatı ile elektrik üretimi arasındaki orandır. 2015 yılında, ENTSO-E kapsamındaki 12 ülke üretimlerinin %10'undan fazlasını komşu ülkelere ihraç etmiştir (Şekil 1.2). Benzer şekilde, bir ülkenin komşu ülkelerden fiziki olarak ithal ettiği elektrik miktarının, o ülkenin elektrik tüketimindeki payı ise net elektrik ithalatı ve elektrik tüketimi arasındaki orandır. 2015 yılında, 14 ENTSO-E üyesi ülke yıllık elektrik tüketimlerinin %10'undan fazlasını komşu ülkelerden ithal etmiştir (Şekil 1.2).



Kaynak: Electricity in Europe 2015, ENTSO-E, 2015.

Şekil 1.2 Avrupa elektrik piyasalarında ihraç edilen elektrik ve ulusal kaynaklardan karşılanan tüketim miktarları (2015)

1.2.3. Avrupa Ortak Elektrik Piyasası

Avrupa Birliği'nin enerji politikası enerji arzında sürdürülebilirliğin, rekabetin ve arz güvenliğinin sağlanması üzerine kuruludur. Enerji piyasalarının entegrasyonu da bu temel politikanın bir yapı taşı oluşturmaktadır. Piyasa entegrasyonundan beklenen temel faydalar, rekabetçi bir piyasa ortamı, arz güvenliğinde artış ve uzun dönemde daha düşük enerji fiyatlarıdır (Rademaekers, 2008:9). Piyasa entegrasyonu ile ekonomik etkinliğin yükseleceği böylece hem üreticiler hem de tüketiciler açısından refah artışı sağlanacağı düşünülmektedir.

Elektrik piyasalarının entegrasyonuna yönelik yasal düzenlemeler ve iletim ağı kapasite yatırımları entegrasyonun sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Elektrik piyasalarının bölgesel düzeyde entegrasyonunda, 2004 yılından bu yana yürütülmekte olan ve başlangıçta 2014 yılına kadar tüm Avrupa'yı kapaması planlanan 'Piyasa Eşleşmesine' dayalı 'Hedef Elektrik Modeli' önemli paya sahiptir. Piyasa eşleşmesi ile elektrik ticaretinde kısa dönem arbitrajdan faydalanılarak piyasa entegrasyonunun kademeli olarak sağlanması amaçlanmıştır. Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonunda bugün gelinen aşamada, piyasa eşleşmesi tüm Avrupa'yı kapsayacak şekilde genişletilmektedir. Ancak, piyasa eşleşmesi sadece kısa dönem arbitrajdan kaynaklı faydalar sağlamaktadır. Tam entegre bir piyasada siyasi sınırlardan bağımsız olarak hem kısa hem de uzun dönemli kazanımlar elde etmek mümkün olacaktır (Newberry vd., 2013:3). Tam entegre bir piyasanın, yüksek miktarda maliyet tasarrufu ve etkinlik kazanımı sağlaması beklenmektedir. Bunun için, enerji piyasalarının, yenilenebilir kaynak piyasalarının ve kapasite piyasalarının uluslararasılaştırılması gerekmektedir. (Newberry vd., 2013:5). Bununla beraber, piyasa entegrasyonunun sağlanması ilave iletim ağı kapasite yatırımlarının gerçekleşmesiyle de doğrudan ilişkilidir. Elektrik, bir şebeke üzerinden taşındığı için aralarında fiziki bağlantı (enterkoneksiyon) bulunmayan bölgeler, eğer başka bölgeler üzerinden dolaylı olarak da bağlantılı değilse bir piyasa oluşturacak şekilde bir arada düşünülemezler. Bu nedenle, iletim ağı kısıtları, Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonuna ilişkin tartışmaların da merkezinde yer almaktadır. Teorik olarak, herhangi iki elektrik piyasası, talep esnekliği, bu piyasalardaki üreticileri, piyasa fiyatını rekabetçi seviyenin üzerine yükseltmekten alı koyduğunda entegredir (Böckers vd., 2013:10). Bu bağlamda, iletim ağı kısıtları piyasaların parçalı yapısını güçlendirerek yerleşik firmaların piyasa

gücü uygulama olanağını desteklemekte; tam entegre bir piyasa yapısının oluşmasını güçleştirmektedir (Hogan, 1997:135; Gilbert vd., 2004:708).

1.2.3.1. Piyasa Eşleşmesi

Piyasa eşleşmesi (market coupling) ve piyasa ayrışması (market splitting) kavramları sınır ötesi iletim ağı kapasite kısıtlarının yönetimi ile ilişkili kavramlardır. Sınır ötesi elektrik ticareti ve iletim ağı kapasite kısıtları bir arada değerlendirilirken iki tür ihale yönteminden biri seçilebilir. Birinci yöntem, sınır ötesi kapasiteyi, elektrik ticaretinden bağımsız ihale yöntemi (explicit auction) ile idare etmektedir. Bu yöntemde, elektrik ticareti ve iletim kapasitesi ihaleleri ayrı ayrı gerçekleştirilir. Sınır ötesi iletim kapasitesi, gün öncesi (spot) elektrik piyasasındaki gerçekleştirmelere bağlı olarak ayarlandığı için, iletim kapasitesi ihalesinde verilen teklifler gün öncesi elektrik piyasasında gerçekleşmesi beklenen tahminlere göre belirlenir. Dolayısıyla, bu yöntem, gerçekleşme ile bekleme arasındaki farktan kaynaklı etkin olmayan sonuçlar doğurabilmektedir (Böckers vd., 2013:12). İkinci yöntem, sınır ötesi iletim kapasitesine erişim hakkını piyasa fiyatları ile ilişkilendiren ihale yöntemidir (implicit auction). Bu yöntemde, elektrik ticareti ve iletim kapasitesi ihaleleri bir arada gerçekleştirilir. Bölgedeki iletim sistemi operatörlerinden elde edilen kullanılabilir iletim ağı kapasitesi bilgisi, piyasa fiyatının belirlenmesinde kullanılan optimizasyon hesabına dahil edilerek etkinlik kaybı önlenmektedir (Böckers vd., 2013:12).

Piyasa eşleşmesi ve piyasa ayrışması, piyasa fiyatları ile ilişkilendirilmiş ihale yönteminde kullanılan yaklaşımlardır (Böckers vd., 2013:12). Piyasa ayrışması, iletim ağı kısıtları nedeniyle şebekenin farklı bölgelerinde farklı fiyatların oluşması sonucunda şekillenmektedir. Piyasa ayrışmasında öncelikle kısıda tabi olan alt bölgeler tanımlanır. Bu bölgeler arasında, belirli bir zamanda, iletim kapasitesi kısıdı olmasa dahi her bir bölge ayrı bir piyasa olarak değerlendirilir. Bölgeler arasındaki elektrik ticaretinde kapasite kısıdı ile karşılaşmadıkça sistemde tek fiyat oluşur. Bu durumda bölgelerin bütünü tek bir piyasa olarak değerlendirilebilir. Bölgeler arasındaki iletim ağı kapasitesinin yetersiz olması halinde, bölgeler arasında ticaretin olmadığı durumda her piyasada ayrı denge fiyatı oluşacaktır. Bölgeler arasındaki ticaretin, iletim ağı kapasitesini aşması halinde ise piyasa ayrışımı gerçekleşecektir. Bu durumda, sistem

operatörü (TSO) hattın kapasitesini maksimumda kullanarak düşük fiyat bölgesinden yüksek fiyat bölgesine doğru arbitraj ticareti gerçekleştirebilir. Bunun sonucunda oluşan piyasa fiyatı, piyasalar ayrı ayrı dengelendiğinde oluşacak fiyatların ortalamasından daha düşük olacaktır (Böckers vd., 2013:12). TSO'nun arbitraj ticaretinden sağladığı kazanç “Kısıt Yönetimi Bedeli” ya da “Kısıt Getirisi” (congestion rent) olarak adlandırılır. $P_A > P_B$ olmak üzere B bölgesinden A bölgesine iletilen elektrik akımı $f_{B \rightarrow A}$ ise, TSO'nun kazancı $(P_A - P_B)f_{B \rightarrow A}$ kadardır. Bu kazanç, iletim ağı kapasite yatırımlarına aktarılarak veya sistem kullanıcıları arasında paylaşarak sosyal refahın artırılmasına katkı sağlayacak biçimde değerlendirilebilir. Diğer yandan, TSO, her piyasanın kendi içinde dengelenmesine ve piyasa fiyatının ayrı ayrı oluşmasına dayalı bir optimizasyon yaklaşımı da uygulayabilir. Avrupa elektrik piyasalarında piyasa ayrışması yöntemi Nord Pool'da uygulanmaktadır. Buna göre, örneğin, İsveç'te iletim ağı kısıtlarına göre belirlenmiş her bir fiyat bölgesinde farklı fiyat oluşabilirken Nord Pool'un geri kalanında tek fiyat oluşması mümkündür.

Piyasa eşleşmesinde, piyasayı alt bölgelere ayırmak yerine, birden fazla piyasa enterkoneksiyonlar ile birbirine bağlanan bir bölge olarak ele alınır. Aslında, piyasa eşleşmesinde de piyasa ayrışmasında uygulanan iletim ağı kapasite yönetimi uygulanır. Piyasa ayrışmasında, piyasa katılımcılarının sadece bağlı buldukları bölge için teklif vermeleri piyasa işleyişi açısından çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Ancak, geniş bir coğrafyayı kapsayan şebekeler için uygulanması, tüm fiyat bölgelerinin iletim ağı kapasite yönetimini birlikte idare eden bir yapı gerektirmesi nedeniyle zordur (Böckers vd., 2013). Buradan hareketle, Avrupa'da, elektrik piyasalarının entegrasyonuna yönelik olarak yürütülen çözüm piyasa eşleşmesine dayalıdır. Piyasa eşleşmesine örnek olarak Fransa, Belçika, Almanya/Avusturya ve Hollanda'yı kapsayan merkez-batı Avrupa bölgesi gösterilebilir. Burada, her bir ülke, bir bütünün parçası olan ayrı bir piyasadır. Sınır ötesi iletim ağına erişim hakkının, piyasa katılımcıları arası müzayede esasına dayalı olması piyasalar arasında arbitraj olanağı yaratır. Kısa dönem arbitraj ise fiyat yakınsamasını ve dolayısıyla piyasa entegrasyonunu desteklemektedir. Diğer yandan, Nord Pool'da olduğu gibi, elektrik piyasalarını eş zamanlı olarak temizleyen ve iletim ağının paylaşımında optimizasyona dayalı bir yaklaşım da piyasaların entegrasyonunu desteklemektedir. (Neuhoff, 2003).

İletim ağı kısıtları, elektrik piyasalarının parçalı yapısını ve dolayısıyla üreticilerin bölgedeki piyasa gücünü güçlendiren bir etkidir (Gilbert vd., 2004:708). Bu bağlamda, piyasa eşleşmesi rekabetçi piyasa ortamının oluşmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Piyasa eşleşmesi ile piyasada rekabet eden firma sayısı artmakta, yerleşik firmaların piyasa gücü uygulama olanakları kısıtlanmaktadır. Burada, sistem operatörünün bağımsızlığı ve piyasanın dengelenmesinde sosyal refahın maksimizasyonunu sağlayan etkinlik düzeyinin hedeflenmesi önem taşımaktadır. Piyasa eşleşmesi ile elde edilebilecek etkinlik düzeyi, katılımcı piyasaların piyasa tasarımıdaki, enerji politikalarındaki ve düzenleyici kurullarının yetki ve sorumluluk alanındaki farklılıklar nedeniyle teorik düzeyin altında gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle, piyasa eşleşmesinin başarısı ve dolayısıyla tam entegre bir piyasanın inşası, ulusal düzeydeki farklılıkların uyumlulaştırılmasına ya da Avrupa genelinde kapsayıcı bir yasal çerçevenin oluşturulmasına bağlıdır (Böckers vd., 2013:15).

Piyasa eşleşmesi, piyasada daha rekabetçi sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak piyasa entegrasyonu, rekabetçi sonuçların gerçekleşme olasılığını arttıracaktır (Böckers vd., 2013:13). Piyasa entegrasyonu firmaların piyasa gücü uygulama olanaklarının mümkün olmadığını, firmaların ayrı piyasalarda değil tek bir entegre piyasada rekabet ettiklerini ima eder. Böylece piyasa gücü, firmaların kendi ulusal piyasalarındaki paylarına değil entegre piyasa içinde sahip oldukları paya bağlı olacak, bu da firmaların ulusal piyasalardaki piyasa gücünü azaltacaktır.

1.2.3.2. Fiyat Eşleşme Bölgeleri (PCR)

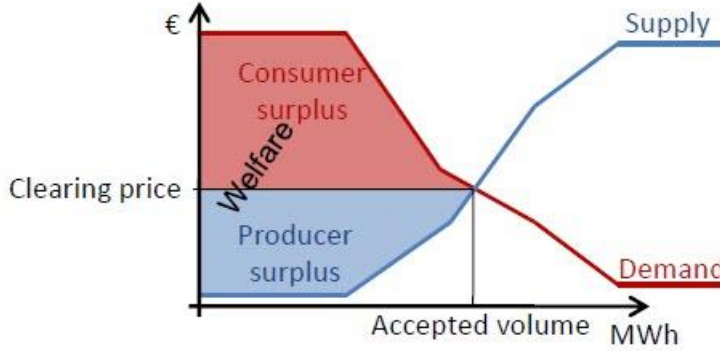
Fiyat eşleşme bölgeleri (PCR: Price Coupling of Regions), Avrupa elektrik borsalarının Avrupa genelinde uygulanmak üzere başlattıkları bir piyasa eşleşme çözümüdür. PCR üyesi piyasalarda gün öncesi elektrik fiyatlarının hesaplanmasında iletim ağının kapasite kısıtlarını da dikkate alan ortak bir algoritma uygulanmaktadır. PCR çerçevesinde merkez-batı Avrupa (CWE), merkez-doğu Avrupa (CEE), merkez-güney Avrupa (CSE), Güney- batı Avrupa (SWE), Fransa- Birleşik Krallık- İrlanda (FUI), Baltık ve İskandinav (Kuzey Avrupa, NE) bölgeleri olmak üzere 7 bölge tanımlanmıştır. Buna göre, tanımlanan bölgeler ve ilgili bölge kapsamındaki ülkeler şu şekildedir:

- CWE: Almanya/ Avusturya, Belçika, Fransa, Hollanda, İsviçre, Lüksemburg
- CEE: Almanya/ Avusturya, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Macaristan, Slovenya, Slovakya
- CSE: Almanya/ Avusturya, Fransa, İtalya, Slovenya, Yunanistan
- SWE: Fransa, İspanya, Portekiz
- FUI: Fransa, Birleşik Krallık, İrlanda
- Baltık: Estonya, Litvanya, Letonya
- NE: İsveç, Norveç, Danimarka, Finlandiya.

PCR girişimi 2009 yılında başlamış, taraflar ortaklık sözleşmelerini Haziran 2012’de imzalamıştır. PCR projesinin önemli bir bileşeni EUPHEMIA (Pan-European Hybrid Electricity Market Integration Algoritm) adı verilen ortak bir fiyat eşleşme algoritmasının geliştirilmesi olmuştur.

Başlangıçta Belçika elektrik borsası Belpex için geliştirilen COSMOS, 2010 yılında CWE bölgesine genişletilmiş ve EUPHEMIA’nın geliştirilmesinde öncü olmuştur. EUPHEMIA, gün öncesi elektrik piyasalarında, piyasa eşleşmesi problemini PCR çerçevesinde çözen bir algoritmadır. EUPHEMIA ile gün öncesi elektrik piyasalarında günün her periyodu için arz ve talep dengelenip piyasa fiyatı hesaplanırken katılımcı piyasaların yapısal özellikleri ve iletim ağı kapasite kısıtları da dikkate alınmaktadır. Algoritma, katılımcı piyasalara (ulusal veya bölgesel) verilen alışı ve satış tekliflerini işleyerek piyasa fiyatını, net pozisyonları ve bölgeler arası elektrik akışını eş zamanlı olarak hesaplar. Bununla birlikte, optimizasyon sonucunda, farklı fiyat bölgelerinde farklı fiyatların oluşması da mümkündür. EUPHEMIA ile komşu piyasalar arasında fiyat farklılıkları olması halinde, iletim ağının tam kapasite kullanımını sağlayacak şekilde tasarlanmış bir optimizasyon problemi çözülmektedir. EUPHEMIA’nın öncülü olan diğer algoritmalara göre en önemli üstünlüğü, sadece aynı ya da benzer özelliklere sahip piyasaları değil farklı gereksinimlere sahip piyasaları da tek bir algoritma altında birleştirebilmesidir. Bu sayede, piyasa eşleşmesi, farklı piyasa

tasarımlarına sahip bölgelerde de başarıyla uygulanabilmekte; ulusal farklılıklardan doğan etkinsizlik minimize edilmektedir. EUPHEMIA' nın üç temel amacı, piyasada rekabetçi fiyatın oluşumu, sosyal refahın artması ve kapasite bölüşümünde etkinliğin sağlanması olarak sıralanmaktadır (EUPHEMIA Public Description, 2016).



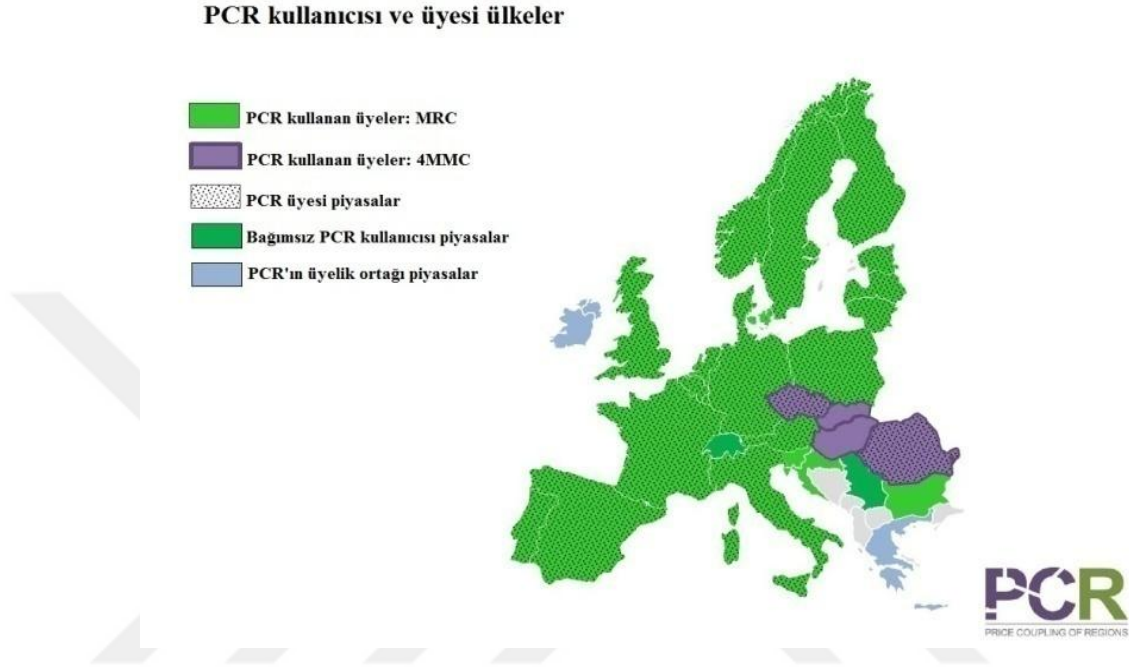
Kaynak: EUPHEMIA Public Description, 2016.

Şekil 1.3. Elektrik piyasasında denge

Piyasa eşleşmesinde, sosyal refahın maksimizasyonu talep edilen ve arz edilen elektrik miktarları karşı karşıya getirilerek sağlanmaktadır. Elektriğin piyasalar arası transferi ile daha fazla sayıda tüketici ve üretici eşleşmekte ancak daha az tüketici ve/veya üretici artığı ortaya çıkmaktadır. EUPHEMIA, tüketici artığı, üretici artığı ve kısıt getirisi (congestion rent) değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanan sosyal refahı, piyasalar arası elektrik transferinin olmadığı senaryodan fazla ya da en azından ona eşit olacak şekilde optimize eder (EUPHEMIA Public Description 2016).

2014 yılının Şubat ayında PCR projesi merkez batı Avrupa (CWE) ve Birleşik Krallık elektrik piyasaları ile İskandinav ve Baltık ülkeleri (Nord Pool) elektrik piyasalarını kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Böylece tanımlanan fiyat eşleşme bölgesi Kuzey-Batı Avrupa (NWE) olarak adlandırılmıştır. EUPHEMIA ilk olarak NWE bölgesinde uygulanmıştır. 2014 yılının Mayıs ayında İspanya ve Portekiz elektrik piyasalarının (OMIE) da katılımıyla Güney-batı Avrupa bölgesi (SWE), NWE ile eşleşmiştir. Merkez-doğu Avrupa (CEE) elektrik piyasalarının entegrasyonuna yönelik bir girişim de 2014 yılının Kasım ayında çoklu bölge eşleşmesi (MRC) kapsamında Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Macaristan ve Romanya'nın katılımı ile gerçekleşmiştir. 2015

yılıının Şubat ayında İtalya'nın Fransa, Avusturya ve Slovenya elektrik piyasaları ile eşleşmesi gerçekleşmiştir. Böylece, PCR projesi ve buna bağlı olarak EUPHEMIA uygulaması, 2016 yılıının başı itibariyle Avrupa elektrik piyasalarındaki ticaret hacminin yaklaşık %85'ini kapsayacak biçimde genişletilmiştir.



Kaynak: EUPHEMIA Public Description, 2016.

Şekil 1.4 PCR kullanıcısı ve üyesi ülkeler

1.3. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı, yasal altyapısı Avrupa Komisyonu'nun elektrik yönergeleri ile şekillenen Avrupa ortak elektrik piyasası hedefi çerçevesinde, Avrupa elektrik piyasalarında piyasa entegrasyonunun varlığının/derecesinin araştırılmasına yöneliktir. Bu amaçla, piyasa fiyatları arasındaki ilişki ve etkileşimler analiz edilerek piyasalar arasındaki kısa dönemli oynaklık aktarımlarının ve uzun dönemli eştümleşme ilişkisinin araştırılması hedeflenmiştir.

Çalışma, piyasa entegrasyonuna odaklanarak piyasalar arası karşılıklı etkileşimleri açıklamayı da amaçlamaktadır. Diğer bir deyişle, çalışma sadece Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyon sorunsalını değil karşılıklı etkileşimlerle karakterize olan ortak piyasa dinamiklerine ilişkin süreci de aydınlatmayı amaçlamaktadır.

1.4. ÇALIŞMANIN TEMEL SORULARI VE HİPOTEZLER

Bu çalışma, Avrupa Komisyonu'nun Avrupa ortak elektrik piyasası hedefi çerçevesinde “Avrupa ülkeleri elektrik piyasaları entegredir.” hipotezine dayanmaktadır.

Piyasa entegrasyonunun piyasalar arası ilişkilerle ve piyasa serbestleşmesi ile ilişkisini de kapsayan bu temel hipotezi test etmek için bu çalışmanın cevap aradığı ana sorular şunlardır:

1. Avrupa elektrik piyasalarında piyasa entegrasyonu hangi ülkeler/bölgeler arasında ne derecede sağlanmıştır? Entegrasyonun belirleyicileri nelerdir?
2. Avrupa elektrik piyasalarında piyasalar arası fiyat ve oynaklık etkileşimlerinin yönü ve derecesi nedir? Bir piyasada gerçekleşen finansal şoklar diğer piyasalarda ne türden etki/tepkilere neden olmaktadır?

Bu sorular ile birlikte aşağıdaki ayrıntılı sorulara da yanıt aranmaktadır:

1. Avrupa elektrik piyasalarında uzun dönemde fiyatlar yakınsamakta mıdır? Tek fiyat yasası geçerli midir?
2. Avrupa elektrik piyasalarında, bölgesel piyasalar arasındaki koşullu korelasyonlar zamanla değişmekte midir?

1.5. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonunu araştıran literatürün önemli bir kısmında kuramsal dayanak tek fiyat yasası ve buradan hareketle uzun dönem fiyat ilişkilerinin çözümlenmesinde kullanılan metodolojik yaklaşım da eştümleşme analizleridir. Bununla birlikte, elektrik piyasalarında oynaklık aktarımını araştıran literatür incelendiğinde piyasalar arası fiyat ve oynaklık etkileşimlerinin piyasa entegrasyonu ile ilişkilendirildiği de görülmektedir.

Rekabetçi elektrik piyasaları, hem fiyat ve oynaklık hem de depolama ve iletim ağı kısıtları nedeniyle komşu piyasalar arasındaki karşılıklı etkileşimlerle karakterize olur. Deregüle elektrik piyasalarının bir amacı da arz ve talep koşullarına piyasaların

tepki vermesini sağlamaktır. Bunun bir sonucu olarak rekabetçi ve birbiriyle ilişkili bir piyasa ortamı gelişmektedir.

Rekabetçi ve birbiri ile ilişkili bir piyasa ortamında piyasalar arası koşullu korelasyonların ve oynaklık aktarımının piyasa entegrasyonunun derecesine ilişkin bir ölçü olduğu varsayımına gidilebilir. Bu varsayımına gidebilmek için piyasalar arası etkileşim mekanizmalarını ortaya koymak ve ampirik modellerle bu varsayımın doğrulanabilir/yanlışlanabilir olduğunu test etmek gerekir. Böylece, “Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyon hangi kapsamda ve ne düzeyde sağlanmıştır?” sorusu ile “Avrupa elektrik piyasalarında piyasalar arası koşullu korelasyonlar ve oynaklık aktarımı piyasa entegrasyonunu açıklamada güçlü bir argüman mıdır?” sorusuna cevap aranabilir. Bu çalışmada bu iki sorunsala ilişkin analiz şu şekilde kurgulanmıştır: İlk olarak oynaklık aktarımına odaklanılarak piyasalar arası karşılıklı bağımlılıklar ve etkileşimler analiz edilmiş; ikinci olarak yapısal kırılmaları da içerecek şekilde uzun dönemli bir eştümleşme ilişkisinin varlığı araştırılmıştır.

Bu çalışma, piyasa entegrasyonunun test edilmesinde benimsenen uzun dönem ve kısa dönem çözümleme yaklaşımları ile Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonu sorunsalını kapsamlı bir şekilde ele alarak literatüre önemli katkılar sağlamaktadır. Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonuna ilişkin ampirik bulgular farklılıklar göstermekte olup güncel literatürde konu ile ilgili tartışma sürmektedir. Eştümleşme yaklaşımlarının kullanıldığı literatürde yapısal kırılmaların dikkate alınmamış olması önemli bir eksiklik olarak göze çarpmaktadır. Yapısal kırılmalar, genel olarak politik değişiklikler, finansal piyasalarda ya da makroekonomik değişkenlerde meydana gelen şoklar neticesinde şekillenmektedir. Eştümleşme analizlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmaması testlerin etkinliğini ve güvenilirliğini azaltabilmektedir. Bu çalışmada, uzun dönem fiyat ilişkilerinin incelenmesinde eştümleşme analizleri yapısal kırılmaları da içerecek şekilde genişletilmiştir. Analizler, tespit edilen yapısal kırılmaların eştümleşme denkleminde kukla değişkenler yoluyla dışsal olarak katılmasına imkân sağlayan bir yaklaşım olan Johansen vd. (2000) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle çalışma, literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Buna ek olarak, Engle (2002) dinamik koşullu korelasyon (DCC) yaklaşımı kullanılarak piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı ve koşullu korelasyonların zamanla değişen yapısı incelenmiştir. DCC yaklaşımı zaman içinde değişen koşullu

korelasyonları dikkate alan bir yaklaşım olarak finansal piyasalarda birlikte hareketin zaman içindeki dinamik yapısını yakalayabilmektedir (Wang ve Moore 2008, Kim vd. 2005, Tse ve Tsui 2002). DCC yaklaşımı iki seri arasındaki eşanlı koşullu korelasyonları ölçerek piyasalar arasındaki entegrasyonun derecesine ilişkin dolaylı bir ölçü sağlar (Wang ve Moore, 2008). Bu çalışmada, her bir fiyat eşleşme bölgesi DCC yaklaşımı ile analiz edilmiş; bölgeler dâhilindeki piyasalar arasındaki koşullu korelasyonların zamanla değişen yapısı ayrı ayrı incelenmiştir. Bu yönüyle bu çalışma, Avrupa ortak elektrik piyasası hedefine yönelik olarak yürütülen fiyat eşleşme çözümünün etkinliğini de ele alarak literatüre katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Avrupa ülkelerinde (Almanya/Avusturya, Lüksemburg, Fransa, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık, İtalya, İspanya, Portekiz, İsveç, Norveç, Finlandiya, Danimarka, Estonya, Litvanya, Letonya, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Macaristan, Slovakya) faaliyet gösteren ve toplam ticaret hacminin büyük kısmının gerçekleştiği elektrik borsalarından elde edilen spot elektrik fiyatları zaman serileri analiz edilmiştir. Uzun dönem fiyat ilişkilerinin eşitlenme yaklaşımı ile çözümlenmesinde 2009:01 – 2016:12 dönemini kapsayan aylık spot elektrik fiyatları; kısa dönem oynaklık aktarımının ve koşullu korelasyonların zamanla değişen yapısının çözümlenmesinde ise 2013:01:01- 2016:12:31 dönemini kapsayan günlük spot elektrik fiyatlarından elde edilen getiri serileri kullanılmıştır.

Çalışmanın temel hipotezi olan Avrupa ülkeleri elektrik piyasalarının entegrasyonunu test etmek mümkün olan en fazla sayıda ülkeyi analizlere dâhil etmeyi gerektirmektedir. Avrupa ülkelerinde elektrik piyasalarının rekabete açılma süreçleri ve elektrik borsalarının kuruluş yılları farklılaşmaktadır. Bu nedenle, veri seti, analizlerin güvenilir olarak yapılmasını sağlamak koşuluyla, en fazla sayıda ülkeyi içerecek zaman aralığında seçilmiştir. Buna ek olarak, elektrik piyasalarının entegrasyonu üzerinde etkili olduğu bilinen coğrafi yakınlık, ülkeler arası iletim ağı kapasitesi ve ülkelerin birincil kaynak kompozisyonu gibi değişkenler veri elde etmede yaşanan güçlükler nedeniyle göz ardı edilmiştir. Bununla birlikte, coğrafi yakınlık ve iletim ağı kapasitesi, bölge seçim kriterinin oluşturulmasında göz önünde bulundurularak analizlere dolaylı biçimde dâhil edilmiştir. Böylece bu çalışmanın en önemli kısıdını oluşturan bu durumun üstesinden gelinmeye çalışılmıştır.

1.6. ÇALIŞMANIN YAPISI

Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümü üç temel kısım olarak değerlendirilebilir. Birinci kısımda, elektrik endüstrisinin yapısı ve rekabetçi elektrik piyasalarının genel özellikleri; ikinci kısımda Avrupa elektrik piyasalarında serbestleşme ve entegrasyon süreci, yasal çerçeve ve elektrik ticaretine ilişkin temel kavramlar; üçüncü ve son kısımda ise çalışmanın amacı ve kapsamı ile çalışmanın temel soruları ve hipotezler ana hatları ile açıklanmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümü üç temel kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda piyasa entegrasyonuna dayanak oluşturan temel yasa ve kuramlar ana hatları ile açıklanmaktadır. İkinci kısımda piyasa entegrasyonunun test edilmesinde kullanılan yaklaşımlar ve bu çalışmada benimsenen metodolojik yaklaşım açıklanmaktadır. Üçüncü ve son kısımda ise Avrupa elektrik piyasalarında piyasa entegrasyonunu araştıran literatür taramasına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyon sorunsalı, piyasalar arası kısa dönem etkileşimlerle karakterize olan ortak piyasa dinamikleri çerçevesinde ele alınmıştır. Bu çerçevede, elektrik piyasalarında birlikte hareketin zaman içindeki dinamik yapısı, koşullu korelasyonların zaman içindeki değişimi de dikkate alınarak çözümlenmiştir. Bu bölümde, öncelikle kullanılan ekonometrik yöntem açıklanmış; daha sonra yöntemin veri setine uygulanması sonucunda elde edilen ampirik bulgular raporlanmıştır. Bölüm, elde edilen bulguların, Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyon sorunsalının, piyasalar arası kısa dönem etkileşimlerle karakterize olan ortak piyasa dinamikleri çerçevesinde tartışılması ile son bulmaktadır.

Dördüncü bölüm Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonun uzun dönemde sağlanıp sağlanmadığı sorunsalı üzerine odaklanmaktadır. Bu sorunsala ilişkin ekonometrik analiz ilk olarak fiyat serilerinin durağanlık durumunun yapısal kırılmaların da dikkate alınarak saptanması; ardından uzun dönem fiyat ilişkilerinin yapısal kırılmalı eştümleme yaklaşımı ile çözümlenmesini içerecek şekilde kurgulanmıştır. Bu bölümde, analizlerde kullanılan ekonometrik yöntemler açıklanmış; ve bu yöntemlerin veri setine uygulanması sonucunda elde edilen ampirik bulgular raporlanmıştır. Bölüm, elde edilen bulguların, Avrupa elektrik piyasalarında

entegrasyonun uzun dönemde sağlanıp sağlanmadığı sorunsalı çerçevesinde tartışılması ile son bulmaktadır.

Tez çalışması, üçüncü ve dördüncü bölümlerdeki analizlerden elde edilen ampirik bulguların, kuramsal çerçeve, Avrupa elektrik piyasalarının yapısal özellikleri ve Avrupa Birliği'nin enerji politikaları çerçevesinde değerlendirilmesi ile sonlandırılmaktadır.



İKİNCİ BÖLÜM

PIYASA ENTEGRASYONU

Bu bölüm üç temel kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda piyasa entegrasyonuna dayanak oluşturan temel yasa ve kuramlar ana hatları ile açıklanmaktadır. İkinci kısımda piyasa entegrasyonunun test edilmesinde kullanılan yaklaşımlar ve bu çalışmada önerilen metodolojik yaklaşım açıklanmaktadır. Üçüncü ve son kısımda ise Avrupa elektrik piyasalarında piyasa entegrasyonunu araştıran literatür taramasına yer verilmektedir.

2.1. KURAMSAL ÇERÇEVE

Piyasa entegrasyonu kavramı, 1838 yılında yayınlanan “Servet kuramının matematiksel ilkeleri üzerine araştırmalar” başlıklı kitabında Fransız iktisatçı ve matematikçi Antoine- Augustin Cournot tarafından ortaya atılmıştır. Talep, arz ve fiyatı matematiksel olarak ifade eden ilk çalışma olan bu kitap 19. yüzyılın sonlarına dek dikkat çekmemiştir. Piyasa entegrasyonu kavramı, Cournot tarafından ilk kez bu kitaptaki bir dipnotta tanımlanmıştır. Cournot (1838) piyasayı –ve tanımdan hareketle entegre piyasayı, alıcı ve satıcılar arasındaki serbest ticaret ilişkileri ile birbirine bağlanan bölgelerden oluşan, fiyatların kolayca ve hızlıca eşitlendiği bölgelerin bütünü olarak tanımlamaktadır. Oldukça geniş bir kavram olan piyasa entegrasyonunun kuramsal dayanakları, olgunun test edilmesinde önerilen yaklaşımların da temelini oluşturmaktadır. Bu kısımda, piyasa kavramının tanımından başlanarak iktisadi düşüncede piyasa entegrasyonu olgusunu açıklamaya yönelik olarak geliştirilen yaklaşımların kuramsal temelleri ana hatlarıyla açıklanmaktadır.

2.1.1. Piyasa Kavramı ve Piyasaların Entegrasyonu

Piyasa kavramının tanımı, piyasa entegrasyonu kavramının açıklanmasında ve piyasa entegrasyonunun test edilmesinde kullanılan metodolojik yaklaşımın belirlenmesinde önemli bir role sahiptir. İktisat teorisinde piyasanın tek ve net bir tanımına ulaşmak zordur. Bu bağlamda, piyasayı, çapraz fiyat esnekliği ölçüsüne dayalı olarak ürünlerin ikame edilebilirliği açısından değerlendiren; ya da alıcı ve satıcılar arasındaki

ticari işlemler neticesinde fiyatların eşitlendiği yer olarak değerlendiren iki tür bakış açısından söz edilebilir. Bununla birlikte, kuramsal olarak genel kabul gören tanım, Alfred Marshall tarafından yapılan *'taşıma maliyetleri de hesaba katıldığında belirli bir zamanda belirli bir mal için ödenmek istenen fiyatların eşitlendiği yer'* şeklindeki piyasa tanımıdır. Marshall tarafından geliştirilen bu piyasa tanımının temeli Cournot tarafından tasarlanmıştır.

Cournot (1838) piyasayı, *alıcı ve satıcılar arasındaki serbest ticaret ilişkileri ile birbirine bağlanan bölgelerden oluşan, fiyatların kolayca ve hızlıca eşitlendiği bölgelerin bütünü* olarak tanımlamaktadır. Stigler ve Sherwin (1985)'e göre, Cournot piyasa kavramının tanımını yapmış ve onu takiben Marshall kuralı koymuştur. Marshall, belli bir zamanda belirli bir mal için ödenmek istenen fiyatın bir piyasanın her noktasında aynı olma eğilimi ne kadar güçlü ise piyasanın o kadar *'perfect market'* kavramına yakınsadığını ifade eder. Bununla beraber, piyasanın geniş olması halinde malların taşıma maliyetlerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulayarak bu kuralı esnetir. Stigler ve Sherwin (1985), Cournot ve Marshall'ın tanımını temel alarak piyasayı, kısaca *fiyatın belirlendiği yer* olarak tanımlar. Buna göre piyasa, alıcı ve satıcılar arasındaki ticaret sonucunda bir malın fiyatının oluşmasını sağlayan arz ve talep koşullarından meydana gelmektedir. Buradan hareketle, piyasa, alıcı ve satıcıların, mal ve hizmetlerin değişimi için karşı karşıya geldikleri ve ticarete konu olan mal ve hizmetlerin fiyatlarının, taşıma maliyetleri de dikkate alındığında, gerçekleşen ticari işlemlerin düzeyi ve yoğunluğu neticesinde tek bir fiyatta eşitlenme eğiliminde olduğu bölge olarak tanımlanabilir. Bu tanım, bir piyasada, mal ve hizmetlerin veya coğrafi alanların birbirine arbitrajla bağlı olması gerektiğini ima eder. Bir piyasada tek fiyatın oluşma eğilimi Tek Fiyat Yasası (LOP) ile açıklanmaktadır. LOP, iki veya daha fazla piyasada ticarete konu olan türdeş malların fiyatlarının arbitraj mekanizması neticesinde eşitlenme eğiliminde olduğunu ifade eder.

Cournot'nun piyasa (entegre piyasa) tanımına göre, piyasa entegrasyonu iki koşulun sağlanmasını gerektirmektedir. Birinci koşul, fiyatların denge düzeyinin eşit olması gerektiğini ve ikinci koşul ise fiyatların olası bir şok neticesinde uzaklaştıkları denge düzeyine hızlıca ve kolayca geri dönmeleri gerektiğini ifade etmektedir. Bu koşullardan ilki

“Tek Fiyat Yasası” (LOP) ikincisi ise Fama (1970)’nın “Etkin Piyasa Hipotezi” (EMH) çerçevesinde yorumlanabilir (Federico, 2012:471).

Mikro ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, piyasa entegrasyonu, talep fazlasının, gerçekleşen ya da potansiyel fiziki ticaret akışı yoluyla bir piyasadan diğerine aktarımı şeklinde Walrasçı bir bakış açısıyla yorumlanabilir (Barrett, 2001:20). Adam Smith’ten başlayarak Jevons ve Walras ile devam eden iktisadi düşüncede fiyat, ekonomik sistemde bireysel seçimlerin koordinasyonunda ve sistemin dengelenmesinde önemli bir role sahiptir (Levin, 2006:2). Çok sayıda bireyin ve görünürde birbirinden bağımsız olan ticari kararların arasındaki uyumu sağlayan, ekonomideki herkesin aynı fiyatla karşı karşıya kalması sonucunda ortaya çıkan bilgidir. Genel denge analizinde ya da daha genel olarak iktisat teorisinde yinelenen fikir, rekabetçi fiyat mekanizması ile sağlanan etkinlik düzeyinin başka sistemlerle elde edilemeyeceği düşüncesidir. Buradan hareketle, etkinlik kavramı, Vilfredo Pareto (1909) ve Abram Bergson (1938) tarafından formüle edilmiş ve rekabetçi denge analizi ile ilişkilendirilmiştir (Levin, 2006:2). Bu araştırmaları takip eden süreçte Arrow (1951) ve Debrau (1951) refah teoremlerini üretmiştir. Refah teoremlerine göre, Pareto etkin (optimal) çıktılar ile rekabetçi fiyat dengesi arasında bir denklik vardır. Ticaret ise bu anlamda iktisadi büyümenin kaynağıdır. Ticaret, ekonomilerde, kaynakların optimal dağılımı ve uzmanlaşma yoluyla çıktının ve refahın maksimizasyonunu sağlamaktadır. Piyasalar arası ilişkilerin derecesi, fiyat mekanizmasının kaynak dağılımındaki etkinliğinin göstergesidir. Piyasalar entegre değilse, örneğin, fiyat sinyalleri talep fazlası olan bir piyasadan arz fazlası olan bir diğer piyasaya aktarılmayacak; fiyatların oynaklığı yükselecek; üreticiler uzun dönem rekabete göre uzmanlaşmayacak ve ticaretten beklenen faydalar sağlanamayacaktır (Baulch, 1997:512). Buradan hareketle, piyasa entegrasyonunun ekonomide refah düzeyini yükselttiği ve büyümeyi tetiklediği yönünde bir fikir birliği olduğu söylenebilir.

1950’lerde Samuelson tam entegrasyonu, yerel piyasaların arz ve talep durumu veri iken, malların piyasalar arasındaki optimal dağılımı açısından değerlendiren makalesi ile ticaret-temelli piyasa entegrasyonu tanımını ortaya atar. Samuelson’un *uzamsal rekabetçi denge* (Spatial competitive equilibrium) başlıklı bu makalesi daha sonra piyasa entegrasyonunda ESTJ (Enke 1951, Samuelson 1952, Takayama ve Judge 1971) modelinin

geliştirilmesini sağlamıştır. Etkinlik kavramı, *sıfır marjinal kar* denge koşulunun sağlanması ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle de uluslararası ekonomide potansiyel Pareto gelişmelerinin sağlanıp sağlanamayacağına ilişkin bir refah söylemidir. Bu bağlamda, ticaret teorilerinde denge kavramının ifadesinde ESTJ uzamsal denge modeli önemli yere sahiptir (Barrett, 2001:20). Uzamsal piyasa dengesi, piyasalar arasındaki, taşıma maliyetleri ve ticaret kısıtlamaları ile şekillenen uzun dönem ilişkiyi ya da entegrasyonu ima etmektedir. ESTJ uzamsal rekabetçi denge modeli çerçevesinde, ürünlerin ya da bilginin piyasalar arasında transferi söz konusu ise, entegre piyasalarda fiyatların zaman içerisinde birlikte hareket ettiği gözlenmelidir.

Samuelson'un, fiyatlara yan bir rol atfeden ticaret-temelli piyasa entegrasyonu yaklaşımı 1970'lere kadar uluslararası iktisat alanında piyasa entegrasyonu araştırmalarındaki hâkim yöntemdir (Federico, 2012:474). Bu dönemde, fiyat-temelli uzamsal piyasa entegrasyonu kavramının tarım iktisatçıları tarafından kullanılması ve bunun test edilmesinde kullandıkları yaklaşım daha sonra geliştirilen ekonometrik yöntemlere de öncülük etmiştir (Federico, 2012:474). Uzamsal piyasa entegrasyonu, dış ticarete konu olan türdeş bir malın farklı bölgelerdeki fiyatlarının birlikte hareket ettiği ve bir piyasada oluşan bilginin ve fiyat sinyallerinin bölgedeki diğer piyasalara aktarıldığı durumu ifade eder (Ghosh, 2003:159).

Tarihsel perspektiften değerlendirildiğinde oldukça geniş bir kavram olan piyasa entegrasyonunun açıklanmasında kuramsal olarak *ticarete elverişlilik ve rekabet edebilirlik, piyasaların etkinliği ve arbitraj koşulları, tek fiyat yasası ve rekabetçi (uzamsal) piyasa dengesi* temel teşkil etmektedir (Barrett, 2001; Barrett ve Li, 2002; Federico, 2012). Piyasa entegrasyonu araştırmaları bu kavramlarla ilişkili olarak temelde iki ana başlık altında düşünülebilir. Birinci yaklaşım, piyasa entegrasyonunu ticaret akışları temelli göstergeler ile ele alırken; ikinci yaklaşım fiyat temelli göstergeler üzerinden ele almaktadır (Barrett, 2001:20). Birinci yaklaşım, piyasalar arası ilişkileri ticarete elverişlilik ve rekabet edebilirlik kavramları ile açıklayan ve dolayısıyla karşılıklı ilişkileri bir süreç olarak ele alarak zaman içerisindeki birlikte harekete odaklanan yöntemleri kapsamaktadır. İkinci yaklaşım ise, piyasalar arası ilişkileri, piyasaların etkinliği ve arbitraj koşullarından yola çıkarak değerlendiren ve dolayısıyla karşılıklı ilişkilerden kaynaklanan sonuçlara odaklanan

yöntemleri kapsamaktadır. Piyasalar arasındaki rekabetçi piyasa dengesinden hareketle, arbitraj ticareti yapanların piyasaları tüm arbitraj olanaklarından temizlediği savunulmaktadır. Eğer piyasalar arasında taşıma maliyetlerinin ötesinde fiyat farklılıkları varsa arbitraj mekanizması nedeniyle fiyatların ortak bir düzeye doğru ilerlemesi beklenir. Bunun anlamı, belirli bir ürünün piyasasındaki alt piyasaların birbirlerine Walrasçı denge ile bağlı olacağı (Walras 1977) ve piyasanın uzamsal genişlemesi boyunca rekabetçi bir dengenin kurulacağıdır (Stordal ve Nyrud, 2003:58).

Piyasa entegrasyonunu araştıran yaklaşımların tümü ürünlerin ve/veya bilginin piyasalar arasındaki akışının ya da aktarımının uzamsal, zamansal ya da biçimsel olarak incelenmesini gerektirmektedir (Barrett 2001). Bu nedenle piyasa entegrasyonunun ölçülmesinde genel olarak ya tek fiyat yasasına ya da fiyatların birlikte hareketine ilişkin kanıt aranmaktadır.

2.1.1.1. Tek Fiyat Yasası

Bir piyasada, türdeş bir malın fiyatının tek bir fiyatta eşitlenme eğilimi Tek Fiyat Yasası (LOP) olarak ifade edilmektedir. LOP, ticaret ve arbitrajın, iki veya daha fazla piyasada ticarete konu olan türdeş malların fiyatları üzerindeki etkisini açıklamaktadır. Tek fiyat yasasına göre, etkin piyasa koşulları altında ticarete konu olan türdeş bir malın fiyatı, ticaretin nerede gerçekleştiğinden bağımsız olarak, tüm piyasalarda aynı olma eğilimindedir.

Katı yorumu ile LOP, bir malın iki farklı piyasadaki fiyatının eşit olduğunu ve fiyatların birlikte hareket ettiğini ima eder. Zayıf yorumu ile LOP, bir malın iki farklı piyasadaki fiyatının oransal olarak ilişkili olduğunu ve fiyat düzeylerindeki farklılığın taşımacılık maliyetleri gibi faktörler nedeniyle şekillendiğini ima eder.

Fetter (1924), aynı malın satıldığı A ve B gibi iki piyasada, piyasalar malın piyasalar arası transferine uygun olarak konumlanmış ise, ticarete konu olan malın fiyatının bu iki nokta arasındaki taşıma maliyetinden daha fazla farklılaşamayacağını ifade eder. Örneğin, taşıma maliyeti T_{AB} iken A piyasasında malın fiyatı P_A ise B piyasasındaki en yüksek fiyat $P_A + T_{AB}$ olabilir. Aksi halde, A piyasasındaki rekabet B piyasasını yok

edecektir. Benzer şekilde, B piyasasındaki fiyat $P_A - T_{AB}$ ' nin altına düşerse, B piyasası A piyasasını yok edecektir. Bununla birlikte, fiyat söz konusu aralık içerisinde iken iki piyasa bir arada var olabilir (Fetter, 1924:521).

Stigler ve Sherwin (1985) de bir malın piyasasını, taşıma maliyetleri göz ardı edildiğinde, malın fiyatının tek fiyat olma eğilimde olduğu bölge olarak tanımlar. A piyasasında üretilen ve B piyasasında arz edilen bir ürün için A' dan B' ye taşıma maliyeti T_{AB} iken, $P_B = P_A + T_{AB}$ eşitliğinin, etkin piyasa koşulları geçerli ise ya da ürünün depolama maliyeti yoksa geçerli olacağını ifade eder.

Etkin bir piyasada fiyatlar mevcut tüm bilgiyi yansıtacak ve yeni bilgiye mümkün olan en hızlı şekilde tepki verecektir. Tek fiyat yasası yorumlanırken türdeş malların fiyatlarının eşitlenme eğiliminde olduğuna ancak bunun etkin piyasa koşulları altında dahi anında gerçekleşmediğine dikkat etmek gerekir. Bir malın fiyatı, arz şokları ve talepteki dalgalanmalar neticesinde aynı piyasanın başka bir kısmında geçici olarak farklılaşabilmektedir. Bu bağlamda, zayıf yorumuyla LOP, bir ürünün fiyatının, piyasanın farklı bölgelerinde geçici olarak farklılaşmasına izin verir. Fiyatların yakınsaması arbitraj mekanizması çerçevesinde anlaşılması gereken dinamik bir süreç ifade etmektedir. George Hay'ın (1999) de dikkat çektiği gibi, arbitraj, fiyat farklılıklarını gideren bir mekanizma olarak işlemektedir. Ancak, sistemde bu mekanizmanın anında işlemesine engel olacak kadar sürtünme genel olarak mevcuttur.

Cournot'nun piyasa tanımında örtük olarak ifade edildiği gibi, etkin piyasa hipotezi ve tek fiyat yasası piyasa entegrasyonu ile doğrudan ilişkilidir. Eğer LOP iki veya daha fazla piyasa için geçerli ise bu piyasaların entegre olduğu söylenir. Entegre bir piyasada türdeş malların fiyatlarının yakınsamasını ya da eşitlenmesini sağlayan hâkim kuvvet arbitraj mekanizmasıdır. Bir piyasada, arbitraj olanakları ne kadar fazlaysa, bu piyasadaki türdeş malların fiyatlarının tek fiyata yakınsama eğilimi de o kadar güçlüdür. Arbitraj mekanizmasının işleyebilmesi için piyasalar arasında bilgi akışının ya da malların fiziki ticaretinin gerçekleşmesi gerekmektedir.

2.1.1.2. *Ticarete Elverişlilik ve Rekabet Edebilirlik*

Bir ürünün *ticarete elverişlilik* (tradability) düzeyi o ürünün taşınabilirliği ile belirlenmektedir. Taşınabilirlik ölçütü ise ürünün transferine ilişkin taşıma maliyetleri ya da ticaret kısıtlamaları ile belirlenmektedir. Piyasa entegrasyonu bağlamında, bir ürünün iki piyasa arasında ticareti gerçekleşiyorsa ya da arbitrajcular, ticaretin yokluğu halinde, sıfır marjinal getiri ile karşı karşıya kaldıklarında, malın bir yerden diğerine ihraç edilmesi veya edilmemesi noktasında kayıtsız kalıyorsa o ürün ticarete elverişlidir (Barrett ve Li, 2002:293). Buradaki ikinci koşul, *rekabet edebilirlik* (contestability) olarak adlandırılmaktadır (Barrett ve Li, 2002:293).

Ticarete elverişlilik, bir piyasadaki talep fazlasının diğer bir piyasaya aktarımını sağlamakta; bu da ürünlerin piyasalar arasındaki fiziki ticaret akışlarının incelenmesiyle gözlenebilmektedir. Bu durumda, fiyatların birlikte hareketi söz konusu olsa dahi eksik rekabet, ticari kısıtlamalar, iletim kısıtları veya gözlenemeyen transfer maliyetleri nedeniyle, Pareto etkin olmayan dağılımlarla tutarlı olarak, piyasalarda ticarete konu olan ürünün fiyatının tüm piyasalarda aynı olması gerekmemektedir (Barrett, 2005:3). Bununla beraber, sözü geçen bu etkenlerden bağımsız olan yani ticarete tam olarak elverişli bir ürünün iki piyasa arasındaki ticareti tek fiyat yasasına tabidir. Bunun anlamı ise, herhangi bir transfer engeliyle karşı karşıya olmayan bir ürünün piyasasının Walrasçı etkin piyasa koşulları ile karakterize olacağıdır. Diğer bir ifade ile ticarete tam olarak elverişlilik, piyasadaki arbitraj olanaklarının, bilgi ya da fiziki ticaret akışı yoluyla piyasa aracıları tarafından piyasadan temizlendiği duruma işaret etmektedir. Buradan hareketle, piyasa entegrasyonu bağlamında ticarete elverişlilik kavramı, hem fiyatların birlikte hareketini hem de tek fiyat yasasının geçerliliğini ima ediyor olabilir. Bununla birlikte, piyasa entegrasyonunun sadece ticarete elverişlilik üzerinden ölçülmesi, ticarete elverişlilik, Pareto etkin olmayan dağılımlarla çelişmediği için eksiklikler içermektedir. Bu nedenle, uzamsal piyasa entegrasyonu araştırmaları rekabetçi denge ve arbitraj ticaretinde sıfır marjinal kar anlamına gelen Pareto etkinlik kavramları üzerine odaklanmaktadır.

2.1.1.3. Rekabetçi Uzamsal Piyasa Dengesi

LOP'un klasik spesifikasyonu uzun dönem rekabetçi piyasa dengesinin varlığı olarak düşünülebilir. Eğer piyasalar etkinse, rekabetçi denge bağlamında, arbitrajdan beklenen marjinal karın sıfır olduğu dolayısıyla da piyasalar arasındaki taşıma maliyetleri hesaba katıldığında LOP'un geçerli olması beklenir. Bu koşullar altında ise piyasaların entegre olduğu sonucuna varılabilir.

ESTJ modelinde, türdeş bir ürünün fiyatının iki piyasa arasındaki dağılımı, ticaret hacminin kısıtlanmadığı durumda yukarıdan piyasalar arasındaki arbitraj maliyeti; aşağıdan ise ticaret hacminin belirli bir tavan değerine ulaşması ile sınırlıdır. ESTJ uzamsal denge modeline göre ticaret kısıtlamaları ve arbitraj koşullarına göre üç farklı denge durumu söz konusu olabilir (Barrett, 2001:21):

$$E\{P_{A_i}\} \leq P_{B_i} + \tau_{AB_i} \quad (2.1)$$

Eşitlik (2.01)'in işaret ettiği iki durum eşitlik (2.2) ve eşitlik (2.3) ile ifade edilebilir.

$$E\{P_{A_i}\} = P_{B_i} + \tau_{AB_i} \quad (2.2)$$

$$E\{P_{A_i}\} < P_{B_i} + \tau_{AB_i} \quad (2.3)$$

Eşitlik (2.2) geçerli ise ürün A ve B piyasaları arasında ticarete elverişli olup fiziksel ticaret akışının gerçekleşip gerçekleşmemesinden bağımsız olarak rekabetçi piyasa dengesinden kaynaklı refah kazanımları sağlanacaktır. Bu durum Baulch (1997) tarafından ticarete elverişlilik halinde rekabetçi denge koşulu; Barrett ve Li (2002) tarafından tam entegrasyon olarak adlandırılmaktadır.

Eşitlik (2.3)'ün geçerli olduğu durumda ise arbitraj ticaretinden beklenen kar negatiftir. Dolayısıyla ticareti özendirecek fırsatlar söz konusu değildir. Bu durum, piyasalar arası transfer maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle arbitrajın kazanç sağlamaması dolayısıyla ticaretin gerçekleşmediği rekabetçi uzamsal denge (parçalı rekabetçi denge; segmented competitive equilibrium) anlamına gelmektedir (Samuelson 1952; Barrett ve Li,

2002:293). Nitekim bu durumda katı yorumu ile LOP geçerli olmayacaktır. Eğer ticaret kısıtsız olarak gerçekleşirse arbitraj ticareti yapanların elde edeceği kazanç sıfır olacak ve eşitlik (2.2)'de ifade edilen durum açığa çıkacaktır. Bu durumda ise iki piyasa birlikte hareket edecektir.

Bununla birlikte, eğer ticaret kısıtlamaları varsa, üçüncü bir denge koşulu ortaya çıkmaktadır. Eşitlik (2.4) ile ifade edilen bu durumda ise piyasalar arası ticaretten beklenen kazanç pozitifdir.

$$E\{P_{A_t}\} > P_{B_t} + \tau_{AB_t} \quad (2.4)$$

Arbitraj ticaretinden beklenen kazancın pozitif olduğu halde, eksik rekabet dengesi, oligopol ya da oligopson piyasa davranışı ile ya da ticaret hacminde bağlayıcı kota kısıtlamalarının varlığı ile açıklanabilir. Bununla beraber, bu model spesifikasyonu ile ifade edilen durumda piyasaların etkinliğine ilişkin bir bulgu aydınlatıcı olmakla birlikte aksini işaret eden bulgunun yorumu net değildir. Etkinsizlik bulgusunun kesin olarak eksik rekabete işaret ettiği söylenemez.

Piyasa etkinliğinin bu tür ifadesi sadece firma düzeyinde kar maksimizasyonunu değil; aynı zamanda negatif olmayan marjinal arbitraj karlarının minimize edilmiş olması nedeniyle piyasaya girişin özendirici olmadığı, tam rekabetçi uzun dönem dengesini de ima etmektedir. Ticaret hacminin kısıtsız olduğu durumda sıfır marjinal kar –sıfır arbitraj-dengesi; kısıtlayıcı kotaların varlığında ise pozitif marjinal karlar söz konusudur.

ESTJ modelinde dikkat edilmesi gereken diğer bir husus, modelin ifade ettiği uzamsal dengenin sağlanması için ticaretin ne gerek ne de yeter koşul olmasıdır. Bu nedenle piyasa entegrasyonu araştırmalarında piyasaların etkinliği –piyasa dengesinin sağlanması- ve piyasaların entegrasyonu –ticarete elverişlilik- kavramların arasındaki ayrım önem kazanmaktadır.

ESTJ modelinde kuramsal olarak,

- (i) Uzay-zamanda çoklu (rekabetçi) denge
- (ii) Fiyatların birlikte hareketi (2.2) ve (2.3) ya da

(iii) Rekabetçi dengenin piyasa etkinliği sağlanmaksızın gerçekleşmesi mümkündür.

Uzamsal piyasa dengesi, piyasaların, taşıma maliyetleri ve ticaret kısıtlamaları ile şekillenen uzun dönemli ilişkisini ya da entegrasyonunu ima etmektedir. Denge durumunda, eğer piyasalar arasında ticaret de söz konusu ise, entegre piyasalarda fiyatların zaman içerisinde birlikte hareket ettiği gözlenmelidir. Bununla birlikte, uzamsal piyasa dengesi ve piyasa entegrasyonu kavramları birbirleri ile ilişkili olmakla beraber farklı kavramlardır. Buradan hareketle Barrett ve Li (2002), fiyatlar, taşıma maliyetleri ve ticaret hacmi değişkenlerini kullanarak piyasa entegrasyonu ve uzamsal piyasa dengesi kavramlarına ilişkin ayrımı şu şekilde ifade etmektedir:

- (1) Tam entegrasyon: $R_{jit} = 0$ ve $\tau_{jit} \geq 0$
- (2) Parçalı Denge: $R_{jit} < 0$ ve $\tau_{jit} = 0$
- (3) Eksik entegrasyon: $R_{jit} \neq 0$ ve $\tau_{jit} > 0$
- (4) Parçalı dengesizlik: $R_{jit} > 0$ ve $\tau_{jit} = 0$

Burada τ_{jit} j piyasasından i piyasasına taşıma maliyetini; $R_{jit} = P_{it} - P_{jt} - \tau_{jit}$ olmak üzere uzamsal arbitrajdan sağlanan karı; P_{it} ve P_{jt} , sırasıyla, malın i piyasasındaki ve j piyasasındaki fiyatını ifade etmektedir.

İlk iki koşul, uzamsal denge ile tutarlı olmakla birlikte entegrasyon sadece ilk koşulun geçerli olması halinde söz konusudur. Son iki koşul ise uzamsal denge ile tutarlı olmamakla birlikte üçüncü koşul entegrasyon ifade etmektedir. Barrett ve Li (2002)'ye göre, mevcut literatürün eksikliği, sadece fiyat değişkeni üzerine odaklanması ve entegrasyonu, denge koşulunu da içeren birinci koşul üzerinden araştırmasıdır.

2.1.1.4. Piyasalar arası Oynaklık Aktarımı

Oynaklık aktarımı ya da oynaklığın yayılma etkisi, bir piyasadaki oynaklığın, piyasalar arasındaki arbitraj mekanizması yoluyla diğer piyasalara aktarılmasıdır. Bu piyasalar geçici olarak, uzamsal olarak ya da dikey olarak ayrık olabilir. Geçici ve uzamsal oynaklık aktarımı piyasaların etkinliği ile ilişkilendirilebilir (Natcher ve Weaver, 1999:1). Etkin bir piyasada fiyatlar mevcut tüm bilgiyi yansıtmakta ve fiyat değişimleri ancak piyasaya yeni ve beklenmedik bir bilgi girişi olduğunda gerçekleşmektedir. Bir piyasadaki fiyat değişimlerinden kaynaklanan oynaklık diğer piyasalara aktarılıyorsa bu piyasaların entegre oldukları düşünülmektedir. Bu yönüyle uzamsal piyasa entegrasyonu, bir piyasadaki fiyat bilgisinin başka piyasalardaki fiyat tahminlerini iyileştirebileceğini ima ettiği için etkin piyasa hipotezi ile çelişmektedir. Diğer yandan, piyasalardaki fiyat dalgalanmaları şoklar neticesinde şekillenebilmektedir. Eğer piyasalar etkinse bu fiyat dalgalanmaları ve dolayısıyla oynaklığın aktarımı da geçici olacaktır (Natcher ve Weaver, 1999:1). Diğer bir deyişle, şokların etkisi kalıcı değilse oynaklığın piyasalar arasındaki aktarımı piyasaların etkin olmadığı anlamına gelmeyebilir.

Dornbusch vd. (2000) bir ülke, küresel finansal piyasalarla ne kadar entegre ise ya da bir bölgedeki finansal piyasalar birbirleri ile ne kadar sıkı entegre ise, varlık fiyatlarının ve diğer ekonomik değişkenlerin de o kadar uyum içinde hareket edeceğini ifade eder. Entegrasyonun derecesi yükseldikçe şokların bulaşıcı etkisi de güçlenir. Bu nedenle, finansal ekonometride, getiri ve oynaklık üzerindeki şokların bir piyasadaki diğerine aktarımını açıklamaya yönelik analizler, portföy çeşitlendirme ve risk yönetimi açısından olduğu kadar piyasaların entegrasyonunun araştırılmasında da önemli bir göstergedir.

Finansal piyasalarda entegrasyon, birlikte hareket ya da piyasalar arasındaki korelasyonun derecesi gibi bulguların piyasa katılımcılarının kararları üzerinde önemli etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Markowitz (1952) finansal varlıklar arasındaki korelasyonun portföy seçiminde önemli rol oynadığının altını çizerken; piyasalar arasındaki yüksek korelasyonların piyasaların entegre olduğuna işaret ettiğini ve buradan hareketle uluslararası portföy çeşitlendirme olanaklarının sınırlandığını ifade etmektedir. Piyasa katılımcılarının kararları piyasa içi ve piyasalar arası bilgi akışı ile şekillenir. Etkin piyasa

koşulları geçerli ise fiyat sinyalleri piyasalardaki mevcut bilginin diğer piyasalara iletimini sağlayacak ve piyasalar yeni bilgiye mümkün olan en hızlı şekilde tepki verecektir. Bu nedendir ki finansal piyasaların serbestleşmesi ve küreselleşme piyasaların karşılıklı bağımlılık ve entegrasyon derecesinin artmasına neden olmuştur.

Oynaklığın yayılma etkisi (spillover), piyasaların bölgesel ya da küresel olarak entegre olup olmadığının ya da entegrasyonun derecesinin araştırılmasında vekil (proxy) değişkenler olarak kullanılmaktadır (Bhar ve Nikolova, 2009:204). Bir piyasadaki şokların başka piyasalardaki getiri ve oynaklıkta meydana getirdiği değişiklikler ya da oynaklığın aktarım mekanizmaları piyasalar arası etkileşimlerin incelenmesinde önemli rol oynar (Harris ve Pisedtasalasai, 2006:1556). Bir piyasadaki oynaklığa karşı başka bir piyasada oluşan tepki finansal piyasa entegrasyonunun bir sonucudur (Gallo ve Otranto, 2008:3012; Calvo ve Reinhart, 1996:3). İki ulusal piyasa arasındaki koşullu korelasyonun artması, bu iki piyasanın daha yüksek derecede entegre olduğu anlamına gelir ve uluslararası portföy çeşitlendirmesinden beklenen faydanın eksildiğini ima eder (Tse ve Tsui, 2002:360).

2.2. PİYASA ENTEGRASYONUNUN TEST EDİLMESİ

Tarihsel perspektiften değerlendirildiğinde piyasa entegrasyonu kavramı oldukça geniş bir kavramdır. Cournot tarafından ortaya atılan tanım, hala kavramı açıklamakta kullanılan temel tanım olmakla birlikte, piyasa entegrasyonunun test edilmesinde önerilen yaklaşımlar farklılık göstermektedir. Aslında, piyasa entegrasyonunun test edilmesinde tercih edilen yöntem, araştırmacının piyasa entegrasyonunu hangi yönüyle ele aldığına da göstergesidir. Bu anlamda, temelde iki farklı bakış açısından söz edilebilir. Buna göre, entegrasyon, piyasalar arasındaki fiziki ticareti odağına alan akım-temelli göstergeler ya da etkinliği odağına alan fiyat-temelli göstergeler ile açıklanabilir (Barrett, 2001:20). Burada, fiyat verilerinin bolluğu ve erişilebilirliği nedeniyle ampirik literatürün fiyat-temelli yaklaşımlar üzerine yoğunlaştığını belirtmek gerekir. Piyasa entegrasyonunun sadece fiyat temelli göstergeler üzerinden test edilmesini en katı biçimde eleştiren literatür dahi veri yetersizliğinin yöntem seçimi üzerinde yarattığı kısıdı görmezden gelmemektedir. Piyasalara ait fiyat verilerinin yanı sıra ticaret hacmi, taşıma maliyetleri ve ticaret

kısıtlamaları gibi verilerin tümünü içeren bir analiz elbette sadece fiyat verisine dayalı gerçekleştirilen analizlere göre daha etkin sonuçlar üretecektir. Ancak, fiyat dışındaki piyasa verilerine ulaşmadaki güçlük araştırmacıların yöntem seçimini etkileyen en önemli kısıdı oluşturmaktadır.

Piyasalar arası ilişkiler, piyasaların birlikte hareketi ve piyasa entegrasyonu literatürde ampirik olarak iki temel metodolojik yaklaşım kullanılarak incelenmiştir. Birinci yaklaşım piyasalar arasında uzun dönemli ortak bir stokastik trendin varlığına yani eştümleşme bulgusuna ilişkin kanıt araştırır. Eştümleşme analizleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların çoğunda kuramsal dayanak tek fiyat yasasıdır.

Fiyatların birlikte hareketinin incelenmesinde kullanılan metodolojik yaklaşımlar, 1980'lere kadar korelasyon ve regresyon analizleri üzerinde yoğunlaşmıştır. 1980'lerde eştümleşme analizlerinin geliştirilmesi ile literatürde yoğunlukla kullanılan yaklaşım eştümleşme analizleri olmuştur. Fiyat temelli bu modeller fiyat dinamiklerinin piyasa dengesini ima ettiğini örtük biçimde varsaymaktadır. Literatürde eştümleşme analizlerinin tercih edilmesinin bir nedeni, incelenen fiyat serilerinin çiftler halinde ya da grup olarak eştümleşme ilişkisine sahip olmaları yönündeki bulgunun piyasaların entegre olduğuna işaret etmesidir. Bununla beraber, bir diğer neden de eştümleşme çözümlemesinin hata düzelme mekanizması (ECM) spesifikasyonunun, seriler arasındaki kısa dönem dengesizliklerin uzun dönem dengeye ayarlanma dinamikleri hakkında bilgiler içermesidir. O halde, eştümleşme ilişkisi piyasaların uzun dönemli birlikte hareketine ilişkin kanıt sunarken, ECM ise uzun dönem dengesine ayarlanma hızı yani bir bakıma piyasaların etkinliğine ilişkin kanıt içermektedir. ECM bulguları, piyasaların etkinliği yönünde çıkarım yapmak amacıyla kullanılacaksa dikkat edilmesi gereken husus analizde kullanılan verilerin frekansıdır. Eğer piyasaların ürettiği verinin frekansı yüksek iken analiz edilen verilerin frekansı ortalama alınarak düşürülmüş ise ECM bulgularının piyasaların etkinliğine ilişkin çıkarımında dikkatli olmak gerekmektedir. Analiz edilen serilerin frekansı ile gerçekteki ayarlanma frekansı denk değilse tahmin edilen dengeye ayarlanma hızı yukarı yönlü yanlılık barındırabilir. Bu yanlılık, analiz edilen serilerin frekansı gerçek ayarlanma zamanını aşıyorsa – örneğin ayarlanma hızı aylık serilerle tahmin edilirken fiyatlar gerçekte haftalık ayarlanıyorsa daha ciddi boyutlarda olabilir (Federico, 2012:487).

Barrett (2001) sadece LOP'un geçerliliğinin piyasa entegrasyonu olarak yorumlanmasını eksik bulmaktadır. Piyasa etkinliği hipotezinin test edilmesinde kullanılan yaklaşımlar çeşitli basitleştirici varsayımlar içerdiğinden, etkinlik testlerinin, model spesifikasyonunun altında yatan varsayımların doğruluğundan ayırt edilemez olduğunu ileri sürmektedir. Ticaret akışları ve kısıtlamalarına ilişkin bilginin piyasa etkinliğinin anlaşılmasında önemli bir role sahip olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, piyasa entegrasyonunun araştırılmasında fiyat ve taşıma maliyetlerinin yanı sıra ticaret akışlarına ilişkin verilerin de kullanılmasının gerektiğini ifade ederken böyle bir veri setine ulaşmanın ne denli güç olduğunu da vurgulamaktadır.

Ampirik literatürde yoğun olarak kullanılan ikinci yaklaşım ise piyasalar arası (çapraz) korelasyonların zaman içindeki değişimlerinin çok değişkenli GARCH tipi modeller çerçevesinde doğrudan incelenmesine dayanır. Bu grup içinde değerlendirilen yaklaşımların eştümleşme analizlerine göre avantajı finansal piyasalardaki veri üretme süreçlerinin dinamik doğasından kaynaklanır. Finansal piyasalarda piyasa entegrasyonunun derecesi, ekonomik ve finansal koşullara bağlı olarak zaman içerisinde değişkenlik gösterir. Dolayısıyla, kullanılan ekonometrik yöntemlerin de entegrasyonun zaman içindeki dinamiklerini yakalayabilmesi gerekir.

Cappiello vd. (2006) entegrasyonun ölçümünde iki yöntem önermektedir: zamanla değişen (GARCH) korelasyon ve kantil regresyon temelli eşbağımlılık (co-dependence) ölçütü. Kim vd (2006) ise birbirini tamamlayan üç teknik önermektedir: dinamik kointegrasyon (eştümleşme), Haldare ve Hall yöntemi ve zamanla değişen korelasyonlar. Gupta vd. (2015) piyasa entegrasyonunun göstergeleri olarak yedi farklı ölçü önermektedir: Beta yakınsaması (yakınsamanın hızını ölçer); sigma yakınsaması (yatay kesit yayılımını ölçer); varyans oranı (ortak değişkenliği ölçer); asimetric dinamik koşullu korelasyon (zamanla değişen korelasyonu ölçer); dinamik kointegrasyon (zamanla değişen uzun dönem ilişkiyi açıklar); ortak faktörler yaklaşımı (temel bileşenler analizi kullanılarak önceden tanımlanmış ekonomik ve istatistiksel ortak faktörlerden kaynaklanan değişkenliği ölçer).

Federico (2012), piyasa entegrasyonuna ilişkin ideal bir araştırmanın çerçevesini çizer. Buna göre, araştırma, kapsadığı ürün ve piyasa bakımından en geniş ve temsil

derecesi en yüksek veri seti ile başlamalıdır. Veri setinin kapsamı, ürünlerin fiziksel özelliklerindeki, regülasyonların derecesindeki ve piyasaların rekabet düzeylerindeki farklılıkları içerecek şekilde geniş olmalıdır. Benzer şekilde, veri seti birbirleriyle ticaret halinde olduğu bilinen mümkün olan en geniş coğrafi alanı kapsamalıdır. Her bölge ve/veya ürün için, mümkün olan en yüksek frekansla ölçülmüş fiyat verisine ulaşılmalı; seçilen ürünlerin homojen olmasına dikkat edilmelidir. Verilerin analizi, öncelikle piyasaların etkinliği üzerine odaklanmalıdır. Ancak, piyasaların etkinliğinin araştırılması piyasa entegrasyonu için yeterli değildir. Federico'ya göre, piyasa entegrasyonu bağlamında daha önemli olan bulgu fiyatların birlikte hareketi veya fiyat yakınsamasının araştırılması ile elde edilebilecektir. Bunun nedeni, yakınsamanın, uzun dönemde gözlemlenebilen bir olgu olması ve süreçteki gelişimin anlaşılmasındaki öneminden kaynaklanmaktadır. Fiyatların birlikte hareketi uzun dönemli bir olgu olup görece daha uzun veri dönemi ve düşük frekanslı verinin analizini gerektirmektedir. Tüm bunlara ek olarak, elde edilen parametre tahminlerinin dirençliliğini test etmek bakımından, analizlerin farklı frekanslardaki veri setlerinin kullanımını içerecek biçimde tasarlanması gerekmektedir. Federico'ya göre, bu şekilde kurgulanmış bir araştırma, piyasa entegrasyonunun, Cournot'un entegre piyasa tanımındaki iki koşul bakımından da sınanmasını mümkün kılacaktır (Federico, 2012:489).

Bu çalışmada önerilen yaklaşım, Avrupa elektrik piyasalarında piyasa entegrasyonunun test edilmesinde Federico (2012) tarafından önerilen çerçeveye uygun olarak tasarlanmıştır. Avrupa ülkelerinde elektrik piyasalarının rekabete açılma süreçleri, piyasaların regülasyon dereceleri ve elektrik borsalarının kuruluş yılları farklılaşmaktadır. Bu nedenle, veri seti, analizlerin güvenilir olarak yapılmasını sağlamak koşuluyla, en fazla sayıda ülkeyi içerecek zaman aralığında seçilmiştir. Buna ek olarak, elektrik piyasalarının entegrasyonu üzerinde etkili olduğu bilinen coğrafi yakınlık, ülkeler arası iletim ağı kapasitesi ve ülkelerin birincil kaynak kompozisyonu gibi değişkenler veri elde etmede yaşanan güçlükler nedeniyle göz ardı edilmiş; Avrupa toptan satış elektrik piyasalarından elde edilen spot (gün-öncesi) elektrik fiyatları zaman serileri analiz edilmiştir.

Perakende satış düzeyinde, elektriğin üretiminde kullanılan birincil kaynağa (konvansiyonel, yenilenebilir vb.) göre, elektriğin de ürün farklılaşmasına ya da tüketici tercihiine dayalı bir farklılaşmaya tabi olduğu düşünülebilir. Ancak, elektrik piyasalarında toptan satış düzeyindeki rekabette, tüketici, elektrik satın alacağı tedarikçiyi seçemediğinden, elektriğin toptan satış düzeyinde homojen bir ürün olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, önceki bölümde açıklandığı gibi, Avrupa elektrik piyasalarında fiyatın belirlenmesinde kullanılan algoritma ile komşu piyasalar arasında fiyat farklılıkları olması halinde iletim ağının tam kapasite kullanımını sağlayacak şekilde tasarlanmış bir optimizasyon problemi çözülmektedir. Buradaki çözüm, hem piyasalardaki üretici ve tüketici artığının hem de piyasalar arasındaki iletim kapasitesi kısıdını ifade eden iletim ağı kısıt yönetimi bedelinin bir fonksiyonu olan sosyal refahı maksimize eden bir optimizasyon yaklaşımına dayanmaktadır. Bunun anlamı, fiyat verilerinin örtük olarak, belirli bir miktar elektriğin piyasalar arasındaki iletiminin maliyetini de içerdiği'dir. Ayrıca, sadece aynı ya da benzer özelliklere sahip piyasalar değil farklı gereksinimlere sahip piyasalar da tek bir algoritma altında birleştirildiği için, fiyat belirlenirken piyasalar arasındaki yapısal farklılıklar da göz ardı edilmemektedir. Bununla birlikte, bu çalışmada, coğrafi yakınlık ve iletim ağı kapasitesi, bölge seçim kriterlerinin oluşturulmasında da göz önünde bulundurularak dolaylı biçimde analizlere dâhil edilmiştir. Böylece bu çalışmanın en önemli kısıdını oluşturan bu durumun üstesinden gelinmeye çalışılmıştır.

Avrupa toptan satış elektrik piyasalarından elde edilen fiyat verileri günlük frekansta gerçekleşmiş verilerdir. Çalışmada öncelikle, piyasalar arası oynaklık aktarım mekanizmaları, koşullu korelasyonların zamanla değişen dinamik yapısı çözümlenerek araştırılmıştır. İkinci aşamada, fiyatların uzun dönemli birlikte hareketinin araştırılmasında eştümleşme analizinden yararlanılmıştır. Burada, eştümleşme analizlerinin gerektirdiği üzere daha uzun dönemi kapsayan ve daha düşük frekanslı veri seti analiz edilmiştir. Bu amaçla, günlük frekanstaki fiyat verileri ortalama alınarak aylık frekansa dönüştürülmüştür. Fiyat ilişkilerinin çözümlenmesinde, uzun dönemli iktisadi ilişkilerde var olması muhtemel yapısal değişiklikleri de dikkate alabilmek için Johansen vd. (2000) eştümleşme yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım, iki dışsal yapısal kırılmanın uzun dönem eştümleşim ilişkisine kukla değişkenler yoluyla dahil edilmesine imkan sağlamaktadır. Bununla beraber,

eştleme analizi, piyasa entegrasyonunun test edilmesinde uzun dönemli bir yaklaşım olarak fiyatların uzun dönemli birlikte hareketinin incelenmesi amacıyla kullanılmış; kısa dönemli dengeden sapma davranışlarının incelenmesinde ECM spesifikasyonundan yararlanılmamıştır. Bunun nedeni, ortalama alınarak frekansı düşürülen ve eştleme analizinde kullanılan veri aylık frekansta iken; fiyat verilerindeki gerçek ayarlanma frekansının günlük olmasından kaynaklanabilecek yanlış çıkarımlardan kaçınmaktır.

Bu bilgiler ışığında, bu kısmın takip eden alt başlıklarında, bu çalışmada piyasa entegrasyonunun test edilmesinde benimsenen kısa ve uzun dönem yaklaşımların seçimine ilişkin gerekçeler ana hatlarıyla açıklanmaktadır. Bununla beraber, analizlerde kullanılan metodlar, ilişkili oldukları sorunsal bağlamında üçüncü ve dördüncü bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

2.2.1. Kısa Dönem Yaklaşımı: Dinamik Koşullu Korelasyon Analizi

Finansal piyasalarda piyasa entegrasyonunun derecesi, ekonomik ve finansal koşullara bağlı olarak zaman içerisinde değişkenlik gösterir. Dolayısıyla, kullanılan ekonometrik yöntemlerin de entegrasyonun zaman içindeki dinamiklerini yakalayabilmesi gerekir (Karolyi ve Stulz, 1996:953; Gupta vd., 2015:710; Kim vd., 2005:2478). Eştleme analizleri uzun dönemde ortak hareketi araştıran yöntemler olarak yüksek frekanslı veri ve görece kısa örneklem dönemleri için anlamlı sonuç üretmekte yetersiz kalabilmektedir (Evans ve McMillan, 2006:2). Bu bakımdan GARCH (Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans) modeli temelli yaklaşımlar finansal entegrasyonun değişken doğasıyla daha uyumlu görünmektedir. Bu yaklaşımların dezavantajı ise farklı model spesifikasyonları ile farklı sonuçlar elde edilebilirken herhangi bir spesifikasyonun bir diğerine göre mutlak olarak üstün olduğunun söylenememesidir (Evans ve Mcmillan, 2006:3). Diğer yandan, Hansen ve Lunde (2005) oynaklığın modellenmesinde, 330 farklı model spesifikasyonunu test etmiş ve bunların hiçbirinin GARCH(1,1) spesifikasyonu karşısında belirgin bir üstünlük sağlamadığı sonucuna ulaşmıştır. Benzer şekilde, Anderson ve Bollerslev (1998) ve Wang ve Wu (2012) da GARCH(1,1) spesifikasyonunun maksimum benzerlik tahmincilerinin yakınsama hızı bakımından rakip spesifikasyonlar

karşısındaki üstünlüğünü ifade etmektedir. Erdoğan (2016) Avrupa'daki gün öncesi elektrik piyasalarındaki asimetrik oynaklığın araştırıldığı çalışmada EGARCH(1,1), EGARCH(1,2), EGARCH(2,1) ve EGARCH(2,2) spesifikasyonları arasında EGARCH(1,1) spesifikasyonunun diğerlerinden daha üstün sonuçlar ürettiğini belirtmektedir. Bununla birlikte, piyasa entegrasyonunun ölçülmesinde statik korelasyon analizi yetersiz kalmaktadır (Gupta vd., 2015:718). GARCH modelleri piyasa oynaklığının varyans-kovaryans aktarım mekanizmasını tahmin edebilmekte ancak bu mekanizmadaki zamanla değişen yapıyı yakalayamamaktadır (Wang ve Moore, 2008:117). GARCH modeli temelli DCC yaklaşımı zaman içinde değişen koşullu korelasyonları dikkate alan bir yaklaşım olarak finansal piyasalarda birlikte hareketin zaman içindeki dinamik yapısını yakalayabilmektedir (Wang ve Moore, 2008:117; Tse ve Tsui, 2002:361).

2.2.2. Uzun Dönem Yaklaşımı: Eştümleşme Analizi

Uzamsal fiyat ilişkileri, piyasa entegrasyonunu açıklamada önemli bir göstergedir. Türdeş malların farklı bölgelerdeki (piyasalardaki) fiyatları uzun dönemde ortak hareket ediyorsa piyasa entegrasyonunun sağlandığı söylenir. Farklı piyasalarda ticarete konu olan türdeş malların fiyatları, genellikle oransal olarak birlikte hareket eder. Bu ortak seyir uzun dönem boyunca geçerli ise söz konusu piyasalar entegre olduğu söylenebilir.

Piyasa entegrasyonunun sağlanmasında piyasaların serbestleşmesi, etkinlik ve fiyat istikrarı bakımından önemli bir gelişmedir. Etkin piyasa koşulları geçerli ise fiyat sinyalleri piyasalardaki mevcut bilginin diğer piyasalara iletimini sağlayacaktır. Bu açıdan değerlendirildiğinde piyasa entegrasyonu, bölgesel olarak ayrı piyasaların birbiriyle ne kadar ilişkili olduğunun da bir göstergesidir.

Dış ticarete konu olan türdeş malların üretildiği ve arz edildiği iki veya daha fazla piyasanın entegre olup olmadığının araştırılmasında uzun dönem fiyat ilişkilerinin analizi gerekir. İki piyasa, ürünün ithal piyasasındaki fiyatı (P_t^i), ihraç piyasasındaki fiyatı (P_t^e) artı ürünün taşımacılık maliyetlerine (T_t^{ei}) eşit ise entegre kabul edilir (Ghosh, 2003:163).

Eştleme tekniklerinin geliştirilmesinden önce LOP'nın geçerliliği aşğıdaki regresyon denkleminin parametre tahminleri ile test edilmekteydi:

$$\ln P_t^i = a + b \ln P_t^e + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

Buna göre, $a=0$ ve $b=1$ iken katı yorumu ile LOP; $a \neq 0$ ve $b=1$ iken zayıf yorumu ile LOP'nın geçerli olduğı söylenmekteydi. Bununla birlikte, fiyat verileri genellikle durağan dışı oldukları için LOP'nın geçerliliğinin araştırılmasına uygun teknikler durağan dışı zaman serilerinin analizini içeren eştleme teknikleridir.

Zaman serileri kullanılarak gerçekleştirilen ekonometrik analizlerde öncelikle serilerin durağanlık durumunun güvenilir olarak saptanması gerekmektedir. Fiyat verilerinin genel olarak stokastik trend içerdikleri yani durağan dışı oldukları bilinmektedir. Bununla birlikte, stokastik trendin yapısının belirlenmesi ileriki analizlerin temelini oluşturmaktadır. Eştleme testleri, iki veya daha fazla sayıda zaman serisi değıőkeninin aynı stokastik trende sahip olması halinde, söz konusu değıőkenlerin doğrusal kombinasyonlarının durağan olup olmadığının araştırılmasını sağlamaktadır. Eğer değıőkenler ortak bir stokastik trendi paylaşıyorsa ve aralarındaki fark durağansa kısa dönemde sapabilecekleri fakat uzun dönemde geri dönmek zorunda oldukları bir denge ilişkisine sahip oldukları iddia edilebilir. Bu yönüyle eştlemenin uzun dönem denge ilişkisinin istatistiksel bir ifadesi olduğı söylenebilir. Diğer bir ifade ile değıőkenler arasında eştleme ilişkisi varsa regresyon çözümlemesi değıőkenler arasındaki uzun dönem ilişkiyi açıklayacaktır. Diğer yandan, eştleme ilişkisi her zaman bir hata düzeltme mekanizması (ECM) ima eder. Hata düzeltme mekanizması ise eştleme ilişkisine sahip değıőkenlerin kısa dönem dengeden sapma davranışlarının yapısını açıklamaya yönelik bilgiler içermektedir.

Eştleme ile piyasa entegrasyonunun araştırılmasına temel teşkil eden bir yaklaşım Stock- Watson (1988) metodolojisidir. Stock- Watson (1988) yaklaşımı, sistemdeki eştleştirici vektör/ ortak trend sayısından hareketle piyasa entegrasyonunun

varlığı/derecesini tespit eder. O halde, eştümleşme ilişkisi piyasaların uzun dönemli birlikte hareketine ilişkin kanıt sunarken, ECM ise uzun dönem dengesine ayarlanma hızı yani bir bakıma piyasaların etkinliğine ilişkin bilgiler içermektedir.

2.3. LİTERATÜR TARAMASI

Piyasa entegrasyonuna ilişkin literatürde kuramsal dayanak çoğunlukla tek fiyat yasasıdır. Tek fiyat yasasına göre etkin piyasa koşulları altında ticarete konu olan türdeş bir malın fiyatı tüm piyasalarda aynı olma eğilimindedir. Buradan hareketle, ticarete konu olan malın fiyatının, coğrafi olarak ayırık olan piyasalarda eşit ya da en azından oransal olarak ilişkili olup uzun dönemde ortak bir seyir izleyip izlemediğinin testinde kullanılan metodolojik yaklaşım ise çoğunlukla eştümleşme analizleridir.

Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonunu araştıran literatür de tek fiyat yasasından hareketle uzun dönem fiyat ilişkilerinin incelenmesinde eştümleşme analizlerinden yararlanmaktadır.

Avrupa elektrik piyasasında entegrasyonu araştıran ampirik çalışmaların bulguları farklılık göstermekle birlikte, genel itibariyle, coğrafi olarak yakın veya enterkoneksiyonlarla birbirine bağlanan piyasalarda fiyat yakınsaması veya kısmi entegrasyon bulgusundan söz edilebilir (Armstrong ve Galli, 2005; Boisselau, 2004; Bower, 2002; Balaguer, 2011; Zachmann, 2008; de Jonghe vd., 2008; Autran, 2012; Pellini, 2014; De Menezes ve Houllier, 2016). Uluslararası elektrik fiyatlarının zaman içerisinde yakınsaması, artan sınır ötesi elektrik ticareti kadar faktör fiyatlarının yakınsaması, kurumsal çerçevenin uyumlulaştırılması, elektrik piyasası düzenlemelerinin, üretim teknolojilerinin ve tüketim alışkanlıklarının yakınsaması gibi başka faktörlerce de tetiklenmektedir (Zachmann, 2008). Avrupa'daki elektrik piyasaları ulusal düzeyde değerlendirildiğinde, kurumsal çerçeveler ve piyasa yapısı bakımından birbirleriyle benzer oldukları söylenebilir. Bununla birlikte, ulusal endüstriler, özellikle üretim teknolojileri ve üretim kapasiteleri bakımından farklılaşmaktadır. Birincil kaynak kompozisyonunun, üretim teknolojilerinin ve üretim maliyetlerinin farklılaşması ise piyasaların entegrasyonu üzerinde etkiye sahiptir (Amudsen ve Bergman, 2007; Bosco vd., 2010). Benzer şekilde,

piyasalar arasındaki yapısal farklılıklar ve ulusal piyasaların serbestleşme sürecinde buldukları aşama da piyasaların entegrasyonunu etkilemektedir (Pinho ve Madaleno, 2011). Bu bakımdan, piyasa eşleşmesi ve elektrik yönergeleri gibi piyasaları yasal ve kurumsal olarak uyumlulaştıran girişimler fiyatların yakınsamasını ve piyasaların artan entegrasyonunu desteklemektedir (de Jonghe vd., 2008; Nitsch vd., 2010; Pinho ve Madaleno, 2011).

Mevcut literatürün önemli bir kısmı piyasa entegrasyonunu araştırmada ekonometrik bir yöntem olarak eştümleşme testlerinden yararlanmaktadır. Bununla birlikte, elektrik piyasalarında oynaklık aktarımını araştıran literatür incelendiğinde, piyasalar arasındaki fiyat ve oynaklık etkileşimlerinin piyasa entegrasyonu ile ilişkilendirildiği göze çarpmaktadır (Worthington vd., 2005; Higgs, 2009; Bunn ve Gianfreda, 2010; Pellini, 2014, Efimova ve Serletis, 2014). Elektrik piyasalarındaki fiyatların ve/ veya getirilerin dinamik ve dağılımsal özelliklerinin açıklanmasına ilişkin çok sayıda ekonometrik çalışma mevcuttur (Le Pen ve Sevi, 2010). Ancak, reform sonrası Avrupa elektrik piyasalarındaki fiyat dinamiklerine ilişkin çalışmalarda komşu piyasalar arasındaki karşılıklı fiyat etkileşimlerinin çoğunlukla göz ardı edildiği görülmektedir (Bosco vd., 2007). Bununla birlikte, finans literatüründe 1990'ların başından bu yana oynaklığın bir piyasadan diğerine aktarılması üzerine odaklanan çalışmalar dikkat çekmektedir (King vd., 1994, Karolyi ve Stulz, 1996; Engle vd., 1990; Lin vd., 1994; Gallo ve Otranto, 2008; Goto ve Karolyi, 2004; Wang ve Moore, 2008; Bhar ve Nikolova, 2009; Kim vd., 2005; Gupta vd., 2015; Xiao ve Dhesi, 2010).

Le Pen ve Sevi (2010) İngiltere, Fransa ve Almanya forward elektrik piyasalarında oynaklık aktarımının, Engle vd. (1990) terminolojisi ile *meteor yağmurları** sürecini takip ettiğini ortaya koymaktadır. Piyasalar arasındaki oynaklık geçişleri, fiyata ilişkin riskleri hafifletmeye yönelik farklılaştırma stratejilerinin etkinliğinin azalmasına yol açabilmektedir. Worthington vd. (2005) Avustralya'daki beş farklı spot elektrik

* Engle vd. (1990) "meteor yağmurları" ve "ısı dalgaları" kavramlarını ortaya atar. Meteor yağmurları kavramı, bir piyasadaki oynaklığa etki eden bir şoka diğer piyasalarda oluşan tepkiyi temsil etmektedir. Isı dalgaları kavramı ise başka piyasalardaki yenileşimlerin analize dâhil edilmesi ile geliştirilemeyen bir oynaklık tahmin sürecine atfen kullanılmaktadır.

piyasasındaki fiyat ve oynaklık aktarımını çok değişkenli genelleştirilmiş otoregresif koşullu varyans (MGARCH) modeli ile incelemiştir. Analiz bulguları, bazı bölgesel piyasalarda ortaya çıkan şokların diğer piyasalardaki fiyat oynaklığını etkilediğini; bu etkileşimin temel belirleyicilerinin ise coğrafi yakınlık ve/veya enerji bağlantı hatlarının mevcut durumu olduğunu işaret etmektedir. Higgs (2009), Worthington vd. (2005)'nin araştırmasını Bollerslev (1990)'in sabit koşullu korelasyon (CCC) modeli, Tse ve Tsui (2002)'nin dinamik koşullu korelasyon (DCC) modeli ve Engle (2002)'nin dinamik koşullu korelasyon (DCC) modelini ekleyerek genişletir. Higgs (2009) da, elektrik piyasalarında oynaklık aktarımının en güçlü olduğu bölgelerin, coğrafi olarak yakın ya da en iyi enerji bağlantı hatlarına sahip bölgeler olduğunu ortaya koymuştur. Bunn ve Gianfreda (2010) hem Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonu hem de şokların piyasalar arası aktarımını araştırmaktadır. Bu çalışmada, fiyatlar ve oynaklıkların analizinde eştümleşme analizleri, nedensellik testleri ve etki-tepki modelleri kullanılmış; beş farklı hipotez test edilmiştir. Bulgular, düzeyi artmakta olan bir piyasa entegrasyonuna işaret etmektedir. Benzer şekilde, Pellini (2014) de Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonu ve oynaklık aktarımını araştırmaktadır. Oynaklık serilerinin analizinde Higgs (2009)'un uyguladığı prosedür kullanılmış; NWE, CSE, CEE bölgeleri için pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilen DCC parametrelerinin piyasalar arası oynaklık aktarımına işaret ettiği sonucuna ulaşılmıştır. Pellini (2014), buradan hareketle, bağlantı hatlarının iyiliği ve coğrafi yakınlığın oynaklık aktarımının ve dolayısıyla piyasa entegrasyonunun açıklanmasında en önemli faktörler olduğunu ileri sürmektedir. Bununla birlikte, aynı çalışmadaki eştümleşme analizi bulguları, Avrupa elektrik piyasalarında tam entegrasyonun sağlanmamış olduğuna işaret etmektedir. 15 Avrupa ülkesinin 2012 yılına kadar olan spot elektrik fiyatlarının analizinde kesirli eştümleşme yaklaşımının kullanıldığı bu çalışmada, piyasalar çiftler olarak ele alınmış ve 105 piyasa çiftinin %40'ından azında fiyat yakınsaması bulgusuna rastlanmıştır. Tam entegrasyon hipotezi, Hollanda-İngiltere, Fransa-İspanya, Almanya-Portekiz, Fransa-Avusturya, Avusturya-İspanya, Avusturya-Portekiz çiftleri dışındaki tüm piyasa çiftleri için reddedilmiştir.

Elektrik piyasalarının rekabetçi bir yapıya dönüşümü ile birlikte piyasa entegrasyonunu araştıran literatür genişlemekte ancak bulgular bakımından bazı farklılıklar

göstermektedir. Literatür, incelenen dönem ve ülkeler göz önünde bulundurularak dikkatle incelendiğinde, genel itibariyle, bulguların birbirini destekler nitelikte olduğu görülmektedir.

Erken dönem çalışmalardan Bower (2002), 2001 sonu itibariyle, on tanesi İskandinav ülkelerinde olmak üzere toplan on beş fiyat bölgesi için, günlük elektrik fiyatlarını korelasyon ve eştümleşme yaklaşımları ile analiz etmiştir. Bu çalışmada, Nord Pool bölgesindeki piyasalar arasında yüksek, diğer bölgelerde düşük korelasyonlara; Almanya, İsveç, Finlandiya ve Danimarka arasında; ve Nord Pool, Birleşik Krallık, Hollanda ve Almanya arasında eştümleşme ilişkisine rastlanmıştır. Bununla birlikte, hem korelasyon hem de eştümleşme analizlerinin İspanya'nın diğer ülkelerle ilişkisiz olduğuna işaret ettiği ifade edilmektedir. Birleşik Krallık, Hollanda ve Almanya elektrik piyasalarının ise aralarındaki korelasyonların düşüklüğüne rağmen eştümleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Boissellau (2004), Fransa, Almanya, Birleşik Krallık, Hollanda, İsveç, Finlandiya, Norveç ve Danimarka için 2002 yılı saatlik spot elektrik fiyatlarını analiz etmiş; fiyat serilerinin durağan olduğunu ve veri setinin eştümleşme ilişkisi için test edilemeyeceğini ifade etmiştir. Bununla birlikte, Boissellau (2004), regresyon analizi bulgularının yerel düzeyde entegrasyona işaret etmekte olduğunu ancak tek bir Avrupa elektrik piyasasından söz edilemeyeceğini ifade etmektedir.

Armstrong ve Galli (2005), Fransa, Almanya, İspanya ve Hollanda elektrik piyasalarında, 2002- 2004 yılları arası dönemde fiyatların yakınsadığı; fiyat farklılıklarının özellikle yoğun talep dönemleri için azalma gösterdiği bulgusuna ulaşmıştır.

Zachmann (2008) 2002-2006 arası Avusturya, Çek cumhuriyeti, Fransa, Danimarka, Almanya, Hollanda, Polonya, İspanya, İsveç ve Birleşik Krallık elektrik piyasaları fiyat verilerini temel bileşenler analizi, eştümleşme analizi ve Kalman filtresi kullanarak çözümlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, 2006 ortaları itibariyle, Avrupa elektrik piyasalarında tam entegrasyonun hala sağlanmadığı sonucuna ulaşmıştır. Bununla birlikte, Armstrong ve Galli (2005) ile benzer şekilde, komşu piyasalarda fiyatların yakınsadığını ve bölgesel düzeyde bir entegrasyonun varlığı ifade edilmektedir. Fiyat yakınsamasının özellikle, Haldrup ve Nielsen (2006) bulgularıyla uyumlu olarak, enterkoneksiyonlarda

sıkışıklığın olmadığı normal talep dönemlerinde gerçekleştiği ifade edilmektedir. Haldrup ve Nielsen (2006) 2000-2003 yılları arasındaki dönemde Nord Pool bölgesi elektrik piyasalarının kesirli eştümleşme analizi sonuçlarına göre, piyasa entegrasyonunun iletim ağındaki sıkışıklığa bağlı olduğunu ifade etmekte; sıkışıklığın olmadığı normal talep dönemlerinde eştümleşme ilişkisinin varlığına yönelik kanıt sunmaktadır. Benzer şekilde, Amudsen ve Bergman (2007) de Nord Pool bölgesine dahil Danimarka, İsveç, Finlandiya ve Norveç elektrik piyasalarının elektrik fiyatlarının analizi sonucunda bu piyasaların iyi derecede entegre olduğunu ifade etmektedir. Bununla beraber, üretim teknolojisindeki ve maliyet yapısındaki farklılıkların piyasa entegrasyonu üzerinde etkili faktörler olduğunu da belirtmektedir. Nord Pool elektrik piyasalarının diğer piyasalara göre daha iyi derecede entegre olduğu bulgusu Pineau vd. (2004) ve Balaguer (2011) tarafından da ortaya konulmuştur. Balaguer (2011), ayrıca, İsviçre, Fransa, Almanya ve İtalya elektrik piyasalarında fiyat farklılaşması bulgusuna işaret etmektedir. Lundgren vd.(2008) de Nord Pool bölgesi elektrik piyasalarına odaklanan bir çalışma olarak entegrasyona dahil olan piyasa sayısı arttıkça fiyat dinamiklerinin nasıl değiştiğini araştırmıştır. Bu çalışmada, 1996- 2006 yılları arasındaki fiyat verilerinin analizi sonucunda entegre piyasalarda dışsal şokların ayırık piyasalarda olduğundan daha etkin şekilde idare edildiğini ifade edilmektedir.

De Jonghe vd. (2008) Belçika, Fransa ve Hollanda elektrik piyasalarında ait 2002-2006 yılları arasındaki spot elektrik fiyatlarını, piyasa eşleşmesinin piyasa entegrasyonu üzerindeki etkisine odaklanarak analiz etmiştir. Bulgular, Fransa ve Hollanda arasındaki fiyat farklılıklarının keskin olarak azaldığına işaret etmektedir. Nitsch vd. (2010), Almanya, Avusturya, Fransa ve Hollanda elektrik piyasalarının 2003- 2008 yılları arasındaki dönemi kapsayan hem spot hem futures elektrik fiyatlarını eştümleşme analizi ile çözümlenmiştir. Bulgular, Almanya'nın komşu üç piyasa ile rekabetçi düzeyde iyi derecede ilişkili olduğunu; ve bu piyasaların bir arada entegre bir piyasa oluşturduğunu işaret etmektedir. Bu bağlamda, önceki çalışmalardaki bulgularla da tutarlı olarak coğrafi yakınlığın piyasa entegrasyonunun önemli bir belirleyicisi olduğu ifade edilmektedir. Böckers ve Heimeshoff (2012), Nitsch vd. (2010) metodolojisini, Almanya ile on farklı Avrupa elektrik piyasası arasındaki ilişkiler bağlamında 2004-2011 yıllarını kapsayan fiyat verisi ile

genişletmektedir. İncelenen dönemde fiyatların yakınsamasında belirgin bir artış olmakla birlikte sadece Almanya ve Avusturya'nın ortak fiyat bölgesine dahil olduğu ve tam entegrasyonun 2011 yılı sonu itibariyle sağlanmamış olduğu ifade edilmektedir.

Bosco vd. (2010), Avusturya, Almanya, Fransa, İşpanya, Hollanda ve İşkandinav ülkelerinin 1999- 2007 yılları arasındaki haftalık ortalama elektrik fiyatlarının eştümleşme analizi sonucunda Almanya, Fransa, Avusturya ve Hollanda piyasalarının entegre olduğu; Almanya ve Hollanda piyasalarının güçlü entegre olduğu bulgusuna ulaşmıştır. Bununla birlikte, tam entegrasyon hipotezinin reddedildiği; İşpanya ve İşkandinav bölgesi piyasalarının diğer piyasalarla ortak bir trend paylaşmadığı ifade edilmektedir. Bunun nedeni olarak, bu iki bölgenin farklı elektrik kullanım karakteristiklerine, farklı piyasa işleyişlerine ve kısıtlı enterkoneksiyona sahip olmaları gösterilmektedir. Bunlar dışında kalan, merkez ülkelere ait elektrik piyasalarının güçlü ortak uzun dönem dinamiklerine sahip olduğu ifade edilmektedir. Benzer şekilde, Pinho ve Madaleno (2011) da Avusturya, Almanya, Fransa, İşpanya, Hollanda ve İşkandinav bölgesi elektrik piyasalarının 2000-2009 yılları arasını kapsayan fiyat verilerini dalgacık analizi ile çözümlemiş; tam entegrasyon hipotezini reddetmiştir. Bununla birlikte, merkez Avrupa ülkelerinin (Avusturya, Almanya, Fransa ve Hollanda) yüksek derecede entegre olduğu ancak; Bosco vd. (2010) ile tutarlı biçimde, İşpanya ve İşkandinav bölgesi piyasalarının diğer piyasalarla ortak bir trend paylaşmadığı ifade edilmektedir. Bu bulguya ilişkin gerekçe yine kısıtlı sınır ötesi iletim kapasitesi, piyasalar arasındaki yapısal farklılıklar ve serbestleşme sürecinde bulunulan aşama olarak ifade edilmiştir. Bununla birlikte, 2003 yılındaki ikinci elektrik yönergesinden sonra ortak fiyat dinamiklerine ilişkin olumlu gelişmelerin gözlemlendiği belirtilmektedir.

Bunn ve Gianfreda (2012) ise Almanya, Fransa, İşpanya, Hollanda ve Birleşik Krallık elektrik piyasalarında artan düzeyde entegrasyonun sağlanmakta olduğunu iddia etmektedir. Bu çalışma, 2001-2005 dönemini kapsayan fiyat verilerinin eştümleşme, nedensellik ve etki-tepki analizleri bulgularına dayanmaktadır. Bu çalışmada, önceki çalışmalardan farklı olarak, Almanya- Birleşik Krallık ile Almanya-İşpanya arasındaki entegrasyon bulgusuna dayanarak, piyasa entegrasyonunun sadece coğrafı uygunluk koşuluna bağlı olmadığı ifade edilmektedir. Birleşik Krallık elektrik piyasasının kısıtlı

enterkoneksiyon kapasitesine rağmen iyi derecede entegre olduğu vurgulanmaktadır. Bunun yanı sıra, Nitsch vd. (2010) ve Böckers ve Heimeshoff (2012) ile benzer şekilde, Almanya elektrik piyasasının bölgede önemli bir role sahip olduğu; şokların diğer piyasalara aktarımı bağlamında diğer piyasalarla en fazla derecede entegre durumda olan piyasa olduğu ifade edilmektedir. Hem spot hem de forward elektrik fiyatlarının analiz edildiği çalışmada, forward piyasaların spot piyasalara göre daha yüksek düzeyde entegre olduğuna ilişkin bir bulguya rastlanmamıştır.

Robinson (2008) Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, Birleşik Krallık, İtalya, Portekiz ve İspanya elektrik piyasalarına ait 1978-2003 yılları arası dönemi kapsayan yıllık fiyat verilerini eştümleşme ilişkisi ve beta-yakınsaması için analiz etmiştir. Bu çalışmanın, literatürdeki diğer çalışmalardan farkı toptan satış elektrik fiyatlarının değil perakende satış elektrik fiyatlarının analiz edilmesi ve serilerin frekansının yıllık olmasıdır. Analiz bulgularına göre, fiyat serileri birim kök içermekte ve uzun dönemde yakınsamaktadır.

Nepal ve Jambas (2011) Avusturya, Almanya, Belçika, Hollanda, İrlanda, Birleşik Krallık ve Nord Pool bölgesi elektrik piyasalarının 2008- 2011 yılları arası elektrik fiyatlarını Kalman filtresi kullanarak analiz etmiştir. Zachmann (2008) metodolojisi kullanılarak İrlanda elektrik fiyatlarının diğer piyasaların elektrik fiyatlarıyla yakınsayıp yakınsamadığı araştırılmıştır. Bulgulara göre, İrlanda- Nord Pool ve İrlanda- Birleşik Krallık elektrik fiyatları düşük düzeyde yakınsamakta iken diğer piyasalarla İrlanda arasında yakınsama söz konusu değildir. Çalışmada, buradan hareketle, elektrik piyasalarında entegrasyonun, ortak sınır ve enterkoneksiyon kapasitesi faktörlerine bağlı olduğu ileri sürülmektedir.

Lindström ve Regland (2012) Almanya, Fransa, Hollanda, Birleşik Krallık, İsveç ve Nord Pool elektrik piyasalarına ait 2005-2010 yılları arası spot ve futures elektrik fiyatlarının birlikte hareketi ekstrem olaylara odaklanılarak Markov rejim değişimi (MRS) modelleri ile analiz edilmiştir. Piyasaların çiftler halinde ele alındığı analizlerin sonucunda karşılıklı fiyat ilişkilerinin güçlü-bağımlılık ile bağımsızlık arasında değişkenlik göstermekte olduğu ve bu karşılıklı bağımlılığın her zaman simetrik olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bunn ve Gianfreda'nın (2012) bulgularıyla benzer biçimde, özellikle Almanya

elektrik fiyatlarının İskandinav bölgesi dışında kalan tüm piyasalarla eş zamanlı olarak sıçrama gösterdiği bulgusuna ulaşmıştır. Huismann ve Kılıç (2013) da rejim değişimi modelleri kullanarak 2003- 2010 yılları arasındaki dönem için Belçika, Hollanda, Fransa, Almanya ve Nord Pool spot elektrik piyasalarında fiyat sıçramalarının ve oynaklığın etkisini araştırmıştır. Analiz bulguları parametre tahminlerinin incelenen dönem için yakınsadığını; fiyat sıçramaları ve oynaklığın etkisinin zaman içerisinde azaldığını ortaya koymaktadır.

Autran (2012) Belçika, Hollanda, Fransa, Almanya spot ve futures elektrik piyasalarını 2006-2011 dönemi için analiz etmektedir. Bulgular, bölgesel fiyat yakınsamasına işaret etmekte ancak tam piyasa entegrasyonunun incelenen dönem için sağlanmadığını göstermektedir. Bu çalışmada piyasa entegrasyonu, De Jonghe vd. (2008) ve Nitsch vd. (2010) ile benzer şekilde, piyasa eşleşmesi çerçevesinde ele alınmış ve yakınsamanın kademeli olarak gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Bollino vd. (2013) Avusturya, Almanya, Fransa ve İtalya elektrik piyasalarının 2004-2010 yıllarını kapsayan dönemdeki fiyat verilerini eştümleme ve Granger nedensellik analizleri ile incelemektedir. Nitsch vd. (2010), Böckers ve Heimeshoff (2012), Bunn ve Gianfreda (2010) ve Lindström ve Regland (2012) ile uyumlu olarak Almanya elektrik piyasasının şokların komşu piyasalara aktarımı bağlamında önemli bir role sahip olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte, Almanya'nın Avusturya, Fransa ve İtalya elektrik piyasaları ile güçlü uzun dönem dinamikleri paylaştığı bulgusuna ulaşılmıştır. Diğer yandan, İtalya elektrik piyasasının Creti vd.'nin (2010) bulguları ile tutarlı olarak diğer piyasalardaki fiyat hareketlerinden en az etkilenen piyasa olduğu ileri sürülmektedir. Bunun nedeninin İtalyan elektrik piyasasının, sıkışıklık yönetimi, fiyatlama yapısı gibi özellikler bakımından diğer Avrupa ülkelerinden görece farklılığı olduğu belirtilmektedir.

De Menezes ve Houllier (2016) Birleşik Krallık, Hollanda, Belçika, Fransa, Almanya, İtalya, Nord Pool, İber Yarımadası, ve Çek Cumhuriyeti elektrik piyasalarının 2002- 2013 yılları gün öncesi elektrik fiyatları ile 2007:11 – 2013:3 dönemi ay öncesi elektrik fiyatlarını analiz etmiştir. Kesirli eştümleme analizleri, spot elektrik fiyatlarının eştümleştik olduğunu ve ortalamaya dönen seri özelliği gösterdiğini ortaya koymuştur. Ay

öncesi elektrik fiyatları ise gün öncesi fiyatlara göre daha istikrarlı olmakla birlikte ortalamaya dönen süreç özelliği göstermemektedir. Çalışmada, zamanla artan düzeyde piyasa entegrasyonunun forward piyasalar için geçerli olduğu ancak spot piyasalar için böyle bir bulguya rastlanmadığı ifade edilmektedir. Bu çalışmada da, Pellini'nin (2014) bulgularıyla örtüşen şekilde Avrupa'da tam entegre elektrik piyasasının incelenen dönem itibariyle sağlanmamış olduğuna dikkat çekilmektedir.

Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonu araştıran literatürde ampirik bulgular, incelenen zaman ve bölge bakımından değişkenlik göstermekle birlikte temel birkaç ortak noktaya işaret etmektedir. Öncelikle, Avrupa elektrik piyasalarında tam bir entegrasyona değil, ancak kısmi entegrasyona işaret eden bulgular söz konusudur. Bölgesel düzeyde entegrasyonun özellikle Nord Pool bölgesi ve Merkez- Batı Avrupa bölgesi için sağlandığı yönündeki bulgular dikkat çekmektedir (Armstrong ve Galli, 2005; Boisselau, 2004; Bower, 2002; Balaguer, 2011; Zachmann, 2008; de Jonghe vd., 2008; Autran, 2012; Pellini, 2014; De Menezes ve Houllier, 2016). Bölgesel düzeyde entegrasyon ya da fiyat yakınsaması bulgusunun özellikle, coğrafi yakınlık ve enterkoneksiyon kapasitesindeki artış gibi ticarete elverişlilik ölçütü bağlamında değerlendirilebilecek faktörler ile (de Jonghe vd., 2008, Higgs, 2009; Nepal ve Jamasb, 2011; Pellini, 2014); ve piyasa eşleşmesi ya da elektrik yönergeleri gibi kurumsal veya yasal çerçeveyi uyumlulaştırıcı uygulamalarla (Zachmann, 2008, de Jonghe vd., 2008; Nitsch vd., 2010; Pinho ve Madaleno, 2011) doğru orantılı gelişme gösterdiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, yerel elektrik piyasalarındaki kaynak kompozisyonu, üretim teknolojisindeki ve maliyetlerdeki farklılıklar, piyasa yapısı ve serbestleşme sürecinde bulunulan aşama gibi faktörler tam entegrasyonun sağlanmasının önündeki engeller olarak sıralanmaktadır (Amudsen ve Bergman, 2007; Bosco vd., 2010). Bu bağlamda, literatürde, İskandinav bölgesi elektrik piyasaları ile İber Yarımadası elektrik piyasalarının ortak bir trend paylaşmadıkları (Bosco vd., 2010; Pinho ve Madaleno, 2011); İtalya elektrik piyasasının, piyasa yapısındaki farklılıklar nedeniyle Avrupa'nın geri kalanı ile görece daha az ilişkili olduğu (Creti vd., 2010; Bollino vd., 2013); Almanya elektrik piyasasının, şokların komşu piyasalara aktarımında dominant bir rolü olduğu ve komşu piyasalarla güçlü uzun dönem dinamikleri

paylaştığına (Nitsch vd., 2010; Böckers ve Heimeshoff, 2012; Bunn ve Gianfreda, 2012; Lindström ve Regland, 2012) ilişkin birbirini destekleyen bulgular söz konusudur.

Bu çalışmada, Avrupa ülkelerinde (Almanya/Avusturya, Lüksemburg, Fransa, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık, İtalya, İspanya, Portekiz, İsveç, Norveç, Finlandiya, Danimarka, Estonya, Litvanya, Letonya, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Macaristan, Slovakya) faaliyet gösteren ve toplam ticaret hacminin büyük kısmının gerçekleştiği elektrik borsalarından elde edilen spot elektrik fiyatları zaman serileri analiz edilmiştir. Uzun dönem fiyat ilişkilerinin Johansen vd. (2000) eştümleme yaklaşımı ile çözümlenmesinde 2009:01 – 2016:12 dönemini kapsayan aylık spot elektrik fiyatları; kısa dönem oynaklık aktarımının ve koşullu korelasyonların zamanla değişen yapısının DCC modeli ile çözümlenmesinde ise 2013:01:01- 2016:12:31 dönemini kapsayan günlük spot elektrik fiyatlarından elde edilen getiri serileri kullanılmıştır.

Bu çalışma, piyasa entegrasyonunun test edilmesinde benimsenen uzun dönem ve kısa dönem çözümlene yaklaşımları ile Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonu sorunsalını kapsamlı bir şekilde ele alarak literatüre önemli katkılar sağlamaktadır. Eştümleme yaklaşımlarının kullanıldığı literatürde yapısal kırılmaların dikkate alınmamış olması önemli bir eksiklik olarak göze çarpmaktadır. Yapısal kırılmalar, genel olarak politik değişiklikler, finansal piyasalarda ya da makroekonomik değişkenlerde meydana gelen şoklar neticesinde şekillenmektedir. Eştümleme analizlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmaması testlerin etkinliğini ve güvenilirliğini azaltabilmektedir. Bu çalışmada, uzun dönem fiyat ilişkilerinin incelenmesinde eştümleme analizleri yapısal kırılmaları da içerecek şekilde genişletilmiştir. Analizler, tespit edilen yapısal kırılmaların eştümleme denkleminde kukla değişkenler yoluyla dışsal olarak katılmasına imkân sağlayan bir yaklaşım olan Johansen vd. (2000) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle çalışma, literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Buna ek olarak, Engle (2002) dinamik koşullu korelasyon (DCC) yaklaşımı kullanılarak piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı ve koşullu korelasyonların zamanla değişen yapısı incelenmiştir. DCC yaklaşımı zaman içinde değişen koşullu korelasyonları dikkate alan bir yaklaşım olarak finansal piyasalarda birlikte hareketin zaman içindeki dinamik yapısını yakalayabilmekte (Wang ve Moore, 2008:117); piyasalar arasındaki entegrasyonun derecesine ilişkin dolaylı bir ölçü

sağlamaktadır (Wang ve Moore, 2008:131; Tse ve Tsui, 2002:361). Bu çalışmada, her bir fiyat eşleşme bölgesi DCC yaklaşımı ile analiz edilmiş; bölgeler dâhilindeki piyasalar arasındaki koşullu korelasyonların zamanla değişen yapısı ayrı ayrı incelenmiştir. Bu yönüyle bu çalışma, Avrupa ortak elektrik piyasası hedefine yönelik olarak yürütülen fiyat eşleşme çözümünün etkinliğini de ele alarak literatüre katkı sağlamaktadır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARININ ENTEGRASYONU: KISA DÖNEM YAKLAŞIMI

Bu bölümde, Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyon sorunsalı, piyasalar arası kısa dönem etkileşimlerle karakterize olan ortak piyasa dinamikleri çerçevesinde ele alınmıştır. Bu çerçevede, spot elektrik piyasalarında birlikte hareketin zaman içindeki dinamik yapısı koşullu korelasyonların zaman içindeki değişimi de dikkate alınarak çözümlenmiştir. Bu bölümde, öncelikle kullanılan ekonometrik yöntem açıklanmış daha sonra yöntemin veri setine uygulanması sonucunda elde edilen ampirik bulgular raporlanmıştır. Bölüm, bulguların Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyon sorunsalının piyasalar arası kısa dönem etkileşimlerle karakterize olan ortak piyasa dinamikleri çerçevesinde tartışılması ile son bulmaktadır.

3.1. GİRİŞ

Finansal piyasalarda piyasa entegrasyonunun derecesi, ekonomik ve finansal koşullara bağlı olarak zaman içerisinde değişkenlik gösterir. Rekabetçi elektrik piyasaları finansal piyasalara benzer dinamiklere sahiptir. Bununla birlikte, elektrik piyasalarında, özellikle depolama ve iletim ağı kısıtlarına bağlı olarak şekillenen ve başka piyasalarda görülmeyen türden fiyat dinamiklerine rastlanmaktadır. Rekabetçi elektrik piyasaları, hem fiyat ve oynaklık hem de depolama ve iletim ağı kısıtları nedeniyle komşu piyasalar arasındaki karşılıklı etkileşimlerle karakterize olur. Deregüle elektrik piyasalarının bir amacı da arz ve talep koşullarına piyasaların tepki vermesini sağlamaktır. Bunun bir sonucu olarak rekabetçi ve birbiri ile ilişkili bir piyasa ortamı gelişmektedir. Rekabetçi ve birbiri ile ilişkili bir piyasa ortamında piyasalar arası korelasyonların ve oynaklık aktarımının piyasa entegrasyonunun derecesine ilişkin bir ölçü olduğu düşünülmektedir.

Elektrik piyasalarında oynaklık aktarımını araştıran literatür incelendiğinde piyasalar arası fiyat ve oynaklık etkileşimlerinin piyasa entegrasyonu ile ilişkilendirildiği

görülmektedir (Worthington vd. 2005; Higgs 2009; Bunn ve Gianfreda 2010; Pellini 2014, Efimova ve Serletis 2014). Elektrik piyasalarındaki fiyatların ve/ veya getirilerin dinamik ve dağılımsal özelliklerinin açıklanmasına ilişkin çok sayıda ekonometrik çalışma mevcuttur (Le Pen ve Sevi, 2010). Ancak, reform sonrası Avrupa elektrik piyasalarındaki fiyat dinamiklerine ilişkin çalışmalarda komşu piyasalar arasındaki karşılıklı fiyat etkileşimlerinin çoğunlukla göz ardı edildiği görülmektedir (Bosco vd., 2007). Bununla birlikte, finans literatüründe 1990'ların başından bu yana oynaklığın bir piyasadan diğerine aktarılması üzerine odaklanan çalışmalar dikkat çekmektedir (King vd. 1994, Karolyi ve Stulz 1996, Engle vd. 1990, Lin vd. 1994, Gallo ve Otranto 2008, Goto ve Karolyi 2004, Wang ve Moore 2008, Bhar ve Nikolova 2009, Kim vd. 2005, Gupta vd. 2015, Xiao ve Dhesi 2010).

Finansal piyasalarda olduğu gibi elektrik piyasalarının birlikte hareketi de hem mevsimsel faktörler hem de elektrik piyasalarına özgü kısıtlar nedeniyle dinamik bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla, piyasalar arasındaki ilişki ve etkileşimlerin çözümlenmesinde kullanılan ekonometrik yöntemlerin entegrasyonun zaman içindeki değişken yapısını yakalayabilmesi gerekir (Karolyi ve Stulz, 1996:953; Gupta vd., 2015:710; Kim vd., 2005:2478). Eşitlenme analizleri, uzun dönemde ortak hareketi araştıran yöntemler olarak yüksek frekanslı veri ve görece kısa örneklem dönemleri için anlamlı sonuç üretmekte yetersiz kalabilmektedir (Evans ve McMillan, 2006:2). Bu bakımdan GARCH (Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans) modeli temelli yaklaşımlar finansal entegrasyonun değişken doğasıyla daha uyumlu görünmektedir. GARCH modelleri piyasa oynaklığının varyans- kovaryans aktarım mekanizmasını tahmin edebilmekte ancak bu mekanizmadaki zamanla değişen yapıyı yakalayamamaktadır (Wang ve Moore, 2008:117). GARCH modeli temelli DCC yaklaşımı zaman içinde değişen koşullu korelasyonları dikkate alan bir yaklaşım olarak finansal piyasalarda birlikte hareketin zaman içindeki dinamik yapısını yakalayabilmektedir (Wang ve Moore, 2008:117; Tse ve Tsui, 2002:361).

Bu çalışmada, her bir fiyat eşleşme bölgesi, Engle (2002) DCC-GARCH modeli kullanılarak analiz edilmiş; bölgeler dâhilindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarım mekanizması ve koşullu korelasyonların zamanla değişen yapısı ayrı ayrı incelenmiştir.

3.2. OYNAKLIĞIN MODELLENMESİ

Oynaklık, bir finansal varlığın ya da bir piyasa endeksinin getirisindeki değişkenliğin istatistiksel bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Aslında, oynaklık, riskin istatistiksel bir ifadesidir. Bu nedenle, finansal piyasalarda oynaklığın modellenmesi piyasa katılımcıları açısından büyük öneme sahiptir. Bununla birlikte, oynaklığın zamanla değiştiği ve dönemsel olarak kümelenme eğiliminde olduğu bilinmektedir. Oynaklığın zamanla değişmesi, ilgili zaman serisinin varyansının zamanla değişmesi anlamına gelmekte ve heteroskedastisite olarak adlandırılmaktadır. Diğer taraftan, oynaklık serilerinin otokorele olduğu yani oynaklığın gelecek değerinin, geçmiş değerlerine bağlı olduğu da bilinmektedir. Bu nedenle, oynaklığın kestiriminde sözü geçen bu özellikleri dikkate alan bir modelleme yaklaşımı önem taşımaktadır. Buradan hareketle, 1982’de Engle tarafından geliştirilen ARCH modeli finansal değişkenlerdeki değişken oynaklık yapısının çözümlenmesinde kullanılan temel araç olmuştur. Daha sonra, 1986’da Bollerslev tarafından, ARCH modelinin geliştirilmesi ile oynaklığın zamanla değişen yapısının yanı sıra oynaklık kümelenmesini de yakalamakta kullanılan temel modellerden biri olan tek değişkenli Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) modelleri geliştirilmiştir. Finansal değişkenlerin oynaklığının zaman içerisinde birlikte hareket ettiği ve piyasalar ya da varlıklar arasında oynaklık etkileşimlerinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, tek değişkenli GARCH modelleri çok değişkenli GARCH (MGARCH) modellerine genişletilmiş; böylece, birlikte hareket eden finansal değişkenlerin getirileri arasındaki karşılıklı bağımlılık, kovaryans matrisinin tahmin edilmesi ile çözümlenebilir hale gelmiştir. Ancak, bu modellerin önemli bir dezavantajı, fazla sayıda değişken söz konusu olduğunda boyutu büyüyen kovaryans matrisinin tahmin edilmesinde karşılaşılan problemlerdir.

Finansal piyasalarda, piyasalar ya da finansal varlıklar arasındaki korelasyonlar, hem portföy çeşitlendirmesi ve risk yönetiminde, hem de finansal varlık fiyatlamasında kullanılan önemli birer göstergedir. Bu durum, GARCH modelindeki kovaryans matrisinin ayrıştırılmasına ilişkin yöntemlerin geliştirilmesini gerektirmiştir. GARCH modelindeki kovaryans matrisinin, standart sapmalara ve korelasyonlara ayrıştırılmasında kullanılan yöntemlerden ilki 1990’da Bollerslev tarafından geliştirilen Sabit Koşullu Korelasyon

GARCH modelidir (CCC-GARCH). Bu yaklaşımda, koşullu korelasyonların zaman boyunca sabit olduğu sadece standart sapmaların zamanla değiştiği varsayılmaktadır. Bu yaklaşımın dezavantajı ise koşullu korelasyonların zamanla değişmediği varsayımının her zaman geçerli olmamasıdır. Finansal piyasalardaki veri üretme süreçlerinin dinamik doğası nedeniyle koşullu korelasyonların zamanla değişmediği varsayımı oldukça kısıtlayıcıdır. Engle'in 2002'de geliştirdiği dinamik koşullu korelasyon modelinde (DCC-GARCH), korelasyon matrisi zamanla değişebilen bir yapıdadır. Bu nedenle, finansal piyasalar ya da finansal varlıklar arasındaki ilişkinin zamanla değişen dinamik yapısını yakalayabilmektedir. Bu yaklaşımın diğer bir üstünlüğü ise modelde çok sayıda değişken yer almasının yani tahmin edilecek parametre sayısının çok fazla olmasının optimizasyon açısından bir problem teşkil etmemesidir (Engle 2002: 339). DCC-GARCH modelinin büyük boyutlu kovaryans matrislerinin tahmini karşısındaki performansı Engle ve Sheppard (2001)' de ele alınmaktadır.

3.2.1. Engle (2002) Dinamik Koşullu Korelasyon Modeli

Engle (2002) tarafından önerilen Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC) tahmincileri, tek değişkenli GARCH modellerinin esnekliğine sahipken, çok değişkenli GARCH modellerinin karmaşıklığına sahip olmadıkları için çok sayıda değişken içeren sistemlerin çözümlenmesinde önemli avantajlar sağlamaktadır (Engle 2002:339). Koşullu korelasyonları doğrudan parametreleştiren bir yöntem olan DCC-GARCH modeli iki aşamalı bir tahmin süreci gerektirmektedir. Buna göre, ilk aşamada tek değişkenli GARCH modeli parametreleri; ikinci aşamada ise dinamik koşullu korelasyonlar tahmin edilmektedir. Bu modelin, geleneksel MGARCH modeli karşısındaki en önemli avantajı, ikinci aşamadaki korelasyon tahmin sürecinin, tahmin edilecek parametre sayısından bağımsız olması nedeniyle, çok büyük boyutlu korelasyon matrislerinin tahmin edilmesini mümkün kılmasıdır.

Engle (2002), DCC tahmincilerinin özelliklerini korelasyon modellerinden hareketle şu şekilde açıklamaktadır:

r_1 ve r_2 gibi ortalaması sıfır olan iki rassal değişken arasındaki koşullu korelasyon şu şekilde tanımlanabilir:

$$\rho_{12,t} = \frac{E_{t-1}(r_{1,t} r_{2,t})}{\sqrt{E_{t-1}(r_{1,t}^2)E_{t-1}(r_{2,t}^2)}} \quad (3.1)$$

Bu tanıma göre, koşullu korelasyon geçmiş dönemdeki gerçekleşmeye dayanmaktadır. Olasılık yasaları gereği, korelasyon $[-1, 1]$ aralığında yer almalıdır. Koşullu korelasyon, bu kısıdı, değişkenlerin tüm doğrusal bileşimleri ve geçmişteki bilginin tüm gerçekleştirmeleri için sağlamaktadır.

Koşullu korelasyonlar ile koşullu varyanslar arasındaki ilişkiyi tanımlarken getirileri, koşullu standart sapmaların standartlaştırılmış hatalarla çarpımı şeklinde ifade etmek mümkündür:

$$h_{i,t} = E_{t-1}(r_{i,t}^2), \quad r_{i,t} = \sqrt{h_{i,t}} \varepsilon_{i,t} \quad i = 1, 2; \quad (3.2)$$

Burada, ε her bir seri için ortalaması sıfır varyansı bir olan standartlaştırılmış hataları ifade etmektedir. Buradan hareketle koşullu korelasyon,

$$\rho_{12,t} = \frac{E_{t-1}(\varepsilon_{1,t} \varepsilon_{2,t})}{\sqrt{E_{t-1}(\varepsilon_{1,t}^2)E_{t-1}(\varepsilon_{2,t}^2)}} = E_{t-1}(\varepsilon_{1,t}, \varepsilon_{2,t}) \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edilebilir. Buna göre, koşullu korelasyon, aynı zamanda, standartlaştırılmış hatalar arasındaki koşullu kovaryansa da eşittir.

Bu durumda, getirilerin kovaryans matrisi şu şekilde ifade edilebilir:

$$E_{t-1}(r_t r_t') \equiv H_t \quad (3.4)$$

Koşullu korelasyonların tahmininde çok sayıda tahminci önerilmiştir. Engle (2002) çok değişkenli GARCH modellerinin bu amaçla kullanılmasını önermektedir. Bu modellerde, çeşitli spesifikasyonlar mümkün olmakla birlikte, yaygın olarak kullanılan formülasyonda, varyanslar ve kovaryanslar, verinin, kareler ve çapraz çarpımlardan oluşan doğrusal kombinasyonları şeklinde ifade edilmektedir. Bu ifadenin en genel biçimi ise Engle ve Kroner (1995) tarafından önerilen *vec* modelidir. **Vec** modeli, $vec(H_t)$ olarak ifade edilen tüm kovaryans ve varyans vektörlerini parametreleştirmektedir.

Birinci mertebeden $vec(H_t)$ şu şekilde ifade edilmektedir:

$$vec(H_t) = vec(\Omega) + A vec(r_{t-1}r_{t-1}') + B vec(H_{t-1}) \quad (3.5)$$

Burada, A ve B , $n^2 \times n^2$ boyutlu matrislerdir. Bu modelde, H matrisinin pozitif tanımlı olmasını garantilememek için ilave kısıtlamalar gerekmektedir. Bu ilave kısıtlamalar, Engle ve Kroner (1995) tarafından önerilen BEKK temsili yardımıyla türetilir.

Birinci mertebeden BEKK şu şekilde ifade edilmektedir:

$$H_t = \Omega + A(r_{t-1}r_{t-1}')A' + B H_{t-1}B' \quad (3.6)$$

BEKK modelleri, uzun dönem varyans-kovaryans matrisinin, örneklem kovaryans matrisi olduğu, varyans hedefleme kısıtlamasına tabi olarak tahmin edilebilir. Bu kısıt, maksimum benzerlik tahmincisinden (MLE) yalnızca sonlu örneklerde farklılaşmakla birlikte, parametre sayısını azaltır ve genellikle performansı artırır. Eşitlik (3.5)'teki vec modeli için bu durum şu şekilde ifade edilebilir:

$$vec(\Omega) = (I - A - B)vec(S), \quad S = \frac{1}{T} \sum_t (r_t r_t') \quad (3.7)$$

Bu ifade, skalar ve diyagonal BEKK durumunda basitleşmektedir. Örneğin, skalar BEKK durumunda kesme parametresi şu biçimi alacaktır:

$$\Omega = (1 - \alpha - \beta)S \quad (3.8)$$

Engle (2002), Bollerslev (1990) sabit koşullu korelasyon (CCC) tahmincisinin bir genelleştirmesi olarak görülebilecek yeni bir MGARCH tahmincisi önermektedir.

Bollerslev (1990) CCC modelinde H matrisi şu şekildedir:

$$H_t = D_t R D_t, \quad D_t = diag \left\{ \sqrt{h_{i,t}} \right\} \quad (3.9)$$

Burada, R koşullu korelasyonlardan oluşan korelasyon matrisini ifade etmektedir.

Diğer bir ifade ile $\varepsilon_t = D_t^{-1} r_t$ olduğundan $E_{t-1}(\varepsilon_t \varepsilon_t') = D_t^{-1} H_t D_t^{-1} = R$ olacaktır.

Burada, h' 'nin ifadesi tek değişkenli GARCH modeli olarak düşünülebilir. Bununla birlikte, bu modeller, başka değişkenlerin fonksiyonlarını da dışsal değişkenler olarak içerebilecektir. Burada, standartlaştırılmış hataların koşulsuz korelasyon matrisi, R' 'nin basit bir tahminini verecektir.

Engle'in dinamik koşullu korelasyon modeli, Bollerslev'in sabit koşullu korelasyon modelinden sadece R' 'nin zamanla değişebilir bir yapıda olması yönüyle farklılaşmaktadır.

Engle (2002) DCC modelinde H matrisi şu şekildedir:

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (3.10)$$

Burada, R_t koşullu korelasyonlardan oluşan korelasyon matrisini ifade etmektedir. R' 'nin parametreleştirilmesi, H' 'deki parametreleştirmelerle benzeri gerekliliklere sahiptir. Aradaki tek fark, R' 'deki koşullu varyansların bire eşit olma zorunluluğu olmamasıdır.

Korelasyon matrisinin spesifikasyonunda GARCH(1,1) modeli kullanılırsa,

$$q_{i,j,t} = \bar{\rho}_{i,j} + \alpha (\varepsilon_{i,t-1} \varepsilon_{j,t-1} - \bar{\rho}_{i,j}) + \beta (q_{i,j,t-1} - \bar{\rho}_{i,j}) \quad (3.11)$$

elde edilir. Burada, $\bar{\rho}_{i,j}$, $\varepsilon_{i,t}$ ile $\varepsilon_{j,t}$ arasındaki koşulsuz korelasyonu ifade etmektedir.

Buradan hareketle, eşitlik (3.11) şu şekilde yeniden düzenlenebilir:

$$q_{i,j,t} = \bar{\rho}_{i,j} \left(\frac{1-\alpha-\beta}{1-\beta} \right) + \alpha \sum_{s=1}^{\infty} \beta^{s-1} \varepsilon_{i,t-s} \varepsilon_{j,t-s} \quad (3.12)$$

Burada $q_{i,j,t}$ 'lerin ortalaması $\bar{\rho}_{i,j}$ 'ye eşit olacak ve ortalama varyans bir olacaktır.

$$q_{i,j,t} \cong \bar{\rho}_{i,j} \quad (3.13)$$

Böylece korelasyon tahmincisi,

$$\rho_{i,j,t} = \frac{q_{i,j,t}}{\sqrt{q_{i,i,t} q_{j,j,t}}} \quad (3.14)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Korelasyon matrisi de, $q_{i,j,t}$ elemanlarından oluşan kovaryans matrisi Q_t gibi pozitif tanımlıdır. Eşitlik (3.14)'teki ifadede, payın beklenen değeri $\bar{\rho}_{i,j}$ ve paydadaki her bir terimin beklenen değeri birdir. Bu model, $\alpha + \beta < 1$ koşulu sağlandığı sürece ortalamaya dönen süreç özelliği göstermektedir.

Model, matris notasyonu ile şu şekilde ifade edilebilir:

$$Q_t = S(1 - \alpha - \beta) + \alpha(\varepsilon_{t-1}\varepsilon'_{t-1}) + \beta Q_{t-1} \quad (3.15)$$

Burada S epsilonların koşulsuz korelasyon matrisini ifade etmektedir.

Dikkat edilirse, koşulsuz momentler, örneklem korelasyon matrisine göre belirlendiği sürece, korelasyonun parametreleştirilmesinde daha karmaşık pozitif tanımlı MGARCH modelleri kullanılabileceği açıkça görülebilir. Örneğin, Ding ve Engle (2001)'de önerilen MGARCH parametreleştirilmesi birinci mertebeden model için şu şekildedir:

$$Q_t = S \circ (u' - A - B) + A \circ \varepsilon_{t-1}\varepsilon'_{t-1} + \beta \circ Q_{t-1} \quad (3.16)$$

Burada, u' birim vektör, \circ ise Hadamard çarpımını ifade etmektedir. Ding ve Engle (2001) eğer A , B ve $(u' - A - B)$ pozitif yarıtanımlı ise Q_t 'nin de pozitif yarıtanımlı olduğunu ve eğer bu matrislerden her hangi biri pozitif tanımlı ise Q_t 'nin de pozitif tanımlı olacağını göstermektedir.

DCC modeli, aşağıdaki istatistiksel spesifikasyon ile formüle edilebilir:

$$\begin{aligned} r_t |_{=_{t-1}} &\sim N(0, D_t R_t D_t), \\ D_t^2 &= \text{diag}\{\omega_i\} + \text{diag}\{\kappa_i\} \circ r_{t-1} r'_{t-1} + \text{diag}\{\lambda_i\} \circ D_{t-1}^2 \\ \varepsilon_t &= D_t^{-1} r_t \\ Q_t &= S \circ (u' - A - B) + A \circ \varepsilon_{t-1}\varepsilon'_{t-1} + B \circ Q_{t-1} \\ R_t &= \text{diag}\{Q_t\}^{-1} Q_t \text{diag}\{Q_t\}^{-1} \end{aligned} \quad (3.17)$$

İlk eşitlikteki normallik varsayımı benzerlik fonksiyonu ima etmektedir. Bu varsayım olmaksızın da tahmincinin QML (Quasi-Maximum Likelihood) yorumu geçerli olmaya devam edecektir. İkinci varsayım, her serinin tek değişkenli GARCH özelliği sergilediğini ima etmektedir.

Bu tahmincinin log benzerlik fonksiyonu şu şekilde ifade edilebilir:

$$r_t |_{=_{t-1}} \sim N(0, H_t),$$

$$\begin{aligned} L &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left(n \log(2\pi) + \log |H_t| + r_t' H_t^{-1} r_t \right) \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left(n \log(2\pi) + \log |D_t R_t D_t| + r_t' D_t^{-1} R_t^{-1} D_t^{-1} r_t \right) \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left(n \log(2\pi) + 2 \log |D_t| + \log |R_t| + \varepsilon_t' R_t^{-1} \varepsilon_t \right) \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left(n \log(2\pi) + 2 \log |D_t| + r_t' D_t^{-1} R_t^{-1} D_t^{-1} r_t - \varepsilon_t' \varepsilon_t + \log |R_t| + \varepsilon_t' R_t^{-1} \varepsilon_t \right) \end{aligned} \quad (3.18)$$

Bu model parametreleri üzerinden kolaylıkla maksimize edilebilir. Bununla birlikte, bu formülasyonun amaçlarından biri kovaryans matrisinin boyutunun büyük olması halinde de modelin tahminini kolaylaştırmaktır.

D matrisindeki parametreler θ ile ve R matrisindeki parametreler ϕ ile gösterilirse, oynaklık ve korelasyon bileşenlerinden oluşan log-benzerlik fonksiyonu şu şekilde yazılabilir:

$$L(\theta, \phi) = L_v(\theta) + L_c(\theta, \phi) \quad (3.19)$$

Burada, oynaklık bileşeni,

$$L_v(\theta) = -\frac{1}{2} \sum_t \left(n \log(2\pi) + \log |D_t|^2 + r_t' D_t^{-2} r_t \right) \quad (3.20)$$

ve korelasyon bileşeni ise,

$$L_c(\theta, \phi) = -\frac{1}{2} \sum_t \left(\log |R_t| + \varepsilon_t' R_t^{-1} \varepsilon_t - \varepsilon_t' \varepsilon_t \right) \quad (3.21)$$

şeklindedir.

Dikkat edilirse, burada, benzerlik fonksiyonunun oynaklık bileşeni bireysel GARCH benzerliklerinin toplamıdır:

$$L_v(\theta) = -\frac{1}{2} \sum_t \sum_{i=1}^n \left(\log(2\pi) + \log(h_{i,t}) + \frac{r_{i,t}^2}{h_{i,t}} \right) \quad (3.22)$$

Bu benzerlik fonksiyonu, her terimin ayrı ayrı maksimizasyonu ile bileşik olarak maksimize edilebilir.

Benzerlik fonksiyonunun ikinci bileşeni korelasyon parametrelerinin tahmininde kullanılmaktadır. Kalıntı kareler bu parametrelere bağlı olmadığı için birinci sıra koşullara katılmaz ve göz ardı edilebilirler.

Eğer (3.14)'teki eşitlikte ortalamaya dönen süreç koşulu geçerli ise elde edilen tahminci DCC LL MR olarak adlandırılır.

Benzerlik fonksiyonunun maksimizasyonundaki iki adımlı yaklaşımda, θ parametresinin tahmini şu şekilde elde edilmektedir:

$$\hat{\theta} = \arg \max \{L_v(\theta)\} \quad (3.23)$$

Buradan elde edilen $\hat{\theta}$ değeri ikinci adımda doğrudan kullanılmaktadır.

$$\max_{\phi} \{L_c(\hat{\theta}, \phi)\} \quad (3.24)$$

Düzenlilik koşulları altında, ilk adımdaki tutarlılık ikinci adımın tutarlılığını sağlayacaktır. İkinci adımın maksimumu ilk adımdaki parametre tahminlerinin bir fonksiyonu olacağından eğer birinci adım tutarlı ise fonksiyon gerçek parametrelerin bulunduğu bölgede sürekli oldukça ikinci adım da tutarlı olacaktır.

3.3. VERİ SETİ

Analizlerde kullanılan veri seti, Fransa, Almanya/Avusturya^{*}, İsviçre, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık, İspanya, Portekiz, İtalya, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Macaristan, Slovakya, Danimarka, İsveç, Norveç, Finlandiya, Estonya, Litvanya, Letonya elektrik borsalarına ait 2013- 2016 yılları arası günlük spot elektrik fiyatlarını içermektedir.

EPEXSPOT, Fransa, Almanya/Avusturya ve İsviçre; APX, Hollanda, Birleşik Krallık[†] ve Belçika (Belpex)[‡]; OMIE, İspanya ve Portekiz; NordPool, Danimarka, İsveç, Norveç, Finlandiya; GME İtalya ve OTE Çek Cumhuriyeti'nde faal olan elektrik borsalarıdır.

Verilerin analize hazırlanmasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

- Birleşik Krallık elektrik borsasına ait fiyat serileri, Avrupa Merkez Bankası günlük döviz kuru serisi kullanılarak Euro'ya dönüştürülmüştür.
- Logaritmik fark getiri serilerinin elde edilebilmesi için negatif fiyatların elimine edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, fiyat serileri kullanılarak bir endeks hesaplanmış böylece serinin varyansı değiştirilmeksizin negatif fiyatlar elimine edilmiştir. Endeks hesaplanırken her bir serinin kendi ortalamasından farkı alınarak 100 ile toplanmıştır.
- Getiri serileri, $r_t = \log(p_t / p_{t-1})$ eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.
- Tüm getiri serilerinin durağan olduğu Schmidt- Phillips birim kök testi kullanılarak doğrulanmıştır (Tablo 4.1).

Ülke gruplama kriteri olarak fiyat eşleşme bölgeleri (PCR) temel alınmıştır. Buna göre analiz Baltık, İskandinav, CEE, CSE, CWE, FUI, SWE olmak üzere 7 bölge için ve oynaklığın ilgili bölge dâhilindeki piyasalar arasındaki aktarımının ve piyasa çiftleri arasındaki korelasyonların zamanla değişen dinamik yapısının araştırılmasına yönelik olarak tasarlanmıştır.

^{*}Lüksemburg, Almanya içinde bir fiyat bölgesi olarak Almanya/Avusturya'nın dahil olduğu EPEXSPOT içinde değerlendirilmektedir.

[†]Birleşik Krallık verilerine İngiltere'ye ek olarak İskoçya ve Galler dahildir.

[‡] 2016 yılının sonunda EPEX ve APX, EPEXSPOT adı altında birleşmiştir.

Tablo 3.1. Betimsel istatistikler

	r_t^{BE}	r_t^{CZ}	r_t^{CH}	$r_t^{DE/AT}$	r_t^{ES}	r_t^{FR}	r_t^{HU}	r_t^{ITA}	r_t^{PL}	r_t^{PR}	r_t^{SK}	r_t^{UK}
Ortalama	0.00030	0.00071	0.00070	-0.00004	0.00041	0.00024	0.00071	0.00016	0.00007	0.00042	0.00070	0.00013
Medyan	-0.01376	-0.02987	-0.01972	-0.02820	-0.00067	-0.01994	-0.01159	-0.00684	-0.00681	0.00045	-0.02975	-0.00273
Max.	3.21585	1.03411	1.62802	1.22577	0.92116	2.11338	1.31812	0.70821	1.53820	0.84589	1.57853	2.83554
Min.	-3.70397	-0.81828	-0.97491	-0.96810	-1.16090	-1.30938	-1.56834	-0.71975	-2.10447	-1.15140	-0.91128	-2.17999
Std. Sapma	0.27739	0.25455	0.20816	0.26512	0.19868	0.24059	0.24626	0.13790	0.19870	0.18829	0.26616	0.16803
Çarpıklık	-0.77583	0.65301	0.97205	0.55199	0.09963	1.26994	0.14258	0.43819	-0.11662	0.01976	0.74387	1.60630
Basıklık	52.0342	3.86068	6.95279	4.64752	5.64088	11.80053	6.38584	6.39122	23.1676	5.19253	4.75204	95.5302
Jarque-Bera	146411.3	148.8268	1180.419	239.262	426.682	5103.94	702.335	746.331	24746.1	292.532	321.3862	521473.1
p-değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Schmidt-Phillips	-26.6112	-18.6889	-30.9926	-42.4669	-31.1315	-38.4109	-34.9214	-45.5770	-34.3318	-30.2393	-20.1442	-49.2809
p-değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gözlem sayısı	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460

Tablo 3.1. Betimsel istatistikler (Devam)

	r_t^{EE}	r_t^{DK}	r_t^{FI}	r_t^{LT}	r_t^{LV}	r_t^{NO}	r_t^{NP}	r_t^{SE}
Ortalama	-0.00015	-0.00006	-0.00014	-0.00004	-0.00013	-0.00014	-0.00012	-0.00016
Medyan	-0.00835	-0.01123	-0.01138	-0.00490	-0.00291	-0.00231	-0.00616	-0.00682
Max.	2.08012	0.97701	1.73328	1.68528	1.69531	0.92112	1.03569	1.19180
Min.	-2.32265	-1.13371	-1.57410	-1.38257	-1.39077	-1.34116	-1.47471	-1.48439
Std. Sapma	0.21967	0.21061	0.20651	0.20875	0.20367	0.09196	0.10881	0.14923
Çarpıklık	0.15809	0.23078	0.58874	0.33808	0.35843	-1.18420	-0.68785	0.05198
Basıklık	22.9573	5.27263	11.9601	13.9026	15.3248	43.8068	35.6007	16.9112
Jarque-Bera	24235.7	327.156	4968.27	7258.93	9271.90	101640.7	64769.3	11773.3
p-değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Schmidt-Phillips	-37.0125	-33.2688	-35.0165	-40.1744	-38.6393	-28.6262	-29.4251	-27.8745
p-değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gözlem sayısı	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460

3.4. AMPRİK BULGULAR

Bu kısımda açıklanan bulgular, VAR(1,1)- DCC-MGARCH(1,1) iskeletine sahip olan modelin dirençli standart hatalar kullanılarak tahmin edilen parametre tahminleridir. Tüm bölgelere ilişkin Tse-CC testi sonuçları, korelasyonların zaman içerisinde değiştiğini doğrulamaktadır. Bu nedenle, oynaklık aktarım mekanizmasının çok değişkenli GARCH modeli ile tahmininde korelasyonların zamanla değişmesine izin veren DCC yaklaşımının kullanılması uygundur. Bununla birlikte, VAR(1,1)- DCC-MGARCH(1,1) iskeleti, hata terimlerindeki serisel korelasyon ve değişen varyansın ortadan kaldırılmasında yetersiz kalmış; bu nedenle tahmin sürecinde Newey –West dirençli standart hatalar kullanılmıştır.

Tablo 3.2’de Merkez- Batı Avrupa (CWE) fiyat eşleşme bölgesi bulguları raporlanmıştır. CWE bölgesi için, Fransa elektrik piyasası dışında kalan tüm piyasalarda getirilerinin bir gün gecikmeli değerleri güncel getiriler üzerinde anlamlı etkiye sahiptir. Almanya, Belçika İsviçre ve Hollanda spot elektrik piyasaları için güncel getirideki artış, ertesi günün getirisinde azalışa neden olmaktadır. Önceki günün getirisi ile güncel getiri arasındaki bu negatif ilişki, arz-talep dengesindeki öngörülemeyen hataların ertesi gün piyasa mekanizması tarafından düzeltildiği yönünde yorumlanabilir. Buradan hareketle, elde edilen bu bulgu, Örümcek Ağı (Cobweb) teoreminin* elektrik piyasasının karakteristiklerine uyarlanmasıyla açıklanabilir. Elektriğin depolanamayan bir ürün olduğu ve sistem bileşenlerinin zarar görmemesi için arz ve talebin sürekli dengede olması gerekliliği göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu bulgu, gerçekleşen talep ile tahmin edilen talep arasında oluşabilecek öngörülemeyen farkların piyasa mekanizması yoluyla düzeltildiğini ima ediyor olabilir. Cobweb Teoremi, üreticilerin, arz miktarını belirlerken, belirlenen miktarın piyasada hangi fiyattan satılacağını bilmedikleri durumda fiyat, arz ve

* Cobweb teoreminin teorik temeli, Schultz, Tinbergen ve Ricci tarafından ve birbirlerinden bağımsız olarak şekillendirilmiştir. Her üç yazar da benzer bir fikri takiben ardışık fiyat ve üretim ayarlanmalarının arz ve talep eğrileri üzerindeki hareketini incelemiştir. Schultz’un analizinde sadece yakınsayan (istikrarlı) denge; Tinbergen’in analizinde hem yakınsayan hem de iraksayan denge; Ricci’nin analizinde ise yakınsayan denge, iraksayan (istikrarsız) denge ve kararsız denge incelenmektedir. Daha sonra Kaldor, Leontief ve Ezekiel Cobweb teoremin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur (Ezekiel, 1938).

talepteki salınımları açıklamaktadır. Cobweb Teoremine göre, arzın esnekliği talebin esnekliğini aşıyorsa arz ile talep arasında denge sağlanamayacaktır. Elektrik talebinin kısa dönemde yüksek derecede inelastik olduğu bilinmektedir. Arz ise üretimde kullanılan birincil kaynağın elverişliliği ölçüsünde talepteki değişimlere göre ayarlanabilmektedir. Örneğin, esnek olmayan birincil kaynaklarla gerçekleştirilen üretim düşük taleple karşılaştığında piyasada negatif fiyatlara rastlanabilmektedir. Diğer yandan, olağan dışı hava koşulları veya endüstrinin fiziksel fonksiyonlarındaki aksaklıklar neticesinde oluşan yüksek talep dönemlerinde tüketiciler talep ettikleri elektrik miktarını düşürmezler. Bu durum fiyatlarda ani yükselme ve sıçramalara yol açar. Bununla birlikte, elektrik talebinin fiyattaki değişimler karşısındaki inelastik yapısı bölgeler arası iletim ağı kapasite kısıtlarıyla birleşince yüksek talep dönemlerinde fiyat sıçramalarını ve dolayısıyla oynaklığı şiddetlendirebilmektedir. Tüm bunlara rağmen, elektrik piyasasında arz ve talebin daima dengede olması gerekmektedir. Bu nedenle, gün öncesi piyasalarda oluşan dengesizlikler, gün içi piyasalarda ve dengeleme piyasalarında giderilmektedir.

Her bir piyasanın ortalama getirisi ile diğer piyasaların bir gün gecikmeli getirileri arasındaki ilişkiyi ifade eden parametrelerin 20’de 14’ü anlamlı tahmin edilmiştir. Buna göre, Fransa spot elektrik piyasasındaki oynaklık, Almanya, Belçika, İsviçre ve Hollanda spot elektrik piyasalarına pozitif yönlü olarak aktarılmaktadır. Bununla birlikte, Fransa elektrik piyasası da Belçika, İsviçre ve Hollanda elektrik piyasalarındaki getiri oynaklığından etkilenmektedir. Belçika ve İsviçre elektrik piyasalarındaki oynaklık, Fransa elektrik piyasasındaki getiri oynaklığına ters yönde etki etmektedir. Getiri oynaklığının bu şekildeki ters yönlü aktarımının bir nedeni olarak Belçika ve Fransa arasındaki talep geçişkenliği düşünülebilir. Bu bağlamda, Fransa elektrik piyasası, Belçika’ya göre daha geniş bir pazara sahiptir. Büyük pazarların, küçük pazarların mallarına yönelik talep esnekliği düşük; küçük pazarların, büyük pazarların mallarına yönelik talep esnekliği yüksektir. Bu nedenle, Fransa’nın Belçika elektriğine olan talep esnekliğinin, Belçika’nın Fransa elektriğine olan talep esnekliğinden daha düşük olması beklenir. Fransa, Almanya ve Hollanda elektrik piyasalarındaki gibi daha fazla ihracatçı daha az ithalatçı konumda olan ülkelerde belirlenen fiyatlar uluslararası pazarda daha etkilidir. Aksine, Belçika ya da İsviçre elektrik piyasalarında olduğu gibi daha küçük pazara sahip ve daha fazla ithalatçı

konumda olan ülkeler ise fiyat alıcıdır. Fransa-Belçika ilişkisinde elde edilen bulgular bu çerçevede açıklanabilir. Belçika fiyat alıcıdır; Fransa'da ya da Hollanda'da fiyatlar arttığında Belçika'da da fiyatlar ve dolayısıyla getiriler artar. Fransa fiyat alıcı değildir; Fransa'daki elektrik fiyatları, Fransa'nın söz konusu konumu sürdükçe, Belçika elektrik fiyatlarından etkilenmeyebilir. Bu durumda, Belçika'da elektrik fiyatları yükselse bile Fransa'da düşük kalmaya devam edecektir. Diğer yandan, Belçika elektriğine olan talep esnekliği düşük olduğu için Belçika'dan ithal edilen elektriğin iletim maliyetleri nedeniyle (enterkoneksiyonlardaki sıkışıklığa bağlı olarak değişen maliyetler) de Fransa'da getirilerin düşmesi ile karşılaşılabilir. Bununla beraber, Fransa'da fiyatlar ve dolayısıyla getiriler yükselirken, Belçika pahalı Fransız elektriği yerine, iç pazarın talebi karşılamadığı varsayımı altında, örneğin daha ucuz olan Hollanda elektriğini tercih edebilecektir. Bu nedenle Fransa'daki getiri değişimlerinin Belçika'daki getiri değişimleri üzerindeki etkisi pozitif yönlü bir ilişkiye işaret etmektedir. Hollanda elektrik piyasasındaki oynaklık ise Fransa elektrik piyasasına pozitif yönlü olarak aktarılmaktadır. Merkez- Batı Avrupa bölgesinde, Fransa elektrik piyasası ile Hollanda, İsviçre ve Belçika elektrik piyasaları arasında çift yönlü Granger tipi bir nedensellik söz konusudur. Bununla birlikte, Almanya ile Fransa arasında Fransa'dan Almanya'ya doğru tek yönlü nedensellik söz konusudur.

Fransa ve Almanya gibi büyük pazarlar arasındaki ilişkide ihracatçı ülkenin fiyat davranışı diğer ülkenin getirilerini etkileyecektir. Diğer bir deyişle, örneğin Fransa'da elektrik fiyatları arttığında Almanya iç pazarında da fiyatlar ve dolayısıyla getiriler artacaktır. Almanya elektrik piyasasındaki getiri değişimlerini tetikleyen iki ülkeden biri Fransa iken diğeri Hollanda'dır. Hollanda elektrik piyasasındaki getiri oynaklığı Almanya'da pozitif yönlü oynaklığa neden olmaktadır. Bununla birlikte, Almanya'daki oynaklık ise sadece İsviçre'de pozitif yönlü bir oynaklığa neden olmaktadır. İsviçre ve Hollanda, ithal ettikleri elektriğinin büyük kısmını Almanya'dan sağlamaktadır. Hollanda-Belçika ve Belçika-İsviçre arasında da çift yönlü bir ilişki varken, Hollanda- İsviçre arasında tek yönlü nedensel bir ilişki söz konusudur. Hollanda elektrik piyasasındaki oynaklık, İsviçre ve Belçika elektrik piyasalarındaki oynaklığı pozitif yönlü olarak etkilemektedir. Belçika elektrik piyasasındaki oynaklık ise Hollanda elektrik piyasasındaki oynaklığı ters yönlü etkilemektedir. Buradaki durum da Fransa-Belçika arasındaki duruma

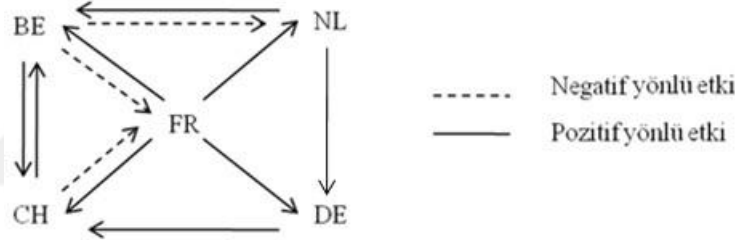
benzer şekilde, pazar payları ve talep esneklikleri ile açıklanabilir. İsviçre elektrik piyasası ile Belçika elektrik piyasası arasında karşılıklı ve pozitif yönlü bir oynaklık aktarımı söz konusudur. Burada açıklanan oynaklık aktarım mekanizması Şekil 3.1’de görselleştirilmiştir.

Tablo 3.2. CWE bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

	FR	DE/AT	BE	CH	NL
<i>Ortalama Denklemi:</i>					
α_0	0.0080 (0.0536)	0.0075 (0.1236)	0.0007 (0.6740)	0.0019 (0.4479)	0.0031 (0.2291)
α_1	-0.0574 (0.1091)	0.2217 (0.0000)	0.3320 (0.0000)	0.3947 (0.0000)	0.0888 (0.0000)
α_2	0.0336 (0.2460)	-0.1858 (0.0000)	0.0105 (0.4675)	0.2217 (0.0000)	0.0270 (0.1080)
α_3	-0.0373 (0.0406)	-0.0293 (0.1055)	-0.0640 (0.0019)	0.0229 (0.0610)	-0.0511 (0.0000)
α_4	-0.0566 (0.0754)	-0.0570 (0.1348)	0.0479 (0.0039)	-0.0934 (0.0000)	-0.0090 (0.5893)
α_5	0.1340 (0.0077)	0.1261 (0.0341)	0.7553 (0.0000)	0.2638 (0.0000)	-0.2425 (0.0000)
<i>Varyans Denklemi:</i>					
β_0	0.0012 (0.0007)	0.0004 (0.0002)	0.0001 (0.003)	0.0003 (0.001)	0.0008 (0.003)
β_1	0.0920 (0.000)	0.1463 (0.000)	0.2830 (0.000)	0.1614 (0.000)	0.0906 (0.000)
β_2	0.8956 (0.000)	0.8228 (0.000)	0.8158 (0.000)	0.8486 (0.000)	0.8662 (0.000)
Süreçgenlik	0.9876	0.9691	1.0988	1.0100	0.9568
<i>DCC parametreleri:</i>					
θ_1	0.0369 (0.000)				
θ_2	0.9615 (0.000)				
<i>TseCC- test</i>	29.6900 (0.0009)				
<i>LnL</i>	4648.9719				
<i>Q-stat</i>	846.9306 (0.0000)				
<i>ARCH-LM</i>	2673.91 (0.0000)				

Not: Parantez içi değerler p-değerleridir. TseCC- test: sabit koşulu korelasyon varsayımının test edilmesi ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$).

Bu bulgulardan hareketle, CWE bölgesindeki tüm piyasaların kısa dönem oynaklık aktarımları yoluyla birbirleriyle etkileşim halinde olduğu görülmektedir. Bölge içerisindeki oynaklık aktarım mekanizması, tüm piyasa çiftleri arasında karşılıklı bir etkileşim söz konusu olmamakla birlikte, bölge dâhilindeki tüm piyasaları birbirine bağlayan bir ağ yapısına sahiptir (Şekil 3.1). Oynaklık aktarımlarının bu yapısı incelendiğinde, Fransa'nın ve Almanya'nın bölgede dominant bir role sahip olduğu görülmektedir. Fransa elektrik piyasası, kısa dönem oynaklık aktarımı yoluyla bölgedeki diğer piyasalarla en fazla etkileşim halinde olan piyasa olarak görülmektedir. Bununla birlikte, Almanya elektrik piyasası bölgedeki diğer piyasalarda meydana gelen getiri oynaklığından en az etkilenen piyasadır. Almanya elektrik piyasası sadece Fransa ve Hollanda'da meydana gelen getiri şoklarından etkilenmektedir.



Şekil 3.1. CWE bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı

Modelin varyans denklemindeki ARCH ve GARCH parametrelerinin tümü anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.2). CWE bölgesindeki tüm piyasalar için GARCH etkisinin ARCH etkisinden büyük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, her bir piyasa için, önceki dönem oynaklık şoklarının, oynaklığın gelecek değeri üzerindeki etkisinin, önceki dönem haber (inovasyon) etkisinden daha büyük olduğudur. Spot elektrik piyasalarının en önemli karakteristiklerinden biri de oynaklıktaki kümelenme eğilimidir. Oynaklık kümelenmesi, spot fiyatlardaki büyük değişimleri büyük değişimlerin, küçük değişimleri ise küçük değişimlerin takip ettiği bir oynaklık yapısını ifade etmektedir. Bu, bugünkü oynaklık şoklarının gelecekte beklenen oynaklığı etkileyeceği anlamına gelmektedir. Tahmin edilen GARCH parametreleri ile ARCH parametrelerinin toplamı süreçgenlik olarak ifade edilmekte ve söz konusu toplamın biri aşması halinde oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Belçika ve İsviçre haricinde kalan tüm piyasalar için

süreçlilik katsayıları birden küçük ancak birde oldukça yakın bir değer olarak tahmin edilmiştir. Bunun anlamı oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olamamakla birlikte hızlıca yok olan bir yapıya da sahip olmamasıdır. Belçika ve İsviçre için süreçlilik katsayısı birin üzerinde tahmin edilmiştir. Bunun anlamı, spot elektrik piyasasındaki günlük getirileri etkileyen şoklar sonucunda meydana gelen yüksek oynaklığın azalmadığı yani şokların etkisinin koşullu oynaklık üzerinde kalıcı bir etkiye sahip olduğudur.

Modelin zamanla değişen korelasyon yapısını ifade eden DCC parametreleri pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir. DCC parametrelerinin toplamının birden küçük olması dinamik koşullu korelasyonların ortalamaya dönen süreç özelliği taşıdığını göstermektedir. θ_2 parametresi dinamik koşullu korelasyonlardaki süreçlilik düzeyini ifade etmekte ve θ_1 parametresine göre daha yüksek bir değer olarak tahmin edilmektedir. Bu parametrenin birde eşit olması korelasyon yapısının dinamik değil sabit olduğunun yani zamanla değişmediğinin göstergesidir. Ancak buradaki yorumda, DCC yaklaşımının sabit korelasyonları tahmin etmediğine, yani CCC modelinin DCC modelinde yuvalanmadığına, dikkat etmek gerekmektedir. Diğer yandan, θ_1 parametresi ise dinamik koşullu korelasyonlardaki yenileşimleri ifade etmektedir. Bu parametrenin 0.1 veya 0.2 gibi yüksek bir değer olarak tahmin edilmesi korelasyon matrisindeki ani değişimlere işaret etmektedir. CWE bölgesi için θ_1 ve θ_2 parametreleri sırasıyla, 0.03 ve 0.96 olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.2). Bu bulgu, dinamik koşullu korelasyonlardaki süreçlilik düzeyinin yüksek olduğuna ve korelasyon matrisinde ani değişimlere fazla rastlanmadığına işaret etmektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)

Şekil 3.2. CWE bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar

Tablo 3.3. CWE bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

<i>2016 öncesi</i>		<i>2016</i>	
<i>korelasyon katsayısı</i>		<i>korelasyon katsayısı</i>	
$\rho_{FR,DE}$	0.81	$\rho_{FR,DE}$	0.74
$\rho_{FR,BE}$	-0.001	$\rho_{FR,BE}$	0.47
$\rho_{FR,CH}$	-0.055	$\rho_{FR,CH}$	0.52
$\rho_{FR,NL}$	0.71	$\rho_{FR,NL}$	0.30
$\rho_{DE,BE}$	-0.03	$\rho_{DE,BE}$	0.34
$\rho_{DE,CH}$	-0.07	$\rho_{DE,CH}$	0.46
$\rho_{DE,NL}$	0.67	$\rho_{DE,NL}$	0.23
$\rho_{BE,CH}$	0.18	$\rho_{BE,CH}$	0.59
$\rho_{BE,NL}$	0.05	$\rho_{BE,NL}$	0.18
$\rho_{CH,NL}$	-0.05	$\rho_{CH,NL}$	0.18

İki piyasa arasındaki dinamik koşullu korelasyonların zaman içerisindeki hareketini gösteren grafikler incelendiğinde CWE bölgesi için Fransa ve Hollanda; Almanya ve Fransa ile Almanya ve Hollanda arasındaki ilişkiler hariç, 2016 yılının başları itibariyle korelasyonlarda yükselme gözlenmektedir (Şekil 3.2). 2016 yılı öncesi ve sonrasına ait korelasyon katsayıları da bu gözlemi doğrulamaktadır (Tablo3.3). Bununla birlikte Fransa ve Hollanda ile Almanya ve Hollanda arasındaki dinamik korelasyonlar 2016 yılı itibariyle düşmüştür. Fransa ve Almanya arasındaki dinamik korelasyonlarda ise 2016 yılının son çeyreği itibariyle düşüş gözlenmektedir. Bunun nedeni, Fransa’da 2016’nın yazında başlayan ve son çeyreğine kadar süren nükleer güvenlik testleri olduğu düşünülmektedir. Süreç boyunca Fransa nükleer üretim kapasitesini 1/3 oranında düşürmüştür. Bunun sonucunda Fransa’nın elektrik fiyatlarında önemli miktarda yükselme meydana gelmiştir. Özellikle Aralık ayında gerçekleşen yüksek fiyatlar Fransa’nın son 5 yılda ilk kez net ithalatçı konumuna gelmesine sebep olmuştur. Düşük nükleer üretim kapasitesi kullanımı sonucunda hem Fransa hem de Belçika elektrik piyasalarında fiyatların yükselmesi CWE bölgesi içindeki fiyat farklılıklarını arttırmıştır. 2015 yılında Belçika-Fransa arasındaki elektrik ticaretinde Fransa net ihracatçı konumunda iken 2016’nın ilk çeyreği itibariyle Belçika net ihracatçı konumuna gelmiştir. Benzer şekilde, Fransa ve Almanya arasındaki

elektrik ticaretinde 2015 yılında Fransa, Almanya karşısında net ihracatçı konumda iken 2016'nın ilk çeyreği itibariyle Almanya'ya ihraç edilen elektrik miktarında ciddi düşüşler gözlenmiştir. Benzer şekilde, 2016 yılının ilk çeyreği itibariyle Hollanda da, Belçika karşısında net ihracatçı konuma gelmiştir. Bununla birlikte, Almanya ve Hollanda arasındaki ticari ilişkide Almanya'nın net ihracatçı pozisyonu 2016 yılında da devam etmektedir. Ancak, 2016 yılının son birkaç haftasında Almanya'da da nükleer kapasite, vergi politikasındaki düzenlemeler nedeniyle planların altında kullanılmıştır. 2016 yılının son iki ayında Almanya'da yenilenebilirlerden elde edilen elektrik üretimi de önceki yılın aynı dönemine göre düşüş göstermiştir. Nükleer ve yenilenebilir elektrik üretimindeki bu azalma kömür ve doğalgaz kaynaklı üretimle ikame edilmek zorunda kalmıştır. 2016'nın son çeyreğinde hem kömür hem de doğalgaz fiyatları yükselmiş; bu da marjinal üretim maliyetlerinin artmasına ve fiyatların yükselmesine neden olmuştur. Bununla birlikte 2016'nın son çeyreğinde Avrupa genelindeki hidroelektrik kapasitesi de mevsim normallerinin altında gerçekleşmiştir. Tüm bu sebeplerle toptan satış elektrik fiyatları geçmiş yıllara göre daha yüksek gerçekleşmiştir. Genel itibariyle, CWE bölgesinde 2016 yılının son çeyreğinde gözlenen yüksek fiyatların sebebi piyasaya özgü değil elektrik üretimindeki kullanılabilir birincil kaynak kompozisyonuna bağlı olarak gerçekleşmiştir.* Piyasalararası dinamik koşullu korelasyonların zaman içindeki seyrini gösteren grafiklerde 2016 yılının başında gözlenen yükselmenin sebebi CWE bölgesinde 2015 yılında uygulamaya konulan Akım-Temelli Sıkışıklık Yönetimi (FBCM: Flow-based Congestion Management) uygulamasının bir sonucu olabileceği düşünülmektedir. Ancak bazı piyasa ikilileri arasında görülen düşüşler piyasa işleyişine özgü nedenlerle değil yukarıda açıklanan birincil kaynak kompozisyonundan kaynaklı yüksek fiyatlar nedeniyle şekillenmiştir.

Tablo 3.4 Merkez- Güney Avrupa (CSE) fiyat eşleşme bölgesi bulgularını göstermektedir. Fransa, Almanya ve İtalya elektrik piyasalarını içeren CSE bölgesi için,

* Avrupa elektrik piyasalarına ilişkin bu bilgilere, Avrupa Komisyonu'nun yayınladığı çeyrek yıllık elektrik piyasası raporlarında hem bölgesel hem de ulusal düzeyde detaylı olarak yer verilmektedir (Bkz. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis>).

Fransa dışında, tüm piyasaların getirilerinin bir gün gecikmeli değerleri güncel getiriler üzerinde anlamlı etkiye sahiptir. Hem Almanya hem de İtalya elektrik piyasalarında oynaklık takip eden güne ters yönlü olarak aktarılmaktadır. Geçmiş günün getiri oynaklığı ile güncel oynaklık arasındaki bu negatif ilişki, arz-talep dengesindeki öngörülemez hataların ertesi gün fiyat mekanizması yoluyla düzeltildiği söylenebilir. Bu da uzun dönemde oynaklığın kümelenmesi ile gözlemlenebilmektedir.

Her bir piyasanın ortalama getirisi ile diğer piyasaların bir gün gecikmeli getirileri arasındaki ilişkiyi ifade eden parametrelerin 9'da 5'i anlamlı tahmin edilmiştir. Buna göre, Fransa elektrik piyasasındaki oynaklık, Almanya elektrik piyasasına pozitif yönlü olarak aktarılmaktadır. Ancak, Almanya'daki getiri oynaklığının Fransa üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Fransa elektrik piyasasındaki oynaklığın, İtalya elektrik piyasasına aktarımı pozitif yönlü iken İtalya elektrik piyasasındaki oynaklığın Fransa elektrik piyasasına aktarımında ters yönlü bir nedensel ilişki söz konusudur.

Fransa piyasası İtalya'ya göre daha geniş bir pazara sahiptir. Bu nedenle, Fransızların İtalyan elektriğine olan talep esneklikleri İtalyanların Fransız elektriğine olan talep esnekliğinden daha yüksektir. Bu durumda, İtalya'da elektrik fiyatları yükselse dahi bölgede ihracatçı konumunda olan Fransızların talebi değişmeyeceğinden Fransa elektrik piyasasındaki getiri değişimleri ile İtalya elektrik piyasasındaki getiri değişimleri arasında İtalya'dan Fransa'ya doğru negatif bir ilişki söz konusu olabilecektir. Diğer yandan, İtalya'nın ithal ettiği elektriğin büyük kısmı Fransa'dan ve İsviçre'den sağlanmaktadır. İtalya'da elektrik fiyatlarının yükselmesi Fransa elektrik talebi üzerinde bir değişime neden olmazken, Fransa'da yükselen elektrik fiyatları karşısında İtalya elektrik ithalatında İsviçre'yi tercih edeceğinden Fransa'da İtalya'ya doğru olan oynaklık aktarımının pozitif yönlü olması beklenecektir.

Bununla birlikte, Almanya'dan İtalya'ya doğru olan getiri oynaklığı aktarımında ise, Almanya'dan İtalya'ya doğru pozitif yönlü; İtalya'dan Almanya'ya doğru negatif yönlü bir ilişki söz konusudur. Avusturya elektrik piyasası, Almanya elektrik piyasası içerisinde bir fiyat bölgesi olarak kabul edilmektedir. Bu durum, İtalya ile Almanya arasında Avusturya üzerinden gerçekleşen fiziki bağlantıyı da sağlamaktadır. Diğer yandan, Alman elektrik

piyasaının, İspanya ve Birleşik Krallık gibi doğrudan fiziki bağlantısı bulunmayan piyasalarda da kısa dönem oynaklık aktarımı yoluyla etkili olduğu bulgusuna ulaşan ampirik çalışmalar bulunmaktadır (Bunn ve Gianfreda, 2012; Le Pen ve Sevi 2010).

Tablo 3.4. CSE bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

	FR	DE/AT	ITA
<i>Ortalama Denklemi:</i>			
α_0	0.0114 (0.0024)	0.0101 (0.0057)	-0.0001 (0.9394)
α_1	0.0066 (0.8888)	0.3099 (0.0000)	0.2033 (0.0002)
α_2	-0.0342 (0.3353)	-0.2597 (0.0000)	0.0696 (0.0605)
α_3	-0.2496 (0.0000)	-0.2726 (0.0012)	-0.2268 (0.0000)
<i>Varyans Denklemi:</i>			
β_0	0.0017 (0.1067)	0.0087 (0.1745)	0.0014 (0.0710)
β_1	0.0899 (0.0887)	0.2119 (0.0005)	0.1800 (0.0007)
β_2	0.8732 (0.0000)	0.6545 (0.0000)	0.7115 (0.0000)
Süreçlik	0.9631	0.8664	0.8915
<i>DCC parametreleri:</i>			
θ_1	0.0455 (0.0000)		
θ_2	0.9507 (0.0000)		
<i>TseCC- test</i>	17.0556 (0.0006)		
<i>LnL</i>	1847.1173		
<i>Q-stat</i>	462.37146 (0.0000)		
<i>ARCH-LM</i>	381.29 (0.0000)		

Not: Parantez içi değerler p-değerleridir. TseCC- test: sabit koşulu korelasyon varsayımının test edilmesi ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$).

Bu bulgulardan hareketle, CSE bölgesindeki tüm piyasaların kısa dönem oynaklık aktarımları yoluyla birbirleriyle etkileşim halinde olduğu görülmektedir (Şekil 3.3). Bölge

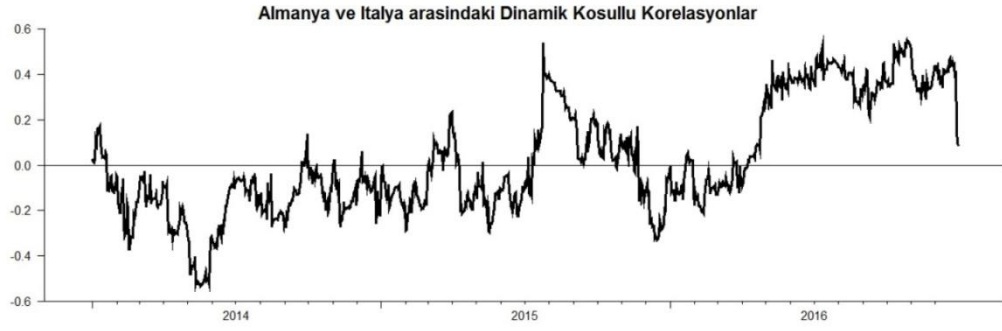
içerisindeki oynaklık aktarım mekanizması, tüm piyasa çiftleri arasında karşılıklı bir etkileşim söz konusu olmamakla birlikte, bölge dâhilindeki tüm piyasaları birbirine bağlayan bir ağ yapısına sahiptir. Oynaklık aktarımlarının bu yapısı incelendiğinde, Fransa'nın ve Almanya'nın bölgede büyük pazar olmalarından kaynaklanan etkiler görülmektedir. Fransa ve Almanya karşısında İtalya'nın fiyat alıcı bir konuma sahip olduğu görülmektedir. Fransa elektrik piyasası, kısa dönem oynaklık aktarımı yoluyla bölgedeki tüm diğer piyasalarla en fazla etkileşim halinde olan piyasa olarak görülmektedir. Bununla birlikte, Almanya elektrik piyasası bölgedeki diğer piyasalarda meydana gelen getiri oynaklığından en az etkilenen piyasadır.



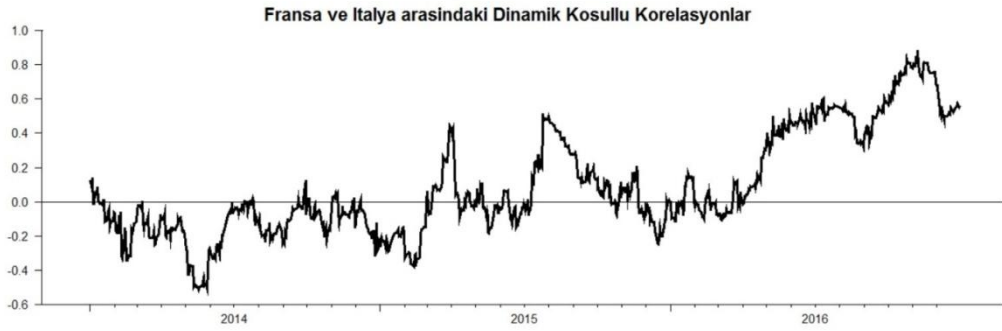
Şekil 3.3. CSE bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı

Modelin varyans denklemindeki ARCH ve GARCH parametrelerinin tümü anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.4). CSE bölgesindeki tüm piyasalar için GARCH etkisinin ARCH etkisinden büyük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, her bir piyasa için, önceki dönem oynaklık şoklarının, oynaklığın gelecek değeri üzerindeki etkisinin, önceki dönem haber etkisinden daha büyük olduğudur. Tüm piyasalar için süreğenlik katsayıları birden küçük ancak özellikle Fransa için bire oldukça yakın bir değer olarak tahmin edilmiştir. Bunun anlamı, oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olamamakla birlikte oldukça yavaş kaybolan bir yapıya sahip olmasıdır.

Modelin zamanla değişen korelasyon yapısını ifade eden DCC parametreleri pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir. DCC parametrelerinin toplamının birden küçük olması dinamik koşullu korelasyonların ortalamaya dönen süreç özelliği taşıdığını göstermektedir. CSE bölgesi için θ_1 ve θ_2 parametreleri sırasıyla, 0.04 ve 0.95 olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.4). Bu bulgu, dinamik koşullu korelasyonlardaki süreğenlik düzeyinin yüksek olduğuna ve korelasyon matrisinde ani değişimlere fazla rastlanmadığına işaret etmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.4. CSE bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar

İki piyasa arasındaki dinamik koşullu korelasyonların zaman içerisindeki hareketini gösteren grafikler incelendiğinde CSE bölgesi için, Fransa ve Almanya arasındaki ilişki hariç, 2016 yılının başları itibariyle korelasyonlarda yükselme gözlenmektedir (Şekil 3.4). 2016 yılı öncesi ve sonrasına ait korelasyon katsayıları da bu gözlemi doğrulamaktadır. Bununla birlikte, Fransa ve Almanya arasındaki dinamik korelasyonlarda 2016 yılının sonu itibariyle sert bir düşüş gözlenmektedir. Bunun nedeni, daha önce ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, düşük nükleer kapasite; mevsim normallerinin altında seyreden hidroelektrik kapasitesi ve kömür ve doğalgaz fiyatlarının yükselmesi sonucunda yükselen marjinal üretim maliyetleri sonucunda şekillenen yüksek fiyatlar ve bununla bağlantılı olarak değişen ihracat-ithalat yapısıdır. Fransa-İtalya arasındaki dinamik korelasyonlarda 2016 yılının Ağustos-Eylül ve Kasım-Aralık döneminde düşüş gözlenmektedir. İtalya'nın net ithalatçı konumu 2016 yılının kış aylarında olağan mevsimsel seyrinin altında kalmıştır. Bunun nedeni, Fransa'daki yüksek elektrik fiyatları dolayısıyla İtalya'ya ihraç edilen elektrikteki azalmadır. 2016'nın Aralık ayında Fransa'dan ithal edilen elektrik miktarı son birkaç yıldaki en düşük seviyesine ulaşmıştır. Fransa, İtalya'nın elektrik ithalatında önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle, CWE bölgesi genelinde ve Fransa özelinde gerçekleşen yüksek fiyatlar İtalya'da da fiyatların yükselmesinde etkili olmuştur.

Diğer yandan, 2016 öncesi ve 2016 yılı korelasyon katsayılarının karşılaştırılması sonucunda, İtalya elektrik piyasasının Almanya ve Fransa ile olan ilişkisinde artış gözlenmektedir (Tablo 3.5). İtalya elektrik piyasası, piyasa yapısı ve işleyişi bakımından çevre ülkelerin elektrik piyasasından farklı özelliklere sahiptir. Bu bağlamda, farklı piyasa gereksinimlerine sahip bölgeleri tek bir algoritma altında birleştiren ve ulusal farklılıklardan doğan etkisizlikleri minimize etmeyi amaçlayan PCR uygulamasının piyasa eşleşmesi üzerindeki olumlu etkisi olarak yorumlanmaktadır.

Tablo 3.5. CSE bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

<i>2016 öncesi</i>		<i>2016 yılı</i>	
<i>korelasyon katsayısı</i>		<i>korelasyon katsayısı</i>	
$\rho_{FR,DE}$	0.79	$\rho_{FR,DE}$	0.75
$\rho_{FR,IT}$	0.03	$\rho_{FR,IT}$	0.49
$\rho_{DE,IT}$	0.08	$\rho_{DE,IT}$	0.24

Tablo 3.6 Merkez- Doğu Avrupa (CEE) fiyat eşleşme bölgesi bulgularını göstermektedir. Almanya, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Macaristan ve Slovakya elektrik piyasalarını içeren CEE bölgesi için, Polonya, Macaristan ve Slovakya elektrik piyasalarının günlük getirilerinin bir gün gecikmeli değerleri güncel getiriler üzerinde anlamlı etkiye sahiptir. Polonya, Macaristan ve Slovakya elektrik piyasalarında oynaklık takip eden güne ters yönlü olarak aktarılmaktadır. Geçmiş günün getirisi ile güncel getiri arasındaki bu negatif ilişki, arz-talep dengesindeki öngörülemez hataların ertesi gün fiyat mekanizması yoluyla düzeltildiği söylenebilir. Bu da uzun dönemde oynaklığın kümelenmesi ile gözlemlenebilmektedir.

Her bir piyasanın ortalama getirisi ile diğer piyasaların bir gün gecikmeli getirileri arasındaki ilişkiyi ifade eden parametrelerin 20’de 10’u anlamlı tahmin edilmiştir. Buna göre, Almanya elektrik piyasasındaki oynaklık, Çek Cumhuriyeti elektrik piyasasına pozitif yönlü olarak; Çek Cumhuriyeti elektrik piyasasındaki oynaklık ise Almanya elektrik piyasasına ters yönlü olarak aktarılmaktadır. Çek Cumhuriyeti ile Macaristan elektrik piyasaları arasında karşılıklı ve pozitif yönlü nedensel bir ilişki söz konusudur. Tek yönlü nedensel ilişkiler ise Almanya’nın kısa dönem oynaklık aktarımında bölgede dominant bir role sahip olduğuna işaret etmektedir. Almanya elektrik piyasasından Polonya, Macaristan ve Slovakya elektrik piyasalarına doğru pozitif yönlü bir oynaklık aktarımı söz konusudur. Almanya’dan sonra, bölgedeki oynaklık aktarımındaki rolü bakımından Çek Cumhuriyeti öne çıkmaktadır. Çek Cumhuriyeti elektrik piyasasındaki getiri oynaklığı, Polonya ve Slovakya piyasalarındaki oynaklığa pozitif yönde etki etmektedir. Son olarak, Macaristan elektrik piyasasındaki getiri oynaklığının Slovakya

elektrik piyasasındaki oynaklığı, yine pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Burada açıklanan oynaklık aktarım mekanizması Şekil 3.5’de görselleştirilmiştir.

Tablo 3.6. CEE bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

	DE/AT	CZ	PL	HU	SK
<i>Ortalama Denklemi:</i>					
α_0	0.0100 (0.0690)	0.0044 (0.3344)	0.0019 (0.1569)	0.0065 (0.0380)	0.0051 (0.3090)
α_1	-0.0637 (0.2800)	0.8050 (0.0000)	0.2787 (0.0000)	0.5502 (0.0000)	0.7861 (0.0000)
α_2	-0.1567 (0.0129)	-0.0460 (0.2058)	0.0971 (0.0000)	0.2581 (0.0000)	0.4227 (0.0000)
α_3	-0.0362 (0.3444)	-0.0177 (0.5948)	-0.2863 (0.0000)	0.0416 (0.3327)	-0.0188 (0.5044)
α_4	0.0880 (0.3125)	0.0410 (0.0400)	0.0287 (0.2986)	-0.3197 (0.0000)	0.0906 (0.0000)
α_5	0.0084 (0.8993)	-0.0573 (0.1776)	-0.0115 (0.6869)	-0.0888 (0.4914)	-0.5754 (0.0000)
<i>Varyans Denklemi:</i>					
β_0	0.0470 (0.0000)	0.0016 (0.0389)	0.0004 (0.0235)	0.0029 (0.0506)	0.0020 (0.0433)
β_1	0.4243 (0.0008)	0.2158 (0.0191)	0.4133 (0.0000)	0.2000 (0.0001)	0.2151 (0.0102)
β_2	0.0184 (0.7844)	0.8035 (0.0000)	0.6925 (0.0000)	0.7792 (0.0000)	0.7959 (0.0000)
Süreçgenlik	-	1.0193	1.1058	0.9792	1.111
<i>DCC parametreleri:</i>					
θ_1	0.0647(0.0000)				
θ_2	0.9344(0.0000)				
<i>TseCC- test</i>	80.6266 (0.0000)				
<i>LnL</i>	5104.9460				
<i>Q-stat</i>	913.2845 (0.0000)				
<i>ARCH-LM</i>	1715.90 (0.0000)				

Not: Parantez içi değerler p-değerleridir. TseCC- test: sabit koşulu korelasyon varsayımının test edilmesi ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$).

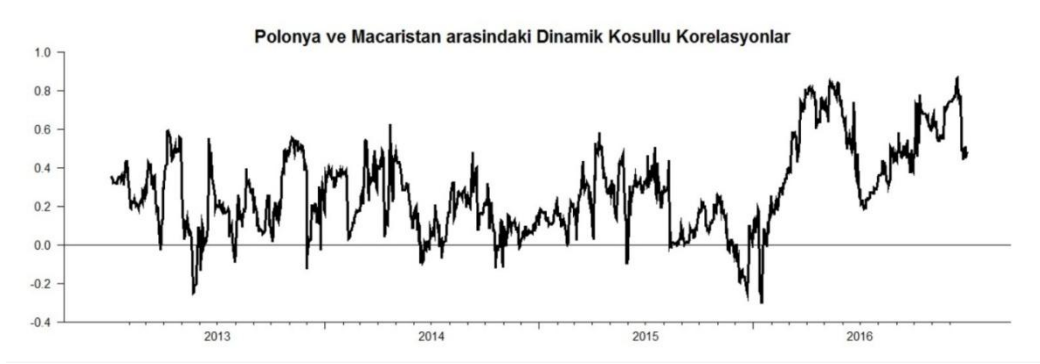
Modelin zamanla değişen korelasyon yapısını ifade eden DCC parametreleri pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.6). DCC parametrelerinin toplamının birden küçük olması dinamik koşullu korelasyonların ortalamaya dönen süreç özelliği taşıdığını göstermektedir. CEE bölgesi için θ_1 ve θ_2 parametreleri sırasıyla, 0.06 ve 0.93 olarak tahmin edilmiştir. Bu bulgu, dinamik koşullu korelasyonlardaki süreğenlik düzeyinin yüksek olduğuna ve korelasyon matrisinde ani değişimlere fazla rastlanmadığına işaret etmektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



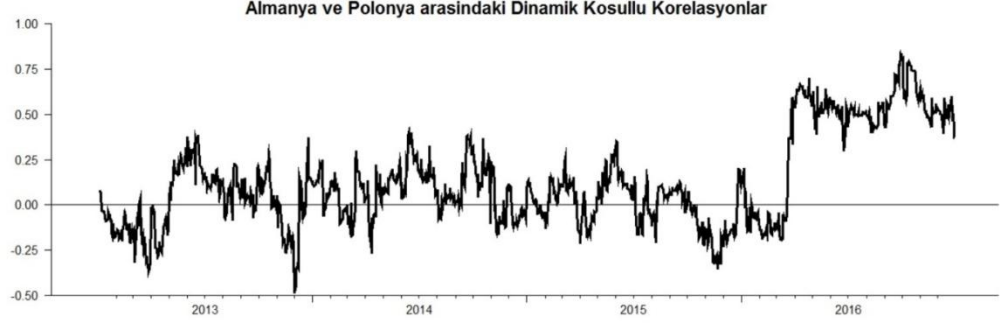
(f)



(g)



(h)



(i)



(j)

Şekil 3.6. CEE bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar

İki piyasa arasındaki dinamik koşullu korelasyonların zaman içerisindeki hareketini gösteren grafikler incelendiğinde, CEE bölgesi için genel olarak 2016 yılının başında korelasyonlarda ani bir yükselme gözlenmektedir (Şekil 3.6). Düzeyde gerçekleşen bu yükselme 2016 yılı boyunca bazı dalgalanmalar gösterse de düzey değerinde ciddi bir değişiklik gözlenmemektedir. 2016 yılı öncesi ve sonrasına ait korelasyon katsayıları da bu gözlemi doğrulamaktadır (Tablo 3.6). Bununla birlikte, piyasa çiftleri arasında, 2016 yılındaki sert düşüşler CWE bölgesindeki yüksek fiyatlarla ilişkilendirilmektedir. Özellikle Fransa'daki düşük nükleer kapasite; bölge genelinde mevsim normallerinin altında seyreden hidroelektrik kapasitesi ve kömür ve doğalgaz fiyatlarının yükselmesi sonucunda yükselen marjinal üretim maliyetleri piyasa fiyatlarının yükselmesine neden olmuş; bu da piyasalar arasındaki ihracat-ithalat yapısını mevcut koşullara göre yeniden şekillendirmiştir.

CWE bölgesindeki yüksek fiyatlar, Almanya'nın ucuz yenilenebilir elektriğinin CEE bölgesindeki piyasalardan Fransa'ya kaymasına neden olmuş; böylece CEE bölgesi piyasaları çoğunlukla kendi iç pazarlarının olanakları ile yetinmek zorunda kalmıştır. CEE bölgesinde birincil kaynak kompozisyonu, katı yakıtlar ve nükleer enerji lehinde bir dağılıma sahiptir. Bununla birlikte, Romanya ve Balkanlar'dan sağlanan ucuz hidroelektrik sayesinde, 2016 yılının son çeyreğinde CEE bölgesindeki fiyat artışı CWE bölgesine kıyasla ılımlı bir düzeyde kalmıştır. Diğer yandan, bölge genelinde 2016 yılının Ekim ayının mevsim normallerinden daha soğuk geçmiş olmasının etkisi de koşullu korelasyonların zaman içindeki seyrinde gözlenmektedir.

Tablo 3.7. CEE bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

	<i>2016 öncesi korelasyon katsayısı</i>		<i>2016 korelasyon katsayısı</i>
$\rho_{DE,CZ}$	0.02	$\rho_{DE,CZ}$	0.46
$\rho_{DE,HU}$	0.03	$\rho_{DE,HU}$	0.36
$\rho_{DE,PL}$	0.03	$\rho_{DE,PL}$	0.41
$\rho_{DE,SK}$	0.02	$\rho_{DE,SK}$	0.46
$\rho_{CZ,HU}$	0.33	$\rho_{CZ,HU}$	0.82
$\rho_{CZ,PL}$	0.41	$\rho_{CZ,PL}$	0.57
$\rho_{CZ,SK}$	0.85	$\rho_{CZ,SK}$	0.95
$\rho_{HU,SK}$	0.42	$\rho_{HU,SK}$	0.85
$\rho_{HU,PL}$	0.20	$\rho_{HU,PL}$	0.50
$\rho_{SK,PL}$	0.40	$\rho_{SK,PL}$	0.58

Tablo 3.8 Güney- Batı Avrupa (SWE) fiyat eşleşme bölgesi bulgularını göstermektedir. Fransa, İspanya ve Portekiz elektrik piyasalarını içeren SWE bölgesi için, tahmin edilen modelde Portekiz elektrik piyasalarının gecikmeli değeri ortalama denkleminin VAR iskeletinden dışlanmıştır. Bunun nedeni, İspanya ve Portekiz elektrik fiyatlarının çok küçük oynamalar göz ardı edildiğinde bire bir aynı seyretmesidir. Bu nedenle, Almanya-Avusturya ilişkisinde olduğu gibi, İspanya- Portekiz ilişki de tam entegre kabul edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, Fransa elektrik piyasalarında günlük

getirilerin bir gün gecikmeli değerleri güncel getiriler üzerinde anlamlı etkiye sahip değildir. İspanya elektrik piyasasında ise oynaklık takip eden güne ters yönlü olarak aktarılmaktadır.

Tablo 3.8. SWE bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

	FR	ES	PR
<i>Ortalama Denklemi:</i>			
α_0	0.0087 (0.0305)	0.0066 (0.0376)	0.0067 (0.0304)
α_1	-0.0233 (0.5326)	0.2515 (0.0001)	0.2470 (0.0000)
α_2	-0.1882 (0.0000)	-0.1342 (0.0002)	-0.1332 (0.0001)
<i>Varyans Denklemi:</i>			
β_0	0.0008 (0.2096)	0.0007 (0.4671)	0.0005 (0.4439)
β_1	0.0828 (0.0218)	0.1863 (0.0387)	0.1707 (0.0169)
β_2	0.9103 (0.0000)	0.8159 (0.0000)	0.8277 (0.0000)
Süreçgenlik	0.9931	1.0022	0.9984
<i>DCC parametreleri:</i>			
θ_1	0.0539 (0.0177)		
θ_2	0.9429 (0.0000)		
<i>TseCC- test</i>	14.7309 (0.0020)		
<i>LnL</i>	4238.9237		
<i>Q-stat</i>	469.8125 (0.0000)		
<i>ARCH-LM</i>	398.94 (0.0000)		

Not: Parantez içi değerler p-değerleridir. TseCC- test: sabit koşulu korelasyon varsayımının test edilmesi ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$).

Her bir piyasanın ortalama getirisi ile diğer piyasaların bir gün gecikmeli getirileri arasındaki ilişkiyi ifade eden parametrelerin tamamı anlamlı tahmin edilmiştir. Buna göre, Fransa elektrik piyasasındaki oynaklık, İspanya elektrik piyasasına pozitif yönlü olarak aktarılmakta; ancak İspanya'daki oynaklığının Fransa'ya aktarımı ters yönlü

gerçekleşmektedir. Fransa elektrik piyasasındaki oynaklık, Portekiz’de pozitif yönlü oynaklığa neden olmaktadır. İspanya elektrik piyasasındaki oynaklık ise Portekiz piyasasında ters yönlü oynaklığa neden olmaktadır. Dikkat edilirse, bu etki büyüklük ve yön bakımından İspanya’nın kendi oynaklığına tepkisi ile neredeyse aynıdır (Tablo 3.8). Fransa ve İspanya arasındaki ticari ilişki de Fransa net ihracatçı pozisyonundadır. Daha önceki bölgelere ilişkin bulgularda rastlanan, büyük pazardan küçük pazara doğru pozitif yönlü fakat küçük pazardan büyük pazara doğru negatif yönlü aktarılan getiri oynaklığı mekanizması bu bölge için de geçerlidir. Burada açıklanan oynaklık aktarım mekanizması Şekil 3.7’de görselleştirilmiştir.



Şekil 3.7. SWE bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı

Bu bulgulardan hareketle, SWE bölgesindeki tüm piyasaların kısa dönem oynaklık aktarımları yoluyla birbirleriyle etkileşim halinde olduğu görülmektedir (Şekil 3.7). Bölge içerisindeki oynaklık aktarım mekanizması, Fransa ve İspanya arasındaki ilişki karşılıklı olmakla birlikte, bölgedeki piyasaları birbirine bağlayan bir ağ yapısına sahiptir. Oynaklık aktarımlarının bu yapısı incelendiğinde, Fransa’nın bölgedeki büyük pazar olmasından kaynaklanan etkiler görülmektedir. Fransa’nın net ihracatçı konumu ve Fransa karşısında İspanya’nın fiyat alıcı bir konuma sahip olduğu görülmektedir.

Modelin varyans denklemindeki ARCH ve GARCH parametrelerinin tümü anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.8). SWE bölgesindeki tüm piyasalar için GARCH etkisinin ARCH etkisinden büyük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, her bir piyasa için, önceki dönem oynaklık şoklarının, oynaklığın gelecek değeri üzerindeki etkisinin, önceki dönem haber etkisinden daha büyük olduğudur. İspanya hariç, tüm piyasalar için süreğenlik katsayıları birden küçük ancak bire oldukça yakın bir değer olarak tahmin edilmiştir. Bunun

anlamı, bu piyasalarda oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olamamakla birlikte hızlıca yok olan bir yapıya da sahip olmamasıdır. Diğer yandan, İspanya elektrik piyasasında, şokların oynaklık üzerindeki etkisi geçici değildir.



(a)



(b)



©

Şekil 3.8. SWE bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar

Modelin zamanla değişen korelasyon yapısını ifade eden DCC parametreleri pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.8). DCC parametrelerinin toplamının birden küçük olması dinamik koşullu korelasyonların ortalamaya dönen süreç özelliği taşıdığını göstermektedir. SWE bölgesi için θ_1 ve θ_2 parametreleri sırasıyla, 0.05 ve 0.94 olarak tahmin edilmiştir. Bu bulgu, dinamik koşullu korelasyonlardaki süreğenlik düzeyinin yüksek olduğuna ve korelasyon matrisinde ani değişimlere fazla rastlanmadığına işaret etmektedir.

Fransa ve İspanya arasındaki elektrik ticareti, inşası Şubat 2015’te tamamlanan ve 2015 yılının son çeyreğinde ticari operasyona başlayan iletim hattı ile sağlanmaktadır. Dolayısıyla buradaki ticaret katı iletim hattı kapasitesi ile sınırlıdır. Bununla birlikte, piyasalar arasındaki koşullu dinamik korelasyonların zaman içindeki hareketi incelendiğinde Fransa- İspanya arasındaki dinamik korelasyonların 2016 başlangıcı itibariyle hızla yükselen bir trende sahip olduğu görülmektedir. Bu ilişkideki belirleyici faktörün iletim kapasitesindeki artış olduğu düşünülmektedir (Tablo 3.9). Diğer taraftan, Fransa-İspanya arasındaki ilişkide dinamik korelasyonların 2016 boyunca iki kez önemli miktarda düştüğü gözlenmektedir. Bunun nedeni ise Fransa’da 2016 yılının Ağustos ayında başlayan ve yılın sonuna kadar etkisini gösteren düşük nükleer kapasite kullanımınıdır. Fransa’daki yüksek elektrik fiyatları İspanya piyasasında da fiyatların yükselmesine neden olmuş; ancak çoğunlukla İspanya, Fransa karşısında net ithalatçı konumunu sürdürmüştür.

Tablo 3.9. SWE bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

	<i>2016 öncesi korelasyon katsayısı</i>		<i>2016 korelasyon katsayısı</i>
$\rho_{FR, ES}$	0.04	$\rho_{FR, ES}$	0.42
$\rho_{FR, PR}$	0.04	$\rho_{FR, PR}$	0.42
$\rho_{ES, PR}$	0.98	$\rho_{ES, PR}$	0.99

Tablo 3.10 Fransa- Birleşik Krallık elektrik piyasalarını içeren (FUI) fiyat eşleşme bölgesi bulgularını göstermektedir. Hem Fransa’da hem de Birleşik Krallık elektrik piyasalarında günlük getirilerinin bir gün gecikmeli değerleri güncel getiriler üzerinde

anlamli etkiye sahiptir. Her iki elektrik piyasasinda da oynaklik takip eden güne ters yönlü olarak aktarılmaktadır. Fransa elektrik piyasasındaki oynaklık, Birleşik Krallık elektrik piyasasına pozitif yönlü olarak aktarılmaktadır. Bununla birlikte, Birleşik Krallık elektrik piyasasındaki getiri oynaklığının Fransa üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamaktadır. Burada açıklanan oynaklık aktarım mekanizması Şekil 3.9’da görselleştirilmiştir.

Tablo 3.10. FUI bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

	FR	UK
<i>Ortalama Denklemi:</i>		
α_0	0.0044 (0.4228)	0.0036 (0.2084)
α_1	-0.0786 (0.0157)	0.1265 (0.0000)
α_2	-0.0149 (0.6388)	-0.4105 (0.0000)
<i>Varyans Denklemi:</i>		
β_0	0.0009 (0.0218)	0.0014 (0.0000)
β_1	0.0550 (0.0000)	0.2759 (0.0000)
β_2	0.9263 (0.0000)	0.6557 (0.0000)
Süreçgenlik	1.1113	0.9316
<i>DCC parametreleri:</i>		
θ_1	0.0830 (0.0000)	
θ_2	0.8535 (0.0000)	
<i>TseCC- test</i>	11.2976 (0.0007)	
<i>LnL</i>	1098.0751	
<i>Q-stat</i>	248.909 (0.0000)	
<i>ARCH-LM</i>	89.57 (0.0000)	

Not: Parantez içi değerler p-değerleridir. TseCC- test: sabit koşulu korelasyon varsayımının test edilmesi ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$).

Modelin varyans denklemindeki ARCH ve GARCH parametrelerinin tümü anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.10). Tüm piyasalar için GARCH etkisinin ARCH etkisinden büyük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, her bir piyasa için, önceki dönem oynaklık şoklarının, oynaklığın gelecek değeri üzerindeki etkisinin, önceki dönem haber

etkisinden daha büyük olduğudur. Birleşik Krallık elektrik piyasası için süreğenlik katsayısı birden küçük ancak birde oldukça yakın bir değer olarak tahmin edilmiştir. Bunun anlamı oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olamamakla birlikte hızlıca yok olan bir yapıya da sahip olmamasıdır. Diğer yandan, Fransa elektrik piyasasında oynaklığa etki eden şokların geçici olmadığı görülmektedir.

FR \longrightarrow UK \longrightarrow Pozitif yönlü etki

Şekil 3.9. FUI bölgesindeki piyasalar arasındaki oynaklık aktarımı

Modelin zamanla değişen korelasyon yapısını ifade eden DCC parametreleri pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.10). DCC parametrelerinin toplamının birden küçük olması dinamik koşullu korelasyonların ortalamaya dönen süreç özelliği taşıdığını göstermektedir. FUI bölgesi için θ_1 ve θ_2 parametreleri sırasıyla, 0.08 ve 0.85 olarak tahmin edilmiştir. Bu bulgu, dinamik koşullu korelasyonlardaki süreğenlik düzeyinin diğer bölgelere kıyasla daha düşük olduğuna ve korelasyon matrisinde ani değişimlere diğer bölgelere kıyasla daha fazla rastlandığına işaret etmektedir. Bunun nedeni, Fransa ve Birleşik Krallık arasındaki ticari ilişkinin katı iletim kapasite kısıdına tabi olması olabilir. Şekil 3.10’da enterkoneksiyon kapasitesinin 2016 yılının Kasım ayında olduğu gibi yarı yarıya azalması sonucunda iki piyasa arasındaki korelasyonun da ani bir düşüşle azalarak sıfır düzeyini gördüğü gözlenmektedir (Şekil 3.10).

Tablo 3.11. Fransa ve Birleşik Krallık piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

	<i>2016 öncesi korelasyon katsayısı</i>		<i>2016 korelasyon katsayısı</i>
$\rho_{UK,FR}$	0.05	$\rho_{UK,FR}$	0.25



Şekil 3.10. FUI bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar

Fransa ve Birleşik Krallık arasındaki elektrik ticareti de 2000MW'lık iletim hattı kapasitesi ile sınırlıdır. Bununla birlikte, piyasalar arasındaki koşullu dinamik korelasyonların zaman içindeki hareketi incelendiğinde Fransa- Birleşik Krallık arasındaki dinamik korelasyonların, 2015'in son çeyreği itibariyle yavaşça yükselen ve 2016'nın Ekim ayında sıçrama gösterip, Kasım ayında hızlı bir azalmayla sıfır noktasına düşen bir seyir izlemiş olduğu görülmektedir (Şekil 3.10). Kasım ayındaki bu sert düşüşün nedeni, Fransa-Birleşik Krallık arasındaki iletim hattının kapasitesinin Angus fırtınası esnasında gerçekleşen kaza sonucunda yarı yarıya azalmasıdır. Bununla birlikte, 2016 yılının son çeyreğinde Birleşik Krallık'ın Avrupa kıtasından ithal ettiği elektrik miktarı son yılların en düşük seviyesine ulaşmıştır. Bu durum, hem enterkoneksiyon kapasitesindeki düşüş hem de CWE bölgesindeki yüksek fiyatlarla ilişkilidir. Özellikle, Fransa'daki yüksek elektrik fiyatlarına bağlı olarak çok nadir bir durum gerçekleşmiş; 2016 yılının son iki ayında İngiltere Fransa karşısında net ihracatçı konumuna gelmiştir.

Tablo 3.12 İsveç, Finlandiya, Danimarka ve Norveç elektrik piyasalarını içeren İskandinav bölgesi bulgularını göstermektedir. Tüm piyasaların getirilerinin bir gün gecikmeli değerleri güncel getiriler üzerinde anlamlı etkiye sahiptir. İsveç, Finlandiya, Danimarka ve Norveç elektrik piyasalarında oynaklık takip eden güne ters yönlü olarak aktarılmaktadır. Geçmiş günün getirisi ile güncel getiri arasındaki bu negatif ilişki, arz-talep dengesindeki öngörülemeyen hataların ertesi gün fiyat mekanizması yoluyla

düzeltilmiş söylenebilir. Bu da uzun dönemde oynaklığın kümelenmesi ile gözlemlenebilmektedir.

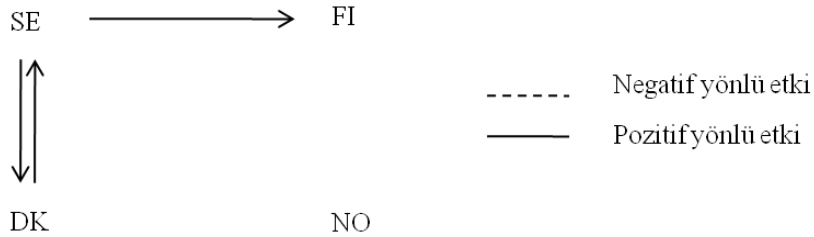
Tablo 3.12. İskandinav bölgesi için DCC-MGARCH modeli parametre tahminleri

	SE	FI	DK	NO
<i>Ortalama Denklemi:</i>				
α_0	0.0057 (0.0522)	0.0077 (0.0247)	0.0095 (0.0259)	0.0025 (0.1175)
α_1	-0.2192 (0.0000)	0.1648 (0.0044)	0.1231 (0.0380)	0.0328 (0.3058)
α_2	-0.0176 (0.3256)	-0.3357 (0.0000)	-0.0052 (0.8363)	-0.0139 (0.2932)
α_3	0.0361 (0.0175)	-0.0274 (0.4601)	-0.2622 (0.0000)	0.0162 (0.1342)
α_4	0.0485 (0.5186)	0.0922 (0.2754)	-0.0228 (0.8052)	-0.1861 (0.0000)
<i>Varyans Denklemi:</i>				
β_0	0.0009 (0.0758)	0.0024 (0.1305)	0.0021 (0.1970)	0.0002 (0.0029)
β_1	0.2131 (0.0000)	0.1595 (0.0000)	0.2299 (0.0000)	0.2137 (0.0000)
β_2	0.7732 (0.0000)	0.8080 (0.0000)	0.7626 (0.0000)	0.7768 (0.0000)
Süreçlik	0.9863	0.9675	1.0025	0.9905
<i>DCC parametreleri:</i>				
θ_1	0.0987 (0.0000)			
θ_2	0.8809 (0.0000)			
<i>TseCC- test</i>	32.48606 (0.0000)			
<i>LnL</i>	6133.4481			
<i>Q-stat</i>	434.74119 (0.0000)			
<i>ARCH-LM</i>	926.67 (0.0000)			

Not: Parantez içi değerler p-değerleridir. TseCC- test: sabit koşulu korelasyon varsayımının test edilmesi ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$).

Her bir piyasanın ortalama getirisi ile diğer piyasaların bir gün gecikmeli getirileri arasındaki ilişkiyi ifade eden parametrelerin 12’de 3’ü anlamlı tahmin edilmiştir (Tablo 3.12). Buna göre, Danimarka ve İsveç elektrik piyasaları arasında karşılıklı ve pozitif yönlü

bir oynaklık aktarım mekanizması söz konusudur. Diğer bir ifade ile Danimarka ve İsveç elektrik piyasaları arasında çift yönlü Granger tipi bir nedensellik söz konusudur. Bununla birlikte, Danimarka'nın elektrik ithalatında en büyük paya İsveç sahiptir. Ancak İsveç'in elektrik ithalatında Danimarka benzer bir konumda değildir. Buna ek olarak, İsveç elektrik piyasasındaki oynaklık Finlandiya elektrik piyasasındaki oynaklığa pozitif yönde etki etmektedir. Burada ise İsveç elektrik piyasasından Finlandiya elektrik piyasasına doğru tek yönlü nedensellik söz konusudur. Finlandiya'nın elektrik ithalatındaki en büyük pay yine İsveç'e aittir. Bu piyasalar haricinde kalan piyasalardaki kısa-dönem ortalama getiri değişimleri bölge dâhilindeki diğer piyasalardaki getiri değişimleri ile ilişkili değildir. Burada açıklanan oynaklık aktarım mekanizması Şekil 3.11'de görselleştirilmiştir. İskandinav bölgesi elektrik piyasalarında, diğer bölgelerden farklı olarak bulgularan bu kısa dönem oynaklık aktarım yapısının bir nedeninin, İskandinav bölgesindeki, Avrupa'nın geri kalanından farklı olarak, piyasa eşleşmesine değil piyasa ayrışmasına dayalı piyasa yapısına bağlı olduğu düşünülmektedir. Diğer bir neden olarak ise İskandinav bölgesinin birincil kaynak kompozisyonu gösterilebilir. İskandinav bölgesi, yüksek miktarda hidroelektrik kapasitesine sahiptir. Esnek bir kaynak olan hidroelektrik kapasitesinin yüksekliği, bölge elektrik piyasalarının oynaklık şoklarına karşı dirençli bir yapıda olmasını sağlamaktadır (Deidersen ve Trück, 2002: 133).



Şekil 3.11. İskandinav bölgesi piyasaları arasındaki oynaklık aktarımı

Modelin varyans denklemindeki ARCH ve GARCH parametrelerinin tümü anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.12). Tüm piyasalar için GARCH etkisinin ARCH etkisinden büyük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, her bir piyasa için, önceki dönem oynaklık şoklarının, oynaklığın gelecek değeri üzerindeki etkisinin, önceki dönem haber (inovasyon) etkisinden daha büyük olduğudur. Spot elektrik piyasalarının en önemli karakteristiklerinden biri de oynaklıktaki kümelenme eğilimidir. Oynaklık kümelenmesi, spot fiyatlardaki büyük değişimleri büyük değişimlerin, küçük değişimleri ise küçük değişimlerin takip ettiği bir oynaklık yapısını ifade etmektedir. Bu, bugünkü oynaklık şoklarının gelecekteki beklenen oynaklığı etkileyeceği anlamına gelmektedir. Danimarka hariç tüm piyasalar için süreğenlik katsayıları birden küçük ancak bire oldukça yakın bir değer olarak tahmin edilmiştir. Bunun anlamı oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olamamakla birlikte hızlıca yok olan bir yapıya da sahip olmamasıdır. Danimarka için süreğenlik katsayısı birin üzerinde tahmin edilmiştir. Bunun anlamı, spot elektrik piyasasındaki günlük getirileri etkileyen şoklar sonucunda meydana gelen yüksek oynaklığın azalmadığı yani şokların etkisinin koşullu oynaklık üzerinde kalıcı bir etkiye sahip olduğudur.

Modelin zamanla değişen korelasyon yapısını ifade eden DCC parametreleri pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.12). DCC parametrelerinin toplamının birden küçük olması dinamik koşullu korelasyonların ortalamaya dönen süreç özelliği taşıdığını göstermektedir. İskandinav bölgesi için θ_1 ve θ_2 parametreleri sırasıyla, 0.09 ve 0.88 olarak tahmin edilmiştir. Bu bulgu, Fransa ve Birleşik Krallık bölgesinde olduğu gibi, İskandinav bölgesinde de dinamik koşullu korelasyonlardaki süreğenlik düzeyinin diğer bölgelere kıyasla daha düşük olduğuna ve diğer bölgelere kıyasla, korelasyon matrisinde ani değişimlere fazla rastlandığına işaret etmektedir. İskandinav bölgesindeki bu dinamik koşullu korelasyon yapısının nedeninin iletim kapasitesi kısıdından ziyade Kuzey Avrupa bölgesine özgü piyasa yapısı ve piyasa dinamiklerine ilişkin olduğu düşünülmektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 3.12. İskandinav bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar

İki piyasa arasındaki dinamik koşullu korelasyonların zaman içerisindeki hareketini gösteren grafikler incelendiğinde İskandinav bölgesi için genel olarak 2016 yılının başları itibariyle korelasyonlarda küçük bir yükselme görülmektedir (Şekil 3.12). 2016 yılı öncesi ve sonrasına ait korelasyon katsayıları da bu gözlemi doğrulamaktadır (Tablo 3.13).

Tablo 3.13. İskandinav bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

	<i>2016 öncesi korelasyon katsayısı</i>		<i>2016 korelasyon katsayısı</i>
$\rho_{SE, FI}$	0.69	$\rho_{SE, FI}$	0.77
$\rho_{SE, DK}$	0.82	$\rho_{SE, DK}$	0.87
$\rho_{SE, NO}$	0.88	$\rho_{SE, NO}$	0.87
$\rho_{DK, FI}$	0.57	$\rho_{DK, FI}$	0.70
$\rho_{DK, NO}$	0.74	$\rho_{DK, NO}$	0.78
$\rho_{NO, FI}$	0.66	$\rho_{NO, FI}$	0.70

Tablo 3.14 Estonya, Litvanya, Letonya elektrik piyasalarını içeren Baltık bölgesi bulgularını göstermektedir. Baltık bölgesi tahmin edilen modelde Litvanya elektrik piyasasının gecikmeli değeri ortalama denkleminin VAR iskeletinden dışlanmıştır. Bunun nedeni, Litvanya ve Letonya elektrik fiyatlarının nadir farklılaşmalar göz ardı edildiğinde bire bir aynı seyretmesidir. Bu nedenle, SWE bölgesinde İspanya ve Portekiz için uygulanan mantık Litvanya-Letonya ilişkisi için de uygulanmış; bu iki piyasa arasındaki ilişki tam entegre kabul edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, Estonya elektrik piyasalarında günlük getirilerin bir gün gecikmeli değerleri güncel getiriler üzerinde anlamlı etkiye sahip değildir. Letonya elektrik piyasasında ise oynaklık takip eden güne ters yönlü olarak aktarılmaktadır.

Tablo 3.14. Baltık bölgesi için DCC-MGARCh modeli parametre tahminleri

	EE	LV	LT
<i>Ortalama Denklemi:</i>			
α_0	0.0093 (0.0618)	0.0205 (0.0000)	0.0199 (0.0000)
α_1	0.1256 (0.2039)	0.5750 (0.0000)	0.5755 (0.0000)
α_2	-0.3738 (0.0000)	-0.8267 (0.0000)	-0.8291 (0.0000)
<i>Varyans Denklemi:</i>			
β_0	0.0136 (0.0142)	0.0200 (0.1072)	0.0199 (0.1052)
β_1	0.3097 (0.0077)	0.3798 (0.0163)	0.3786 (0.0169)
β_2	0.6841 (0.0000)	0.5734 (0.0000)	0.5737 (0.0000)
Süreçgenlik	0.9938	0.9532	0.95323
<i>DCC parametreleri:</i>			
θ_1	0.2632 (0.0000)		
θ_2	0.7364 (0.0000)		
<i>TseCC- test</i>	75.0678 (0.0000)		
<i>LnL</i>	5275.2870		
<i>Q-stat</i>	412.1914 (0.0000)		
<i>ARCH-LM</i>	184.52 (0.3930)		

Not: Parantez içi değerler p-değerleridir. TseCC- test: sabit koşulu korelasyon varsayımının test edilmesi ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$).

Baltık bölgesi için, her bir piyasanın ortalama getirisi ile diğer piyasaların bir gün gecikmeli getirileri arasındaki ilişkiyi ifade eden parametrelerin tümü anlamlı tahmin edilmiştir (Tablo 3.14). Buna göre, Estonya piyasasındaki oynaklık, Letonya elektrik piyasasına pozitif yönlü olarak aktarılırken; Letonya piyasasındaki oynaklık Estonya elektrik piyasasına ters yönlü olarak aktarılmaktadır. Buna ek olarak, Estonya elektrik piyasasındaki oynaklık, Litvanya elektrik piyasasında pozitif yönde oynaklığa neden olmaktadır. Letonya elektrik ihtiyacının büyük kısmını Estonya'dan karşılamaktadır. Daha önceki bölgelere ilişkin bulgularda rastlanan, büyük pazardan (ihracatçı ülkeden) küçük pazara (ithalatçı ülkeye) doğru pozitif yönlü fakat küçük pazardan büyük pazara doğru

negatif yönlü aktarılan getiri oynaklığı mekanizması bu bölge için de geçerlidir. Bununla beraber, Letonya piyasasındaki oynaklığın Litvanya piyasasındaki oynaklık üzerinde negatif yönlü etkisi olduğu görülmektedir. Dikkat edilirse, bu etki büyüklük ve yön bakımından Letonya'nın kendi oynaklığına tepkisi ile neredeyse aynıdır (Tablo 3.14). Burada açıklanan oynaklık aktarım mekanizması Şekil 3.13'de görselleştirilmiştir.

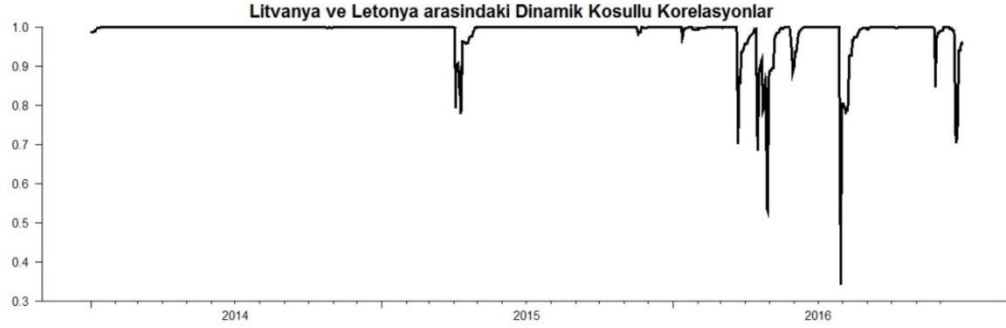


Şekil 3.13. Baltık bölgesi piyasaları arasındaki oynaklık aktarımı

Modelin varyans denklemindeki ARCH ve GARCH parametrelerinin tümü anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.14). Tüm piyasalar için GARCH etkisinin ARCH etkisinden büyük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, her bir piyasa için, önceki dönem oynaklık şoklarının, oynaklığın gelecek değeri üzerindeki etkisinin, önceki dönem haber etkisinden daha büyük olduğudur. Bununla birlikte, diğer fiyat eşleşme bölgelerine kıyasla, Baltık ülkelerinde geçmiş dönem inovasyonların oynaklık üzerindeki etkisi daha güçlüdür. Tüm piyasalar için süreğenlik katsayıları birden küçük ancak birine oldukça yakın bir değer olarak tahmin edilmiştir. Bunun anlamı oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olamamakla birlikte hızlıca yok olan bir yapıya da sahip olmamasıdır. Baltık bölgesindeki bu dinamik koşullu korelasyon yapısının nedeninin hem sınırlı enterkoneksiyon kapasitesi hem de Kuzey Avrupa bölgesine özgü piyasa yapısına ilişkin olduğu düşünülmektedir.

Modelin zamanla değişen korelasyon yapısını ifade eden DCC parametreleri pozitif ve anlamlı olarak tahmin edilmiştir (Tablo 3.14). DCC parametrelerinin toplamının birden küçük olması dinamik koşullu korelasyonların ortalamaya dönen süreç özelliği taşıdığını göstermektedir. Baltık bölgesi için θ_1 ve θ_2 parametreleri sırasıyla, 0.26 ve 0.73 olarak tahmin edilmiştir. Bu bulgu, dinamik koşullu korelasyonlardaki süreğenlik düzeyinin düşük olduğuna ve korelasyon matrisinde ani değişimlere fazlaca rastlandığına işaret etmektedir.

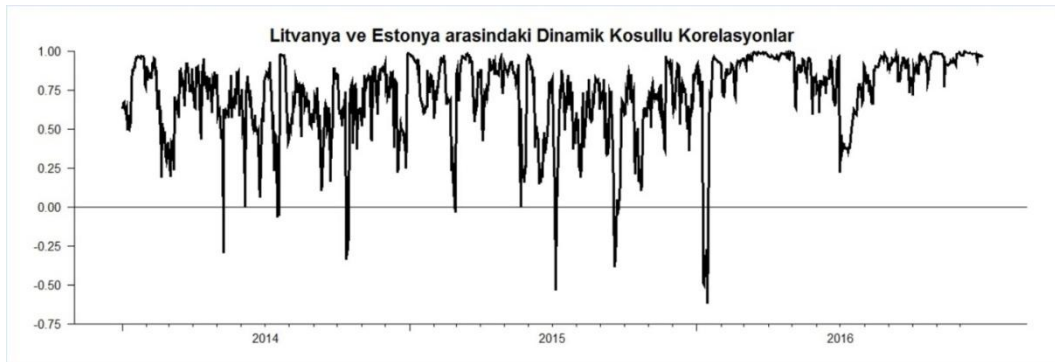
İki piyasa arasındaki dinamik koşullu korelasyonların zaman içerisindeki hareketini gösteren grafikler incelendiğinde Baltık bölgesi için Litvanya ve Letonya arasındaki ilişki hariç, 2016 yılının başları itibariyle korelasyonlarda yükselme gözlenmektedir (Şekil 3.14).



(a)



(c)



(d)

Şekil 3.14. Baltık bölgesi piyasaları arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonlar

2016 yılı öncesi ve 2016 yılına ait korelasyon katsayıları da bu gözlemi doğrulamaktadır (Tablo 3.15). Litvanya ve Letonya elektrik piyasalarında spot elektrik fiyatları birkaç olay dışında birebir aynı gerçekleşmektedir. Estonya- Litvanya ve Estonya-Letonya arasında ise 2016 yılı öncesinde % 65 civarında olan korelasyon 2016 yılı itibariyle %85 civarına yükselmiştir (Tablo 3.15). Burada, BEMIP (Baltic Electricity Markets Interconnection Plan) çerçevesinde, Baltık ülkelerini çevre ülkelere (Finlandiya, İsveç, Polonya) bağlayan enterkonneksiyon kapasitesindeki artışın etkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3.5. Baltık bölgesi piyasaları arasındaki korelasyon katsayıları

	<i>2016 öncesi korelasyon katsayısı</i>		<i>2016 korelasyon katsayısı</i>
$\rho_{LT,EE}$	0.66	$\rho_{LT,EE}$	0.85
$\rho_{LV,EE}$	0.65	$\rho_{LV,EE}$	0.82
$\rho_{LT,LV}$	0.99	$\rho_{LT,LV}$	0.97

3.5. SONUÇ

Bu bölümde, Avrupa spot elektrik piyasalarının entegrasyonu sorunsalı, piyasalar arası kısa dönem oynaklık aktarımları ve koşullu korelasyonların zamanla değişen yapısına odaklanılarak incelenmiştir. Bölgesel elektrik piyasalarında piyasalar arası karşılıklı etkileşim ve ilişkilerin çözümlenmesinde fiyat eşleşme bölgeleri temel alınmış; böylece uygulanmakta olan piyasa eşleşmesine dayalı piyasa entegrasyonu çözümünün performansı da araştırılmıştır. Bu amaçla, her bir fiyat eşleşme bölgesi içinde yer alan spot elektrik piyasaları arasındaki oynaklık aktarımları ve zamanla değişen korelasyonlar, Engle (2002) tarafından önerilen DCC-MGARCH modeli kullanılarak çözümlenmiştir. Analizlerde kullanılan veri seti, 1 Ocak 2013- 31 Aralık 2016 yılları arasındaki dönemi kapsayan günlük spot elektrik fiyatların logaritmik farkı alınarak türetilen getiri serilerini içermektedir.

Bölgesel elektrik piyasalarındaki karşılıklı oynaklık ilişkilerinin, piyasalar arasındaki korelasyonların zamanla değişmesine izin veren çok değişkenli GARCH modeli ile ele alınması spot elektrik piyasalarının bölge içindeki dinamiklerinin anlaşılması bakımından önemli katkılar sunmaktadır.

Elde edilen bulgular, fiyat eşleşme bölgelerindeki ulusal piyasaların oynaklık aktarımları yoluyla birbirleri ile etkileşim halinde olduklarına ve piyasalar arasındaki dinamik korelasyonların genel itibariyle artma eğiliminde olduğuna işaret etmektedir.

İki aşamalı bir tahmin yöntemi gerektiren DCC-GARCH modelinin ilk aşamasında tahmin edilen GARCH(1,1) modeli bulguları, incelenen dönemde, tüm bölgelerdeki spot elektrik piyasaları için, oynaklığın güncel değeri ile bir gün gecikmeli değeri arasında ters yönlü bir ilişkiye işaret etmektedir. Önceki günün getirisi ile güncel getiri arasındaki bu negatif ilişki, Cobweb teoreminin elektrik piyasasının karakteristiklerine uyarlanmasıyla açıklanabilir. Elektriğin depolanamayan bir ürün olduğu ve sistem bileşenlerinin zarar görmemesi için arz ve talebin sürekli dengede olması gerekliliği göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu bulgu, gerçekleşen talep ile tahmin edilen talep arasında oluşabilecek öngörülemeyen farkların piyasa mekanizması yoluyla düzeltildiğini ima ediyor olabilir. Cobweb Teoremi, üreticilerin, arz miktarını belirlerken, belirlenen miktarın piyasada hangi fiyattan satılacağını bilmedikleri durumda fiyat, arz ve talepteki salınımları açıklamaktadır. Cobweb Teoremine göre, arzın esnekliği talebin esnekliğini aşıyorsa arz ile talep arasında denge sağlanamayacaktır. Elektrik talebinin kısa dönemde yüksek derecede inelastik olduğu bilinmektedir. Arz ise üretimde kullanılan birincil kaynağın elverişliliği ölçüsünde talepteki değişimlere göre ayarlanabilmektedir. Örneğin, esnek olmayan birincil kaynaklarla gerçekleştirilen üretim düşük taleple karşılaştığında piyasada negatif fiyatlara rastlanabilmektedir. Diğer yandan, olağan dışı hava koşulları veya endüstrinin fiziksel fonksiyonlarındaki aksaklıklar neticesinde oluşan yüksek talep dönemlerinde tüketiciler talep ettikleri elektrik miktarını düşürmezler. Bu durum fiyatlarda ani yükselme ve sıçramalara yol açar. Bununla birlikte, elektrik talebinin fiyattaki değişimler karşısındaki inelastik yapısı bölgeler arası iletim ağı kapasite kısıtlarıyla birleşince yüksek talep dönemlerinde fiyat sıçramalarını ve dolayısıyla oynaklığı şiddetlendirebilmektedir. Tüm

bunlara rağmen, elektrik piyasasında arz ve talebin daima dengede olması gerekmektedir. Bu nedenle, gün öncesi piyasalarda oluşan dengesizlikler, gün içi piyasalarda ve dengeleme piyasalarında giderilmektedir.

CWE, CSW, SWE ve FUI bölgelerinde Fransa'nın oynaklığın diğer piyasalara aktarımı bakımından dominant bir role sahip olduğuna işaret etmektedir. Bu anlamda, Fransa elektrik piyasası, içinde bulunduğu bölgelerde oynaklık aktarımı bağlamında diğer piyasalarla en fazla ilişkide olan piyasadır. CWE, CSE ve CEE bölgelerinde Almanya çevre piyasalardaki oynaklıktan en az etkilenen piyasa konumundadır. Bununla birlikte, Almanya oynaklığın, CEE bölgesindeki diğer piyasalara aktarımı bakımından dominant bir rol oynamaktadır. İncelenen dönemde tüm fiyat eşleşme bölgeleri için, piyasaların, oynaklığın yayılma etkisi ile birbirleri ile ilişkili oldukları görülmektedir. Bu durumun tek istisnası İskandinav bölgesidir. İskandinav bölgesinde sadece İsveç ve Danimarka arasında karşılıklı; İsveç ve Finlandiya arasında ise İsveç'ten Finlandiya'ya doğru tek yönlü bir ilişki söz konusudur. Bunun nedeninin, İskandinav ülkelerinde uygulanan piyasa ayrışması yöntemi olabileceği düşünülmektedir. Piyasa ayrışmasında, iletim kısıtlarına bağlı alt bölgeler tanımlanır. Piyasa fiyatı belirlenirken bu bölgeler arasında, belirli bir zamanda, iletim kapasitesi kısıdı olmasa dahi her bir bölge ayrı bir piyasa olarak değerlendirilir. Piyasa ayrışması, iletim ağı kısıtları nedeniyle şebekenin farklı bölgelerinde farklı fiyatların oluşması sonucunda şekillenir. Bölgeler arasındaki elektrik ticaretinde kapasite kısıdı ile karşılaşılmadıkça sistemde tek fiyat oluşur. Buna göre, örneğin, İsveç'te iletim ağı kısıtlarına göre belirlenmiş her bir fiyat bölgesinde farklı fiyat oluşabilirken Nord Pool'un geri kalanında tek fiyat oluşması mümkündür. Geçmiş dönem oynaklığın diğer piyasaların oynaklığı üzerindeki anlamlı etkisi, bu bilginin dikkate alınması ile geliştirilebilecek bir oynaklık öngörü sürecine işaret etmektedir. Bu anlamda, bu bulgu, İskandinav bölgesinde diğer fiyat eşleşme bölgelerine göre daha etkin bir piyasa yapısı olduğuna işaret etmektedir. Diğer yandan, piyasa eşleşmesinde, piyasayı alt bölgelere ayırmak yerine, birden fazla piyasa enterkoneksiyonlar ile birbirine bağlanan bir bölge olarak ele alınır. Piyasa ayrışmasında, piyasa katılımcılarının sadece bağlı buldukları bölge için teklif vermeleri piyasa işleyişi açısından çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Ancak, geniş bir coğrafyayı kapsayan şebekeler için uygulanması, tüm fiyat bölgelerinin iletim ağı kapasite yönetimini

birlikte idare eden bir yapı gerektirmesi nedeniyle zordur. Buradan nedenle, Avrupa’da, elektrik piyasalarının entegrasyonuna yönelik olarak yürütülen çözüm piyasa eşleşmesine dayalıdır.

Oynaklığın bir piyasadaki diğerine yayılma etkisine ilişkin bulgular, ulusal piyasaların, uluslararası pazardaki etkisine ilişkin bilgiler de sağlamaktadır. Bu bağlamda, bölgesel pazar payları büyük olan iki ulusal piyasa arasında karşılıklı etkileşim söz konusu olduğunda, oynaklığın bu iki piyasa arasındaki aktarımının geri besleme ilişkisine sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Diğer bir ifade ile biri diğeri karşısında ihracatçı konumda olan pazar payları büyük iki piyasa arasındaki ilişkide ihracatçı ülkede elektrik fiyatlarının artması ithalatçı ülkenin iç pazarında da fiyatların ve dolayısıyla getirilerin artmasına neden olmaktadır. Diğer yandan, büyük pazarların küçük pazarların mallarına yönelik talep esnekliği düşük; küçük pazarların, büyük pazarların mallarına yönelik talep esnekliği büyüktür. Bu nedenle, bu özellikteki iki piyasa arasındaki karşılıklı etkileşimde, oynaklığın iki piyasa arasındaki aktarımının ters yönlü bir ilişkiye sahip olduğunu işaret eden bulgular, iki piyasa arasındaki talep geçişkenliği çerçevesinde yorumlanmıştır. Buna göre, pazar payı büyük ve daha fazla ihracatçı daha az ithalatçı konumda olan ülkelerde belirlenen fiyatlar uluslararası pazarda daha etkilidir. Aksine, daha küçük pazara sahip ve daha fazla ithalatçı konumda olan ülkeler fiyat alıcıdır. Bu nedenle, ihracatçı ülkedeki fiyatlar arttığında ithalatçı ülkelerdeki fiyatlar dolayısıyla getiriler artacaktır. Ancak, ithalatçı ülkelerdeki fiyat artışları ihracatçı ülkelerin fiyatlarından etkilenmeyebilir. Bu nedenle, ithalatçı ülkelerde fiyat artışı dolayısıyla getiriler artarken, ihracatçı ülkelerde fiyatlar dolayısıyla getiriler düşük kalmaya devam edebilecektir. Bununla beraber, talep esnekliklerindeki farklılık nedeniyle, ithal mala olan talep esnekliğinin düşük olması neticesinde, fiyat artışına rağmen ithal edilen elektriğin iletim maliyetleri (enterkoneksiyonlardaki sıkışıklığa bağlı olarak değişen maliyetler) de iç piyasada getirilerin düşmesine neden olabilecektir. Diğer yandan, pazar payı küçük olan piyasada ithal mala olan talep esnekliği daha yüksek olduğundan, büyük pazarda fiyatlar ve dolayısıyla getiriler yükselirken, küçük pazar payına sahip olan ülke, iç pazarın talebi karşılamadığı varsayımı altında, komşu piyasaların daha ucuz olan elektriğini tercih edebilecektir.

Tüm piyasalar için GARCH etkisinin ARCH etkisinden büyük olduğu görülmektedir. Bunun anlamı, her bir piyasa için, önceki dönem oynaklık şoklarının, oynaklığın gelecek değeri üzerindeki etkisinin, önceki dönem haber (inovasyon) etkisinden daha büyük olduğudur. Bununla birlikte, diğer fiyat eşleşme bölgelerine kıyasla, Baltık ülkelerinde geçmiş dönem inovasyonların oynaklık üzerindeki etkisi daha güçlüdür. Spot elektrik piyasalarının en önemli karakteristiklerinden biri de oynaklıktaki kümelenme eğilimidir. Oynaklık kümelenmesi, spot fiyatlardaki büyük değişimleri büyük değişimlerin, küçük değişimleri ise küçük değişimlerin takip ettiği bir oynaklık yapısını ifade etmektedir. Bu, bugünkü oynaklık şoklarının gelecekteki beklenen oynaklığı etkileyeceği anlamına gelmektedir. Tahmin edilen GARCH parametreleri ile ARCH parametrelerinin toplamı süreğenlik olarak ifade edilmekte ve söz konusu toplamın biri aşması halinde oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Belçika, İsviçre, Polonya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya, İspanya elektrik piyasalarındaki süreğenlik katsayıları birden büyüktür. Bunun anlamı, spot elektrik piyasasındaki günlük getirileri etkileyen şoklar sonucunda meydana gelen yüksek oynaklığın azalmadığı yani şokların etkisinin koşullu oynaklık üzerinde kalıcı bir etkiye sahip olduğudur. Diğer tüm piyasalar için süreğenlik katsayısı birden küçük ancak birde oldukça yakın bir değer olarak tahmin edilmiştir. Bunun anlamı oynaklık şoklarının etkisinin kalıcı olamamakla birlikte hızlıca yok olan bir yapıya da sahip olmamasıdır. Oynaklık şoklarının etkisinin süreğen olması oynaklığın kümelenme eğiliminde olduğuna işaret etmektedir.

Modelin ikinci aşamasında tahmin edilen DCC parametreleri pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. DCC parametrelerinin toplamının birden küçük olması dinamik koşullu korelasyonların ortalamaya dönen süreç özelliği taşıdığını göstermektedir. θ_2 parametresi dinamik koşullu korelasyonlardaki süreğenlik düzeyini ifade etmekte ve θ_1 parametresine göre daha yüksek bir değer olarak tahmin edilmektedir. Bu parametrenin birde eşit olması korelasyon yapısının dinamik değil sabit olduğunun yani zamanla değişmediğinin göstergesidir. Diğer yandan, θ_1 parametresi ise dinamik koşullu korelasyonlardaki yenileşimleri ifade etmektedir. Bu parametrenin 0.1 veya 0.2 gibi yüksek bir değer olarak tahmin edilmesi korelasyon matrisindeki ani değişimlere işaret etmektedir. Elde edilen bulgular, Baltık bölgesi haricinde kalan tüm bölgeler için dinamik koşullu

korelasyonlardaki süreğenlik düzeyinin yüksek olduğuna ve korelasyon matrisinde ani değişimlere fazla rastlanmadığına işaret etmektedir. Bununla birlikte, İskandinav bölgesinde ve Fransa –Birleşik Krallık arasındaki ilişkide θ_1 parametresi diğer fiyat eşleşme bölgelerine kıyasla daha yüksek bir değer olarak tahmin edilmiştir. Bunun nedeninin, Fransa- Birleşik Krallık arasındaki kısıtlı iletim kapasitesi; İskandinav bölgesinde ise Kuzey Avrupa bölgesine özgü piyasa yapısı ve piyasa dinamiklerine ilişkin olduğu düşünülmektedir. Baltık bölgesine ilişkin analiz bulguları ise dinamik koşullu korelasyonlardaki süreğenlik düzeyinin düşük olduğuna ve korelasyon matrisinde ani değişimlere fazlaca rastlandığına işaret etmektedir. Bu bulgu, Baltık bölgesi spot elektrik piyasalarının hem kendi aralarında hem de Avrupa'nın geri kalanı ile katı iletim ağı kısıtlarına tabi olduğu bilgisi çerçevesinde değerlendirilmelidir.

Fransa'da 2016'nın yazında başlayan ve son çeyreğine kadar süren nükleer güvenlik testleri nedeniyle Fransa'da nükleer üretim kapasitesinin 1/3 oranında düşmesi sonucunda Fransa'nın elektrik fiyatlarında önemli miktarda yükselme meydana gelmiştir. Bu durum Fransa'nın diğer piyasalarla olan ticari ilişkileri üzerindeki etkisi koşullu korelasyonlardaki düşüş ile gözlenmektedir. Bununla beraber, yılının son iki ayında Almanya'da yenilenebilirlerden elde edilen elektrik üretimi de önceki yılın aynı dönemine göre düşüş göstermiştir. Nükleer ve yenilenebilir elektrik üretimindeki bu azalma kömür ve doğalgaz kaynaklı üretimle ikame edilmek zorunda kalmıştır. 2016'nın son çeyreğinde hem kömür hem de doğalgaz fiyatları yükselmiş; bu da marjinal üretim maliyetlerinin artmasına ve fiyatların yükselmesine neden olmuştur. Bununla birlikte 2016'nın son çeyreğinde Avrupa genelindeki hidroelektrik kapasitesi de mevsim normallerinin altında gerçekleşmiştir. Tüm bu sebeplerle toptan satış elektrik fiyatları geçmiş yıllara göre daha yüksek gerçekleşmiştir. Hem bölgedeki dominant rolleri nedeniyle Fransa ve Almanya'da gerçekleşen bu durumlar hem de Avrupa genelindeki mevsimsel faktörler ve dünya genelindeki doğalgaz ve kömür fiyatlarındaki yükselmeler Avrupa elektrik piyasalarını genel olarak etkilemiştir. Ancak 2016 yılının son çeyreğinde gözlenen yüksek fiyatların sebebinin piyasaların işleyişine özgü değil elektrik üretiminde kullanılan birincil kaynak kompozisyonunun dışsal faktörler karşısındaki durumuna bağlı olarak gerçekleşmiştir.

Elektrik piyasalarındaki karşılıklı ilişkilerin mevsimsel faktörler ve hava koşullarına bağlı olarak şekillendiği bu çalışmada elde edilen bulgularla da desteklenmektedir. Hava koşullarının döngüsel yapısı karşılıklı oynaklık ilişkisinde de döngüsel bir yapıya neden olmaktadır. Bununla beraber, piyasaların, iletim kapasite kısıtlarına ve üretim maliyetlerindeki artışa bağlı üretim kapasitesi kısıtlarına karşı tepkisi piyasa çiftleri arasındaki koşullu korelasyonlarda da değişime neden olmaktadır. Piyasa çiftleri arasındaki koşullu korelasyonların, coğrafi olarak yakın ve daha yüksek enterkoneksiyon kapasitesi ile bağlı olan piyasa çiftleri için daha yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, koşullu korelasyonların zaman içindeki değişimi incelendiğinde 2016 yılının başı itibariyle koşullu korelasyonlarla ifade edilen karşılıklı ilişkilerde değişim gözlenmektedir. Bunun nedeni bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Ancak, genel olarak, Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonunu sağlamak amacıyla gerçekleştirilen uyumlulaştırıcı düzenlemeler ile iletim kapasitesindeki artışların etkili olduğu söylenebilir. Söz konusu girişimler, özellikle 2014 yılından sonra hız kazanmış ve piyasalar arasındaki ilişkiler üzerindeki etkileri 2015 yılının son çeyreği itibariyle belirgin olarak gözlenmeye başlamıştır.

Gerek bu alanda yapılmış önceki çalışmalar gerekse bu çalışmadan elde edilen bulgular, elektrik fiyatlarındaki oynaklığın, piyasalar arasındaki karşılıklı ilişkilerde anlamlı etkiye sahip olduğuna işaret etmektedir. Entegre bir Avrupa elektrik piyasası perspektifinden bakıldığında, ulusal düzeydeki politika değişimlerinin, diğer piyasaların kısa ve uzun dönem dinamikleri üzerinde ve dolayısıyla piyasaların entegrasyonu üzerinde etkili olması makul düzeyde olasıdır.

Sonuç olarak, bu bölümde elde edilen bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, mevsimsel faktörler ve dünya enerji fiyatları, küresel ve Euro bölgesi ekonomilerinin oynak yapısı gibi dışsal faktörler bir tarafa bırakıldığında, Avrupa elektrik piyasaları arasındaki karşılıklı etkileşimde rol oynayan en önemli faktörlerin iletim kapasitelerindeki artış, iletim ağı kapasitesinin yönetimi, birincil kaynak kompozisyonundaki değişimler ve piyasaların senkronizasyonunu sağlayan kurumsal ve yasal çerçevedeki uyumlulaştırıcı düzenlemeler olduğu düşünülmektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARININ ENTEGRASYONU: UZUN DÖNEM YAKLAŞIMI

Bu bölüm Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonun uzun dönemde sağlanıp sağlanmadığı sorunsalı üzerine odaklanmaktadır. Bu sorunsala ilişkin ekonometrik analiz ilk olarak fiyat serilerinin durağanlık durumunun yapısal kırılmaların da dikkate alınarak saptanması; ardından uzun dönem fiyat ilişkilerinin yapısal kırılmalı eştümleşme yaklaşımı ile çözümlenmesini içerecek şekilde kurgulanmıştır. Bu bölümde, analizlerde kullanılan ekonometrik yöntemler açıklanmış ve bu yöntemlerin veri setine uygulanması sonucunda elde edilen ampirik bulgular raporlanmıştır. Bölüm, ampirik bulguların Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonun uzun dönemde sağlanıp sağlanmadığı sorunsalı çerçevesinde tartışılması ile son bulmaktadır.

4.1. GİRİŞ

Uzamsal fiyat ilişkileri, piyasa entegrasyonunu açıklamada önemli bir göstergedir. Dış ticarete konu olan türdeş malların üretildiği ve arz edildiği iki veya daha fazla piyasanın entegre olup olmadığının araştırılmasında uzun dönem fiyat ilişkilerinin analizi gerekmektedir. Genel olarak, türdeş malların farklı bölgelerdeki (piyasalardaki) fiyatları uzun dönemde ortak hareket ediyorsa piyasa entegrasyonunun sağlandığı söylenir. Farklı piyasalarda ticarete konu olan türdeş malların fiyatları, genellikle oransal olarak birlikte hareket eder. Bu ortak seyir uzun dönem boyunca geçerli ise söz konusu piyasaların entegre olduğu söylenebilir.

Piyasa entegrasyonunun sağlanmasında piyasaların serbestleşmesi, etkinlik ve fiyat istikrarı bakımından önemli bir gelişmedir. Etkin piyasa koşulları geçerli ise fiyat sinyalleri piyasalardaki mevcut bilginin diğer piyasalara iletimini sağlayacaktır. Bu açıdan değerlendirildiğinde piyasa entegrasyonu, bölgesel olarak ayrıık piyasaların birbiriyle ne kadar ilişkili olduğunun da bir göstergesidir.

Piyasa entegrasyonunun araştırılmasında kuramsal dayanak genellikle tek fiyat yasasıdır. Tek fiyat yasasının geçerliliğinin araştırılmasına uygun teknikler ise fiyat verileri genellikle durağan dışı oldukları için, durağan dışı zaman serilerinin analizini içeren eştümleşme teknikleridir.

Eştümleşme testleri, iki veya daha fazla sayıda zaman serisi değişkeninin aynı stokastik trende sahip olması halinde, söz konusu değişkenlerin doğrusal kombinasyonlarının durağan olup olmadığının araştırılmasını sağlamaktadır. Eğer değişkenler ortak bir stokastik trendi paylaşıyorsa ve aralarındaki fark durağansa kısa dönemde sapabilecekleri fakat uzun dönemde geri dönmek zorunda oldukları bir denge ilişkisine sahip oldukları iddia edilebilir. Bu yönüyle eştümleşmenin uzun dönem denge ilişkisinin istatistiksel bir ifadesi olduğu söylenebilir.

Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonunu araştıran literatürün önemli kısmında da kuramsal dayanak tek fiyat yasası ve buradan hareketle uzun dönem fiyat ilişkilerinin çözümlenmesinde kullanılan metodolojik yaklaşım da eştümleşme analizleridir. Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonu araştıran literatürdeki ampirik bulgular, incelenen zaman ve bölge bakımından değişkenlik göstermekle birlikte temel birkaç ortak noktaya işaret etmektedir. Öncelikle, Avrupa elektrik piyasalarında tam bir entegrasyona değil, ancak kısmi entegrasyona işaret eden bulgular söz konusudur. Bölgesel düzeyde entegrasyonun özellikle Nord Pool bölgesi ve Merkez- Batı Avrupa bölgesi için sağlandığı yönündeki bulgular dikkat çekmektedir (Armstrong ve Galli, 2005; Boisselau, 2004; Bower, 2002; Balaguer, 2011; Zachmann, 2008; de Jonghe vd., 2008; Autran, 2012; Pellini, 2014; De Menezes ve Houllier, 2016). Bölgesel düzeyde entegrasyon ya da fiyat yakınsaması bulgusunun özellikle, coğrafi yakınlık ve enterkoneksiyon kapasitesindeki artış gibi ticarete elverişlilik ölçütü bağlamında değerlendirilebilecek faktörler ile (de Jonghe vd., 2008, Higgs, 2009; Nepal ve Jambas, 2011; Pellini, 2014); ve piyasa eşleşmesi ya da elektrik yönergeleri gibi kurumsal veya yasal çerçeveyi uyumlulaştırıcı uygulamalarla (Zachmann, 2008, de Jonghe vd., 2008; Nitsch vd., 2010; Pinho ve Madaleno, 2011) doğru orantılı gelişme gösterdiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, yerel elektrik piyasalarındaki kaynak kompozisyonu, üretim teknolojisindeki ve maliyetlerdeki

farklılıklar, piyasa yapısı ve serbestleşme sürecinde bulunulan aşama gibi faktörler tam entegrasyonun sağlanmasının önündeki engeller olarak sıralanmaktadır (Amudsen ve Bergman, 2007; Bosco vd., 2010). Bu bağlamda, literatürde, İskandinav bölgesi elektrik piyasaları ile İber Yarımadası elektrik piyasalarının ortak bir trend paylaşmadıkları (Bosco vd., 2010; Pinho ve Madaleno, 2011); İtalya elektrik piyasasının, piyasa yapısındaki farklılıklar nedeniyle Avrupa'nın geri kalanı ile görece daha az ilişkili olduğu (Creti vd., 2010; Bollino vd., 2013); Almanya elektrik piyasasının, şokların komşu piyasalara aktarımında dominant bir rolü olduğu ve komşu piyasalarla güçlü uzun dönem dinamikleri paylaştığına (Nitsch vd., 2010, Böckers ve Heimeshoff, 2012; Bunn ve Gianfreda, 2012; Lindström ve Regland, 2012) ilişkin birbirini destekleyen bulgular söz konusudur.

Ancak, eştümleşme yaklaşımlarının kullanıldığı literatürde yapısal kırılmaların dikkate alınmamış olması önemli bir eksiklik olarak dikkat çekmektedir. Eştümleşme analizlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmaması testlerin etkinliğini ve güvenilirliğini azaltabilmektedir. Bu çalışmada, uzun dönem fiyat ilişkilerinin incelenmesinde eştümleşme analizleri yapısal kırılmaları da içerecek şekilde genişletilmiştir. Analizler, tespit edilen yapısal kırılmaların eştümleşme denkleminde kukla değişkenler yoluyla dışsal olarak katılmasına olanak sağlayan bir yaklaşım olan Johansen vd. (2000) eştümleşme yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.2. YAPISAL KIRILMA VE BİRİM KÖK TESTLERİ

Zaman serileri kullanılarak gerçekleştirilen ekonometrik analizlerde öncelikle serilerin durağanlık durumunun güvenilir olarak saptanması gerekmektedir. İktisadi zaman serilerinin çoğunlukla stokastik trend (birim kök) içerdiği yani durağan dışı olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, serilerdeki durağan dışılığın yapısının belirlenmesi ileriki analizlerin temelini oluşturmaktadır. Bu amaca yönelik olarak geliştirilen birim kök testlerinin ilki Dickey ve Fuller (1979, 1981) tarafından geliştirilen Dickey-Fuller (DF) ve hata terimlerindeki serisel korelasyonu ortadan kaldıracak şekilde genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) birim kök testleridir. Uygulamada karşılaşılan problemlerin üstesinden

gelmeye yönelik çabalar günümüze dek farklı test yordamlarının geliştirilmesini sağlamıştır.

Birim kök testlerinde model spesifikasyonunun doğru belirlenmemesi haline ciddi boyut (durağan dışılık sıfır hipotezi doğru iken aşırı reddedilme eğilimi) ve güç (durağan dışılık sıfır hipotezi yanlış iken eksik reddedilme eğilimi) problemlerinin ortaya çıktığı bilinmektedir.

İktisadi zaman serilerinde durağan dışılığın bir nedeni de yapısal kırılmalardır. Yapısal kırılmalar, genel olarak ekonomi politikasındaki değişiklikler, finansal piyasalarda ya da makroekonomik değişkenlerde meydana gelen şoklar neticesinde şekillenmektedir. Geleneksel birim kök testleri yapısal kırılmaları dikkate almamakta bu da testlerin gücü açısından ciddi sorunlar yaratmaktadır.

Perron (1989) birim kök testlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmasının önemine dikkat çeken ve bu alandaki literatürü başlatan ilk çalışmadır. Perron (1989), durağan zaman serilerinde mevcut yapısal kırılmalar dikkate alınmadığında birim kök testlerinin, durağan dışılık sıfır hipotezini eksik reddetme eğiliminde olduğunu göstermiştir. Perron (1989), ADF birim kök testini, zamani bilinen (dışsal) bir yapısal kırılmayı kukla değişken yoluyla regresyona ekleyerek genişletmektedir. Christiano (1992), Zivot and Andrews (1992), Banerjee, Lumsdaine and Stock (1992) ve Perron and Vogelsang (1992) kırılma zamanının içsel olarak belirlenmesi gerektiğini aksi halde testin durağan dışılık sıfır hipotezini reddetme eğiliminde olacağını ileri sürmüştür.

Perron (1989)'u takip eden birçok çalışma, bilinmeyen kırılma zamanının veriden içsel (endojen) olarak belirlenmesini mümkün kılan farklı yöntemler geliştirmiştir. Zivot ve Andrews (1992) Perron'un yordamını kırılma zamanını içsel olarak belirleyecek şekilde genişletmiştir. Zivot ve Andrews (1992) minimum birim kök sınaması, kırılma zamanını birim kök hipotezini sınanan t -istatistiğinin minimum olduğu konumda seçmektedir.

Lumsdaine ve Papell (1997) ise seride birden fazla kırılma olması halinde dikkate alınmayan kırılmaların testin gücünde meydana getirebileceği kayba dikkat çekerek Zivot

ve Andrews (1992) minimum birim kök testini iki içsel yapısal kırılmayı içerecek şekilde genişletmiştir.

Zivot ve Andrews (1992) ve Lumsdaine ve Papell (1997) içsel yapısal kırılmalı birim kök testlerindeki ortak mesele birim kök hipotezi altında yapısal kırılma olmadığının varsayılması ve kritik değerlerin buna göre türetilmesidir. Bu durumda alternatif hipotez sadece kırılmalı trend durağan süreç ihtimalini değil aynı zamanda kırılmalı birim kök (fark durağan süreç) ihtimalini de barındırmaktadır. Bu nedenle birim kök hipotezinin reddedilmesi birim kökün reddedildiği anlamına gelmez; ancak kırılmasız birim kök hipotezinin reddini ima eder. Bu durum test bulgularının dikkatle yorumlanmasını gerektirmektedir. Çünkü kırılmasız birim kök hipotezinin reddedilmesi halinde, alternatif hipotez kırılmalı birim kök ihtimalini de içerdiği için, incelenen zaman serisinin trend durağan mı yoksa fark durağan mı olduğu sorusu cevapsız kalmaktadır.

Perron (1989) yordamının, Zivot ve Andrews (1992) ve Lumsdaine ve Papell (1997)'den farklı olan yanı, hem sıfır hem de alternatif hipotezde yapısal kırılmaya izin vermesidir. Perron (1989)'da sıfır hipotezi altında yapısal kırılmanın varlığı önemlidir. Aksi varsayıldığında, sıfır hipotezi altındaki kırılmanın boyutu arttıkça birim kök test istatistiği iraksayacaktır. Lee ve Strazicich (2003), aynı iraksamanın içsel kırılmalı birim kök testleri için de geçerli olduğunu ileri sürmektedir. Nunes, Newbold ve Kuan (1997) ve Lee ve Strazicich (2001), içsel yapısal kırılmalı birim kök testlerinde sıfır hipotezi altında yapısal kırılma olmadığı varsayımının test istatistiğinin iraksamasına neden olduğuna ve veri üretme süreci gerçekte kırılmalı birim kök iken birim kök hipotezinin anlamlı bir şekilde reddedilmesine yol açtığına ilişkin kanıt sunmaktadır.

4.2.1. Lee ve Strazicich (2003) Çoklu Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi

Lee ve Strazicich (2003), sıfır hipotezinin reddi halinde, alternatif hipotezin tartışmasız olarak trend durağanlık ima ettiği iki kırılmalı *lanrange çarpanları* (LM) birim kök testini önermektedir. Önerilen test yordamı, Schmidt ve Phillips (1992) tarafından geliştirilen *lagrange çarpanları* (LM) birim kök testinin iki içsel yapısal kırılma içerecek şekilde genişletilmiş halidir.

Lee ve Strazicich (2003) iki içsel kırılmalı LM birim kök testi, Perron (1989)'da tanımlanan 'şok' modeli (Serinin düzeyinde kırılma, model A), 'değişen büyüme' modeli (trendin eğiminde kırılma, model B) ve 'şok ve büyüme' modelini (düzey ve eğimde eşanlı kırılma, model C) temel almakta ve veri üretme sürecini şu şekilde ifade etmektedir:

$$y_t = \delta'Z_t + e_t, \quad e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4.1)$$

Burada, Z_t , dışsal değişkenler vektörü ve $\varepsilon_t \sim iid N(0, \sigma^2)$ 'dir.

Lee ve Strazicich (2003), T_{Bj} kırılmanın gerçekleştiği zamanı temsil etmek üzere, iki yapısal kırılmayı şu şekilde dikkate almaktadır:

Model A, $t \geq T_{Bj} + 1$ iken $D_{jt} = 1$ aksi halde sıfır ($j=1,2$) olmak üzere $Z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}]'$ ile tanımlanan düzeydeki iki yapısal kırılmaya olanak tanımaktadır.

Model C ise $t \geq T_{Bj} + 1$ iken $DT_{jt} = t - T_{Bj}$ aksi halde sıfır ($j=1,2$) olmak üzere $Z_t = [1, t, D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}, DT_{2t}]'$ ile tanımlanan düzey ve trenddeki iki yapısal kırılmaya olanak tanımaktadır.

Dikkat edilirse veri üretme süreci kırılmaları sıfır ($\beta = 1$) ve alternatif ($\beta < 1$) hipotezlerde tutarlı bir şekilde içermektedir. Örneğin, Model A için β 'nın değerine bağlı olarak hipotezler şu şekilde ifade edilebilir (benzer şekilde, aynı mantık Model C için de uygulanabilir):

$$\begin{aligned} H_0 : y_t &= \mu_0 + d_1 B_{1t} + d_2 B_{2t} + y_{t-1} + v_{1t} \\ H_1 : y_t &= \mu_1 + \gamma_1 t + d_1 D_{1t} + d_2 D_{2t} + v_{1t} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Burada, v_{1t} ve v_{2t} durağan hata terimleri, $d = (d_1, d_2)'$ ve $j=1, 2$ olmak üzere $t = T_{Bj} + 1$ iken $B_{jt} = 1$ aksi halde sıfır değerini alan kukla değişkenlerdir. Model C için, (4.2)'deki eşitliklere sırasıyla D_{jt} ve DT_{jt} terimleri eklenmektedir. Perron (1989), (4.2)'deki sıfır hipotezinin B_{jt} terimlerini içermesinin, test istatistiğinin asimptotik dağılımının sıfır hipotezi altındaki kırılmaların (d) boyutuna bağlı olarak değişmemesi için gerekli olduğunu

göstermektedir. Lumsdaine ve Papell (1997) yordamında sıfır hipotezi altında, $d_1 = d_2 = 0$ varsayımı yapılarak B_{jt} terimleri dışlanmakta ve kritik değerler bu varsayım altında türetilmektedir. Bu durum da LP test istatistiğinin dağılımının, sıfır hipotezi altındaki kırılmaların konumunu ve büyüklüğünü belirleyen nüans parametrelerine bağlı olarak değiştiği anlamına gelmektedir.

İki kırılmalı LM birim kök test istatistiği, LM ilkesine göre aşağıdaki regresyon ile elde edilebilir:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi \tilde{S}_{t-1} + u_t \quad (4.3)$$

Burada, $t = 2, \dots, T$ olmak üzere, $\tilde{S}_t = y_t - \tilde{\psi}_x - Z_t \tilde{\delta}$ şeklinde ifade edilebilir. $\tilde{\delta}$ 'lar Δy_t 'nin ΔZ_t üzerine regresyonundan elde edilen katsayıları temsil etmekte; $\tilde{\psi}_x$ ise $y_1 - Z_1 \tilde{\delta}$ işlemi ile elde edilmektedir (Bkz. Schmidt ve Phillips, 1992). Burada, y_1 ve Z_1 sırasıyla y_t ve Z_t 'nin birinci gözlemleridir.

Buna göre, $\phi = 0$ şeklinde tanımlanan birim kök sıfır hipotezi için LM test istatistiği aşağıdaki şekildedir.

$$\tilde{\rho} = T \tilde{\phi} \quad (4.4)$$

$$\tilde{\tau} = \phi = 0 \quad \text{hipotezini test etmek için hesaplanan } t\text{-istatistiği} \quad (4.5)$$

Model A ve Model C için kritik değerler Lee ve Strazicich (2003)'te verilmektedir.

4.3. EŞTÜMLEŞME ANALİZİ

Klasik regresyon analizinin zaman serisi değişkenleri arasındaki ilişkilerin tahmininde kullanılabilmesi için serilerin durağan olması gerekmektedir. Durağan dışı zaman serilerinin klasik regresyon yaklaşımı ile analizi sonucunda sahte regresyon olgusu ortaya çıkmakta ve test istatistikleri geçersiz hale gelmektedir. Davidson ve MacKinnon (1993), sahte regresyon probleminin yol açtığı sonuçları değişkenlerin zaman serisi özelliklerini analiz ederek göstermektedir. Davidson ve Mackinnon zaman serisi değişkenlerinin çoğunlukla durağan dışı olduğunu ve bu nedenle klasik asimptotik teoremin

geçersiz olduğunu ileri sürmektedir (Eryiğit, 2008). Durağan dışılık söz konusu olduğunda klasik tahmin yöntemlerinin uygulanabilmesi için değişkenlerin durağanlaştırılması gerekmektedir. Durağanlık, değişkenlerin farklarının alınması ile sağlanabilmektedir. Ancak fark alma işlemi neticesinde farkı alınan serinin tüm uzun dönem dinamikleri kaybolmaktadır.

Birden fazla durağan dışı değişken arasındaki uzun dönem ilişkilerin analizinde kullanılan ekonometrik yaklaşım eştümleşme yaklaşımıdır. Eştümleşme analizi, iki veya daha fazla sayıda zaman serisi değişkeninin aynı stokastik trende sahip olması halinde, söz konusu değişkenlerin doğrusal kombinasyonlarının durağan olup olmadığının araştırılmasını sağlamaktadır.

Eğer değişkenler ortak bir stokastik trendi paylaşıyorsa ve aralarındaki fark durağansa kısa dönemde sapabilecekleri fakat uzun dönemde geri dönmek zorunda oldukları bir denge ilişkisine sahip oldukları iddia edilebilir. Bu yönüyle eştümleşmenin uzun dönem denge ilişkisinin istatistiksel bir ifadesi olduğu söylenebilir. Diğer bir ifade ile değişkenler arasında eştümleşme ilişkisi varsa regresyon çözümlemesi değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkiyi açıklayacaktır. Diğer yandan, eştümleşme ilişkisi her zaman bir hata düzeltme mekanizması (ECM) ima eder. Hata düzeltme mekanizması ise eştümleşme ilişkisine sahip değişkenlerin kısa dönem dengeden sapma davranışlarının yapısını açıklamaya yönelik bilgiler içermektedir.

Eştümleşme ile piyasa entegrasyonunun araştırılmasına temel teşkil eden bir yaklaşım Stock- Watson (1988) metodolojisidir. Stock- Watson (1988) yaklaşımı, sistemdeki eştümleştirici vektör/ ortak trend sayısından hareketle piyasa entegrasyonunun varlığı/derecesini tespit eder.

Eştümleşim ilişkisinin araştırılmasında kullanılan teknikler tek denklem yaklaşımını kullanan teknikler ve çok denklem yaklaşımını kullanan teknikler olarak iki grupta incelenebilir. Tek denklem yaklaşımının benimsendiği tekniklerin kullanımı sadece tek bir eştümleşme vektörü olduğunda ve sağ taraf değişkenlerinin tümü zayıf dışsal olduğunda uygundur (Johansen 1992, Harris ve Sollis 2003). Ancak bu geçerli değilse çok değişkenli vektör otoregresyon (VAR) iskeletinin kullanımı gerekmektedir. Çünkü birden fazla

eşitümleşme vektörü söz konusu iken parametreler üzerine tek eşitümleşme vektörü varsayımı ile kısıtlama yaparak tahmin yapmak etkin olmayacaktır. Tek denklem yaklaşımı ile elde edilen eşitümleşme vektörü gerçekte birden çok vektörün doğrusal bileşimini ifade ediyor olabilir. Diğer yandan, gerçekte tek bir eşitümleşme vektörü olsa dahi, tek denklem yaklaşımında sağ taraftaki değişkenlerin zayıf dışsal varsayılması da uygulamada problem yaratmaktadır. Çünkü bunların içsel olması halinde eşitümleşme vektörünün tek denklem yaklaşımı ile tahmini etkin olmayacak ve yanlış tahminler üretecektir. Bu nedenlerle eşitümleşim ilişkilerinin çözümlenmesinde VAR iskeletini temel alan çok denklem yaklaşımlarının kullanımı daha uygundur.

Johansen (1988) ve Johansen ve Juselius (1990) çok değişkenli VAR sistemleri için tahmin sürecinin başında tüm değişkenleri içsel kabul eden bir yöntem önermiştir. Eşitümleşim ilişki sayısının belirlenmesinde uzun dönem katsayı matrisinin rankının belirlenmesi için Johansen (1988) ve Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen testler uygulamada geniş kullanıma sahiptir. Bununla birlikte, bu yaklaşımlar iktisadi zaman serilerinde sıklıkla rastlanan yapısal kırılmaları dikkate almamaktadır.

4.3.1. Johansen, Mosconi ve Nielsen (2000) Eşitümleşme Yaklaşımı

Johansen vd. (2000), Johansen ve Juselius (1990) tarafından geliştirilen VAR/VECM tabanlı eşitümleşme analizinin, aralarında uzun dönem ilişki aranan zaman serilerinin incelendikleri dönemde bir ya da iki yapısal kırılma olması durumuna göre uyarlanmış bir alternatiftir.

Y_t birinci dereceden tümleşik, $I(1)$, p boyutlu ve r sayıda eşitümleşme vektörü içeren bir vektör olarak tanımlanırsa Johansen vd. (2000) tarafından önerilen model VECM biçiminde aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta Y_t = \alpha \begin{pmatrix} \beta \\ \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_{t-1} \\ tE_t \end{pmatrix} + \mu E_t + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=2}^q \Psi_{j,i} D_{j,t-i} + \sum_{m=1}^d \Phi_m W_{m,t} + \varepsilon_t \quad (4.6)$$

Burada Δ , birinci fark işlemcisi; k , gecikme sayısını temsil etmektedir. Eğer,

$$D_{j,t} = \begin{cases} 1, & t = T_{j-1} \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad j = 2, \dots, q; \quad t = \dots, -1, 0, 1, \dots$$

şeklinde ifade edilirse, $D_{j,t-i}$, j -nci dönemdeki i -nci gözlem için $t = T_{j-1} + i$ iken 1 diğer durumlarda sıfır değerini alan etki (impulse) kukla değişkenleridir.

Ayrıca,

$$E_{j,t} = \sum_{i=k+1}^{T_j - T_{j-1}} D_{j,t-i} = \begin{cases} 1, & T_{j-1} + k \leq t \leq T_j \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

şeklinde tanımlanan j -inci dönemdeki etkin alt örnek olup ilk k gözlemi sıfıra eşitlenmektedir. Böylece, $E_t = [E_{1,t} \ E_{2,t} \ \dots \ E_{q,t}]'$, $(q \times 1)$ boyutlu kukla değişken vektörüdür.

Müdahale (intervention) kukla değişkeni $W_{m,t}$ ($m = 1, \dots, d$) kalıntıları normalleştirmek için Hendry ve Mizon (1993)'ün önerisi doğrultusunda modele katılmaktadır. β , $(p \times r)$ boyutlu uzun dönem denge ilişkisini gösteren eştümleşim matrisi, α ise $(p \times r)$ boyutlu uzun dönem dengesine doğru ayarlanma hızını gösteren katsayı matrisidir. $\gamma_t = [\gamma'_1 \ \gamma'_2 \ \dots \ \gamma'_q]'$, $(q \times r)$ boyutlu uzun dönem trend katsayılarının matrisidir. $i = 1, \dots, k-1$ olmak üzere Γ_i , $(p \times p)$ boyutlu; $j = 2, \dots, q$, $i = 1, \dots, k$ ve $m = 1, \dots, d$ olmak üzere $\mu = [\mu_1 \ \mu_2 \ \dots \ \mu_q]$, $(p \times q)$ boyutlu, $\psi_{i,j}$ $(q \times 1)$ boyutlu ve Φ_m $(q \times 1)$ boyutlu kısa dönem parametre vektör ve matrisleridir.

Dikkat edilirse, $\beta'Y_t + \gamma'tE_t$ her bir alt örneklem için düzey ve trend kırılmaları etrafında durağanlığı ifade etmektedir. Eşitlik (4.6), $\beta'Y_t$ eştümleşim ilişkisinin trend ve düzeyinin dönemden döneme farklılık gösterdiği doğrusal trend modeli, $H_l(r)$, olarak adlandırılır. $H_l(r)$ hipotezinin koşullarını karşılayan bir süreç Granger temsil teoremi ile yorumlanabilmektedir. $\alpha\beta' = \Pi_{p \times p}$ ve $\alpha\gamma' = \alpha[\gamma_1, \dots, \gamma_q] = [\Pi_1, \dots, \Pi_q]_{q \times q}$ olmak üzere,

eğer $rank(\Pi, \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_q) \leq r$ ise her bir alt örnekte deterministik bileşen hem durağan dışılık hem de eştümleşim ilişkisi için doğrusaldır. Buradan hareketle, doğrusal trend modelindeki r adet eştümleştirici vektörün varlığını sınavan hipotez şu şekilde ifade edilebilir:

$$H_l(r): rank(\Pi, \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_q) \leq r$$

Kanonik korelasyon (CanCor) kullanılarak,

$$CanCor \left\{ \Delta Y_t, \begin{pmatrix} Y_{t-1} \\ E_t \end{pmatrix} \middle| E_t, \Delta Y_{t-1}, \Delta Y_{t-2}, \dots, \Delta Y_{t-(k-1)}, D_{j,t-i}, W_{m,t}, \begin{matrix} i = 1, \dots, k \\ j = 2, \dots, q \\ m = 1, \dots, d \end{matrix} \right\} \quad (4.7)$$

$1 \geq \hat{\lambda}_1 \geq \dots \geq \hat{\lambda}_p \geq 0$ kareli örnek kanonik korelasyon değerleri tahmin edilir.

r adet eştümleşim ilişkisi ifade eden $H_l(r)$ hipotezinin $H_l(p)$ alternatifine karşı sınavması için olabilirlik oranı (iz testi) ise şu şekildedir (Johansen vd., 2000):

$$LR\{H_l(r) | H_l(p)\} = -T \sum_{i=r+1}^p \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (4.8)$$

Eştümleşim ilişkisinin sadece düzeyinin dönemden döneme değişiklik gösterdiği durumda eşitlik (4.6)'da verilen model şu şekilde ifade edilebilir:

$$\Delta Y_t = \alpha \begin{pmatrix} \beta \\ \gamma \end{pmatrix}' \begin{pmatrix} Y_{t-1} \\ E_t \end{pmatrix} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=2}^q \Psi_{j,i} D_{j,t-i} + \sum_{m=1}^d \Phi_m W_{m,t} + \varepsilon_t \quad (4.9)$$

Burada ise $\beta'Y_t + \mu'E_t$ her bir alt örnek için düzey kırılmaları etrafındaki durağanlığı ifade etmektedir. Eştümleşim ilişkisinin düzeyinin dönemden döneme farklılık gösterdiği eşitlik (4.9) $H_c(r)$ modeli olarak adlandırılır. Bu durumda,

$$CanCor \left\{ \Delta Y_t, \begin{pmatrix} Y_{t-1} \\ E_t \end{pmatrix} \middle| \Delta Y_{t-1}, \Delta Y_{t-2}, \dots, \Delta Y_{t-(k-1)}, D_{j,t-i}, W_{m,t}, \begin{matrix} i = 1, \dots, k \\ j = 2, \dots, q \\ m = 1, \dots, d \end{matrix} \right\} \quad (4.10)$$

$1 \geq \hat{\lambda}_1 \geq \dots \geq \hat{\lambda}_p \geq 0$ kareli örnek kanonik korelasyon değerleri (3.10)'un tahmininden elde edilecektir. Doğrusal trend modelinde olduğu gibi burada da r adet eştümleşim ilişkisi ifade eden $H_c(r)$ hipotezinin $H_c(p)$ alternatifine karşı sınanması için olabilirlik oranı (iz testi) eşitlik (4.8)'deki şekildedir.

Her iki model için kritik değerler Johansen vd. (2000)'nin önerdiği şekilde Gamma dağılımı kullanılarak türetilmektedir.

4.3.2. Vektör hata düzeltme modeli kısıtlama testleri

Vektör hata düzeltme modeli (VECM) üzerindeki kısıtlamaların sınanmasında olabilirlik testleri Johansen vd. (2000) tarafından önerilen modellere uygun şekilde genişletilerek kullanılmaktadır (Eryiğit, 2008). Buna göre,

$$\begin{bmatrix} Y_{t-1} \\ tE_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{1t-1} & Y_{2t-1} & Y_{3t-1} & tE_{1t} & tE_{2t} & tE_{3t} \end{bmatrix}' \quad (4.11)$$

$$\begin{bmatrix} \beta \\ \gamma \end{bmatrix}' = \begin{bmatrix} \beta_{Y_1} & \beta_{Y_2} & \beta_{Y_3} & \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

ve

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_{Y_1} \\ \alpha_{Y_2} \\ \alpha_{Y_3} \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

olacaktır.

VECM üzerindeki ilk kısıtlama sınaması bireysel dışlanma sınanmasıdır. Burada sistemdeki her bir içsel değişkenin eştümleşim uzayında yer almadığı sıfır hipotezi ayrı ayrı sınanmaktadır. Sınamanın Y_{1t} için yapıldığı varsayılırsa sıfır hipotezi şu şekilde olacaktır:

$$H_0 = [0 \quad \beta_{Y_2} \quad \beta_{Y_3} \quad \gamma_1 \quad \gamma_2 \quad \gamma_3] \quad (4.14)$$

Burada olabilirlik oranı test istatistiği χ^2 dağılımına sahiptir ($LR \sim \chi^2$).

VECM üzerindeki ikinci kısıtlama sınaması yapısal kırılmaların uzun dönem denge ilişkisinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığının sınanmasıdır. Sınamanın ilk yapısal kırılma için yapıldığı varsayılırsa sıfır hipotezi şu şekilde olacaktır ve ($LR \sim \chi^2$).

$$H_0 = [\beta_{Y_1} \quad \beta_{Y_2} \quad \beta_{Y_3} \quad 1 \quad 1 \quad \gamma_3] \quad (4.15)$$

VECM üzerindeki son kısıtlama sınaması sistemdeki her bir içsel değişken için zayıf dışsallığın sınamasıdır. Sınamanın Y_{1t} için yapıldığı varsayılırsa sıfır hipotezi şu şekilde olacaktır ve ($LR \sim \chi^2$).

$$H_0 : \alpha_{Y_1} = 0 \quad (4.16)$$

Burada, sıfır hipotezinin, örneğin Y_{1t} için reddedilmesi ve sistemdeki diğer değişkenler için (Y_{2t} ve Y_{3t}) reddedilememesi Y_{1t} 'nin içsel, Y_{2t} ve Y_{3t} 'nin zayıf dışsal olduğu anlamına gelmektedir (Dawson ve Sanjuan, 2005; Eryiğit, 2008).

4.4. VERİ SETİ

Çalışmada kullanılan veri seti, Fransa, Almanya/Avusturya^{*}, İsviçre, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık, İspanya, Portekiz, İtalya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, İsveç, Norveç, Finlandiya elektrik borsalarına ait 2009- 2016 yılları arası günlük spot elektrik fiyatlarını içermektedir.

EPEXSPOT, Fransa, Almanya/Avusturya ve İsviçre; APX, Hollanda, Birleşik Krallık[†] ve Belçika (Belpex)[‡]; OMIE, İspanya ve Portekiz; NordPool, Danimarka, İsveç, Norveç ve Finlandiya; GME İtalya ve OTE Çek Cumhuriyeti'nde faal olan elektrik borsalarıdır. Eştümleşme analizlerinde, İspanya ve Portekiz elektrik fiyatlarının ağırlıklı ortalaması şeklindeki OMIE sistem fiyatı ve Danimarka, İsveç, Norveç ve Finlandiya elektrik fiyatlarının ağırlıklı ortalaması şeklindeki NordPool sistem fiyatı kullanılmıştır. NordPool sistem fiyatı, 2011 yılından itibaren Estonya, 2013 yılından itibaren Litvanya ve 2014 yılından itibaren Letonya elektrik fiyatlarını da içermektedir.

Verilerin analize hazırlanmasında izlenen adımlar şu şekildedir:

- Birleşik Krallık elektrik borsasına ait fiyat serileri, Avrupa Merkez Bankası günlük döviz kuru serisi kullanılarak Euro para birimine dönüştürülmüştür.
- Günlük frekansta ölçülmüş olan tüm fiyat serileri aritmetik ortalamaları alınarak aylık ortalamalara dönüştürülmüştür.
- Tüm fiyat serileri AB enerji fiyatları endeksi (2010=100) kullanılarak deflate edilmiştir.
- Tüm fiyat serileri doğal logaritmaları alınarak ve Census X13 yöntemi ile mevsimsellikten arındırılarak analize hazırlanmıştır.

* Lüksemburg, Almanya içinde bir fiyat bölgesi olarak Almanya/Avusturya'nın dahil olduğu EPEXSPOT içinde değerlendirilmektedir.

[†] Birleşik Krallık verilerine İskoçya ve Galler dahildir.

[‡] 2016 yılının sonunda EPEX ve APX, EPEXSPOT adı altında birleşmiştir.

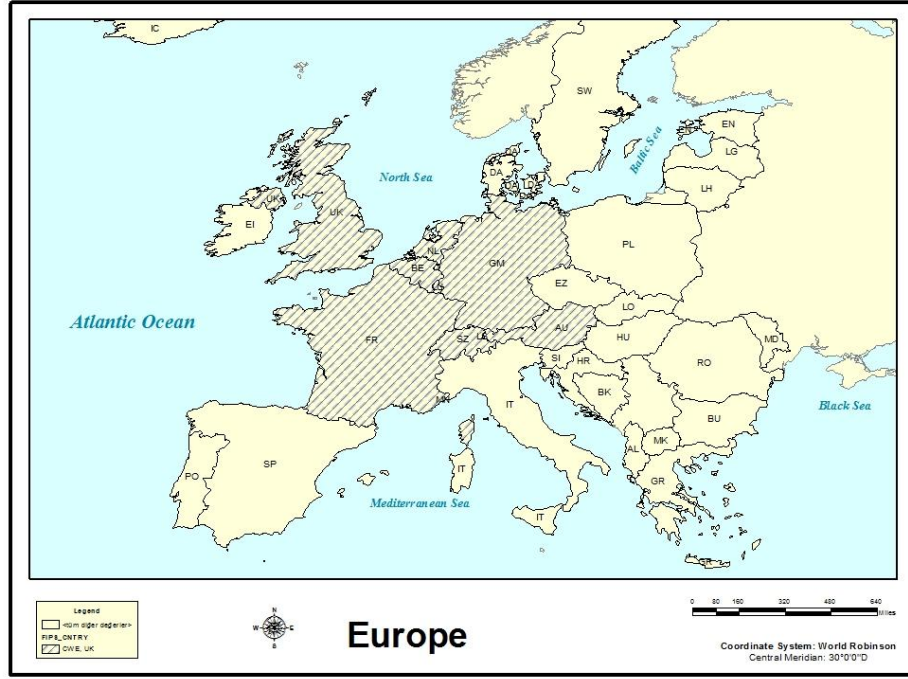
Tablo 4.1. Betimsel istatistikler

	p_t^{BE}	$p_t^{DE/AT}$	p_t^{CH}	p_t^{CZ}	p_t^{DK}	p_t^{FI}	p_t^{FR}	p_t^{IT}	p_t^{NL}	p_t^{NO}	p_t^{NP}	p_t^{OMIE}	p_t^{POR}	p_t^{SE}	p_t^{SPA}	p_t^{UK}
Ortalama	3.67	3.53	3.69	3.54	3.48	3.55	3.62	3.99	3.67	3.40	3.41	3.65	3.65	3.46	3.65	3.84
Medyan	3.67	3.54	3.71	3.52	3.45	3.50	3.62	4.00	3.68	3.36	3.38	3.70	3.70	3.43	3.69	3.85
Max.	4.17	4.12	4.45	4.07	4.29	4.58	4.31	4.50	4.13	4.42	4.36	4.03	4.03	4.59	4.03	4.25
Min.	3.19	3.07	3.08	3.10	2.50	2.44	2.97	3.43	3.20	2.07	2.13	2.60	2.55	2.08	2.65	3.58
Std. Sapma	0.21	0.24	0.28	0.22	0.32	0.30	0.26	0.22	0.17	0.41	0.39	0.26	0.27	0.39	0.25	0.12
Çarpıklık	-0.11	0.12	0.03	0.05	-0.06	0.40	-0.06	-0.41	-0.40	-0.18	-0.25	-1.77	-1.86	-0.11	-1.68	0.34
Basıklık	2.73	2.20	2.63	2.19	3.17	5.89	3.14	2.64	3.45	3.82	3.77	6.79	7.19	4.53	6.42	3.97
Jarque-Bera	0.48	2.75	0.57	2.66	0.18	36.00	0.15	3.22	3.49	3.21	3.33	107.95	125.87	9.54	92.01	5.60
p-değeri	0.77	0.25	0.75	0.26	0.91	0.00	0.93	0.19	0.17	0.20	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06
Gözlem sayısı	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96

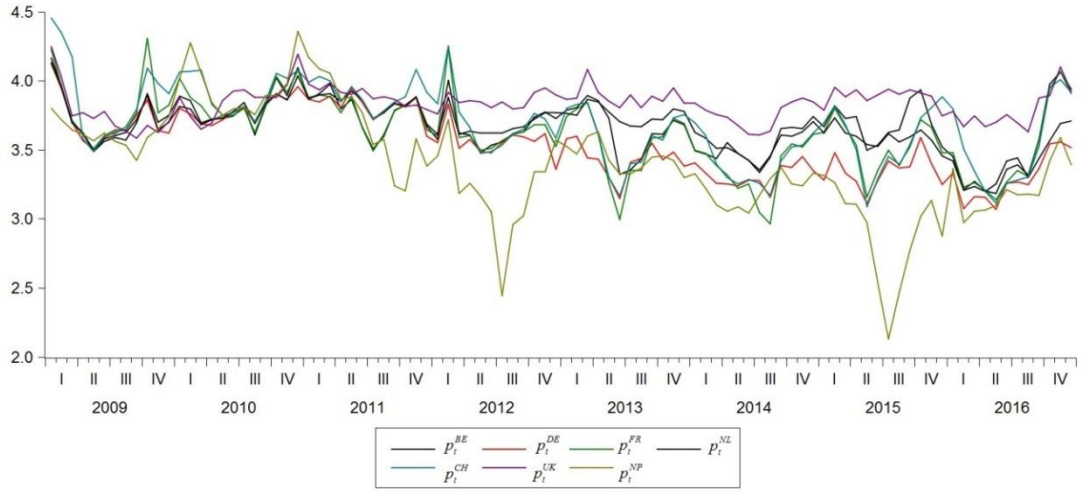
Piyasalar arası uzun dönem fiyat ilişkilerinin analizinde, aralarında eştümleşim ilişkisi aranacak piyasaların dahil olduğu bölgelerin belirlenmesinde ülke gruplama kriteri olarak fiyat eşleme bölgeleri temel alınmıştır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde açıklandığı gibi, 2014 yılının Şubat ayında PCR projesi merkez batı Avrupa (CWE) ve Birleşik Krallık elektrik piyasaları ile İskandinav ve Baltık ülkelerini içeren NordPool elektrik piyasalarını kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Böylece tanımlanan fiyat eşleşme bölgesi Kuzey-Batı Avrupa (NWE) olarak adlandırılmıştır. 2014 yılının Mayıs ayında İspanya ve Portekiz elektrik piyasalarını içeren İber yarımadası elektrik piyasası'nın (OMIE) da katılımıyla Güney-batı Avrupa bölgesi (SWE), NWE ile eşleşmiştir. Merkez-doğu Avrupa (CEE) elektrik piyasalarının entegrasyonuna yönelik bir girişim de 2014 yılının Kasım ayında çoklu bölge eşleşmesi (MRC) kapsamında Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Macaristan ve Romanya'nın katılımı ile gerçekleşmiştir. 2015 yılının Şubat ayında İtalya'nın Fransa, Avusturya ve Slovenya elektrik piyasaları ile eşleşmesi gerçekleşmiştir. Böylece, PCR projesi ve buna bağlı olarak EUPHEMIA uygulaması, 2016 yılının başı itibariyle Avrupa elektrik piyasalarının yaklaşık %85'ini kapsamaktadır.

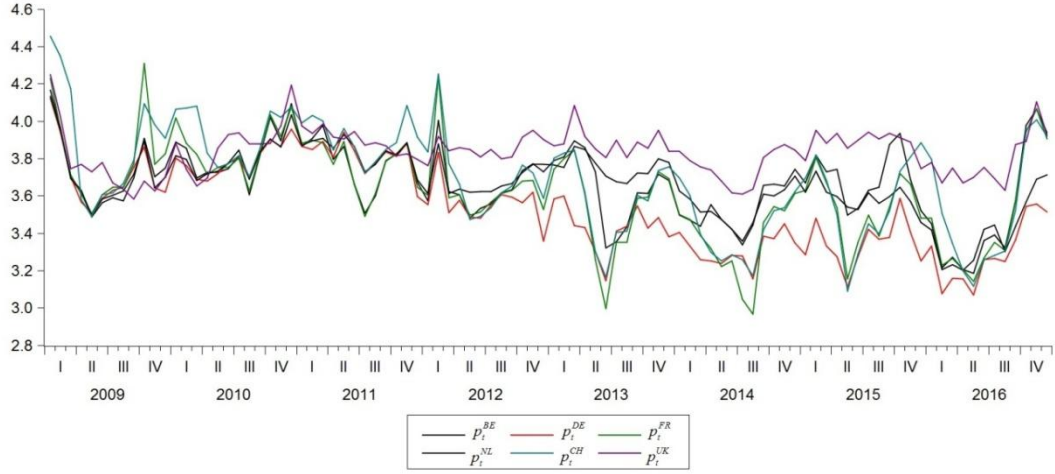
Buradan hareketle, piyasa entegrasyonunun uzun dönemde sağlanıp sağlanmadığının test edilmesinde belirlenen ilk bölge NWE bölgesidir. Bölgedeki piyasalara ait elektrik fiyatlarının 2009-2016 yılları arasındaki zaman serisi grafiğinin görsel incelemesinde fiyatların incelenen dönem boyunca ortak bir seyir izlediği gözlenmektedir (Şekil 4.2). Burada NP fiyatlarının diğer piyasalardan farklı kırılmalara sahip olup görece farklılaşan bir seyir izlediği gözlemlendiği için ikinci bölge (NWE- NP) tanımlanırken NP hariç tutulmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.1. Nord Pool hariç Kuzey- Batı Avrupa (NWE-NP) bölgesi

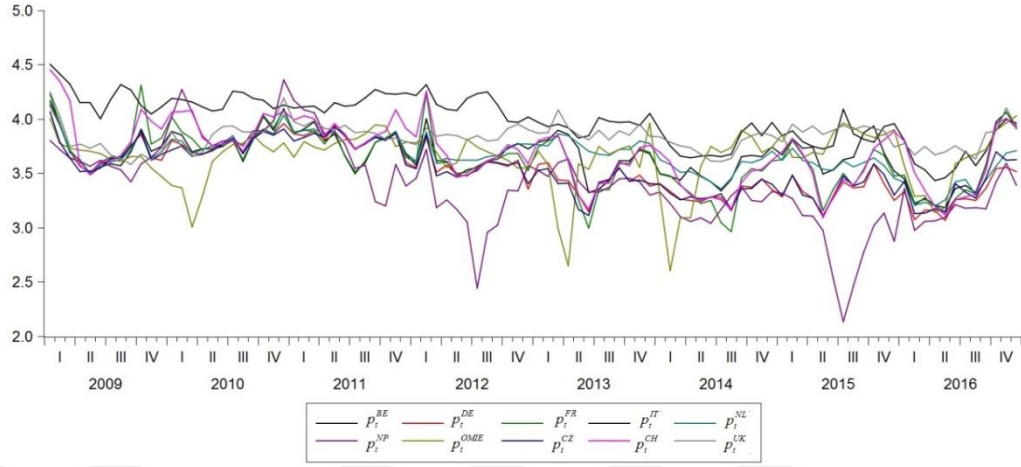


Şekil 4.2. NWE bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri

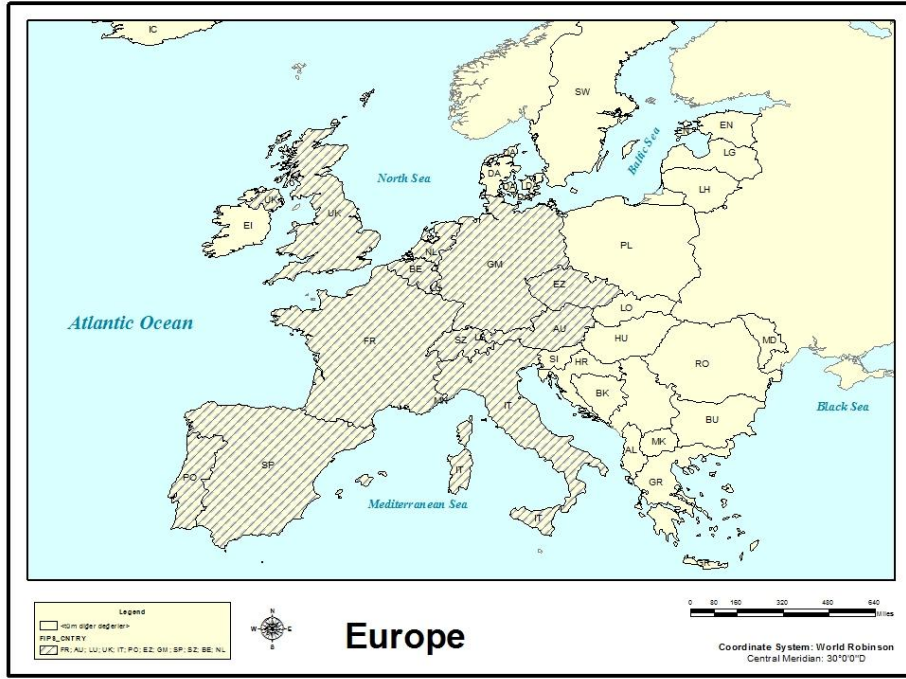


Şekil 4.3. NWE- NP bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri

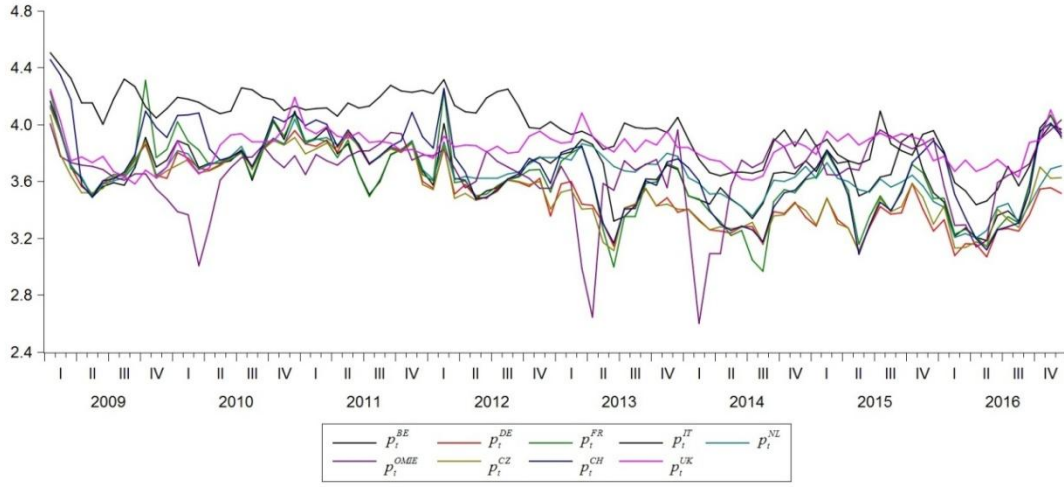
Üçüncü bölge (EU-NP) veri setindeki, NP hariç, tüm piyasaların dahil edildiği bölgeyi kapsamaktadır (Şekil 4.5, Şekil 4.6). Dördüncü bölge ise (EU) veri setindeki tüm ülkelerin dahil edildiği ve Avrupa elektrik piyasalarının yaklaşık %85'ini kapsayan bölge olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.4). Burada, NP fiyatlarının diğer piyasalardan farklı kırılmalara sahip olup görece farklılaşan bir seyir izlemesi, ikinci ve üçüncü bölgeler belirlenirken göz önünde bulundurulmuştur. Böylece, NP fiyatlarının dahil olup olmama durumuna göre, eştümleme testlerinin işaret ettiği eştümleştirici denklem ve ortak stokastik trend sayısından hareketle, bölgeler arasında bir karşılaştırma yapmak mümkün olacaktır.



Şekil 4.4. EU bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri

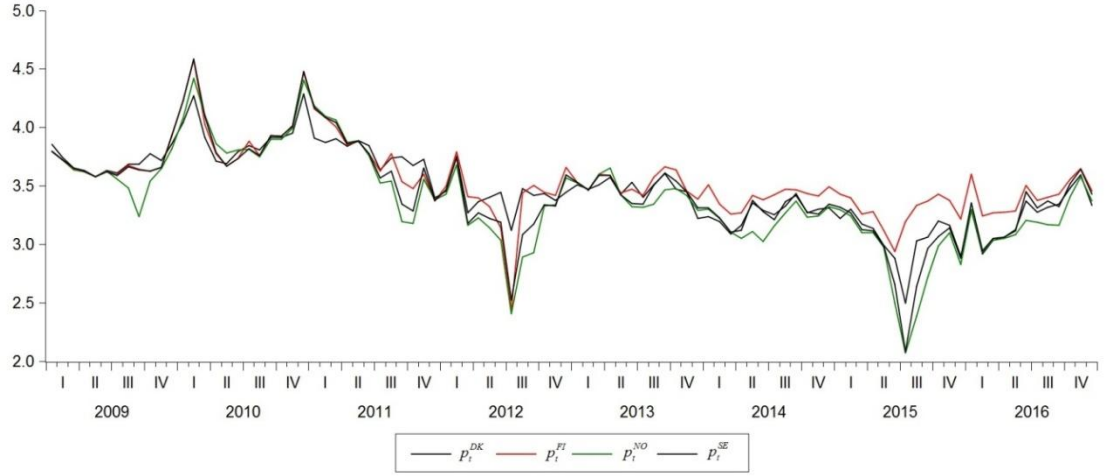


Şekil 4.5. Nord Pool hariç Avrupa (EU-NP) bölgesi



Şekil 4.6. EU- NP bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri

Buna ek olarak, NP bölgesinde görece farklı olduğu gözlenen fiyat dinamiklerinin daha yakından incelenmesi amacıyla NP bölgesi içerisindeki piyasalar arasındaki eştümleşim ilişkisini araştırmak üzere beşinci ve son bölge NP olarak tanımlanmıştır. NP sistem fiyatı İskandinav ülkeleri (İsveç, Norveç, Danimarka, Finlandiya) ve Baltık ülkelerini (Estonya, Litvanya, Letonya) kapsamaktadır. Ancak eştümleşme analizlerinin, 2009 – 2016 yılları arasındaki dönemi kapsamaması nedeniyle NP bölgesine daha sonra katılan Estonya (2011), Litvanya (2013) ve Letonya (2014) bu bölgeye dahil edilmemiştir. Böylece, NP bölgesine dahil olan ve aralarında eştümleşim ilişkisi aranan piyasalar İsveç, Norveç, Danimarka ve Finlandiya elektrik piyasalarıdır. Söz konusu piyasalardaki elektrik fiyatlarının zaman serisi grafiğinde incelenen dönem boyunca fiyatların ortak bir seyir izlediği görülmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. NP bölgesi piyasaları 2009-2016 yılları arası aylık ortalama fiyat serileri zaman grafikleri

4.5. AMPİRİK BULGULAR

Zaman serileri kullanılarak gerçekleştirilen ekonometrik analizlerde öncelikle serilerin durağanlık durumunun güvenilir olarak saptanması gerekmektedir. Fiyat verilerinin genel olarak stokastik trend içerdikleri yani durağan dışı oldukları bilinmektedir. Bu çalışmada kullanılan **Lee ve Strazicich (2003) Çoklu Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi** tüm fiyat serilerinin 1 veya 2 yapısal kırılma ile durağan dışı olduğunu doğrulamaktadır (Tablo 4.2).

Lee ve Strazicich (2003) birim kök testi bulgularına göre, İskandinav ülkeleri dışında kalan tüm ülkelere ait elektrik fiyat serileri iki yapısal kırılma ile durağan dışıdır. İskandinav ülkelerine ait elektrik fiyat serileri tek kırılma ile durağan dışıdır. Finlandiya'ya ait fiyat serisi hariç tüm fiyat serilerindeki kırılma yapısı *düzey ve eğim kırılması* biçiminde, Finlandiya'ya ait fiyat serisindeki kırılma yapısı ise *düzey kırılması* biçimindedir (Tablo 4.2).

Testin işaret ettiği kırılma tarihleri ülkeden ülkeye değişiklik göstermekle birlikte özellikle 2011 ve 2012 yılları etrafında bir yoğunlaşma görülmektedir. Bu tarihler 2008 yılındaki küresel ekonomik kriz sonrasında piyasaların 2008 öncesi stabil dönem

değerlerine yaklaştığı zamanı işaret etmektedir (European Commission, 2011; European Commission, 2012).

Tablo 4.2. Lee ve Strazicich (2003) Birim Kök Sınama İstatistikleri

Seriler	Model	Gecikme	Kırılma Tarihi	λ	t-istatistiği	%5 Kritik Değer
p_t^{BE}	Düzy ve Eğim	2	2010:10	0.2	-5.04	-5.59
	Kırılması		2012:01	0.4		
p_t^{FR}	Düzy ve Eğim	3	2012:01	0.4	-5.20	-5.65
	Kırılması		2014:10	0.8		
$p_t^{DE/AT}$	Düzy ve Eğim	0	2010:09	0.2	-5.69	-5.74
	Kırılması		2013:03	0.6		
p_t^{IT}	Düzy ve Eğim	7	2011:09	0.4	-5.45	-5.67
	Kırılması		2013:11	0.6		
p_t^{NL}	Düzy ve Eğim	12	2010:09	0.2	-5.14	-5.71
	Kırılması		2015:09	0.8		
p_t^{NP}	Düzy ve Eğim	4	2011:08	0.4	-5.07	-5.65
	Kırılması		2015:04	0.8		
p_t^{OMIE}	Düzy ve Eğim	5	2010:08	0.2	-5.67	-5.74
	Kırılması		2013:11	0.6		
p_t^{CZ}	Düzy ve Eğim	10	2010:09	0.2	-4.48	-5.59
	Kırılması		2012:01	0.4		
p_t^{CH}	Düzy ve Eğim	10	2011:03	0.2	-4.67	-5.59
	Kırılması		2012:01	0.4		
p_t^{UK}	Düzy ve Eğim	8	2010:09	0.2	-4.86	-5.74
	Kırılması		2013:10	0.6		
p_t^{DK}	Düzy ve Eğim	11	2012:01	0.4	-4.06	-4.50
	Kırılması		2012:01	0.4		
p_t^{SE}	Düzy ve Eğim	11	2011:05	0.4	-4.21	-4.50
	Kırılması		2011:05	0.4		
p_t^{NO}	Düzy ve Eğim	0	2011:07	0.4	-4.02	-4.50
	Kırılması		2011:07	0.4		
p_t^{FI}	Düzy Kırılması	11	2012:06	0.4	-3.37	-3.56

Not: Kritik değerler Lee ve Strazicich (2003) 'ten ve Lee ve Strazicich (2004) 'ten alınmıştır.

Eştümleşme analizine dışsal olarak katılacak olan kırılma tarihlerinin belirlenmesinde tüm bölgeler için belirli bir strateji izlenmiştir. Buna göre, fiyat serilerinin tümünün bir arada yer aldığı grafiğin görsel olarak incelenmesi yaklaşımın ilk adımını oluşturmaktadır. Görsel inceleme, 2011 yılının ilk çeyreğinde, 2014 yılının ilk çeyreğinde

ve 2015 yılının son çeyreğinde trend kırılmalarına işaret etmektedir. Johansen vd. eştümleşme yaklaşımında, eştümleşme denkleminde en fazla iki yapısal kırılma kırılma dahil edilebilmektedir. Buradan hareketle, ilk yapısal kırılma için tarih 2011 yılının ilk çeyreği olarak belirlenmiş; ikinci yapısal kırılmanın 2014 yılının ilk çeyreğinde yer aldığı modeller ile 2015 yılının son çeyreğinde yer aldığı modeller arasında kıyas ve seçim yapılmıştır. Buradaki analizleri kırılma tarihlerine göre (2011Q1: 2014:Q1) ve (2011Q1: 2015:Q4) olarak iki küme halinde ele alırsak; her bir küme için kırılma tarihlerinin ay olarak belirlenmesinde aynı strateji uygulanmıştır. Buna göre, eştümleşme ilişkisi, her kümede çeyrek yıl olarak yer alan kırılma tarihlerinin alt kümelerini oluşturan tüm mümkün ay kombinasyonları için tahmin edilmiştir. Her küme için dokuz farklı kombinasyonun denenmesini gerektiren bu yaklaşımdaki ilk eleme bireysel dışlanma testleri bulguları temel alınarak yapılmıştır. Bireysel dışlanma testlerine göre tüm ülke piyasalarının eştümleşme uzayında yer alması koşulunu sağlamayan modeller elenmiştir. Tüm ülkelerin eştümleşme uzayında yer alması koşulu sağlayan modellerdeki kırılma zamanları istatistiksel anlamlılık düzeylerine göre karşılaştırılarak test istatistikleri en yüksek olan; yani eştümleşme ilişkisi üzerindeki anlamlı etkisi en fazla olan kırılma çiftini içeren model nihai model olarak belirlenmiştir. Bu strateji ile saptanan kırılma tarihlerini içeren eştümleşme testi bulguları Tablo 4.3'de sunulmaktadır.

Belçika, Fransa, Almanya/Avusturya, Hollanda, İsviçre ve Birleşik Krallık aylık ortalama spot elektrik fiyatlarını içeren NWE-NP bölgesinde, altı piyasa arasında beş eştümleştirici denklem ve bir stokastik trend saptanmıştır. Bu bulgu, bölgedeki piyasaların uzun dönemde ortak bir stokastik trend izlediklerine ve bu bölgede tam entegrasyonun sağlanmış olduğuna işaret etmektedir. NWE-NP bölgesi için kırılma tarihleri 2011:01 ve 2015:11 olarak belirlenmiştir. Tablo 4.4'de görüldüğü gibi belirlenen kırılma tarihleri istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı olup eştümleşme ilişkisi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Şu halde, söz konusu kırılmaların eştümleşme analizlerinde dikkate alınmaması halinde tespit edilen eştümleşme ilişkilerine dayanarak güvenilir sonuçlar elde etmek mümkün değildir. Bireysel dışlanma testleri bulgularına göre, tüm piyasalar eştümleşme uzayında yer almaktadır. Zayıf dışsallık testleri bulguları ise tüm piyasaların içsel olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 4.3. Johansen vd. (2000) Eştümleşme testi bulguları

Sistem	H ₀ (H ₁)	Model H ₁ (r)
$(p_t^{BE}, p_t^{FR}, p_t^{DE/AT}, p_t^{IT}, p_t^{NL}, p_t^{OMIE}, p_t^{CZ}, p_t^{CH}, p_t^{UK})$	$r=0 (r \geq 1)$	482.91 (0.000)
	$r=1 (r \geq 2)$	393.86 (0.000)
	$r=2 (r \geq 3)$	306.63 (0.000)
	$r=3 (r \geq 4)$	241.80 (0.000)
	$r=4 (r \geq 5)$	181.51 (0.000)
	$r=5 (r \geq 6)$	125.98 (0.000)
	$r=6 (r \geq 7)$	80.38 (0.002)
	$r=7 (r \geq 8)$	44.91 (0.015)
	$r=8 (r \geq 9)$	15.29 (0.327)*
$(p_t^{BE}, p_t^{FR}, p_t^{DE/AT}, p_t^{IT}, p_t^{NL}, p_t^{OMIE}, p_t^{CZ}, p_t^{CH}, p_t^{UK}, p_t^{NP})$	$r=0 (r \geq 1)$	517.51 (0.000)
	$r=1 (r \geq 2)$	418.63 (0.000)
	$r=2 (r \geq 3)$	334.23 (0.000)
	$r=3 (r \geq 4)$	263.28 (0.000)
	$r=4 (r \geq 5)$	205.51 (0.000)
	$r=5 (r \geq 6)$	151.16 (0.001)
	$r=6 (r \geq 7)$	110.71 (0.005)
	$r=7 (r \geq 8)$	71.61 (0.029)
	$r=8 (r \geq 9)$	38.01 (0.161)*
	$r=9 (r \geq 10)$	14.09 (0.388)*
$(p_t^{BE}, p_t^{FR}, p_t^{DE/AT}, p_t^{NL}, p_t^{CH}, p_t^{UK})$	$r=0 (r \geq 1)$	264.73 (0.000)
	$r=1 (r \geq 2)$	182.59 (0.000)
	$r=2 (r \geq 3)$	132.57 (0.000)
	$r=3 (r \geq 4)$	87.40 (0.000)
	$r=4 (r \geq 5)$	48.15 (0.020)
	$r=5 (r \geq 6)$	19.78 (0.115)*
$(p_t^{BE}, p_t^{FR}, p_t^{DE/AT}, p_t^{NL}, p_t^{CH}, p_t^{UK}, p_t^{NP})$	$r=0 (r \geq 1)$	314.32 (0.000)
	$r=1 (r \geq 2)$	225.78 (0.000)
	$r=2 (r \geq 3)$	170.99 (0.000)
	$r=3 (r \geq 4)$	120.42 (0.003)
	$r=4 (r \geq 5)$	76.68 (0.012)
	$r=5 (r \geq 6)$	44.46 (0.049)
	$r=6 (r \geq 7)$	18.99 (0.144)*
$(p_t^{DK}, p_t^{FI}, p_t^{NO}, p_t^{SE})$	$r=0 (r \geq 1)$	206.16 (0.000)
	$r=1 (r \geq 2)$	128.75 (0.000)
	$r=2 (r \geq 3)$	65.69 (0.000)
	$r=3 (r \geq 4)$	20.67 (0.140)*

Tablo 4.4. NWE-NP bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Sıfır Hipotezi	H₀	LR -istatistiği
<i>Bireysel Dışlanma:</i>		
p_t^{BE}	$\beta_{pBE} = 0$	20.100 (0.001)
p_t^{FR}	$\beta_{pFR} = 0$	29.663 (0.000)
$p_t^{DE/AT}$	$\beta_{pDE/AT} = 0$	29.952 (0.000)
p_t^{NL}	$\beta_{pNL} = 0$	12.181 (0.032)
p_t^{CH}	$\beta_{pCH} = 0$	46.934 (0.000)
p_t^{UK}	$\beta_{pUK} = 0$	23.685 (0.000)
<i>Uzun Dönem Kırılmaları:</i>		
2011:01	$\gamma_1 = \gamma_2$	42.853 (0.000)
2015:11	$\gamma_2 = \gamma_3$	38.630 (0.000)
<i>Zayıf Dışsallık:</i>		
p_t^{BL}	$\alpha_{pBE} = 0$	21.025 (0.000)
p_t^{FR}	$\alpha_{pFR} = 0$	16.015 (0.007)
$p_t^{DE/AT}$	$\alpha_{pDE/AT} = 0$	19.691 (0.001)
p_t^{NL}	$\alpha_{pNL} = 0$	23.901 (0.000)
p_t^{CH}	$\alpha_{pCH} = 0$	11.955 (0.035)
p_t^{UK}	$\alpha_{pUK} = 0$	24.721 (0.000)

Belçika, Fransa, Almanya/Avusturya, Hollanda, İsviçre, Birleşik Krallık ve Nord Pool aylık ortalama spot elektrik fiyatlarını içeren NWE bölgesinde, yedi piyasa arasında altı eştümleştirici denklem ve bir stokastik trend saptanmıştır. Bu bulgu, bölgedeki piyasaların uzun dönemde ortak bir stokastik trend izlediklerine ve bu bölgede tam entegrasyonun sağlanmış olduğuna işaret etmektedir. NWE bölgesi için kırılma tarihleri 2011:02 ve 2015:11 olarak belirlenmiştir. Tablo 4.5’de görüldüğü gibi belirlenen kırılma tarihleri istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı olup eştümleşme ilişkisi üzerinde

önemli etkiye sahiptir. Bireysel dışlanma testleri bulgularına göre, tüm piyasalar eştümleşme uzayında yer almaktadır. Zayıf dışsallık testleri bulguları ise Nord Pool dışında kalan tüm piyasaların içsel olduğuna işaret etmektedir. İskandinav ve Baltık ülkelerine ait spot elektrik piyasalarına ilişkin sistem fiyatının aylık ortalamalarını içeren NP bölgesi fiyatları zayıf dışsaldır. Bunun anlamı, NP bölgesi fiyatlarının, bölgedeki diğer piyasalara ait fiyatlardan etkilenmediği, bölgede fiyat alıcı olmadığıdır. NP bölgesinin, diğer piyasalar karşısında, incelenen dönemde genel olarak, net ihracatçı konumda olması elde edilen bu bulguyu desteklemektedir.

Belçika, Fransa, Almanya/Avusturya, Hollanda, İsviçre, İtalya, Çek Cumhuriyeti, İber Yarımadası ve Birleşik Krallık aylık ortalama spot elektrik fiyatlarını içeren EU-NP bölgesinde, dokuz piyasa arasında sekiz eştümleştirici denklem ve bir stokastik trend saptanmıştır. Bu bulgu, bölgedeki piyasaların uzun dönemde ortak bir stokastik trend izlediklerine ve bu bölgede tam entegrasyonun sağlanmış olduğuna işaret etmektedir. Buna göre, söz konusu piyasalara ait aylık ortalama spot elektrik fiyatları uzun dönemde birlikte hareket etmektedir. Diğer bir ifade ile fiyat serileri, kısa dönemde sapabilecekleri ancak uzun dönemde geri döndükleri bir uzun dönem denge ilişkisine sahiptir. EU-NP bölgesi için kırılma tarihleri 2011:02 ve 2015:11 olarak belirlenmiştir. Tablo 4.6’de görüldüğü gibi belirlenen kırılma tarihleri istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı olup eştümleşme ilişkisi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bireysel dışlanma testleri bulgularına göre, tüm piyasalar eştümleşme uzayında yer almaktadır. Zayıf dışsallık testleri bulguları ise tüm piyasaların içsel olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 4.5. NWE bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Sıfır Hipotezi	H₀	LR -istatistiği
<i>Bireysel Dışlanma:</i>		
p_t^{BE}	$\beta_{pBE} = 0$	25.716 (0.000)
p_t^{FR}	$\beta_{pFR} = 0$	37.475 (0.000)
$p_t^{DE/AT}$	$\beta_{pDE/AT} = 0$	33.635 (0.001)
p_t^{NL}	$\beta_{pNL} = 0$	14.947 (0.002)
p_t^{CH}	$\beta_{pCH} = 0$	57.577 (0.000)
p_t^{UK}	$\beta_{pUK} = 0$	24.529 (0.000)
p_t^{NP}	$\beta_{pNP} = 0$	16.015 (0.014)
<i>Uzun Dönem Kırılmaları:</i>		
2011:02	$\gamma_1 = \gamma_2$	36.007 (0.000)
2015:11	$\gamma_2 = \gamma_3$	30.797 (0.000)
<i>Zayıf Dışsallık:</i>		
p_t^{BE}	$\alpha_{pBE} = 0$	26.838 (0.000)
p_t^{FR}	$\alpha_{pFR} = 0$	19.190 (0.004)
$p_t^{DE/AT}$	$\alpha_{pDE/AT} = 0$	25.916 (0.000)
p_t^{NL}	$\alpha_{pNL} = 0$	25.563 (0.000)
p_t^{CH}	$\alpha_{pCH} = 0$	14.958 (0.020)
p_t^{UK}	$\alpha_{pUK} = 0$	27.205 (0.000)
p_t^{NP}	$\alpha_{pNP} = 0$	7.552 (0.273)*

Tablo 4.6. EU-NP bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Sıfır Hipotezi	H_0	LR -istatistiği
<i>Bireysel Dışlanma:</i>		
p_t^{BE}	$\beta_{p^{BE}} = 0$	36.226 (0.000)
p_t^{FR}	$\beta_{p^{FR}} = 0$	39.028 (0.000)
$p_t^{DE/AT}$	$\beta_{p^{DE/AT}} = 0$	66.481 (0.000)
p_t^{IT}	$\beta_{p^{IT}} = 0$	25.841 (0.001)
p_t^{NL}	$\beta_{p^{NL}} = 0$	20.435 (0.009)
p_t^{OMIE}	$\beta_{p^{OMIE}} = 0$	42.231 (0.000)
p_t^{CZ}	$\beta_{p^{CZ}} = 0$	62.698 (0.000)
p_t^{CH}	$\beta_{p^{CH}} = 0$	52.315 (0.000)
p_t^{UK}	$\beta_{p^{UK}} = 0$	37.873 (0.000)
<i>Uzun Dönem Kırılmaları:</i>		
2011:02	$\gamma_1 = \gamma_2$	60.480 (0.000)
2015:11	$\gamma_2 = \gamma_3$	62.771 (0.000)
<i>Zayıf Dışsallık:</i>		
p_t^{BE}	$\alpha_{p^{BE}} = 0$	34.553 (0.000)
p_t^{FR}	$\alpha_{p^{FR}} = 0$	34.118 (0.000)
$p_t^{DE/AT}$	$\alpha_{p^{DE/AT}} = 0$	48.991 (0.000)
p_t^{IT}	$\alpha_{p^{IT}} = 0$	35.163 (0.000)
p_t^{NL}	$\alpha_{p^{NL}} = 0$	31.167 (0.000)
p_t^{OMIE}	$\alpha_{p^{OMIE}} = 0$	34.256 (0.000)
p_t^{CZ}	$\alpha_{p^{CZ}} = 0$	41.481 (0.000)
p_t^{CH}	$\alpha_{p^{CH}} = 0$	33.031 (0.000)
p_t^{UK}	$\alpha_{p^{UK}} = 0$	37.090 (0.000)

Belçika, Fransa, Almanya/Avusturya, Hollanda, İsviçre, İtalya, Çek Cumhuriyeti, İber Yarımadası, Birleşik Krallık ve Nord Pool aylık ortalama spot elektrik fiyatlarını içeren EU bölgesinde, on piyasa arasında sekiz eşümleştirici denklem ve iki stokastik trend saptanmıştır. Bu bulgu, bölgedeki piyasaların uzun dönemde iki farklı stokastik trend izlediklerine yani piyasalar arasında tam entegrasyonun değil güçlü entegrasyonun sağlanmış olduğuna işaret etmektedir. EU bölgesi için kırılma tarihleri 2011:01 ve 2015:11 olarak belirlenmiştir. Tablo 4.7’de görüldüğü gibi belirlenen kırılma tarihleri istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı olup eşümleşme ilişkisi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bireysel dışlanma testleri bulgularına göre, tüm piyasalar eşümleşme uzayında yer almaktadır. Zayıf dışsallık testleri bulguları ise Nord Pool dışında kalan tüm piyasaların içsel olduğuna işaret etmektedir. İskandinav ve Baltık ülkelerine ait spot elektrik piyasalarına ilişkin sistem fiyatının aylık ortalamalarını içeren NP bölgesi fiyatları zayıf dışsaldır. Bunun anlamı, NP bölgesi fiyatlarının, bölgedeki diğer piyasalara ait fiyatlardan etkilenmediği, bölgede fiyat alıcı olmadığıdır. NP bölgesinin, diğer piyasalar karşısında, incelenen dönemde genel olarak, net ihracatçı konumda olması elde edilen bu bulguyu desteklemektedir.

EU olarak tanımlanan bu bölge veri setindeki tüm ülkelerin dâhil edildiği ve Avrupa bölgesinin yaklaşık %85’ni kapsayan bölgedir. Bu bölgedeki iki farklı stokastik trend bulgusu NP bölgesi ile OMIE (İber Yarımadası) bölgesinin ortak bir stokastik trend takip etmediklerine işaret etmektedir. Daha önceki çalışmalara ait bulgularla da desteklenen bu durum, farklı piyasa yapıları, farklı iklim koşullarına bağlı farklı tüketim kalıpları ve farklı birincil kaynak kompozisyonlarına bağlı olarak şekillenmektedir.

Tablo 4.7. EU bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Sıfır Hipotezi	H₀	LR -istatistiği
<i>Bireysel Dışlanma:</i>		
p_t^{BE}	$\beta_{pBE} = 0$	30.420 (0.000)
p_t^{FR}	$\beta_{pFR} = 0$	35.903 (0.000)
$p_t^{DE/AT}$	$\beta_{pDE/AT} = 0$	60.660 (0.000)
p_t^{IT}	$\beta_{pIT} = 0$	36.203 (0.000)
p_t^{NL}	$\beta_{pNL} = 0$	16.00 (0.042)
p_t^{OMIE}	$\beta_{pOMIE} = 0$	36.051 (0.000)
p_t^{CZ}	$\beta_{pCZ} = 0$	60.072 (0.000)
p_t^{CH}	$\beta_{pCH} = 0$	37.448 (0.000)
p_t^{UK}	$\beta_{pUK} = 0$	30.043 (0.000)
p_t^{NP}	$\beta_{pNP} = 0$	19.490 (0.012)
<i>Uzun Dönem Kırılmaları:</i>		
2011:01	$\gamma_1 = \gamma_2$	51.976 (0.000)
2015:12	$\gamma_2 = \gamma_3$	63.688 (0.000)
<i>Zayıf Dışsallık:</i>		
p_t^{BE}	$\alpha_{pBE} = 0$	25.943 (0.001)
p_t^{FR}	$\alpha_{pFR} = 0$	27.700 (0.000)
$p_t^{DE/AT}$	$\alpha_{pDE/AT} = 0$	42.441 (0.000)
p_t^{IT}	$\alpha_{pIT} = 0$	25.825 (0.001)
p_t^{NL}	$\alpha_{pNL} = 0$	28.743 (0.000)
p_t^{OMIE}	$\alpha_{pOMIE} = 0$	29.593 (0.000)
p_t^{CZ}	$\alpha_{pCZ} = 0$	39.689 (0.000)
p_t^{CH}	$\alpha_{pCH} = 0$	27.162 (0.000)
p_t^{UK}	$\alpha_{pUK} = 0$	28.570 (0.000)
p_t^{NP}	$\alpha_{pNP} = 0$	12.664(0.124)*

Nord Pool bölgesi piyasalarından, Norveç, İsveç, Danimarka ve Finlandiya spot elektrik piyasalarına ait aylık ortalama fiyat serilerini içeren son bölgede, dört piyasa arasında üç eştümleştirici denklem ve ortak bir stokastik trend bulgusuna ulaşılmıştır. Buna göre, İskandinav ülkeleri spot elektrik piyasaları tam entegredir. Kırılma tarihleri, diğer bölgelerden farklı olarak, 2011:10 ve 2015:04 olarak belirlenmiştir. Belirlenen kırılma tarihleri, eştümleşme ilişkisi üzerinde istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı olup eştümleşme ilişkisi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bireysel dışlanma testleri bulgularına göre, tüm piyasalar eştümleşme uzayında yer almaktadır. Zayıf dışsallık testleri bulguları ise tüm piyasaların içsel olduğuna işaret etmektedir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. NordPool bölgesi için kısıtlama testleri bulguları

Sıfır Hipotezi	H₀	LR -istatistiği
<i>Bireysel Dışlanma:</i>		
p_t^{DK}	$\beta_{p^{DK}} = 0$	38.712 (0.000)
p_t^{FI}	$\beta_{p^{FI}} = 0$	54.245 (0.000)
p_t^{NO}	$\beta_{p^{NO}} = 0$	18.465 (0.000)
p_t^{SE}	$\beta_{p^{SE}} = 0$	31.821 (0.000)
<i>Uzun Dönem Kırılmaları:</i>		
2011:10	$\gamma_1 = \gamma_2$	39.700 (0.000)
2015:04	$\gamma_2 = \gamma_3$	29.521 (0.000)
<i>Zayıf Dışsallık:</i>		
p_t^{DK}	$\alpha_{p^{DK}} = 0$	27.914 (0.000)
p_t^{FI}	$\alpha_{p^{FI}} = 0$	13.055 (0.004)
p_t^{NO}	$\alpha_{p^{NO}} = 0$	8.096 (0.044)
p_t^{SE}	$\alpha_{p^{SE}} = 0$	14.871 (0.002)

4.6. SONUÇ

Bu bölümde Avrupa spot elektrik piyasalarının entegrasyonu sorunsalını fiyat serilerinin uzun dönemli birlikte hareketinin araştırılmasında Johansen vd. (2000) eştümleşme analizinden yararlanılmıştır. Bu yaklaşım, iki dışsal yapısal kırılmanın uzun dönem eştümleşim ilişkisine kukla değişkenler yoluyla dahil edilmesine imkan sağlamaktadır. Lee ve Strazicich (2003) yapısal kırılmalı birim kök testi bulguları, fiyat serilerinin bir ya da iki kırılma ile durağan dışı olduğunu doğrulamaktadır.

Piyasalar arası uzun dönem fiyat ilişkilerinin analizinde, aralarında eştümleşim ilişkisi aranacak piyasaların dahil olduğu bölgelerin belirlenmesinde ülke gruplama kriteri olarak fiyat eşleme bölgeleri temel alınmıştır. Buna göre, belirlenen ilk bölge, merkez batı Avrupa (CWE) ve Birleşik Krallık elektrik piyasaları ile Nord Pool elektrik piyasalarını kapsayan Kuzey-Batı Avrupa (NWE) bölgesidir. Bölgedeki piyasalara ait elektrik fiyatlarının 2009-2016 yılları arasındaki zaman serisi grafiğinin görsel incelemesinde NP fiyatlarının diğer piyasalardan farklı kırılmalara sahip olup görece farklılaşan bir seyir izlediği gözlemlendiği için ikinci bölge tanımlanırken NP hariç tutulmuştur (NWE- NP). Benzer şekilde, NP fiyatlarının diğer piyasalardan farklı kırılmalara sahip olup görece farklılaşan bir seyir izlemesi, ikinci ve üçüncü bölgeler belirlenirken de göz önünde bulundurulmuştur. Böylece, NP fiyatlarının dahil olup olmama durumuna göre, eştümleşme testlerinin işaret ettiği eştümleştirci denklem ve ortak stokastik trend sayısından hareketle, bölgeler arasında bir karşılaştırma yapmak mümkün olmuştur. Üçüncü bölge (EU-NP) veri setindeki, NP hariç, tüm piyasaların dahil edildiği bölgeyi kapsamaktadır. Dördüncü bölge ise (EU) veri setindeki tüm ülkelerin dahil edildiği ve Avrupa elektrik piyasalarının yaklaşık %85'ini kapsayan bölge olarak tanımlanmıştır. Son olarak, NP bölgesinde görece farklı olduğu gözlenen fiyat dinamiklerinin daha yakından incelenmesi amacıyla NP bölgesi içerisindeki piyasalar arasındaki eştümleşim ilişkisini araştırmak üzere beşinci ve son bölge, İsveç, Norveç, Danimarka ve Finlandiya elektrik piyasalarını kapsayan NP bölgesi olarak tanımlanmıştır.

Johansen vd. (2000) eştümleşme analizi bulgularına göre, NWE bölgesinde yer alan piyasalara ait fiyat serileri tam entegredir. Eştümleşme ilişkisinde 2011:2 ve 2015:11 olarak

belirlenen yapısal kırılmalar dikkate alındığında fiyat serilerinin ortak bir stokastik trend paylaşmakta olduğu ve uzun dönemde ortak bir seyir izlediği tespit edilmiştir. Buna göre, incelenen dönemde, NWE bölgesindeki elektrik piyasalarında tam entegrasyon sağlanmıştır. Bununla birlikte, NP elektrik piyasalarının bölgedeki net ihracatçı konumu, NP fiyatlarının zayıf dışsal olduğu bulgusu ile desteklenmektedir.

NWE-NP bölgesine ilişkin bulgular da, 2011:1 ve 2015:11 tarihlerindeki yapısal kırılmaların dikkate alınması halinde fiyat serilerinin ortak bir stokastik trend paylaşmakta olduğu ve uzun dönemde ortak bir seyir izlediğini doğrulamaktadır. Buna göre, incelenen dönemde, NWE-NP bölgesindeki elektrik piyasalarında tam entegrasyon sağlanmıştır.

Benzer şekilde EU-NP bölgesinde yer alan piyasalara ait fiyat serileri de 2011:2 ve 2015:11 tarihlerindeki yapısal kırılmalar dikkate alındığında ortak bir stokastik trend paylaşmakta ve uzun dönemde ortak bir seyir izlemektedir.

Veri setindeki tüm ülkelerin dahil edildiği ve Avrupa elektrik piyasalarının yaklaşık %85'ini kapsayan EU bölgesinde ise 2011:1 ve 2015:11 tarihlerindeki yapısal kırılmalar dikkate alındığında fiyat serileri arasında iki stokastik trend bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, piyasalar arasında tam entegrasyonun değil güçlü entegrasyonun sağlanmış olduğuna işaret etmektedir. Bu bölgedeki iki farklı stokastik trend bulgusu NP bölgesi ile OMIE (İber Yarımadası) bölgesinin ortak bir stokastik trend takip etmediklerine işaret etmektedir. Daha önceki çalışmalara ait bulgularla da desteklenen bu durum, farklı piyasa yapıları, farklı iklim koşullarına bağlı farklı tüketim kalıpları ve farklı birincil kaynak kompozisyonlarına bağlı olarak şekillenmektedir.

Zayıf dışsallık testleri bulguları ise Nord Pool dışında kalan tüm piyasaların içsel olduğuna işaret etmektedir. İskandinav ve Baltık ülkelerine ait spot elektrik piyasalarına ilişkin sistem fiyatının aylık ortalamalarını içeren NP bölgesi fiyatları zayıf dışsaldır. Bunun anlamı, NP bölgesi fiyatlarının, bölgedeki diğer piyasalara ait fiyatlardan etkilenmediği, bölgede fiyat alıcı olmadığıdır. NP bölgesinin, diğer piyasalar karşısında, incelenen dönemde genel olarak, net ihracatçı konumda olması elde edilen bu bulguyu desteklemektedir.

Son olarak, Nord Pool bölgesi piyasalarından, Norveç, İsveç, Danimarka ve Finlandiya spot elektrik piyasalarına ait aylık ortalama fiyat serilerini içeren son bölgede, 2011:10 ve 2015:4 tarihlerindeki yapısal kırılmaların dikkate alınması halinde fiyat serilerinin ortak bir stokastik trend paylaşmakta olduğu ve uzun dönemde ortak bir seyir izlediğini bulgusuna ulaşılmıştır. Buna göre, İskandinav ülkeleri spot elektrik piyasaları için incelenen dönemde tam entegrasyon sağlanmıştır.

Tüm bölgelere ait bulgular bir arada değerlendirildiğinde, aralarında eştümleşme ilişkisi aranan Avrupa elektrik piyasaları spot elektrik fiyatları zaman serilerinin incelenen dönem içerisinde entegre olduğu, yani uzun dönemde birlikte hareket ettiği bulgusuna ulaşılmıştır. Avrupa elektrik piyasalarında uzun dönemli birlikte hareketin belirleyicileri arasında bölgeler arasındaki enterkoneksiyon kapasite kısıtlarına ek olarak farklı piyasa yapıları, farklı iklim koşullarına bağlı farklı tüketim kalıpları ve farklı birincil kaynak kompozisyonlarına bağlı etkenler de sayılabilir.

Bu çalışma, piyasa entegrasyonu araştırmalarında, uzun dönemde birlikte hareketin incelenmesinde yoğunlukla kullanılan eştümleşme analizlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmasının önemine vurgu yapmaktadır. Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonu sorunsalı üzerine yapılan çalışmalarda genel olarak bölgesel ve artmakta olan bir entegrasyon bulgusuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular Avrupa elektrik piyasalarının yaklaşık %85'ini kapsayan bölge piyasalarının iki ortak stokastik trend ile güçlü entegre; belirlenen diğer bölgeler dahilindeki piyasaların ise tek ortak stokastik trend ile tam entegre olduğuna işaret etmektedir. Eştümleşme ilişkisinde yapısal kırılmaların da dikkate alınmasıyla elde edilen bu bulgular ışığında Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonun sağlandığı iddia edilebilir.

SONUÇ

Avrupa Birliği'nin enerji politikası, enerji arzında sürdürülebilirliğin, rekabetin ve arz güvenliğinin sağlanması üzerine kuruludur. Enerji piyasalarında entegrasyonunu amaçlayan yasal ve kurumsal düzenlemeler de bu temel politikanın bir yapı taşı oluşturmaktadır. İç pazar ve piyasa entegrasyonu ile ulusal piyasaların rekabete açılarak Avrupa'da ekonomik büyümeyi ve kalkınmayı tetiklemesi amaçlanmakta; arz güvenliğinde artış ve uzun dönemde daha düşük enerji fiyatları gibi refah kazanımları beklenmektedir. Avrupa Komisyonu'nun 1996, 2003 ve 2009 yıllarındaki elektrik yönergeleri ile ulusal elektrik piyasalarının kademeli olarak rekabete açılması, piyasa şeffaflığının sağlanması, haksız rekabetin önlenmesi, şebekeye erişimde adaletin sağlanması, elektrik iç pazarının oluşturulması ve sınır ticaretinin regülasyonu ile ulusal piyasaların entegrasyonu hedeflerini sağlamaya yönelik düzenlemeler yapılmıştır. Üye ülkeler, Avrupa Komisyonu'nun bu yönergelerde aldığı kararları ulusal düzeyde yasalaştırarak yürürlüğe koymakla yükümlü tutulmuştur. Bununla birlikte, Avrupa ülkelerinde elektrik piyasalarının rekabete açılma süreçleri, piyasaların regülasyon dereceleri ve elektrik borsalarının kuruluş yılları farklılaşmaktadır. Avrupa genelinde tam entegre bir elektrik piyasasının oluşturulmasında, ulusal düzeyde farklılıklar içeren kurumsal yapıların uyumlulaştırılması ve kapsayıcı bir yasal çerçevenin oluşturulması önem taşımaktadır. Bununla beraber, piyasa entegrasyonunun sağlanması iletim ağı kapasite yatırımlarının gerçekleşmesiyle de doğrudan ilişkilidir. Elektrik, bir şebeke üzerinden taşındığı için aralarında fiziki bağlantı (enterkoneksiyon) bulunmayan bölgeler, eğer başka bölgeler üzerinden dolaylı olarak da bağlantılı değilse entegre bir piyasa oluşturacak şekilde bir arada düşünülemezler. Bu nedenle, iletim ağı kısıtları, Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonuna ilişkin tartışmaların da merkezinde yer almaktadır. Teorik olarak, herhangi iki elektrik piyasası, talep esnekliği, bu piyasalardaki üreticileri, piyasa fiyatını rekabetçi seviyenin üzerine yükseltmekten alı koyduğunda entegredir. Bu bağlamda, iletim ağı kısıtları piyasaların parçalı yapısını güçlendirerek yerleşik firmaların piyasa gücü uygulama olanağını desteklemekte; tam entegre bir piyasa yapısının oluşmasını güçleştirmektedir. Piyasa gücü sorunu, elektrik piyasalarının serbestleşmesinde karşılaşılan sorunlar arasında öncelikli

olarak yer almaktadır. Eksik rekabet koşullarında, dış ticaretin söz konusu olduğu durumlarda piyasaların entegre olup olmadığına ilişkin ayırım piyasa gücü olgusu nedeniyle önem taşımaktadır. Elektrik piyasalarında piyasa gücü, piyasanın coğrafi kapsamı ve dolayısıyla firmanın piyasadaki payının yanı sıra coğrafi konumuna ve bölgedeki iletim ağı kısıtlarına bağlıdır. Bu nedenle, Avrupa’da tam entegre bir elektrik piyasasının oluşturulmasında iletim ağı kapasitesinin artırılması; görece izole olan bölgelerin Avrupa’nın geri kalanı ile bağlantısının sağlanması elzemdir.

Avrupa’da elektrik piyasalarının bölgesel düzeyde entegrasyonunun sağlanmasında 2004 yılından bu yana ‘Piyasa Eşleşmesine’ dayalı ‘Hedef Elektrik Modeli’ uygulanmaktadır. Piyasa eşleşmesi ile kısa dönem arbitrajdan faydalanılarak piyasa entegrasyonunun kademeli olarak sağlanması amaçlanmıştır. Piyasa eşleşmesi ile piyasada rekabet eden firma sayısı artmakta, yerleşik firmaların piyasa gücü uygulama olanakları kısıtlanmaktadır. Piyasa eşleşmesi ile elde edilebilecek etkinlik düzeyi, katılımcı piyasaların tasarımındaki, enerji politikalarındaki ve düzenleyici kurulların yetki ve sorumluluk alanlarındaki farklılıklar nedeniyle teorik düzeyin altında kalabilmektedir. Buna rağmen, piyasa eşleşmesi, piyasalarda daha rekabetçi sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. 2009 yılında Avrupa elektrik borsalarının girişimi olarak başlayan, fiyat eşleşme bölgeleri (PCR) kapsamında, PCR üyesi piyasalarda spot elektrik fiyatlarının belirlenmesinde iletim ağı kapasite kısıtlarını da dikkate alan ortak bir fiyat optimizasyon algoritması uygulanmaya başlanmıştır. Bu amaçla geliştirilen EUPHEMIA algoritması spot elektrik piyasalarında piyasa eşleşmesi problemini PCR çerçevesinde çözen bir algoritmadır. EUPHEMIA ile komşu piyasalar arasında fiyat farklılıkları olması halinde iletim ağının tam kapasite kullanımını sağlayacak şekilde tasarlanmış bir optimizasyon problemi çözülmektedir. EUPHEMIA, tüketici artığı, üretici artığı ve kısıt getirisi değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanan sosyal refahı, piyasalar arası elektrik transferinin olmadığı senaryodan daha fazla ya da en azından ona eşit olacak şekilde optimize etmektedir. EUPHEMIA’nın öncülü olan diğer algoritmalara göre üstünlüğü, sadece aynı ya da benzer özelliklere sahip piyasaları değil farklı gereksinimlere sahip piyasaları da aynı algoritma altında birleştirmesidir.

Bu çalışmanın üçüncü bölümünde, her bir fiyat eşleşme bölgesindeki spot elektrik fiyatlarından elde edilen getiri serileri Engle (2002) Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC) analizi ile çözümlenmiş; bölgeler dahilindeki piyasalar arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyon yapısı ayrı ayrı incelenmiştir. Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyon sorunsalına kısa dönemli bir yaklaşım olarak uygulanan bu yöntemden elde edilen bulgular, İskandinav bölgesi haricindeki tüm bölgelerdeki piyasaların birbirleri ile doğrudan ya da dolaylı olarak etkileşim halinde olduğuna işaret etmektedir. Buradan hareketle, fiyat serileri arasındaki zamanla değişen koşullu korelasyonları ölçerek piyasalar arasındaki entegrasyonun derecesine ilişkin dolaylı bir ölçü sağlayan DCC modeli çerçevesinde, CWE, CEE, CSE, SWE, FUI ve Batık bölgeleri spot elektrik piyasalarının, piyasalar arası kısa dönemli oynaklık aktarımları bağlamında entegre olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna ek olarak, Fransa elektrik piyasası, içinde bulunduğu bölgelerde oynaklık aktarımı bağlamında diğer piyasalarla en fazla ilişkide olan piyasadır. Önceki çalışmalara ait bulgulara Almanya elektrik piyasasının şokların komşu piyasalara aktarımında dominant bir rolü olduğu (Nitsch vd., 2010; Böckers ve Heimeshoff, 2012; Bunn ve Gianfreda, 2012; Lindström ve Regland, 2012) raporlanmıştır. Bu çalışmadaki bulgulara göre, Almanya elektrik piyasası, çevre piyasalardaki oynaklıktan en az etkilenen piyasa konumundadır. Bununla birlikte, Almanya elektrik piyasası, oynaklığın, CEE bölgesindeki diğer piyasalara aktarımı bakımından dominant bir rol oynamaktadır.

İskandinav bölgesinde, Avrupa'nın geri kalanından farklı olarak, piyasa eşleşmesi değil piyasa ayrışması yöntemi uygulanmaktadır. Piyasa ayrışmasında bölge alt fiyat bölgelerine ayrılmakta; iletim ağı kapasite kısıtı ile karşılaşılmadıkça sistemde tek fiyat oluşmaktadır. Ancak, iletim ağı kapasite kısıtı ile karşılaşılması haline piyasa ayrışması gerçekleşmekte ve kısıda tabi olan bölgedeki fiyat, sistemin geri kalanından farklılaşmaktadır. Bu bağlamda, piyasa eşleşmesine dayalı bir yaklaşımın, piyasalar arasındaki kısa dönem arbitraj mekanizması yoluyla piyasaların entegrasyonunun sağlanmamasında etkili bir yaklaşım olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer taraftan, geçmiş dönem oynaklığın diğer piyasaların oynaklığı üzerindeki anlamlı etkisi, bu bilginin dikkate alınması ile geliştirilebilecek bir oynaklık öngörü sürecine işaret etmektedir. Bu anlamda,

Etkin Piyasa Hipotezi çerçevesinde, bu bulgu İskandinav bölgesinde uygulanan piyasa ayrışması yönteminin daha etkin bir piyasa yapısı ürettiği yönünde de yorumlanabilir.

Engle (2002) DCC yaklaşımı ile elde edilen diğer bulgular, incelenen dönemde, tüm bölgelerdeki spot elektrik piyasaları için, oynaklığın güncel değeri ile bir gün gecikmeli değeri arasında ters yönlü bir ilişkiye işaret etmektedir. Önceki günün getirisi ile güncel getiri arasındaki bu negatif ilişki, Cobweb teoreminin elektrik piyasasının karakteristiklerine uyarlanmasıyla açıklanmıştır. Elektriğin depolanamayan bir ürün olduğu ve sistem bileşenlerinin zarar görmemesi için arz ve talebin sürekli dengede olması gerekliliği göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu bulgunun, gerçekleşen talep ile tahmin edilen talep arasında oluşabilecek öngörülemeyen farkların piyasa mekanizması yoluyla düzeltildiğini ima ettiği düşünülmektedir.

Oynaklığın bir piyasadaki diğerine yayılma etkisine ilişkin bulgular, ulusal piyasaların, uluslararası pazardaki etkisine ilişkin bilgiler de sağlamaktadır. Bu bağlamda, bölgesel pazar payları büyük olan iki ulusal piyasa arasında karşılıklı etkileşim söz konusu olduğunda, oynaklığın bu iki piyasa arasındaki aktarımının geri besleme ilişkisine sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Diğer bir ifade ile biri diğeri karşısında ihracatçı konumda olan pazar payları büyük iki piyasa arasındaki ilişkide ihracatçı ülkede elektrik fiyatlarının artması ithalatçı ülkenin iç pazarında da fiyatların ve dolayısıyla getirilerin artmasına neden olmaktadır. Diğer yandan, büyük pazarların küçük pazarların mallarına yönelik talep esnekliği düşük; küçük pazarların, büyük pazarların mallarına yönelik talep esnekliği büyüktür. Bu nedenle, bu özellikteki iki piyasa arasındaki karşılıklı etkileşimde, oynaklığın iki piyasa arasındaki aktarımının ters yönlü bir ilişkiye sahip olduğunu işaret eden bulgular, iki piyasa arasındaki talep geçişkenliği çerçevesinde yorumlanmıştır.

Elektrik piyasalarındaki karşılıklı ilişkilerin mevsimsel faktörler ve hava koşullarına bağlı olarak şekillendiği bu çalışmada elde edilen bulgularla da desteklenmektedir. Hava koşullarının döngüsel yapısı karşılıklı oynaklık ilişkisinde de döngüsel bir yapıya neden olmaktadır. Bununla beraber, piyasaların, iletim kapasite kısıtlarına ve üretim maliyetlerindeki artışa bağlı üretim kapasitesi kısıtlarına karşı tepkisi piyasa çiftleri arasındaki koşullu korelasyonlarda da değişime neden olmaktadır. Piyasa çiftleri arasındaki

koşullu korelasyonların, coğrafi olarak yakın ve daha yüksek enterkoneksiyon kapasitesi ile bağlı olan piyasa çiftleri için daha yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, koşullu korelasyonların zaman içindeki değişimi incelendiğinde 2016 yılının başı itibariyle koşullu korelasyonlarla ifade edilen karşılıklı ilişkilerde değişim gözlenmektedir. Bunun nedeni bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Ancak, genel olarak, Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonunu sağlamak amacıyla gerçekleştirilen uyumlulaştırıcı düzenlemeler ile iletim kapasitesindeki artışların etkili olduğu söylenebilir. Söz konusu girişimler, özellikle 2014 yılından sonra hız kazanmış ve piyasalar arasındaki ilişkiler üzerindeki etkileri 2015 yılının son çeyreği itibariyle belirgin olarak gözlenmeye başlamıştır. DCC modelinden elde edilen bulgular piyasalar arasındaki dinamik korelasyonların özellikle 2016 yılı itibariyle artma eğiliminde olduğuna işaret etmektedir.

Bu çalışmanın üçüncü bölümünde raporlanan bulgular çerçevesinde, mevsimsel faktörler, dünya enerji fiyatları, küresel ve Euro bölgesi ekonomilerinin oynak yapısı gibi dışsal faktörler bir tarafa bırakıldığında, Avrupa elektrik piyasaları arasındaki karşılıklı etkileşimde rol oynayan en önemli faktörlerin iletim kapasitelerindeki artış, iletim ağı kapasitesinin yönetimi ve piyasaların senkronizasyonunu sağlayan kurumsal ve yasal çerçevedeki uyumlulaştırıcı düzenlemeler olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın dördüncü bölümünde, aylık ortalama fiyat serilerinin uzun dönemli birlikte hareketi üzerine odaklanılmış; spot elektrik piyasaları arasında uzun dönemli bir eştümleşme ilişkisinin varlığı ve derecesi araştırılmıştır. Fiyat serilerinin durağanlık durumunun araştırılmasında Lee ve Strazicich (2003) yapısal kırılmalı birim kök testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, tüm piyasalara ait fiyat serilerinin en az bir yapısal kırılma ile durağan dışı olduğunu doğrulamıştır. Genel olarak, politik değişiklikler, finansal piyasalarda ya da makroekonomik değişkenlerde meydana gelen şoklar neticesinde şekillenen yapısal kırılmaların eştümleşme testlerinde dikkate alınmaması testlerin etkinliğini ve güvenilirliğini azaltabilmektedir. Testin işaret ettiği kırılma tarihleri 2011 ve 2012 yılları etrafında yoğunlaşmaktadır. Bu tarihler, 2008 yılındaki küresel ekonomik kriz sonrasında Avrupa elektrik piyasalarının 2008 yılı öncesi stabil dönem değerlerine yaklaştığı zamana işaret etmektedir. Buradan hareketle, Avrupa elektrik piyasalarında, uzun

dönemli fiyat ilişkilerinin incelenmesinde, yapısal kırılmaların eştümleşme denkleminde kukla değişkenler yoluyla dışsal olarak katılmasına olanak sağlayan Johansen, Mosconi ve Nielsen (2000) eştümleşme testi kullanılmıştır. Analiz bulguları, veri setindeki tüm ülkelerin dahil edildiği bölgede, yapısal kırılmalar dikkate alındığında, fiyat serileri arasında iki stokastik trende işaret etmektedir. Bu bulgu, söz konusu piyasalar arasında tam entegrasyonun değil güçlü entegrasyonun sağlanmış olduğuna işaret etmektedir. Bu bölgedeki iki farklı stokastik trend bulgusu Nord Pool (NP) bölgesi ile OMIE (İber Yarımadası) bölgesinin ortak bir stokastik trend takip etmediklerine işaret etmektedir. Daha önceki çalışmalara ait (Bosco vd., 2010; Pinho ve Madaleno, 2011) bulgularla da desteklenen bu durum, farklı piyasa yapıları, farklı iklim koşullarına bağlı farklı tüketim kalıpları ve farklı birincil kaynak kompozisyonlarına bağlı olarak şekillenmektedir.

Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonu araştıran literatürde tam bir entegrasyona değil, ancak kısmi entegrasyona işaret eden bulgular söz konusudur. Bölgesel düzeyde entegrasyonun özellikle Nord Pool bölgesi ve Merkez- Batı Avrupa bölgesi için sağlandığı yönündeki bulgular dikkat çekmektedir (Armstrong ve Galli, 2005; Boisselau, 2004; Bower, 2002; Balaguer, 2011; Zachmann, 2008; de Jonghe vd., 2008; Autran, 2012; Pellini, 2014; De Menezes ve Houllier, 2016). Bu çalışmada, Fransa, Almanya/Avusturya, İsviçre, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık, İspanya, Portekiz, İtalya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, İsveç, Norveç, Finlandiya, Litvanya, Letonya ve Estonya elektrik piyasalarını kapsayan en geniş coğrafi bölge haricindeki ve tanımlanan tüm alt bölgeler dâhilindeki elektrik piyasalarında tam entegrasyonun sağlandığı bulgusuna ulaşılmıştır. Buna göre, Fransa, Almanya/Avusturya, İsviçre, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık elektrik piyasaları; Fransa, Almanya/Avusturya, İsviçre, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık ve Nord Pool elektrik piyasaları; Fransa, Almanya/Avusturya, İsviçre, Hollanda, Belçika, Birleşik Krallık, İtalya, İber Yarımadası ve Çek Cumhuriyeti elektrik piyasaları; Danimarka, İsveç, Norveç, Finlandiya elektrik piyasaları tam entegredir. Bununla beraber, zayıf dışsallık testleri bulguları ise Nord Pool dışında kalan tüm piyasaların içsel olduğuna işaret etmektedir. İskandinav ve Baltık ülkelerine ait spot elektrik piyasalarına ilişkin sistem fiyatının aylık ortalamalarını içeren NP bölgesi fiyatları, dahil oldukları bölge içinde zayıf dışsaldır. Bunun anlamı, NP bölgesi fiyatlarının, bölgedeki diğer piyasalara ait fiyatlardan

etkilenmediği, bölgede fiyat alıcı olmadığıdır. NP bölgesinin, diğer piyasalar karşısında, incelenen dönemde genel olarak, net ihracatçı konumda olması elde edilen bu bulguyu desteklemektedir.

Tüm bölgelere ait bulgular bir arada değerlendirildiğinde, aralarında eştümleşme ilişkisi aranan Avrupa elektrik piyasaları spot elektrik fiyatları zaman serilerinin incelenen dönem içerisinde entegre olduğu, yani uzun dönemde birlikte hareket ettiği bulgusuna ulaşılmıştır. Avrupa elektrik piyasalarında uzun dönemli birlikte hareketin belirleyicileri arasında bölgeler arasındaki enterkoneksiyon kapasite kısıtlarına ek olarak farklı piyasa yapıları, farklı iklim koşullarına bağlı farklı tüketim kalıpları ve farklı birincil kaynak kompozisyonlarına bağlı etkenler de sayılabilir.

Bu çalışmanın dördüncü bölümü, piyasa entegrasyonu araştırmalarında, uzun dönemde birlikte hareketin incelenmesinde yoğunlukla kullanılan eştümleşme analizlerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmasının önemine vurgu yapmaktadır. Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonu sorunsal üzerine yapılan çalışmalarda genel olarak bölgesel ve artmakta olan bir entegrasyon bulgusuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular Avrupa elektrik piyasalarının yaklaşık %85'ini kapsayan bölge piyasalarının iki ortak stokastik trend ile güçlü entegre; belirlenen diğer bölgeler dahilindeki piyasaların ise tek ortak stokastik trend ile tam entegre olduğuna işaret etmektedir. Eştümleşme ilişkisinde yapısal kırılmaların da dikkate alınmasıyla elde edilen bu bulgular ışığında Avrupa elektrik piyasalarında entegrasyonun uzun dönemde sağlandığı ve *Tek Fiyat Yasası'nın* geçerli olduğu iddia edilebilir.

Bu çalışmanın temel hipotezi olan Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonunu test etmek mümkün olan en fazla sayıda ülkeyi analizlere dahil etmeyi gerektirmektedir. Ancak, Avrupa ülkelerinde elektrik piyasalarının rekabete açılma süreçleri ve elektrik borsalarının kuruluş yılları farklılaşmaktadır. Bu nedenle, veri seti analizlerin güvenilir olarak yapılmasını sağlamak koşuluyla, en fazla sayıda ülkeyi içerecek zaman aralığında seçilmiştir. Bu nedenle, Yunanistan, İrlanda, Slovenya gibi bazı piyasalar analizlere dahil edilememiştir. Buna ek olarak, çalışmanın sınırlılıkları kapsamında, piyasa entegrasyonu üzerinde etkili olduğu bilinen ticaret hacmi ve taşıma maliyetleri gibi değişkenler, verilere

ulaşmadaki güçlükler nedeniyle ihmal edilmiş; piyasa entegrasyonu sadece fiyat-temelli göstergeler üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır. Diğer taraftan, bu çalışmada kullanılan fiyat verisi, PCR üyesi veya kullanıcısı olan ülkelere ait elektrik borsalarından elde edilmiştir. PCR çerçevesinde piyasa fiyatının belirlenmesinde kullanılan ortak algoritma ile tüketici artığı, üretici artığı ve kısıt getirisi değişkenlerinin bir fonkiyonu olarak tanımlanan sosyal refahın optimizasyonunu sağlayacak şekilde tasarlanmış bir fiyat belirleme süreci işletilmektedir. Bunun anlamı, fiyat verilerinin örtük olarak, belirli bir miktar elektriğin piyasalar arasındaki transferinin maliyetini de içerdiğidir. Bununla birlikte, bu çalışmada, coğrafi yakınlık ve iletim ağı kapasitesi, bölge seçim kriterleri oluşturulurken de göz önünde bulundurularak dolaylı biçimde analizlere dahil edilmiştir. Böylece bu çalışmanın en önemli kısıdını oluşturan bu durumun üstesinden gelmeye çalışılmıştır.

Avrupa elektrik piyasalarının entegrasyonu sorunsalına odaklanan ileriki çalışmalarda, coğrafi açıdan daha geniş kapsamlı ve akım-temelli göstergeleri de içeren bir veri setinin, ESTJ modeli çerçevesinde, piyasa entegrasyonu ve uzamsal piyasa dengesi kavramlarına ilişkin ayrımın da dikkate alınarak, çözümlenmesinin daha etkin sonuçlar üreteceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AKIN İrfan, "Enerji direktiflerinde ayrışma", *Ankara Barosu Dergisi*, Cilt: 8, Sayı: 2008/1, 2008, ss.11-34.
- AMUNDSEN Eirik S. ve Lars BERGMAN, "Integration of multiple national markets for electricity: The case of Norway and Sweden", *Energy Policy*, 35, 6, 2007, pp. 3383-3394.
- ARMSTRONG M. ve GALLI, A., "Are Day-ahead Prices for Electricity Converging in Continental Europe? An Exploratory Data Approach", CERN Working Paper, 2005.
- ATİYAS İzak, *Elektrik Sektöründe Serbestleşme ve Düzenleyici Reform*, Tesev Yayınları, 2006.
- AUTRAN Ludovic, *Convergence of day-ahead and futures prices in the context of European power market coupling*, Diss. MSc thesis KTH, 2012.
- BAHÇE Serdar, "Elektrik üretiminde serbestleşmenin sorunları: piyasa gücü ve uluslararasılaşma", *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 62, 4, 2007, ss.50-68.
- BALAGUER Jacint, "Cross-border integration in the European electricity market. Evidence from the pricing behavior of Norwegian and Swiss exporters", *Energy Policy*, 39, 9, 2011, pp. 4703-4712.
- BANERJEE Anindya, Robin L. LUMSDAINE ve James H. STOCK, "Recursive and sequential tests of the unit-root and trend-break hypotheses: theory and international evidence", *Journal of Business & Economic Statistics*, 10, 3, 1992, pp. 271-287.
- BARRETT Christopher B, "Market analysis methods: are our enriched toolkits well suited to enlivened markets?", *American journal of agricultural economics*, 78, no.3, 1996, pp. 825-829.
- BARRETT Christopher B, "Measuring integration and efficiency in international agricultural markets", *Review of Agricultural Economics*, 2001, pp. 19-32.
- BARRETT Christopher B, "Spatial market integration." (2005).
- BARRETT Christopher B, ve Jau Rong Li, "Distinguishing between equilibrium and integration in spatial price analysis", *American Journal of Agricultural Economics*, 84, no.2, 2002, pp. 292-307.
- BAULCH Bob, "Transfer costs, spatial arbitrage, and testing for food market integration", *American Journal of Agricultural Economics*, 79, no.2, 1997, pp. 477-487.
- BEMIP Action Plan (for competitive, secure and sustainable energy), 2015. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/BEMIP_Action_Plan_2015.pdf (Erişim Tarihi: 17.04.2017).

- BHAR Ramaprasad ve Biljana NIKOLOVA, "Return, volatility spillovers and dynamic correlation in the BRIC equity markets: An analysis using a bivariate EGARCH framework", *Global Finance Journal*, 19, no.3, 2009, pp. 203-218.
- BÖCKERS Veit, Justus HAUCAP ve Ulrich HEIMESHOF, *Benefits of an integrated European electricity market*, No. 109. DICE Discussion Paper, 2013.
- BOISSELEAU François, *The role of power exchanges for the creation of a single European electricity market: market design and market regulation*, 2004.
- BOLLERSLEV Tim "Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model", *The review of economics and statistics*, 1990, pp. 498-505.
- BOLLERSLEV Tim, "Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity", *Journal of econometrics*, 31, 3, 1986, pp. 307-327.
- BOSCO Bruno vd. "Long-run relations in European electricity prices" *Journal of applied econometrics*, 25, 5, 2010, pp. 805-832.
- BOWER John, "Why did electricity prices fall in England and Wales", *Oxford Institute for Energy Studies, EL*, 2, 2002.
- BUNN Derek W. ve Angelica GIANFREDA, "Integration and shock transmissions across European electricity forward markets", *Energy Economics*, 32, 2, 2010, pp.278-291.
- BUNN Derek W., "Structural and behavioural foundations of competitive electricity markets", *Modelling prices in competitive electricity markets*, (ed. Derek W. Bunn), John Wiley & Sons, 2004.
- CALVO Sara Guerschanik ve Carmen M. REINHART, *Capital flows to Latin America: is there evidence of contagion effects?* 1996.
- CAPPIELLO Lorenzo, Robert F. ENGLE ve Kevin SHEPPARD, "Asymmetric dynamics in the correlations of global equity and bond returns", *Journal of Financial econometrics*, 4, no.4, 2006, pp. 537-572.
- CHRISTIANO Lawrence J., "Searching for a Break in GNP", *Journal of Business & Economic Statistics*, 10, 3, 1992, pp.237-250.
- COURNOT Antoine-Augustin, *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses par Augustin Cournot*. chez L. Hachette, 1838.
- CRETI Anna, Eileen FUMAGALLI ve Elena FUMAGALLI, "Integration of electricity markets in Europe: relevant issues for Italy", *Energy Policy*, 38, 11, 2010, pp. 6966-6976.
- DAVIDSON Russell ve James G. MACKINNON, "Estimation and inference in econometrics", 1993.
- DAWSON P.J. ve SANJUAN, A.I., "Structural breaks, the export enhancement program and the relationship between Canadian and US hard wheat prices", *Journal of Agricultural Economics*, 57, 2005, pp. 101–116.

- DEIDERSEN J., ve TRÜCK, S., "Energy Price Dynamics- quantitative studies and stochastic processes", Technical Report TR-ISWM-12, 2002.
- De JONG Cyriel ve Ronald HUISMAN, *Option formulas for mean-reverting power prices with spikes*, 2002.
- De JONGHE Cedric, Leonardo MEEUS ve Ronnie BELMANS, "Power exchange price volatility analysis after one year of Trilateral Market Coupling", *Electricity Market, 2008. EEM 2008. 5th International Conference on European*. IEEE, 2008.
- De MENEZES, Lilian M. ve Melanie A. HOULLIER, "Reassessing the integration of European electricity markets: A fractional cointegration analysis", *Energy Economics*, 53, 2016, pp.132-150.
- DENG Shi-Jie ve Shmuel S. OREN. "Electricity derivatives and risk management", *Energy*, 31, no.6, 2006, pp. 940-953.
- DICKEY David A. ve Wayne A. FULLER, "Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root", *Journal of the American statistical association*, 74, 366a, 1979, pp.427-431.
- DICKEY David A. ve Wayne A. FULLER, "Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1981, pp.1057-1072.
- DING Zhuixin ve Robert F. ENGLE, "Large scale conditional covariance matrix modeling, estimation and testing", 2001.
- DIRECTIVE 2003/54/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 June 2003 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC. *Official Journal L 176/37, 15/7/2003*.
- DIRECTIVE 2009/72/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC. *Official Journal L 55/112, 14/8/2009*.
- DIRECTIVE 96/92/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity. *Official Journal L 027, 30/01/1997*.
- DORNBUSCH Rudiger, Yung Chul PARK ve Stijn CLAESSENS, "Contagion: understanding how it spreads", *The World Bank Research Observer*, 15, no.2, 2000, pp. 177-197.
- EFIMOVA Olga ve Apostolos SERLETIS, "Energy markets volatility modelling using GARCH", *Energy Economics*, 43, 2014, pp. 264-273.
- ENGLE Robert "Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models", *Journal of Business & Economic Statistics*, 20, 3, 2002, pp. 339-350.

- ENGLE Robert F. ve Kenneth F. KRONER. "Multivariate simultaneous generalized ARCH", *Econometric theory*, 11, 01, 1995, pp. 122-150.
- ENGLE Robert F. ve Kevin SHEPPARD, *Theoretical and empirical properties of dynamic conditional correlation multivariate GARCH*. No. w8554. National Bureau of Economic Research, 2001.
- ENGLE Robert F., TAKATOSHI Ito ve Wen-Ling LIN "Meteor showers or heat waves? Heteroskedastic intra-daily volatility in the foreign exchange market", *Econometrica*, 58, 3, 1990, pp. 525-542.
- ENGLE, Robert F., "Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1982, pp. 987-1007.
- ENKE Stephen, "Equilibrium among spatially separated markets: Solution by electric analogue", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1951, pp. 40-47.
- ENTSO-E, Electricity in Europe, 2015. www.entsoe.eu/Documents/Publications/Statistics/electricity_in_europe/entsoe_electricity_in_europe_2015_web.pdf (Erişim Tarihi: 19/12/2016)
- ENTSO-E, Statistical Factsheet 2015. www.entsoe.eu/Documents/Publications/Statistics/Factsheet/entsoe_sfs2015_web.pdf (Erişim Tarihi: 19/12/2016)
- ERDOĞDU Erkan, "Asymmetric volatility in European day-ahead power markets: A comparative microeconomic analysis", *Energy Economics*, 56, 2016, pp. 398-409.
- ERYİĞİT Kadir Y., *Döviz kuru davranışı, alternatif modeller: Türkiye örneği*, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Bursa, 2008.
- ESCRIBANO Alvaro, J., Ignacio Peña ve Pablo Villaplana, "Modelling electricity prices: International evidence", *Oxford bulletin of economics and statistics*, 73, no.5, 2011, pp. 622-650.
- EUROPEAN COMMISSION, Quarterly report on European electricity markets - market observatory for energy, Volume 1, Issue 1: April 2008 – June 2008. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (Erişim Tarihi: 3/11/2016)
- EUROPEAN COMMISSION, Quarterly report on European electricity markets - market observatory for energy, Volume 1, Issue 2: July 2008 – September 2008. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (Erişim Tarihi: 3/11/2016)
- EUROPEAN COMMISSION, Quarterly report on European electricity markets - market observatory for energy, Volume 1, Issue 3: October 2008 – December 2008. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (Erişim Tarihi: 3/11/2016)

- EUROPEAN COMMISSION, Quarterly report on European electricity markets- market observatory for energy, Volume 4, Issue 1: January 2011 – March 2011. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (Erişim Tarihi: 3/11/2016)
- EUROPEAN COMMISSION, Quarterly report on European electricity markets - market observatory for energy, Volume 9, Issue 1, Fourt Quarter of 2015 and First Quarter of 2016. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (Erişim Tarihi: 22/5/2016)
- EUROPEAN COMMISSION, Quarterly report on European electricity markets - market observatory for energy, Volume 9, Issue 2 & 3, Second and Third Quarter of 2016. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (Erişim Tarihi: 22/5/2016)
- EUROPEAN COMMISSION, Quarterly report on European electricity markets - market observatory for energy, Volume 9, Issue 4, Fourt Quarter of 2016. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (Erişim Tarihi: 22/5/2016)
- EUROPEAN COMMISSION, Special report on European electricity markets - market observatory for energy, Volume 2, Special Issue, 2009. <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/market-analysis> (Erişim Tarihi: 3/11/2016)
- EVANS Twm ve David G. MCMILLAN, "Financial co-movement and correlation: evidence from 33 international stock market indices", *International Journal of Banking, Accounting and Finance*, vol.1, no.3, 2009, pp.215-241.
- EZEKIEL Mordecai, "The cobweb theorem", *The Quarterly Journal of Economics*, 52, 2, 1938, pp. 255-280.
- FAMA Eugene F, "Efficient capital markets: A review of theory and empirical work." *The journal of Finance*, 25, no.2, 1970, pp. 383-417.
- FEDERICO Giovanni, "How much do we know about market integration in Europe?", *The Economic History Review*, 65, no.2, 2012, pp. 470-497.
- FETTER Frank A, "The economic law of market areas", *The Quarterly Journal of Economics*, 38, no.3, 1924, pp. 520-529.
- GALLO Giampiero M., ve Edoardo OTRANTO, "Volatility spillovers, interdependence and comovements: A Markov Switching approach", *Computational Statistics & Data Analysis*, 52, no.6, 2008, pp. 3011-3026.
- GHOSH Madhusudan, "Spatial integration of wheat markets in India: Evidence from cointegration tests", *Oxford Development Studies*, 31, no.2, 2003, pp. 159-171.
- GILBERT Richard, Karsten NEUHOFF ve David NEWBERY, "Allocating transmission to mitigate market power in electricity networks" *RAND Journal of Economics*, vol. 35, no.4, 2004, pp 691-709.

- GOTO Mika ve George A. KAROLYI, *Understanding Electricity Price Volatility within and across Markets*, Ohio State University, Charles A. Dice Center for Research in Financial Economics, 2004.
- GREEN Richard, "Electricity and markets", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 21, no. 1, 2005, pp. 67-87.
- GUPTA Priyanshi, Sanjay SEHGAL ve Florent DEISTING, "Time-Varying Bond Market Integration in EMU", *Journal of Economic Integration*, 2015, pp.708-760.
- HALDRUP Niels ve Morten Ørregaard NIELSEN, "A regime switching long memory model for electricity prices", *Journal of econometrics*, 135, no.1, 2006, pp. 349-376.
- HALDRUP Niels ve Morten Ørregaard NIELSEN, "A regime switching long memory model for electricity prices", *Journal of econometrics*, 135, 1, 2006, pp. 349-376.
- HANSEN Peter R. ve Asger LUNDE, "A forecast comparison of volatility models: does anything beat a GARCH (1, 1)?", *Journal of applied econometrics*, vol.20, no.7, 2005, pp. 873-889.
- HARRIS Richard DF ve Anirut PISEDASALASAI, "Return and volatility spillovers between large and small stocks in the UK", *Journal of Business Finance & Accounting*, 33, no.9-10, 2006, pp. 1556-1571.
- HARRIS, R. ve SOLLIS, R., *Applied Time Series Modelling and Forecasting*, John Wiley and Sons, Chichester, W. Sussex, 2003.
- HAY George A, "Facilitating Practices: The Ethyl Case (1984)", *The antitrust revolution: Economics, competition, and policy*, 4, 1999, pp. 182-201.
- HENDRY, D.F. ve MIZON, G.E., "Evaluating dynamic econometric models by encompassing the VAR", In: Phillips, P.C.P. (Ed.), *Models, Methods and Applications of Econometrics*. Basil Blackwell, Oxford, 1993, pp. 272–300.
- HIGGS Helen, "Modelling price and volatility inter-relationships in the Australian wholesale spot electricity markets", *Energy Economics*, 31, 5, 2009, pp.748-756.
- HOGAN William W., "A market power model with strategic interaction in electricity networks", *The Energy Journal*, 1997, pp. 107-141.
- HOGAN William W., "Contract networks for electric power transmission" *Journal of regulatory economics*, 4, no.3, 1992, pp. 211-242.
- HOULLIER, M., *Integration of Liberalised European Electricity Markets*, (Unpublished Doctoral thesis), City University London, 2014.
- HUISMAN Ronald ve Mehtap KILIÇ "A history of European electricity day-ahead prices", *Applied Economics*, 45, 18, 2013, pp. 2683-2693.
- HUISMAN Ronald ve Ronald MAHIEU, "Regime jumps in electricity prices", *Energy economics*, 25, no.5, 2003, pp. 425-434.
- HUNT Sally, *Making Competition Work in Electricity*, John Wiley & Sons, 2002.

- JAMASB Tooraj ve Michael POLLITT, "Electricity market reform in the European Union: review of progress toward liberalization & integration", *The Energy Journal*, 2005, pp.11-41.
- JOHANSEN Søren ve Katarina JUSELIUS, "Maximum likelihood estimation and inference on cointegration—with applications to the demand for money", *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 52, 2, 1990, pp. 169-210.
- JOHANSEN Søren, "Determination of cointegration rank in the presence of a linear trend", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54, 3, 1992, pp. 383-397.
- JOHANSEN Søren, Rocco MOSCONI ve Bent NIELSEN, "Cointegration analysis in the presence of structural breaks in the deterministic trend", *The Econometrics Journal*, vol.3, no.2, 2000, pp. 216-249.
- JOHANSEN Søren. "Statistical analysis of cointegration vectors", *Journal of economic dynamics and control*, 12, 2-3, 1988, pp. 231-254.
- KAROLYI G. Andrew ve René M. STULZ, "Why do markets move together? An investigation of US-Japan stock return comovements", *The Journal of Finance*, vol.51, no.3, 1996, pp. 951-986.
- KAYSEN Carl ve Donald TURNER, *Antitrust Policy: An Economic and Legal Analysis*, 1959.
- KIM Suk Joong, Fariborz MOSHIRIAN ve Eliza WU, "Dynamic stock market integration driven by the European Monetary Union: An empirical analysis", *Journal of Banking & Finance*, 29, no.10, 2005, pp. 2475-2502.
- KING Mervyn, Enrique SENTANA ve Sushil WADHWANI, *Volatility and links between national stock markets*, No. w3357, National Bureau of Economic Research, 1990.
- KNITTEL Christopher R., ve Michael R. ROBERTS, "An empirical examination of restructured electricity prices", *Energy Economics*, 27, no. 5, 2005, pp. 791-817.
- LE PEN Yannick ve Benoît SÉVI, "Volatility transmission and volatility impulse response functions in European electricity forward markets", *Energy Economics*, 32, 4, 2010, pp. 758-770.
- LEE Junsoo ve Mark C. STRAZICICH, "Break point estimation and spurious rejections with endogenous unit root tests", *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 63, 5, 2001, pp. 535-558.
- LEE Junsoo ve Mark C. STRAZICICH, "Minimum Lagrange multiplier unit root test with two structural breaks", *Review of Economics and Statistics*, 85, 4, 2003, pp. 1082-1089.
- LEE Junsoo ve Mark C. STRAZICICH, "Minimum LM unit root test with one structural break", *Manuscript, Department of Economics, Appalachian State University*, 2004, pp. 1-16.
- LEVIN Jonathan, *General equilibrium, Harvard University* (2006).

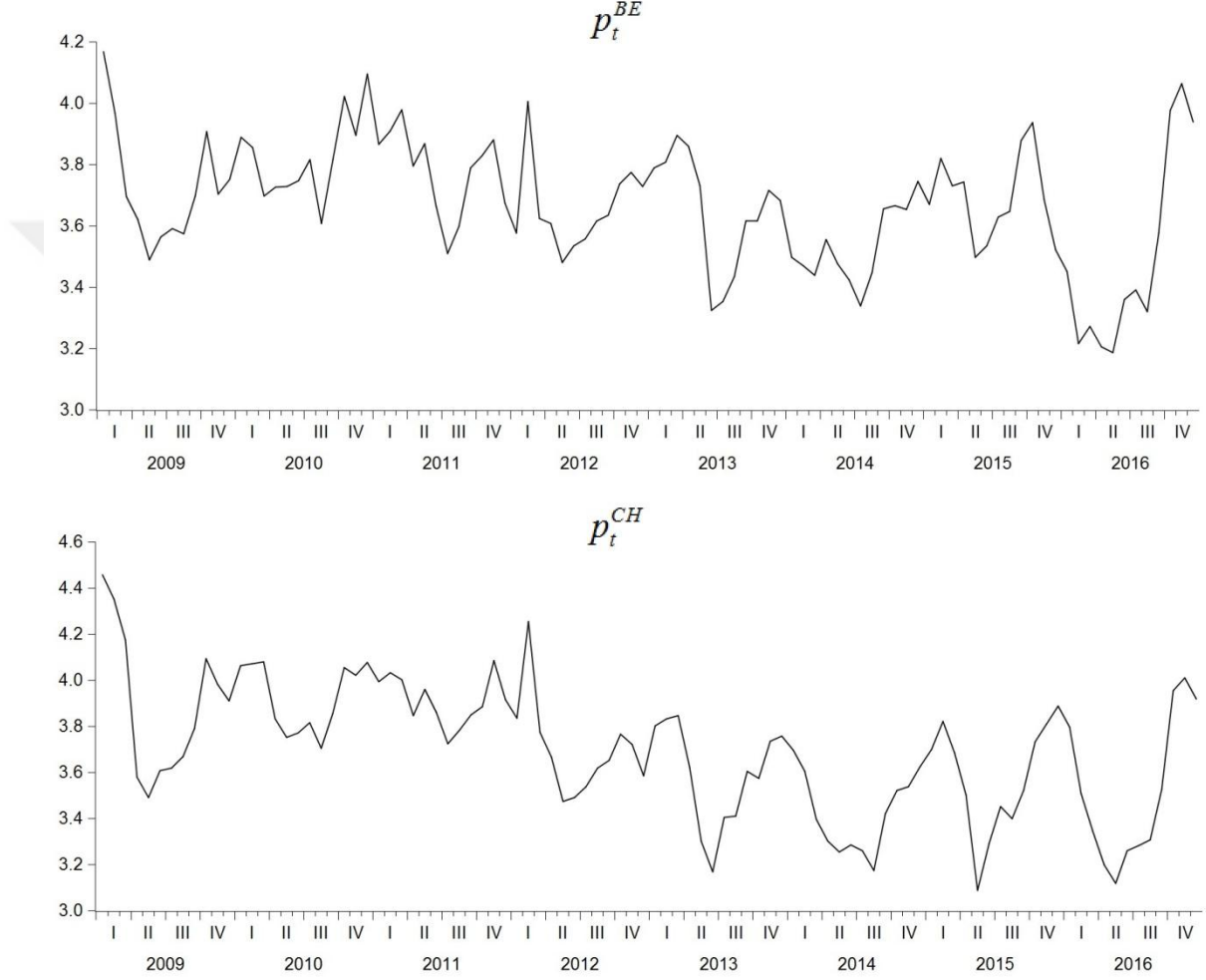
- LIN Wen-Ling, Robert F. ENGLE ve Takatoshi ITO "Do bulls and bears move across borders? International transmission of stock returns and volatility", *Review of financial studies*, 7, 3, 1994, pp. 507-538.
- LINDSTRÖM Erik ve Fredrik REGLAND, "Modeling extreme dependence between European electricity markets", *Energy economics*, 34, 4, 2012, pp. 899-904.
- LUMSDAINE Robin L. ve David H. PAPELL, "Multiple trend breaks and the unit-root hypothesis", *Review of economics and Statistics*, 79, 2, 1997, pp. 212-218.
- LUNDGREN Jens, Jorgen HELLSTROM ve Niklas RUDHOLM, "Multinational electricity market integration and electricity price dynamics", *Electricity Market, 2008. EEM 2008. 5th International Conference on European*. IEEE, 2008.
- MADLENER Reinhard ve Markus KAUFMANN, *Power exchange spot market trading in Europe: Theoretical considerations and empirical evidence*, OSCOGEN (Optimisation of Cogeneration Systems in a Competitive Market Environment)-Project Deliverable 5, 2002.
- MÄNTYSAARI Petri, *EU Electricity Trade Law: The Legal Tools of Electricity Producers in the Internal Electricity Market*, Springer, 2015.
- MARKOWITZ Harry, "Portfolio selection", *The journal of finance*, 7, no.1, 1952, pp. 77-91.
- MARSHALL Alfred, *Principles of economics: An introductory volume*, Eighth Edition. London: Macmillan, 1890.
- NATCHER Weaver ve Robert D. WEAVER, "The transmission of price volatility in the beef market: A multivariate approach", *Annual Meeting of the American Agricultural Association, Nashville, TN*, 1999.
- NEPAL Rabindra ve Tooraj JAMASB, "Interconnections and market integration in the Irish Single Electricity Market", *Energy Policy*, 51, 2012, pp. 425-434.
- NEWBERY David, Goran STRBAC ve Ivan VIEHOFF, "The benefits of integrating European electricity markets", *Energy Policy*, 94, 2016, pp. 253-263.
- NITSCHKE R., A. OCKENFELS, L. H. RÖLLER, ve Lars WIETHAUS, "The electricity wholesale sector: market integration and competition" *Livre blanc n WP-110-01, ESMT European School of Management and Technology*, 2010.
- NUNES Luis C., Paul NEWBOLD ve Chung-Ming KUAN, "Testing for unit roots with breaks: evidence on the great crash and the unit root hypothesis reconsidered", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 59, 4, 1997, pp. 435-448.
- PELLINI Elisabetta Giovanna, *Essays on European electricity market integration*. Diss. University of Surrey, 2014.

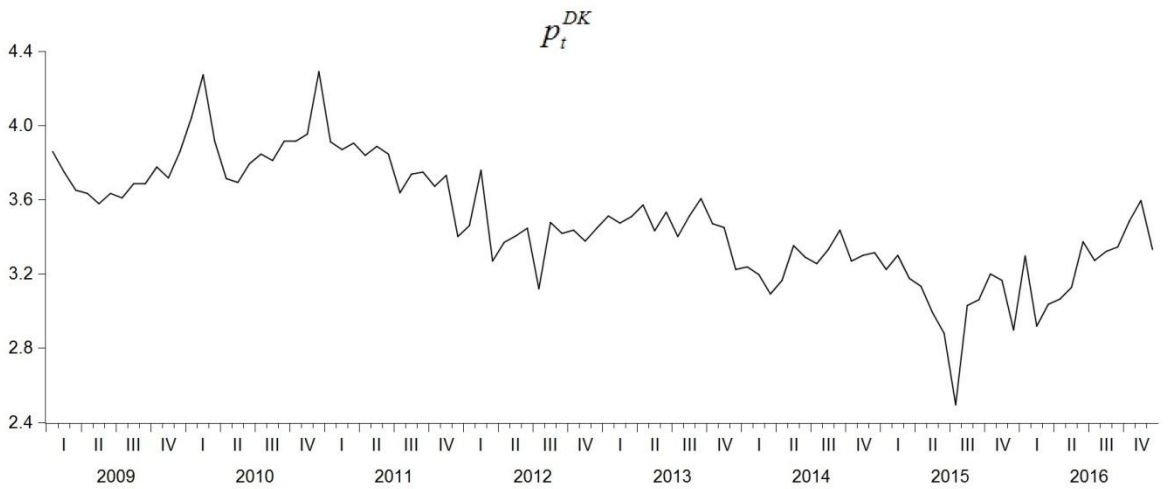
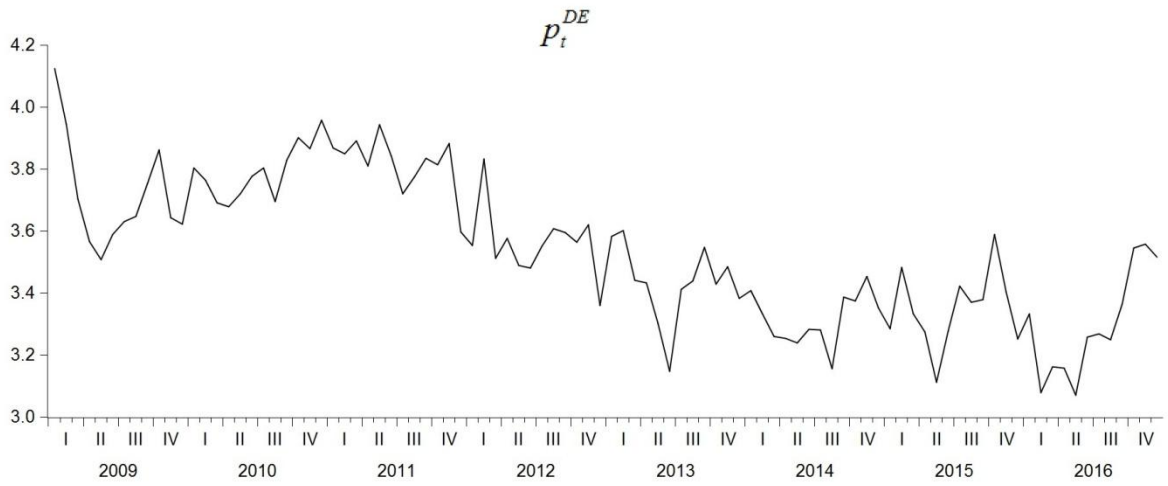
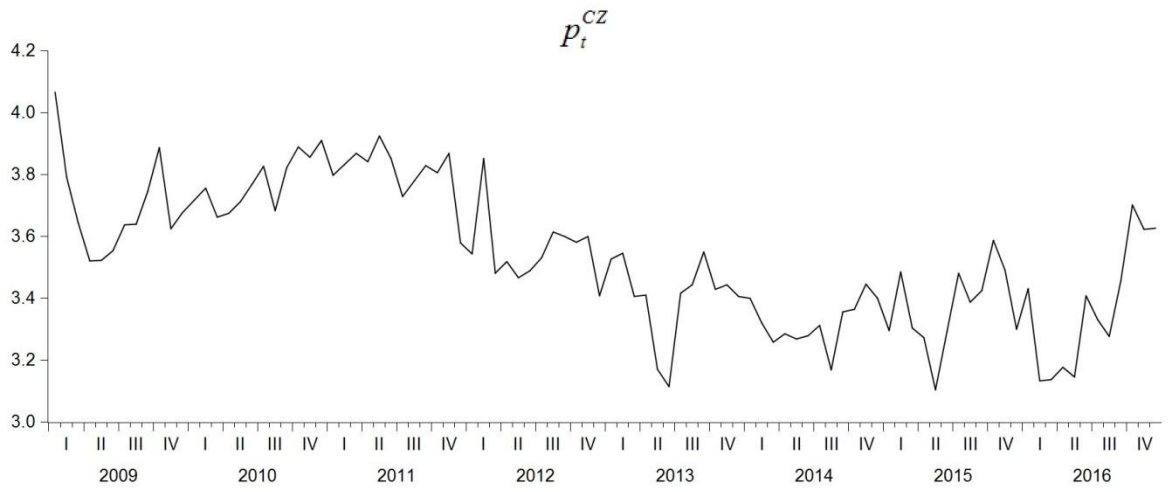
- PERRON Pierre ve Timothy J. VOGELSANG, "Nonstationarity and level shifts with an application to purchasing power parity", *Journal of Business & Economic Statistics*, 10, 3, 1992, pp. 301-320.
- PERRON Pierre, "The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1989, pp.1361-1401.
- PILIPOVIC Dragana, *Energy Risk: Valuing and Managing Energy Derivatives*, McGraw Hill Professional, 1998.
- PINEAU Pierre-Olivier, Anil HIRA ve Karl FROSCHAUER, "Measuring international electricity integration: a comparative study of the power systems under the Nordic Council, MERCOSUR, and NAFTA", *Energy Policy*, 32, 13, 2004, pp. 1457-1475.
- RADEMAEKERS Koen, Allister SLINGERBERG ve Salim MORSY, "Review and Analysis of EU Wholesale Energy Markets", Final Report, 2008. ECORYS.
- ROBINSON Terry, "The evolution of electricity prices in the EU since the Single European Act", *Economic Issues*, 13, Part 2, 2008, pp. 59-70.
- SAMUELSON Paul A, "Spatial price equilibrium and linear programming", *The American economic review*, 42, no.3, 1952, pp. 283-303.
- SCHMIDT Peter ve Peter CB PHILLIPS, "LM tests for a unit root in the presence of deterministic trends", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54, 3, 1992, pp. 257-287.
- STIGLER George J., ve Robert A. SHERWIN, "The extent of the market." *The Journal of Law and Economics*, 28, no.3, 1985, pp. 555-585.
- STOCK James H. ve Mark W. WATSON, "Testing for common trends", *Journal of the American statistical Association*, 83, 404, 1988, pp. 1097-1107.
- STØRDAL Ståle ve Anders Q. NYRUD "Testing roundwood market efficiency using a multivariate cointegration estimator", *Forest Policy and Economics*, 5, no.1, 2003, pp. 57-68.
- TAKAYAMA Takashi ve George G. Judge, *Spatial and temporal price and allocation models*, Amsterdam: North-Holland, 1971.
- TSE Yiu K., ve Albert K. C. TSUI, "A multivariate generalized autoregressive conditional heteroscedasticity model with time-varying correlations", *Journal of Business & Economic Statistics*, 20, no.3, 2002, pp. 351-362.
- VARIAN Hal. R., *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach, Ed.8*, W.W. Norton & Company, 2010.
- WALRAS Leon, *Elements of pure economics*, Routledge, 2013.
- WANG Ping ve Tomoe MOORE, "Stock Market Integration for the Transition Economies: Time-varying conditional correlation approach," *The Manchester School*, 76, s1, 2008, pp. 116-133.

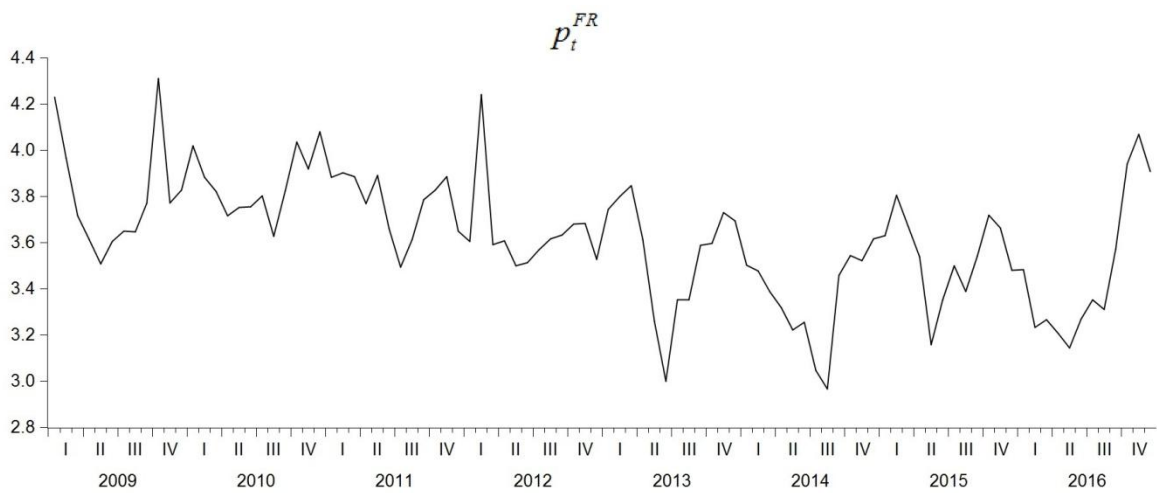
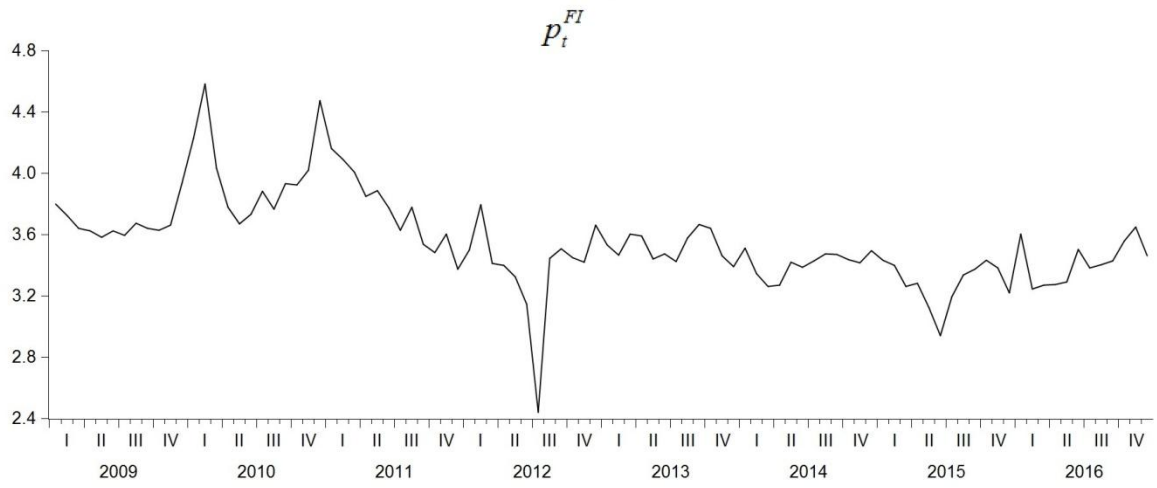
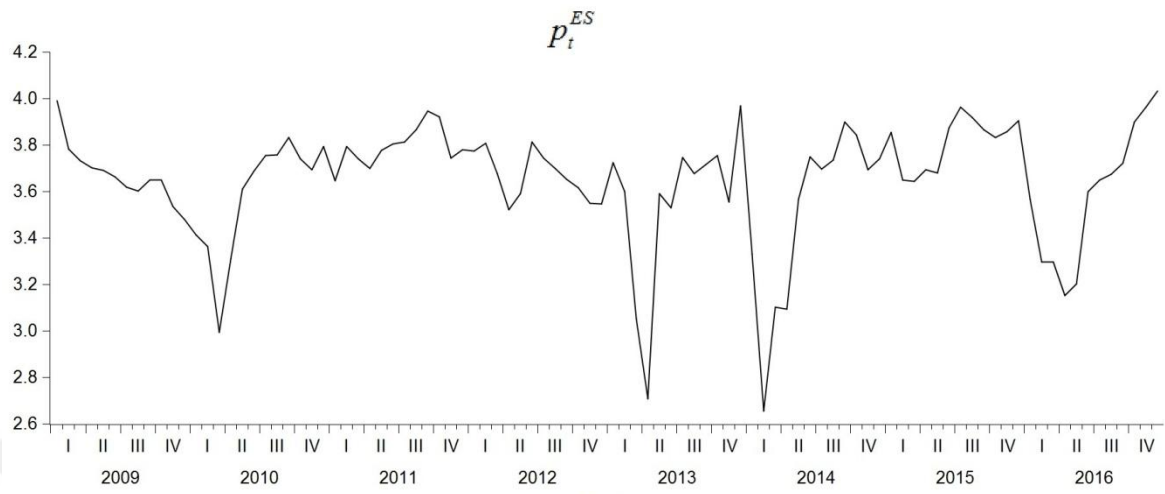
- WANG Yudong ve Chongfeng WU, "Forecasting energy market volatility using GARCH models: Can multivariate models beat univariate models?", *Energy Economics*, 34, 6, 2012, pp. 2167-2181.
- WERDEN Gregory J., "The economists view: Identifying market power in electric generation", *Public Utilities Fortnightly*, 134, no:4, 1996, pp.16- 21.
- WERON Rafal, *Modeling and forecasting electricity loads and prices: A statistical approach*, John Wiley & Sons, 2006.
- WORTHINGTON Andrew, Adam KAY-SPRATLEY ve Helen HIGGS, "Transmission of prices and price volatility in Australian electricity spot markets: a multivariate GARCH analysis", *Energy Economics*, 27, 2, 2005, pp. 337-350.
- XIAO Ling ve Gurjeet DHESI, "Volatility spillover and time-varying conditional correlation between the European and US stock markets", *Global Economy and Finance Journal*, 3, 2, 2010, pp. 148-164.
- YOUNES Ziad ve Marija ILIC, "Transmission networks and market power", *Power Systems Restructuring*, Springer US, 1998, pp. 335-384.
- ZACHMANN Georg, "Electricity wholesale market prices in Europe: Convergence?", *Energy Economics*, 30, 4, 2008, pp.1659-1671.
- ZIVOT Eric ve Donald W. K. ANDREWS, "Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis", *Journal of business & economic statistics*, 20, 1, 2002, pp. 25-44.

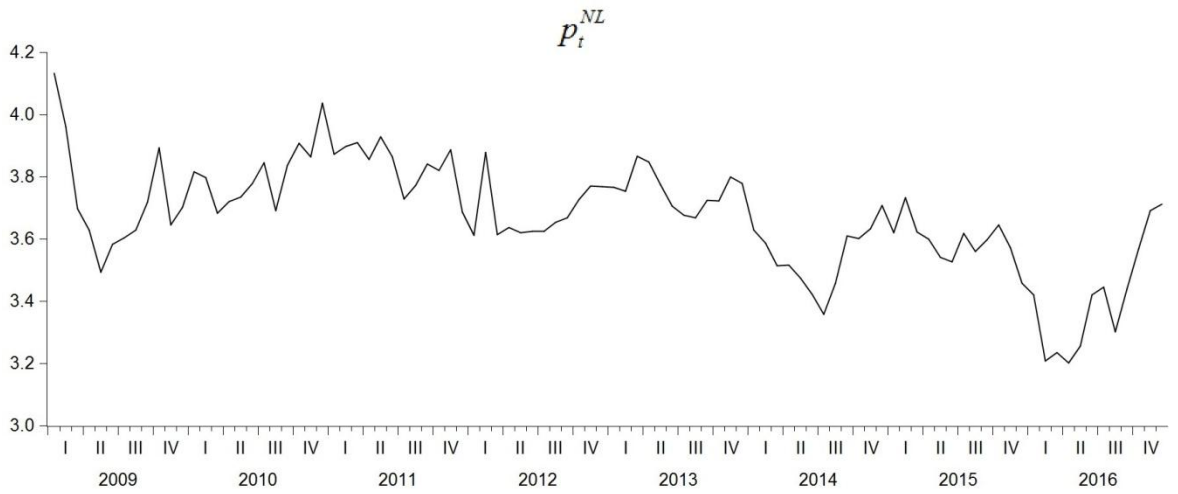
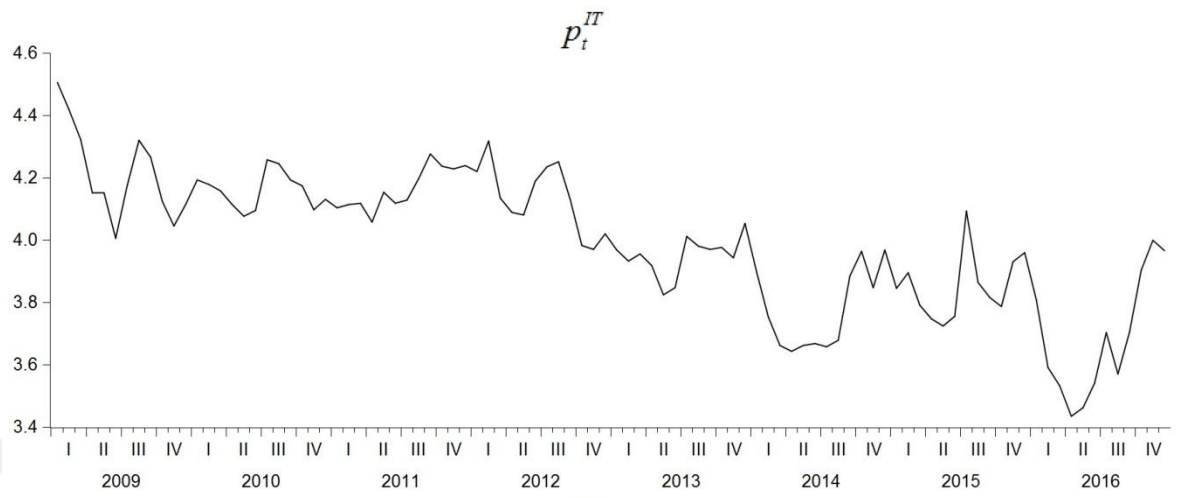
EKLER

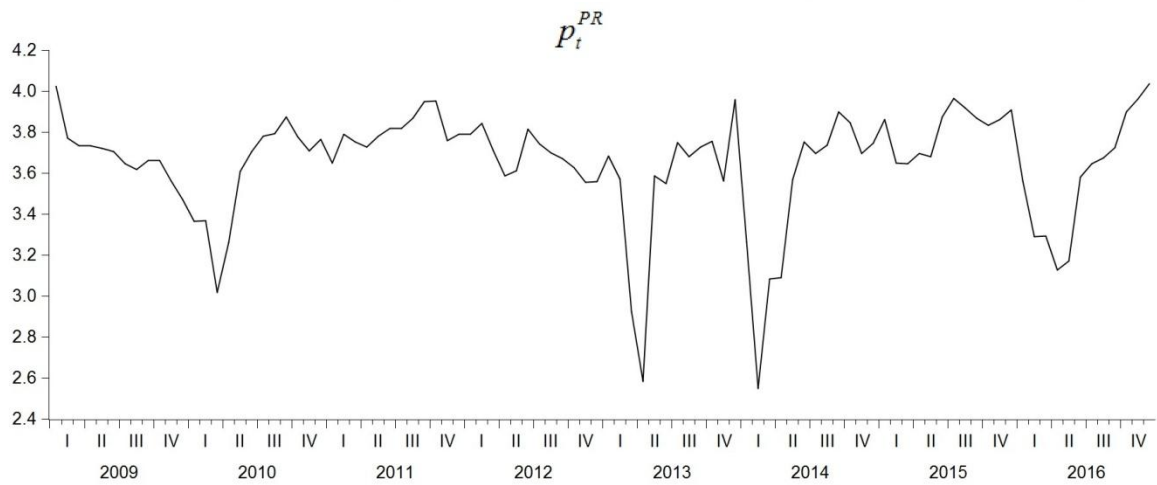
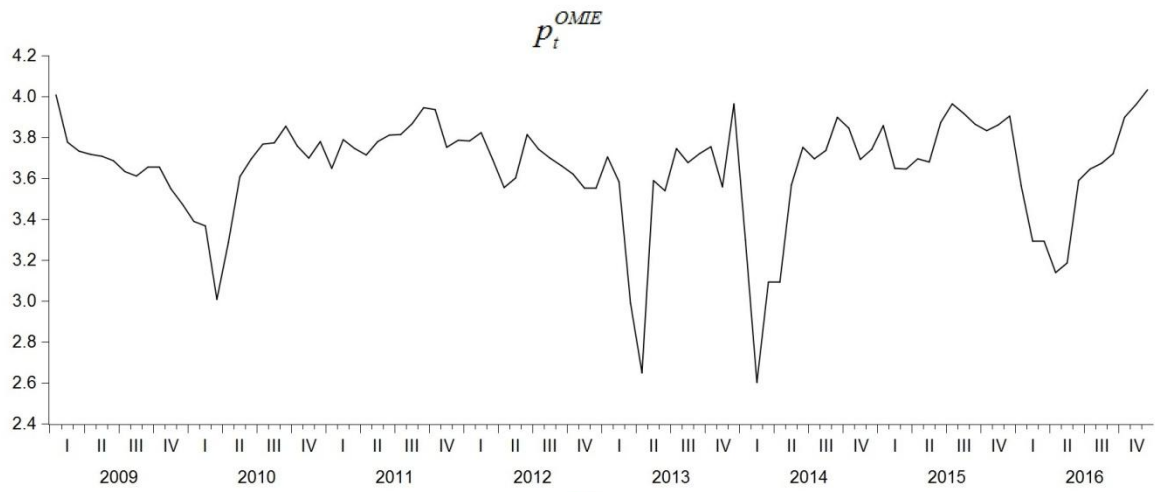
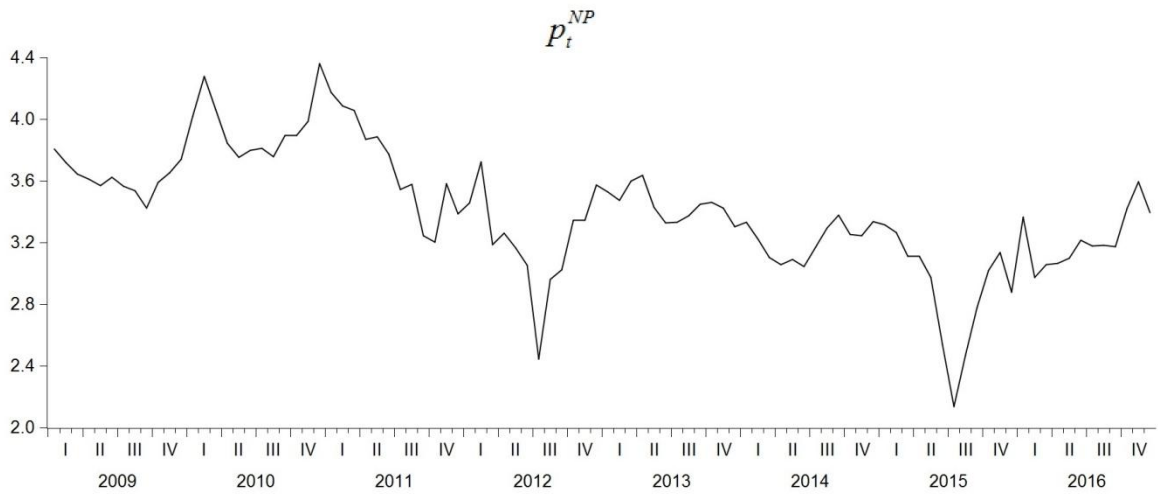
EK 1. Avrupa elektrik piyasalarının toptan satış elektrik fiyatları zaman serisi grafikleri (2009:1 – 2016:12)

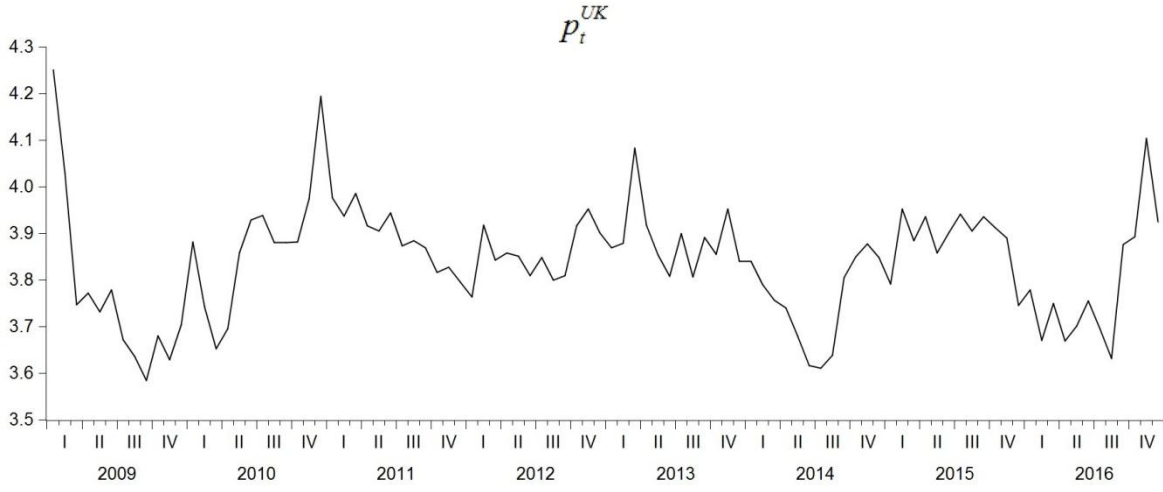
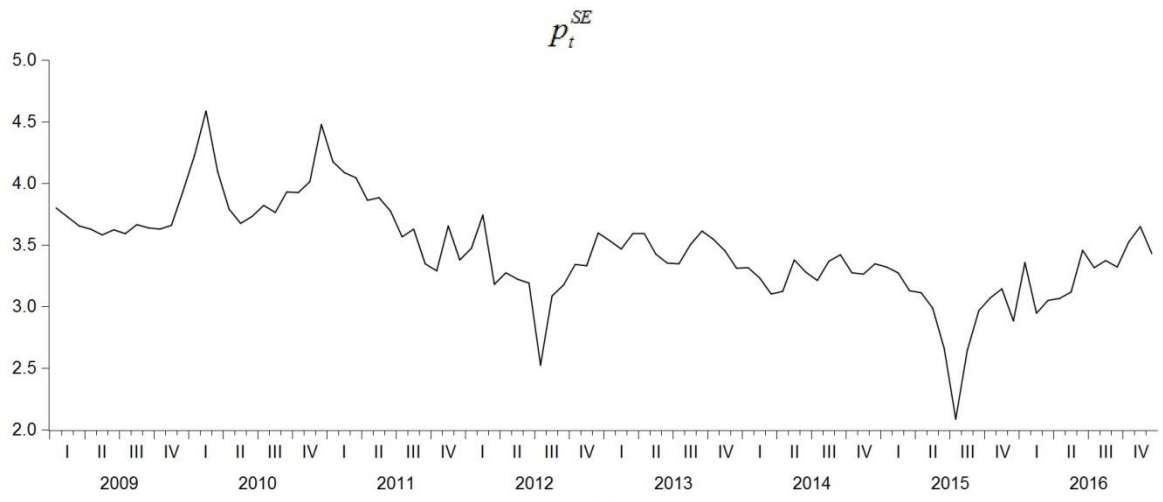




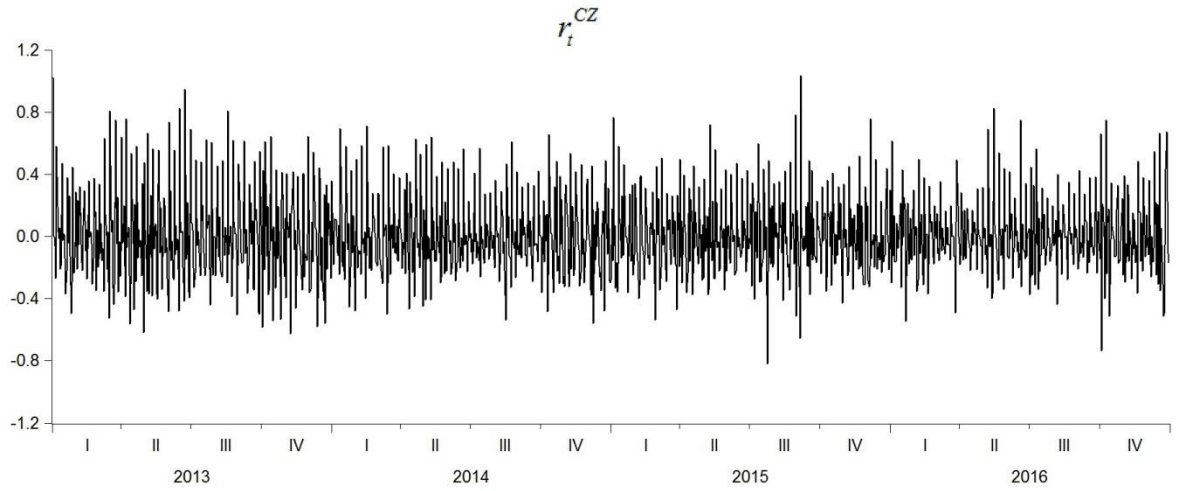
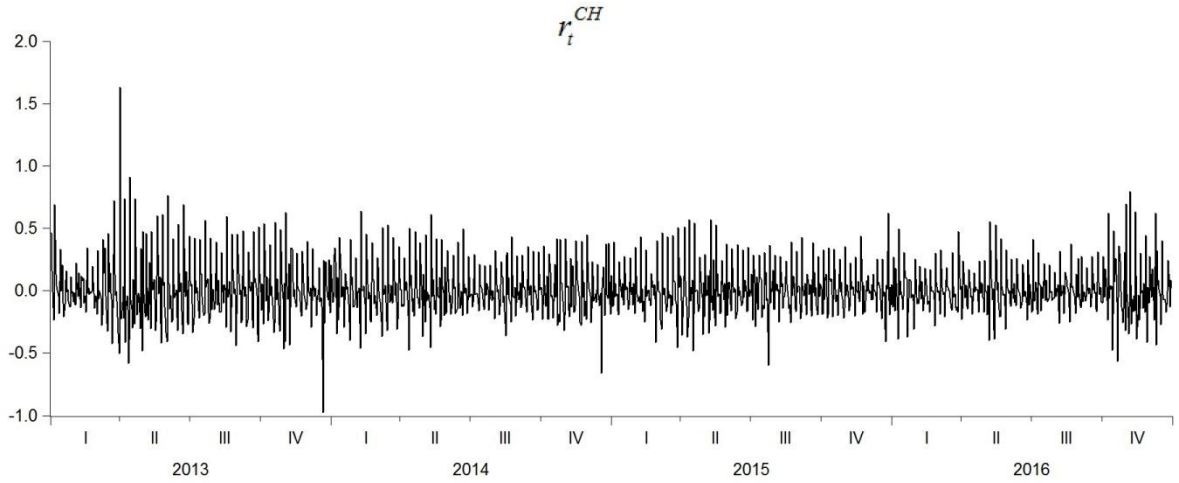
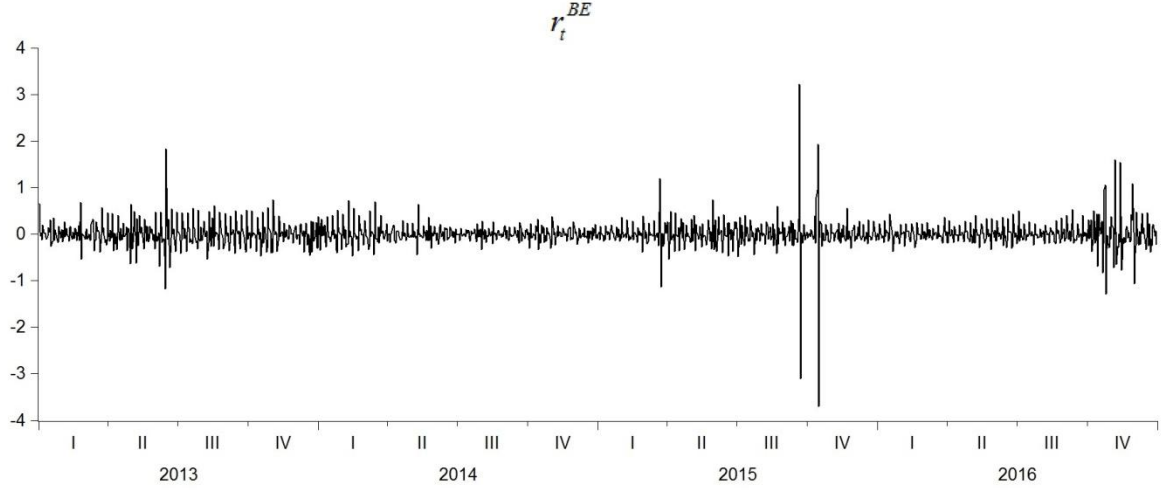


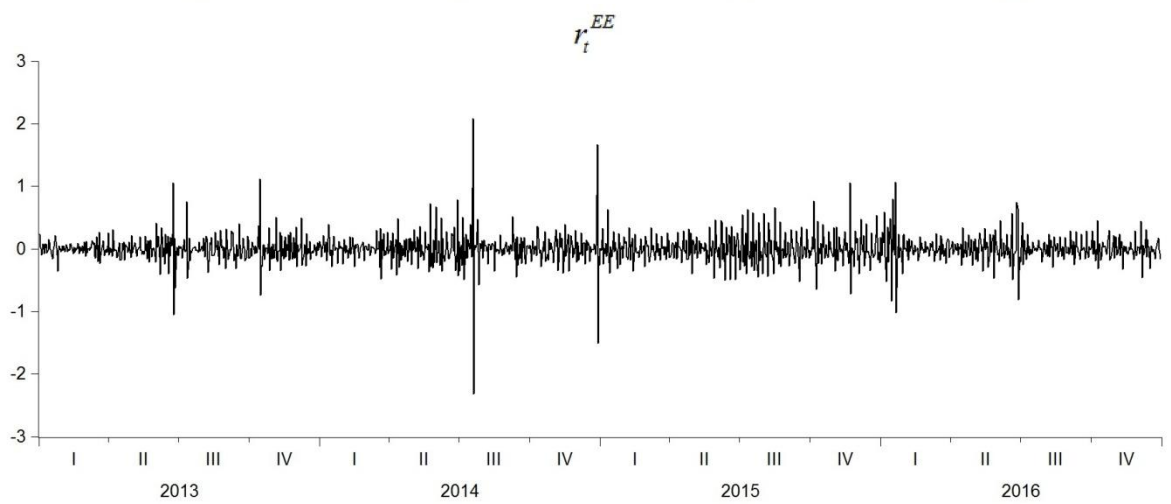
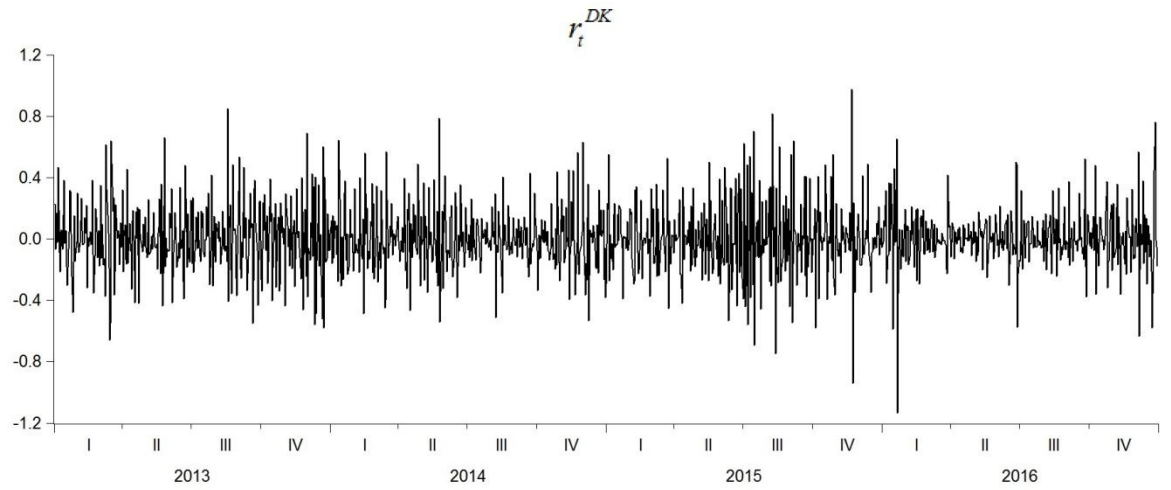
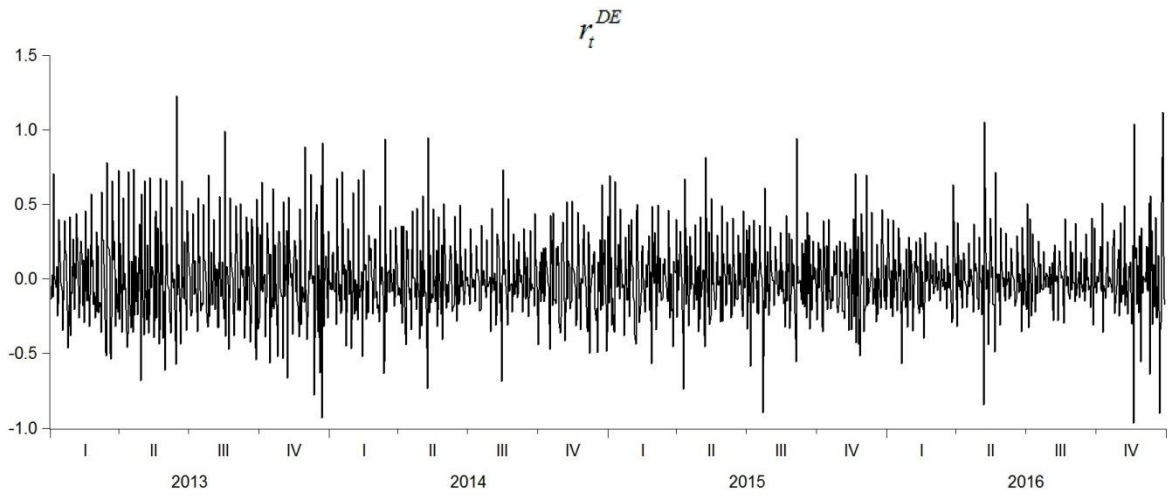


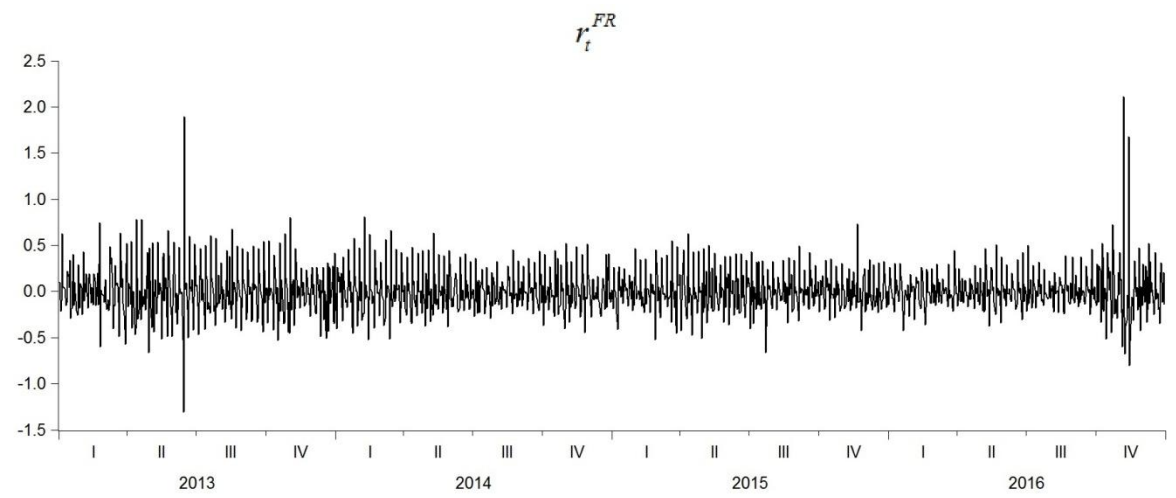
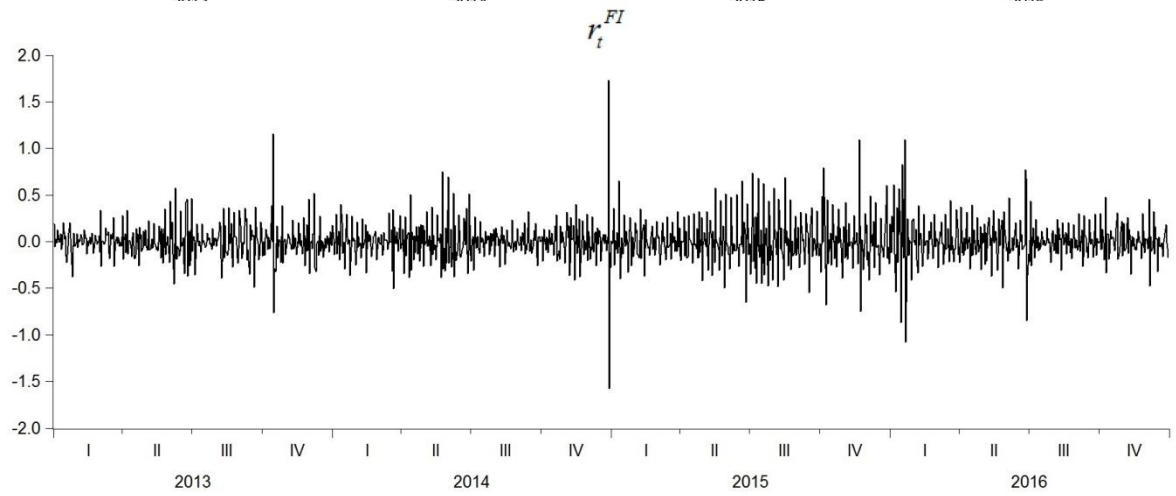
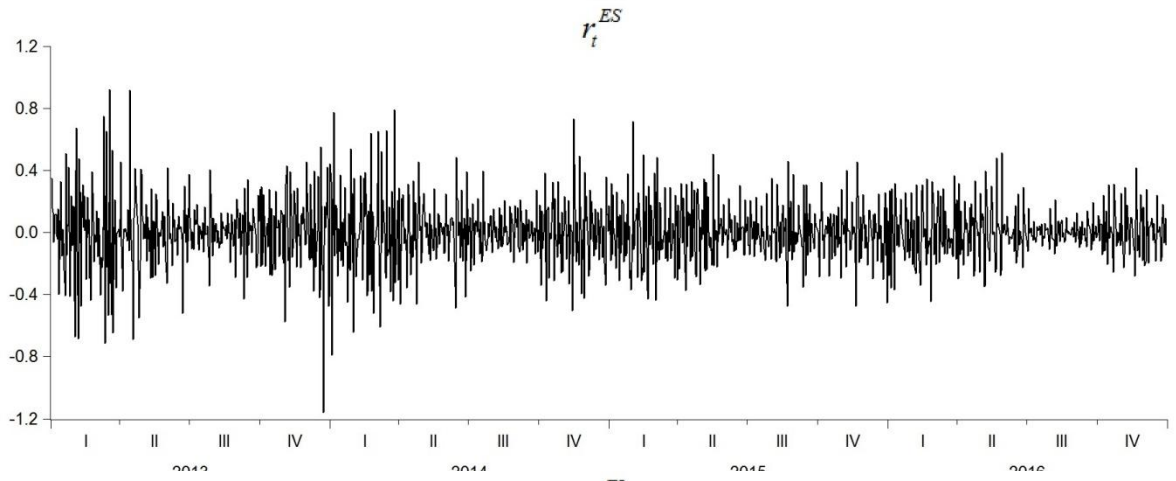


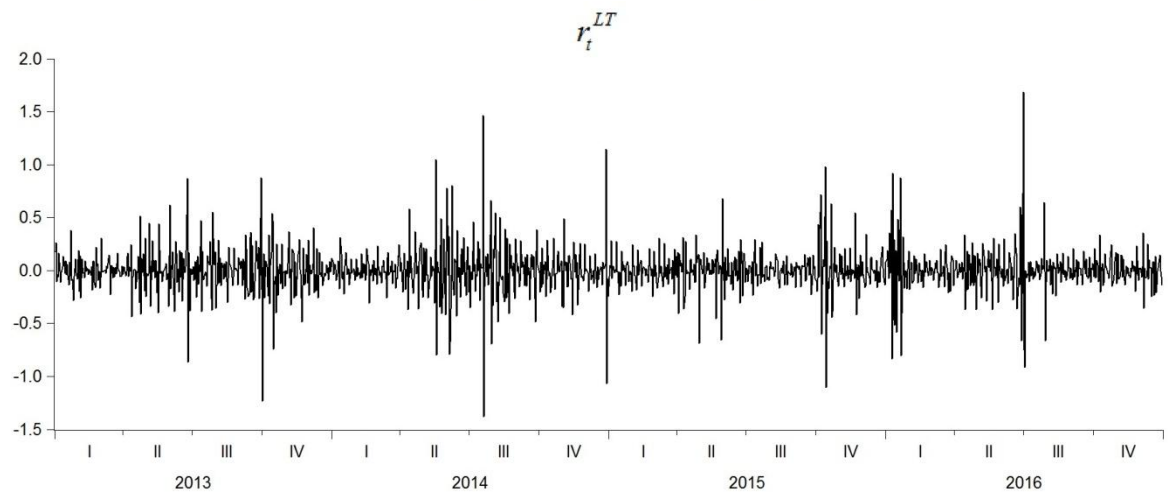
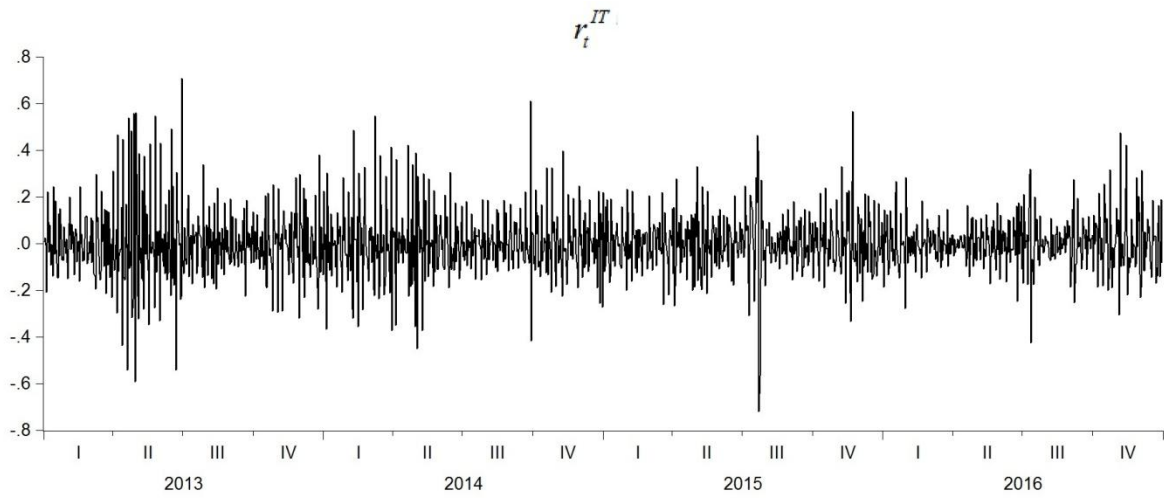
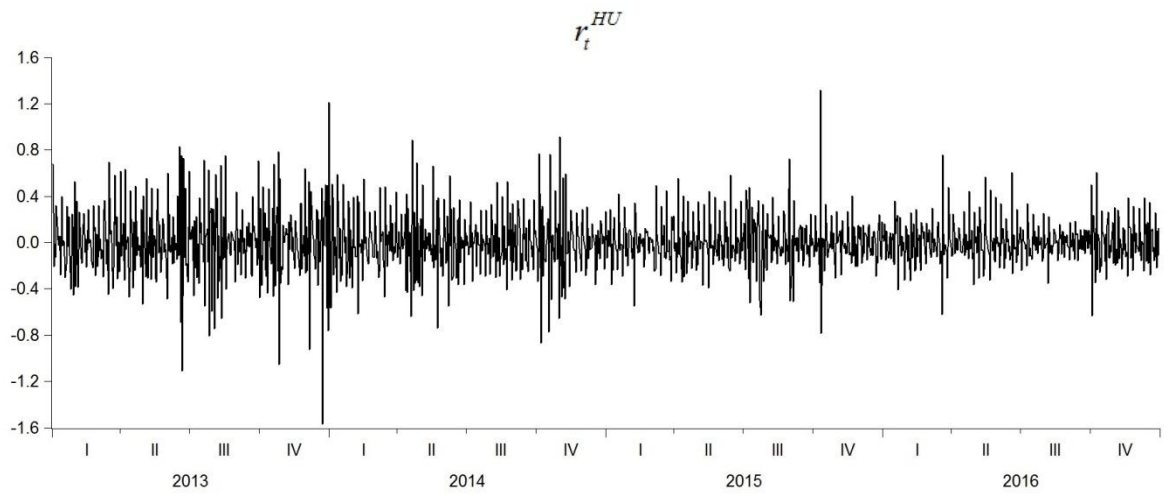


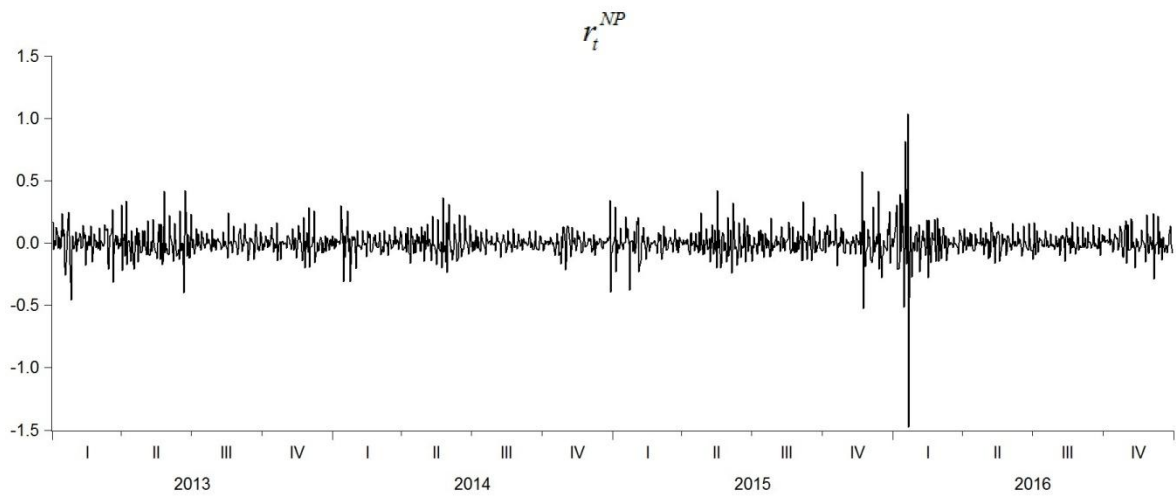
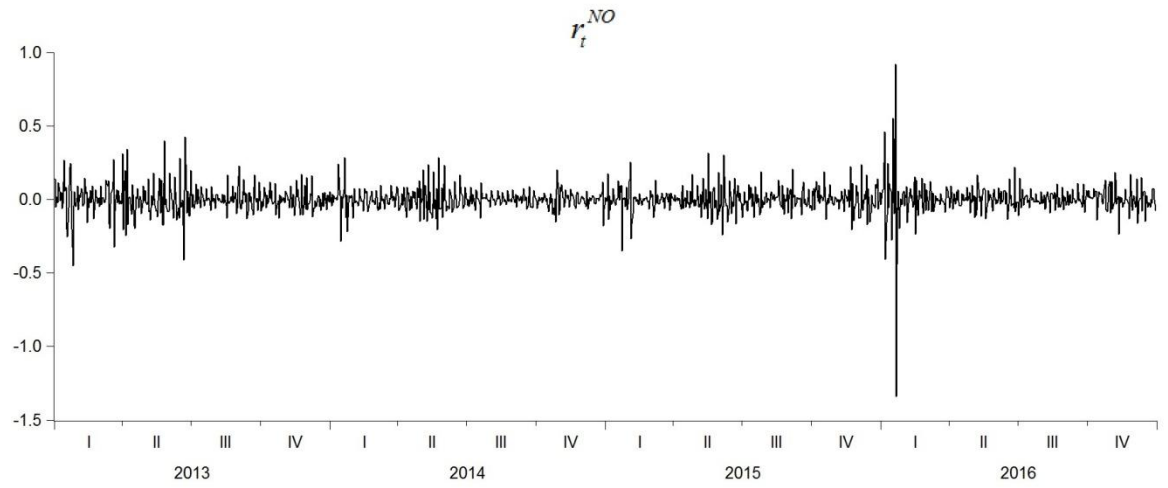
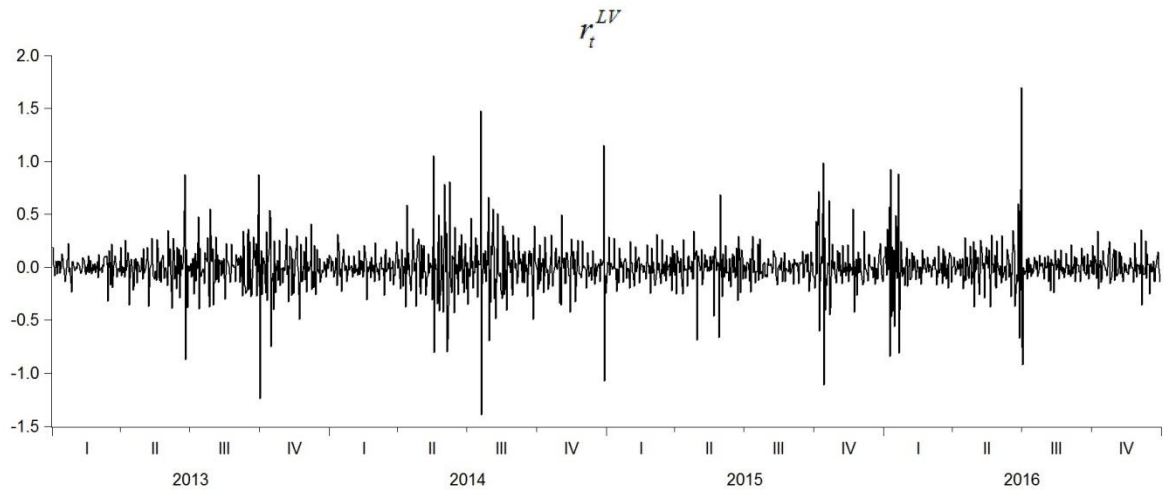
EK 2. Avrupa elektrik piyasaları getirilerinin zaman serisi grafikleri (2003:01:01-2016:12:30)

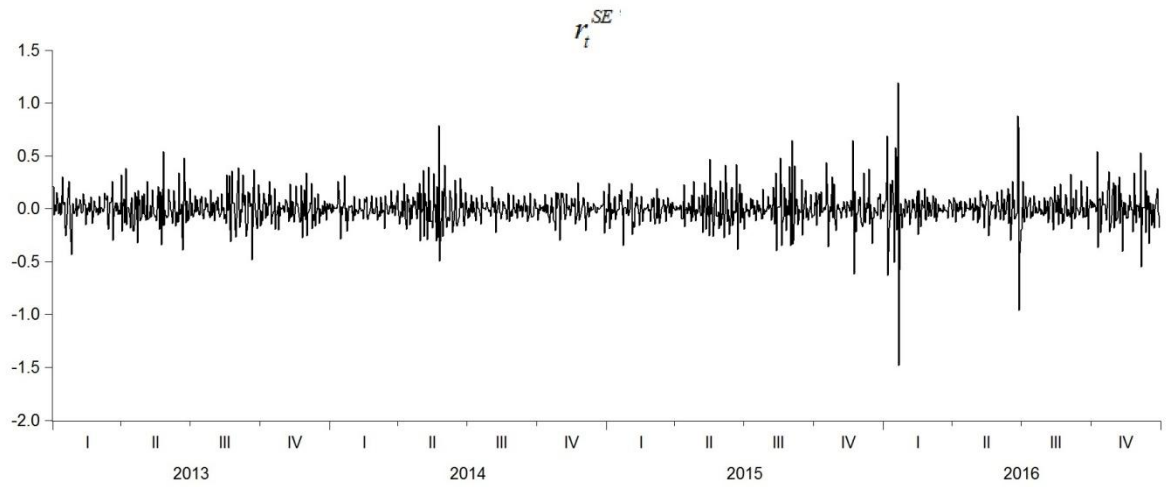
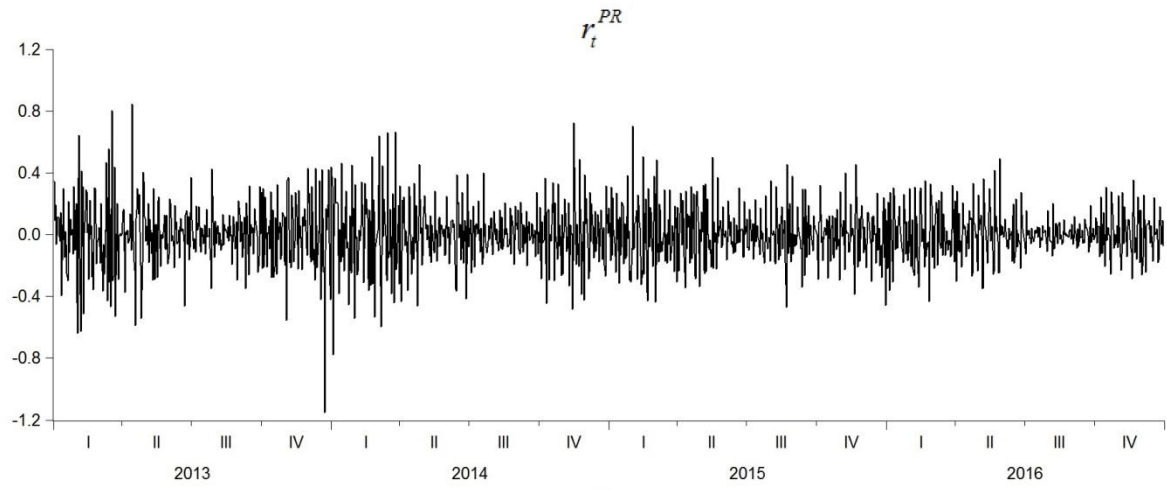
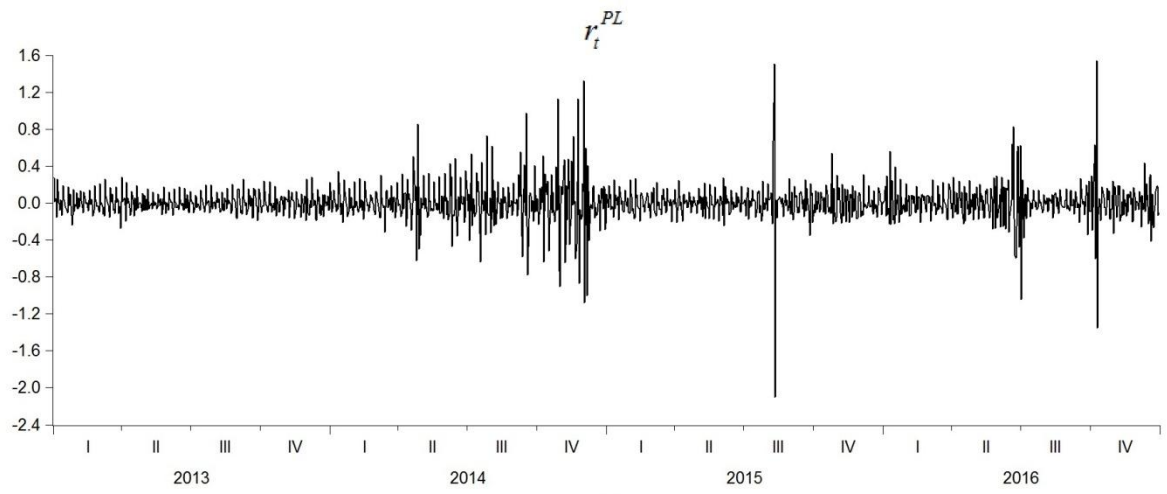


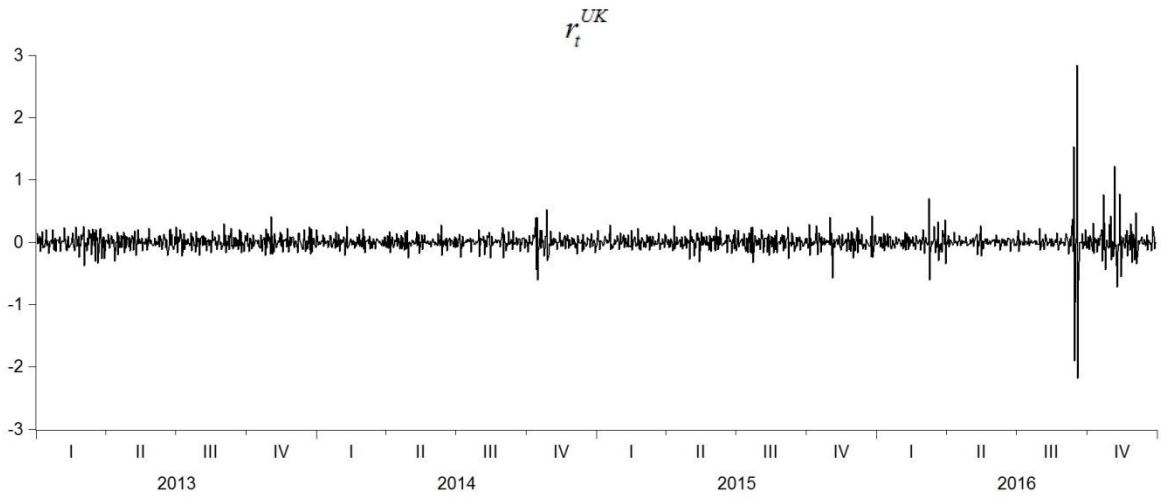
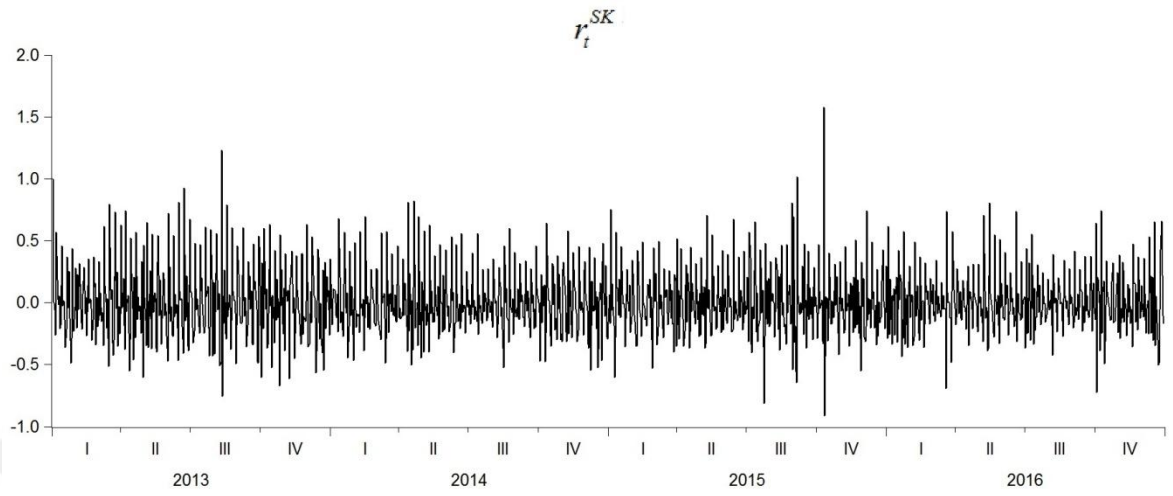












ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı Selin Karatepe

Doğum Yeri ve Yılı Ankara, 1981

Bildiği Yabancı Diller İngilizce

Eğitim Durumu	Başlama- Bitirme Yılı		Kurum Adı
Lise	1996	1999	Ulubatlı Hasan Anadolu Lisesi, Bursa
Lisans	1999	2004	Gazi Üniversitesi, Ankara
Yüksek Lisans	2007	2011	Uludağ Üniversitesi, Bursa
Doktora	2012	2017	Uludağ Üniversitesi, Bursa

Çalıştığı Kurum(lar)	Başlama- Ayrılma Yılı		Kurum Adı
1.	2004	2005	Türkiye Büyük Millet Meclisi
2.	2009	-	Yalova Üniversitesi

Yayımlar: **Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:**

Karatepe, S. And Corscadden, K. (2013). Wind Speed Estimation: Incorporating Seasonal Data Using Markov Chain Models. **ISRN Renewable Energy**, Volume 2013, Article ID 657437, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/657437>

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler:

Karatepe, S.(2013). The Relationship between Economic Growth and Electric Power Consumption: Evidence from Cross-Sectional Dependent Panel. Presented in 14th **International Symposium on Econometrics Operations Research and Statistics**, International University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, May 24- 27, 2013.

Aksoy, M.,**Karatepe, S.** (2012). Evidence for structural breaks in ISE sectoral indices. **Accounting and Analytical Aspect of Ensuring**

Sustainable Enterprise Development Conference, Crimean Engineering-Pedagogical University, Ukraine, December 7, 2012.

Aksoy, M., **Karatepe, S.**, Seçme, Z.O. and Benli, F. (2012). Short- and long-term links among Turkish and European Stock markets: Portugal, Italy, Greece, Spain, and Ireland. **EuroConference 2012, Economic and Financial Systems: Crisis or Change?**, Portoroz, Slovenia, July 12-14, 2012,.

Aksoy, M., Seçme, Z.O., **Karatepe, S.** and Benli, F. (2012). Day of The Week Anomaly for Returns and Volatilities During Financial Crisis: Portugal, Italy, Greece, Spain, and Ireland. **EuroConference 2012, Economic and Financial Systems: Crisis or Change?**, Portoroz, Slovenia, July 12-14, 2012.

İnci, A. G., **Karatepe, S.** and Demirel, B. (2009). The relationship between the human capital and economic growth with respect to service sector: The case of Turkey. Presented at the **7th International Knowledge, Economy and Management Congress**, Yalova, Turkey, October 2009.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Aksoy M., **S. Karatepe.** (2013). Structural Breaks in ISE Sectoral Indices, *Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Yüksekokulu Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, No: 773, 17-33.

Aksoy M., **S. Karatepe,** Z.O. Seçme, F. Benli. (2013). Short- and long-term links among Turkish and European Stock markets: Portugal, Italy, Greece, Spain and Ireland. *Journal of Accounting and Finance*, Volume: 58, 189- 212.

Aksoy, M., Uysal, O., **Karatepe, S.** (2011). Hisse Senedi Ödünç İşlemleri ve Takasbank Ödünç Pay Senedi Piyasası: Hisse Senedi Ödünç Komisyon Oranları ve Açığa Satış İlişkisi, *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, Cilt 61, Sayı: 2, 187- 216.

Ulusal bildiriler:

Karatepe, S., Şahin A. D. and Öztürk A. (2010). **Rüzgar Türbinlerinden Üretilen Elektrik'in Ekonomik Değerinin Markov Zinciri ile Modellenmesi.** 7. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Bursa, Aralık 2010.

İletişim (e-posta): selin.karatepe@yalova.edu.tr; selin.karatepe@gmail.com

Tarih 10/07/2017

İmza

Adı Soyadı Selin KARATEPE



ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	SELİN KARATEPE
Tez Adı	AVRUPA ELEKTRİK PİYASALARI : ENTEGRASYON VE ETKİLEŞİMLER
Enstitü	SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Anabilim Dalı	EKONOMETRİ
Tez Türü	DOKTORA
Tez Danışman(lar)ı	DOÇ. DR. ÖZEL ARABACI
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin Veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 10.07-2017

İmza : Selin Karatepe