

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
EKONOMETRİ PROGRAMI
DOKTORA TEZİ**

**OPTİMAL VE ETKİN KORUNMA ORANINA YÖNELİK
ÇOK DEĞİŞKENLİ OYNAKLIK YAKLAŞIMLARI:
TÜRKİYE VE İNGİLTERE ELEKTRİK PİYASALARI
ÜZERİNE BİR ANALİZ**

Sezer Bozkuş KAHYAOĞLU

**DANIŞMAN
Prof. Dr. M.Vedat PAZARLIOĞLU**

İZMİR-2015

TEZ ONAY SAYFASI

YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Optimal Ve Etkin Korunma Oranına Yönelik Çok Değişkenli Oynaklık Yaklaşımları: Türkiye Ve İngiltere Elektrik Piyasaları Üzerine Bir Analiz**” adlı çalışmamın tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığı ve yararlandığım eserlerin bibliografyada gösterilenlerden oluştuğunu bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

...../...../.2015

Sezer Bozkuş KAHYAOĞLU

ÖZET

**Optimal ve Etkin Korunma Oranına Yönelik Çok Değişkenli Oynaklık
Yaklaşımları: Türkiye ve İngiltere Elektrik Piyasaları Üzerine Bir Analiz**
Sezer BOZKUŞ KAHYAOĞLU

**Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Ekonometri Anabilim Dalı
Ekonometri Programı**

Dünya ekonomisindeki önemli dönüşümlerden birisi, enerji piyasalarında ortaya çıkan bütünleşme sürecidir. Bütünleşme sürecinin uluslararası ve küresel boyutta önemli özelliği, enerji üretimi açısından başka bir ifade ile enerji arzı açısından, tekeli rekabet ve tekel piyasası yapısının olmasıdır. Ancak, genel olarak enerji malları üreten ülkelerin piyasadaki fiyatları belirlerken, bu fiyatlara dayalı üretilen türev araçların işlem gördüğü organize piyasalar üzerinde bir hakimiyeti yoktur. Bu durum elektrik piyasalarının oluşturulması ve bu konuda kurumsallaşma süreçlerinin hızlandırılması ile birlikte, başka bir boyut kazanmıştır. Elektrik piyasasının ölçek büyüklüğünün artması ve teknolojik gelişmelerin ülkeler arasında enerji hatlarının birleştirilmesini olanaklı kılması sonucunda elektrik; ticarete konu olan bir mal özelliği kazanmıştır.

Elektrik piyasası ve fiyatlarının oluşumu diğer piyasalardan farklıdır. Bu farklılığın en önemlisi, elektriğin bir mal olarak stoklanamaz olmasıdır. Bundan dolayı, fiyatların elektrik üretiminin durdurulamamasına bağlı olarak negatif olma olasılığı söz konusudur. Bu durum fiyatların dalgalanmasına yol açarak üretici ve tüketicilerin fiyat riskini ortaya çıkarmaktadır. Buna yönelik olarak spot veya başka bir ifadeyle perakende piyasası oluşmuş tüm ülkeler elektriğe dayalı vadeli işlem sözleşmeleri yapılandırmıştır. Böylece elektrik fiyatının değişmesine bağlı olarak oluşan risklerin yol açabileceği kayıpların azaltılmasına yönelik finansal araçlar üretilmiştir. Bu durum portföy çeşitlendirmesi ve riskten korunmaya yönelik yaklaşımların kullanılmasını

sağlamıştır. Bu yaklaşımlara dayalı analizlerde hangi istatistiki ve ekonometrik yaklaşımların optimal ve etkin korunma sağlayacağı yönündeki ihtiyaç yeni ekonometrik tekniklerin geliştirilmesine yol açmıştır.

Bu çalışmada Türkiye ve İngiltere Elektrik Piyasalarına dayalı olarak söz konusu ekonometrik tekniklerden hangilerinin niteliği aynı olan mal veya hizmetlerin spot ve vadeli piyasalarının farklı olması durumunda optimal ve etkin korunmanın sağlanmasına yönelik bilgi sağlayacağı araştırılmıştır. Bu amaca yönelik olarak literatürde geliştirilen ekonometrik teknikler açıklanmıştır. Bu tekniklerden anlamlı sonuç veren yaklaşım ile optimal ve etkin korunma oranları hesaplanmıştır. Türkiye ve İngiltere Elektrik Piyasalarının göstergelerine ait zaman serileri ile oynaklıklar arasındaki nedensellik ilişkisi iki ayrı yaklaşımla analiz edilmiştir. Bulgulara göre diagonal ve VECH türü tekniklerin portföy çeşitlendirmesine dayalı optimal ve etkin korunma için en uygun araç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Piyasası, Optimal ve Etkin Korunma Oranı, Çok Değişkenli Oynaklık, GARCH, BEKK, CCC, DCC, Diagonal-VECH

ABSTRACT

Doctoral Thesis

Doctor of Philosophy(PhD)

Multivariate Volatility Approaches for Optimal and Efficient Hedge Ratio:

Empirical Analysis of Turkish and UK Electricity Markets

Sezer Bozkuş KAHYAOĞLU

Dokuz Eylul University

Graduate School of Social Sciences

Department of Econometrics

Econometrics Program

One of the major transformations in the world economy is emerging out of integration process in the energy markets. An important feature of integration process is the structure of monopolistic competition and monopoly in terms of energy supply in global dimensions. Although, the energy-producing countries determine the spot prices in the electricity markets, they do not have domination in the energy derivatives markets. This issue has become more important after the dramatic change in energy markets. With the growing size of the electricity market by combining the power lines traded between the countries, electricity has become a tradable good.

The formation of the electricity market and the pricing mechanism is different from other financial markets. Although electricity is accepted as a tradeable good, electricity cannot be stored. Therefore, due to inability to stop the electricity production, there is a possibility to have negative electricity prices in the market. This situation leads to fluctuations in the electricity spot prices and hence raises the risks for producers and consumers. For this reason, countries with spot or retail electricity markets have established their electricity derivatives markets to hedge risks. Derivatives contracts are produced to protect against risks arising from the volatility of spot electricity prices. This situation led to portfolio diversification and hedging. In this way the new econometric techniques are developed to achieve optimal and efficient hedging strategies.

In this study optimal and efficient hedge ratio is analyzed for Turkish and UK Electricity Markets in the event of the same nature of said goods and/or contracts which are traded in different spot and futures markets. For this purpose relevant econometric techniques developed in the literature are briefly described and summarized. The econometric techniques with statistically significant results were selected to calculate optimal and efficient hedge ratio. In order to address the causal relationship between the volatility of the markets, Turkish and UK Electricity Market Prices have been analyzed with the empirical data used by two different econometric approaches. According to the empirical findings based on various multivariate volatility approaches, we conclude that the most appropriate approaches are the diagonal and VECH techniques for the case of Turkish and UK Electricity Markets.

Keywords: Electricity Market, Optimal and Efficient Hedge Ratio, Multivariate GARCH, BEKK, CCC, DCC, Diagonal-VECH

**OPTİMAL VE ETKİN KORUNMA ORANINA YÖNELİK ÇOK
DEĞİŞKENLİ OYNAKLIK YAKLAŞIMLARI: TÜRKİYE VE İNGİLTERE
ELEKTRİK PİYASALARI ÜZERİNE BİR ANALİZ**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xii
TABLolar LİSTESİ	xiv
GRAFİK LİSTESİ	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TEMEL ENERJİ KAYNAKLARI VE PİYASALARI

1.1.ENERJİ KAVRAMI	6
1.2.ENERJİ KAYNAKLARININ SINIFLAMASI	8
1.2.1. Dünya Enerji Konseyi (DEK)	9
1.2.2. Fiyatlanabilir-Yenilenemez Enerji Kaynakları	11
1.2.3.Yenilenebilir Enerji Kaynakları	19
1.3.DÜNYA ENERJİ FİYATLARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER	24
1.3.1. Enerji Kaynaklarının Fiyatlaması	27
1.3.2. Enerji Piyasalarının Oluşumu	29
1.3.3. Türkiye’de Enerji Piyasalarının Kurumsallaşma Süreci	31
1.3.4.Türkiye’de Elektrik Enerjisi Fiyatlarının Belirlenmesi	33
1.3.5.Türkiye Ekonomisinde Enerji Sektörünün Yeri	35

İKİNCİ BÖLÜM

FİNANSAL RİSKİN ÖLÇÜSÜ OLARAK OYNAKLIK

2.1. FİNANSAL RİSK YÖNETİMİ AÇISINDAN YÜKSEK FREKANSLI ZAMAN SERİLERİNİN ÖNEMİ	43
2.1.1. Yüksek Frekanslı Zaman Serilerine Dayalı Finansal Risk Yönetimi	46
2.1.2. Finansal Piyasalarda Oynaklık Geçışı	48
2.1.2.1. Kyle ile Admati ve Pfleiderer Yaklaşımı Finansal Bir Bilgi Olarak Oynaklık	50
2.1.2.2. Engle, Ito ve Lin'in Yaklaşımı	51
2.1.3. Finansal Risk Kavramının Gelişimi	55
2.1.3.1. Bacheiler'in Spekülasyon Teorisi Yaklaşımı	57
2.1.3.2. Markowitz'in Portföy Seçimi Yaklaşımı	58
2.1.3.3. Sharpe'ın Sermaye Varlık Fiyatlama Yaklaşımı	59
2.2. OYNAKLIKLARIN YAYILMASINA YÖNELİK TEMEL TEORİK YAKLAŞIMLARA DAYALI ANALİZLER	63
2.2.1. Oynaklıkların Yayılmasının Analizine Yönelik Temel Tahmin Yöntemleri	65
2.2.2. Oynaklık Yayılmasının Analizinde Finansal Piyasalar Arası Zaman Uyumsuzluğu	67
2.2.3. Enerji Piyasasında Oynaklık Yayılma Etkisine Yönelik Ampirik Bulgular	68

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

FİNANSAL RİSKLERİN TAHMİNİNE YÖNELİK EKONOMETRİK YÖNTEMLER

3.1. KENDİİYLE BAĞLAŞIMLI KOŞULLU DEĞİŞEN VARYANS MODELLEMESİ: ARCH AİLESİ	76
3.1.1. GARCH Modelleri	78
3.1.1.1. Oynaklıkta Asimetrik Etkilerin Tahmini: EGARCH	80
3.1.1.2. Oynaklıkta Asimetrik Etkilerin Tahmini: GJR GARCH	83
3.2. ÇOK DEĞİŞKENLİ OYNAKLIK TAHMİN YAKLAŞIMLARI	84

3.2.1. Bollerslev, Engle ve Wooldridge VECM Yaklaşımı	86
3.2.2. Çok Değişkenli Oynaklık Yaklaşımlarının Temeli Olarak BEKK	89
3.2.3. Koşullu Kovaryansların Tahminine Yönelik Yaklaşımlar	91
3.2.3.1. Sabit Koşullu Korelasyonlar (CCC) Yaklaşımı	91
3.2.3.2. Dinamik Koşullu Korelasyonlar (DCC) Tahmin Yaklaşımı	94
3.2.3.2.1. Tse ve Tsui'nin DCC Yaklaşımı	95
3.2.3.2.2. Engle'in DCC yaklaşımı	97
3.2.4. Varyans Nedenselliğinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşımlar	100
3.2.4.1. Hafner ve Herwartz Yaklaşımına Dayalı Varyans Nedensellik Testi	100
3.2.4.2. Moon ve Yu Yaklaşımına Dayalı Varyans Yayılma Etkisi Testi	101
3.2.5. Varyansa Dayalı Korunma Yaklaşımı	101
3.3. LİTERATÜR TARAMASI	107

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ÇOK DEĞİŞKENLİ OYNAKLIK YAKLAŞIMLARI İLETÜRKİYE VE İNGİLTERE ELEKTRİK PİYASALARINDA FİYAT RİSKİNİN YÖNETİLMESİNE YÖNELİK BİR ANALİZ

4.1. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ	122
4.2. VERİLER VE TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER	122
4.2.1. Değişkenlerin Oynaklık Sonuçlarının Analizi	128
4.2.1.1. Türkiye Elektrik Piyasasının Analizi	130
4.2.1.1.1. Türkiye Elektrik Fiyatına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GARCH Oynaklık Tahmini	130
4.2.1.1.2. Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) EGARCH Oynaklık Tahmini	135
4.2.1.1.3. Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GJR-GARCH Oynaklık Tahmini	140
4.2.1.2. İngiltere Gelecek Vadeli Elektrik Piyasasının Analizi	143
4.2.1.2.1. İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini	143

4.2.1.2.2. İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin EGARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini	148
4.2.1.2.3. İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GJR GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini	152
4.2.2. Hafner ve Herwartz Yaklaşımına Dayalı Varyans Nedensellik Testi	158
4.2.3. Moon ve Yu Yaklaşımına Dayalı Varyans Yayılma Etkisi Testi	159
4.2.4. Çok Değişkenli Oynaklık Teknikleriyle Optimal Korunma Oranının Analizi	164
4.2.4. Optimal Riskten Korunma Oranına Göre Riskten Korunma Etkinliği	170
SONUÇ	173
KAYNAKÇA	178

KISALTMALAR

ARCH	Autoregressive Conditional Heteroskedasticity- kendisiyle bağımlı koşullu farklı yayımlı
BEKK	Baba, Engle, Kraft ve Kroner
BHHH	Algoritma Baba, Engle, Kraft ve Kroner Algoritması
CCC	Constant Conditional Correlations- Sabit Koşullu Korelasyonlar
DCC	Dynamic Conditional Correlations -Dinamik Koşullu Korelasyonlar
DEK	Dünya Enerji Konseyi
DSMF	Türkiye Elektrik Fiyatları
DUKEF	İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Sözleşme Fiyatları
EIL	Engle Ito ve Lin Yaklaşımı
EMU	Avrupa Birliği Para Sistemi
ENTSO	E European Networks of Transmission System Operators for Electricity - Avrupa Şebekeleri Elektrik İletim Sistem İşletmecileri
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GARCH	Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity- Genelleştirilmiş kendisiyle bağımlı koşullu farklı yayımlı
GMM	Generalized Method of Moments Methods- Genelleştirilmiş Beklem Yöntem Tahmincisi
HASEN	Hazar Strateji Enstitüsü
IEA	International Energy Agency
IPE	International Petroleum Exchange
LM	Langrange Multiplier testi
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazları
MCMS	Markov Zinciri ile Markov Switching
MECC	Matrix Exponential Conditional Correlation Model
MEM	Multiplicative Error Model
M-GARCH	Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
ML	Maximum Likelihood
NYMEX	New York Mercantile Exchange

PMUM	Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
PYS	Piyasa Yönetim Sistemi
QML	Quasi Maksimum Olabilirlik
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim AŞ.
TGARCH	Threshold GARCH
UEA	Uluslararası Enerji Ajansı
VaR	Riske Maruz Değer-Value At Risk
VARMA-GARCH	Vector Autoregressive Moving Average-GARCH
VEC	Vector Error Correction Modeli
VECH	Vector Conditional Heteroscedasticity
Vector	Autoregression (VAR) Yöntemi
WEC	World Energy Council
WTI	West Texas Intermediate

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: 2008 yılı sonu itibariyle Dünya Kömür Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı	s. 12
Tablo 2: Dünyada Ham Petrol ve Doğalgaz Rezervi Dağılımı (2008)	s. 14
Tablo 3: Enerji Fiyatlarına Etki Eden Faktörler	s. 26
Tablo 4: Türkiye Brüt Elektrik Üretiminde Birincil Enerji Kaynak Paylarının Gelişimi (%)	s. 39
Tablo 5: Ham petrol ve Doğal gaz ithalatının toplam ithalat içindeki payı (%)	s. 40
Tablo 6: Lirerata taraması	s. 107
Tablo 7: Birim Kök Test Sonuçları	s. 126
Tablo 8: Değişkenleri Temsil Eden Zaman Serilerinin Dağılım Özellikleri	s. 127
Tablo 9: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GARCH Oynaklık Tahmini	s. 131
Tablo 10: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GARCH Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri	s. 133
Tablo 11: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) EGARCH Oynaklık Tahmini	s. 136
Tablo 12: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) EGARCH Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri	s. 139
Tablo 13: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GJR-GARCH Oynaklık Tahmini	s. 141
Tablo 14: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GJR-GARCH Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri	s. 142
Tablo 15: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini	s. 145
Tablo 16: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri	s. 147
Tablo 17: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin EGARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini	s. 149
Tablo 18: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin EGARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri	s. 152

Tablo 19: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GJR-GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini	s. 155
Tablo 20: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GJR-GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri	s. 156
Tablo 21: Hafner ve Herwartz Yaklaşımına Dayalı Varyans Nedensellik Test Sonuçları	s. 158
Tablo 22: Moon ve Yu Yaklaşımı ile İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Piyasasından Türkiye Elektrik Piyasasına Oynaklık Yayılımı	s. 161
Tablo 23: Moon ve Yu Yaklaşımı ile Türkiye Elektrik Piyasasından İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Piyasasına Oynaklık Yayılımı	s. 163
Tablo 24 : Spot ile Gelecek Vadeli İşlem Arasındaki Oynaklık Analizi- Diagonal VECH Tahmin Sonucu	s. 166
Tablo 25: Spot ile Gelecek Vadeli İşlem Arasındaki Oynaklık Analizi- BEKK Tahmin Sonucu	s. 170

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1: Türkiye’de Petrol ve Doğal Gaz Tüketimi (2000-2010) Milyon Ton	s. 38
Grafik 2: Türkiye Elektrik Piyasası Spot Fiyatları (01.12.2009-05.04.2013)	s. 124
Grafik 3: İngiltere Elektrik Piyasası Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesi Fiyatları	s. 125
Grafik 4: Türkiye Elektrik Piyasası Spot Fiyatlarının Getiri Serisi	s. 125
Grafik 5: İngiltere Elektrik Piyasası Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesi Fiyatları Getiri Serisi	s. 126
Grafik 6: Türkiye Elektrik Fiyatları ile İngiltere Gelecek Vadeli Elektrik Fiyatları Serileri Arasındaki Oynaklık Yayılımı- Koşullu Kovaryansı	s. 167
Grafik 7: Türkiye Elektrik Fiyatları ile İngiltere Gelecek Vadeli Elektrik Fiyatları Serileri Arasındaki Oynaklık Yayılımı- Koşullu Korelasyon	s. 168
Grafik 8: Riskten Korunmanın Etkinliği	s. 171

GİRİŞ

Küreselleşme sürecinin ilk aşaması mal ticaretinde serbestleşmedir. Bu süreci finansal serbestleşme ve günümüzde ise enerji piyasalarının serbestleşmesi izlemektedir. Burada özellikle ülkelerin elektrik piyasalarının oluşturulması ve serbestleşmenin ötesinde piyasaların bütünleşme süreci öne çıkmaktadır. Bu noktada elektrik enerjisi ile birincil enerji kaynakları arasındaki bağ ve ilişki önem kazanmaktadır. Bu çerçevede dünya enerji kaynakları ve ülkelerin bu konudaki durumları söz konusu enerji fiyatlarının uzun dönemde temel belirleyicileri olmaktadır. Özellikle kaya gazı ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi yeni birincil enerji kaynaklarının bilimsel ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak maliyetlerinin azalması dünya enerji fiyatlarında da yeni eğilimlerin oluşmasına yol açmaktadır.

Çevreye karşı duyarlılığın artması yeni enerji kaynaklarına yönelik arayışlarla yeni politikaların oluşturulmasına yol açmaktadır. Bu yeni politikaların başında ülkelerin elektrik piyasalarının oluşturulması ve kurumsallaştırılması gelmektedir. Söz konusu süreç daha sonra coğrafi faktörlere bağlı olarak piyasaların bütünleşmesini gerekli kılmaktadır. Avrupa Elektrik Piyasasındaki bütünleşmeyle birlikte dünya ekonomisindeki en büyük enerji piyasası ortaya çıkmıştır. Türkiye söz konusu piyasayla bütünleşmiştir.

Elektrik piyasası diğer mal piyasalarından önemli bir farklılık göstermektedir. Bu farklılık; elektrik enerjisinin depolanamaz olmasıdır. Bu özellik elektriğin fiyatının marjinal maliyetinin altında da gerçekleşmesine yol açan bir unsurdur. Bundan dolayı, elektrik üreticileri sürekli olarak bir fiyat riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bu açıdan söz konusu fiyat riskinin yönetilmesi gerekmektedir. Avrupa Elektrik Piyasasında bu riskin yönetilmesine yönelik olarak elektrik enerjisi vadeli piyasaları oluşturulmuştur. Her bir ülkenin elektrik piyasasının vadeli işlem piyasalarına işlevsellik kazandırma süreçleri devam etmekte olup kurumsallaşmasını tamamlamış ve uluslararası piyasalara açık elektrik piyasası fiyatlarına dayalı vadeli işlemlerin yapıldığı borsalar kurulmuştur. Bu kurumlar ile birlikte işlem gören araçlar yoluyla elektrik fiyatlarında ortaya çıkan risklerin yönetilmesine yönelik imkanlar ortaya çıkmıştır. Bu durum söz konusu riskin yönetiminde kullanılacak araçlar ile bunların etkinliğine yönelik ihtiyacın doğmasına neden olmuştur.

Risklerin yönetilmesi amacıyla iki finansal piyasa arasında getirilerin oynaklıkları arasındaki ilişkiyi dikkate alan araçlar geliştirilmiştir. Bu araçlar genel olarak tek değişkenli oynaklık yaklaşımlarına dayalı bir gelişim göstermiştir. Ancak iki değişkene ait verilerden yola çıkarak yapılan tahminler aşırı parametre tahminine yol açarak parametrelerin katsayıların gerekli istatistiki özellikleri taşımasını engellemektedir. Bu noktada aşırı parametre tahminini engelleyen yaklaşımların özellikle yüksek frekanslı zaman serilerinde gerekli istatistiki özelliklere dayalı tahminlerin elde edilmesinde daha üstün olduğuna yönelik bilgiler sunulmaktadır. Bu çerçevede diagonal yaklaşımlar ortak varyans katsayılarına kısıt koyma yoluyla etkin olan tahmincilerin elde edilmesini sağladığı söylenebilir. Bu açıdan basit ve temel eşitliklere dayalı ve az parametre hesaplanmasına imkan veren ekonometrik tekniklerin özellikle farklı piyasaların göstergelerine dayalı portföy çeşitlendirmesiyle risk yönetiminde üstün ve etkin olduğu ifade edilebilir. Bu hipotez çerçevesinde Türkiye Elektrik Piyasasındaki fiyat riskinin optimal korunma oranı ve etkinliğine dayalı olarak azaltılmasına yönelik strateji ortaya konmuştur. Bu çalışmada söz konusu stratejinin etkinliğinin analizinde hangi ekonometrik yöntem ve tekniklerin tercih edilebileceği bilgisine de ulaşılmıştır. Yapılan uygulama sonuçlarına göre, Türkiye Elektrik Piyasasında fiyat riskinin yönetilmesinde basit ve temel eşitliklere dayalı yaklaşımların etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte söz konusu piyasalar arasındaki ilişkilerin analizinde Diagonal ve Diagonal VECM türü çok değişkenli oynaklık yaklaşımlarının daha etkin olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Söz konusu yaklaşımların optimal ve etkin korunma oranlarına ilişkin hesaplamalarda daha etkin olduğu vurgulanabilir.

Bu çalışmada literatüre katkıda bulunulmaya çalışılan temel konular aşağıdaki gibi özet olarak ifade edilebilir:

- Optimal ve Etkin Tahmin Yöntemi Belirleme
 - Finansal çalışmalar için finansal ekonometrik yöntem, yaklaşım ve tekniklere dayalı analizlerde genel olarak ileriye yönelik tahminleme (forecast) öne çıkarılmaktadır. Bu durumda finansal analiz için hangi yöntem ve yaklaşımın daha önemli olduğu göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada temel amaca yönelik olarak hangi yöntemin etkin sonuç verdiği ortaya konmaktadır.

- Çoklu Piyasalarda Oynaklıklar ve Riskten Korunmanın Etkinliği
 - Oynaklık yayılımının tahmini için çok sayıda yaklaşım geliştirilmiştir. Ancak bu yaklaşımların farklı iki piyasada işlem gören araç ile portföy oluşturulması durumunda; söz konusu portföyün özellikle risk yönetimi açısından optimal olup olmadığının tahmininde bu yaklaşımlardan hangisinin etkin olduğu konusunda literatürde ortak bir görüş oluşmamıştır. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen bulgulara göre portföy oluşturularak bir riskten korunma stratejisi ile etkin ve optimal bir korunmanın sağlanmasına dönük en önemli yaklaşımın diagonal VECM olduğu ifade edilebilir.
- Enerji Mallarının Piyasalaşması ve Finansallaşması
 - 2000’li yılların başından itibaren dünya ekonomisindeki en önemli gelişmeler arasında enerji mallarının piyasalaşması ve finansallaşması gelmektedir. Gerek elektrik üretenlerin gerekse bu elektriğin iletilmesine aracılık eden kurumlar gün içinde oluşan arz ve talebe göre ortaya çıkan fiyatlara göre sistemden gelir elde etmektedirler. Gün içerisindeki fiyat dalgalanmaları söz konusu kurumların fiyat riski ile karşı karşıya kalmasına yol açmaktadır. Bundan dolayı söz konusu fiyat riskinin yönetilmesi bir zorunluluk olmaktadır.
- Riskten Korunma (Hedge) Muhasebesi
 - Aynı zamanda büyüyen Enerji Piyasalarında Riskten Korunma (Hedge) Muhasebesi için de gerekli bilgilerin ve yöntemlerin geliştirilmesini destekleyecektir. YTTK ve UFRS kapsamında Riskten Korunma Muhasebesi için Finansal Ekonometrik Tekniklerin kullanımının önem kazanması beklenmektedir.
- Finansal Ekonometrinin Finansal Piyasaların Gelişimine Etkisi
 - Finansal risk yönetimi araçları finansallaşan elektrik piyasasındaki söz konusu fiyat riskinin yönetilmesi için önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde diagonal VECM’e dayalı yaklaşımların piyasalar arasında risk yönetiminde daha etkili teknikler olacağı sonucuna ulaşılmaktadır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde elektrik fiyatlarının belirleyeni olarak birincil enerji kaynakları ile dünyadaki durumu incelenmiştir. İkinciblmde finansal risk ölçümünün göstergesi olarak oynaklıklar ele alınmıştır. nc bölümde uygulamada oynaklıkların tahmininde kullanılan yöntem, yaklaşım ve teknikler açıklanmış, dördüncü bölümde ise söz konusu açıklamalara dayalı ekonometrik uygulama ve sonuçlarına yer verilmiştir. Buna göre politika nerileri yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEMEL ENERJİ KAYNAKLARI VE PİYASALARI

Dünya ekonomisinde ülkelerin ekonomik büyümelerini sürdürmelerinin genel olarak bu ekonomilerin talep edecekleri enerji miktarının karşılanmasına bağlı olduğu kabul edilmektedir. Bu açıdan sürdürülebilir büyüme süreci için sürdürülebilir bir enerji kaynağının sağlanmış olması gereklidir. Bundan dolayı dünya ekonomisindeki büyüme süreci enerji bağımlıdır¹.

Gelişen teknolojinin ve tekniklerin enerjiye olan bağımlılığı azaltması beklenirken, söz konusu teknolojiler aksine bağımlılığı artırmıştır. Bu bağımlılık yeni teknolojilerin gelişmesine bağlı olarak enerji kullanımındaki artışın büyüklüğünden de izlenebilir. Bununla birlikte artan nüfus ve bu nüfusun talebinin ortaya çıkardığı üretim artışı da enerji talebinin artmasında temel bir faktördür. Sonuç olarak bir ekonominin istikrarlı bir büyüme sürecini sürdürmesinin temelinde talep edilen enerjinin sağlanması bulunduğu ifade edilebilir. Bundan dolayı bir ekonominin üretim süreçlerinin sürdürülmesine bağlı olduğu enerjinin sağlanmasında kullanılacak kaynaklar ve bu kaynakların kullanımı önemli bir kontrol değişkeni haline gelmiştir².

Bir ekonomi için enerjinin stratejik bir mal olması ve enerjinin elde edilmesine yönelik yatırımların büyük ve zaman süresi olarak uzun olmasından dolayı enerji ve enerji sektörü sanayi devrimi sonrasında devletin dolaylı ya da doğrudan kontrolü altında kalmıştır. Başka bir ifade ile bu durum söz konusu sektördeki sermaye/hâsıla oranının yüksekliğinden dolayı ortaya çıkmıştır³.

Sanayi devriminden sonra kaynakların dağılımında, piyasa ekonomisine ve dolayısıyla fiyat mekanizmasına dayalı bir kabul vardır. Buna karşın, enerji sektörünün gelişiminde ve fiyatlama mekanizmasında yukarıda belirtilen nedenlerle devletin hakim olduğu bir yapıda gelişim ortaya çıkmıştır. Ancak enerji sektörünün

¹ Subhes C. Bhattacharyya, **Energy Economics, Concepts, Issues, Markets and Governance**, Springer, 2011, ss. 41-50.

² European Commission, “Energy: Issues, Options and Technologies”, **Directorate Energy, European Union Research Group**, 2003, http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_169.pdf, (18.04.2013), ss. 45-57.

³ James D. Hamilton, “Historical Oil Shocks”, **NBER PapersNo. 16790**, 02.2011, <http://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/16790.html>, (18.04.2013), ss. 8-18.

de piyasa ve fiyat mekanizmasına dayanması konusunda arayışlar söz konusu olmuştur. Nitekim 1923 yılında Londra’da toplanan konferansın önemli nedeni budur⁴. Bu konferansın önemi de enerji sektörünün piyasaya dayalı geliştirilmesine yönelik ilk uluslar arası koordinasyon toplantısı olmasıdır.

Kalkınmakta veya gelişmekte olan ülkelerin enerji sektörüne yönelik yatırımları finanse edebilecek bir özel sektör sermaye birikiminin olmaması, enerji sektöründe piyasaya dayalı gelişimin olmamasına yol açan önemli bir nedendir.

Dünya ekonomisinde ticari açıdan 1980’li yıllarda başlayan dışa açılma politikalarına karşın enerji sektöründe piyasalaşma süreci 2000’li yıllara kadar G7 ülkeleri dışında bir gelişme göstermemiştir. 2000’li yıllarda özellikle gelişmekte olan ülkelerde elektrik iletim hatlarının özel sektöre devri ile başlayan yeni süreç, enerji sektöründe ve özellikle elektrik enerji sektöründe bir piyasanın oluşmasına yol açmıştır⁵.

Buradaki önemli nokta, söz konusu sektörün temel girdi olması bağlamında elektriğin hangi esaslara dayalı olarak arz ve talebe bağlı fiyatlanacağı sorununun ortaya çıkmış olmasıdır. Bu durum maliyete dayalı fiyatın başlangıç değeri olarak kabul edilmesi ile aşılmıştır. Ancak bunun hangi kurum tarafından belirleneceği ve hangi esaslara göre tespit edilmesi gerektiği ile ilgili sorun, enerji sektörü ile ilgili bağımsız denetleyici ve düzenleyici kurumları ortaya çıkarmıştır⁶.

1.1. ENERJİ KAVRAMI

Enerji kavramı genel bir kavram olarak yaşam pratiği içinde genel olarak petrol ve elektriği kapsamaktadır. Oysa elektrik bir enerji olup, petrol bir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada aksi söylenmedikçe enerji kavramı elektrik enerjisi bağlamında tanımlanacaktır. Bundan dolayı genel olarak enerji özel olarak da elektrik enerjisinin elde edilmesini sağlayan kaynakların sınıflamasına ihtiyaç vardır.

⁴ World Energy Council, “History”, 2011, http://www.worldenergy.org/about_wec/wec_history/360.asp, (18.04.2013).

⁵ International Energy Agency, **World Energy Outlook** OECD/IEA, 2010, www.iea.org, (18.04.2013).

⁶ Wolfgang Dehen, “Entering a new age of electricity”, **21st World Energy Congress**, World Energy Council, 2010, ss. 28-30.

Enerji bir mal olarak k t olmasından dolayı fiyatlanmaktadır. Enerjinin elde edilmesinde doğada bulunan serbest mallar olarak tanımlanan ve bir fiyatı olmayan enerji kaynakları da vardır. Ancak bu kaynaklardan elde edilecek enerjinin de kullanılabilir hale gelmesi bir maliyeti gerekli kıldığından dolayı fiyatlanması gerekmektedir. Bununla birlikte bu kaynaklardan elde edilen enerji yenilebilir enerji olarak tanımlanmaktadır. Kaynaklar da yenilenebilirdir. Bu kaynakların temel özelliği tükenemez olmasıdır⁷.

Bu çalışmanın kapsamında enerji kaynakları literatürdeki yenilenebilir-tükenmez ve yenilenemez-tükenbilir enerji kaynakları başlığı altında sınıflamasından yararlanarak yeni bir sınıflama yapılacaktır.

Ülkelerin genel ekonomi stratejilerinde en önemli amaç ekonomik büyümenin sürdürülmesidir. Bu amaç ülkelerin enerji ve ekonomi politikalarını belirleyicisi olarak politik karar organlarının yapacağı tercihlere yön vermektedir. Bir ekonominin büyümesi enerjiye bağımlı olduğundan dolayı enerji kullanımının artması da büyümeye bağlı olmaktadır.

Ekonomik büyüme bir ülkenin üretim kapasitesinin artmasını sağlayan üretim faktörlerindeki net artış olarak tanımlanabilir. Bu açıdan enerji üretimini artıran her türlü yatırım da ekonomik büyümeye katkıdır. Bununla birlikte, söz konusu katkı sonucunda ortaya çıkan ürün ekonomide diğer malların ve üretimin yapılmasında temel girdi olmaktadır. Bundan dolayı ülkelerin enerji politikaları büyüme politikalarının belirleyicisi olmaktadır⁸.

Dünyada yaygın olarak kullanılan temel enerji kaynakları petrol, doğalgaz ve kömürden oluşmaktadır⁹. Ancak söz konusu temel enerji kaynaklarının tükenebilir olması nedeniyle, gelecekte alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Dünya Enerji Konseyi araştırmalarına göre, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidro-enerji ve nükleer enerji başta olmak üzere her geçen yıl alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yönelik uygulamalar ülkeler tarafından

⁷ James E. Wilen, “Bioeconomics of renewable resource use”, **Handbook of Natural Resource and Energy Economics**, Cilt 1, 1985, <http://econpapers.repec.org/bookchap/eenathes/1.htm>, (18.04.2013), ss. 61-124.

⁸ Bhattacharyya, ss. 1-5.

⁹ World Energy Council - Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, **Enerji Raporu**, 11.2010, http://www.dektmk.org.tr/upresimler/Enerji_Raporu_20106.pdf, (18.04.2013), (ER), ss. 1-47.

desteklenmektedir¹⁰. Ülkelerin başta coğrafi faktörleri ile kendi enerji ve ekonomi politikalarına göre hangi alternatif enerji kaynağına yönelecekleri farklılık göstermektedir. Bu durum enerji kaynaklarının sınıflamasının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

1.2. ENERJİ KAYNAKLARININ SINIFLAMASI

Literatürde enerji kaynakları yenilenebilir veya yenilenemez enerji kaynakları olarak sınıflanmaktadır. Bu sınıflamada enerji üretiminde kullanılan kaynakların tükenemez ve tükenebilir olması ölçütü kullanılmaktadır. Buradaki önemli bir nokta da daha önce belirtildiği gibi, yenilebilir enerji kaynaklarının doğada serbest bir mal olarak bulunması ve bunların bir fiyatının olmamasıdır. Bununla birlikte, tükenebilir enerji kaynaklarının tüketiminin artmasına bağlı olarak fiyatları da artmaktadır. Bu enerji kaynaklarının kıtlasma derecesi, fiyatının artışı üzerinde belirleyici olmaktadır. Tükenemez enerji kaynaklarından elde edilecek düşük fiyatlı enerjinin, söz konusu tükenebilir kaynaklardan elde edilecek enerjinin fiyatındaki artışın ortalama enerji fiyatları üzerinde ortaya çıkardığı baskıyı azaltması için; tükenemez enerji kaynağından elde edilen enerjinin tükenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin talebine göre daha hızlı artması gerekmektedir.

Günümüzdeki süreç tükenmez kaynaklara dayalı enerjinin üretimi için uzun bir zaman döneminin geçmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, tükenebilir kaynakların kıtlasma fiyatlarının artmasına yol açarken bu kaynaklardan elde edilen enerjinin fiyatının artmasına da yol açmaktadır. Bu açıdan tükenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji fiyatlarının analizinde tükenebilir kaynakların piyasasında oluşan fiyatların analizi gerekli olmaktadır. Ayrıca enerji fiyatlarının yükselmesinde ekonominin reel etkileri yanında finansal piyasalardaki gelişmeler de etkili olabilmektedir. Özellikle gelecek vadeli işlem sözleşmelerine dayalı işlemlerin gerçekleştirildiği piyasalarda ortaya çıkan dinamiklerin etkisi buna örnek verilebilir¹¹. Tükenebilir enerji kaynaklarının vadeli piyasalarındaki gelişmeler

¹⁰ ER, ss. 69-152.

¹¹ Carlos Blanco, Sue Choi ve David Soronow, “Energy Pricing”, **Financial Engineering Associates (FEA)**, 2011, http://www.fea.com/resources/pdf/a_energy_price_processes.pdf, (18.04.2013), ss. 74-80.

sonucunda ortaya çıkan etkiler söz konusu kaynakların fiyatlarının düşme yönünde eğiliminin yavaşlamasına neden olmaktadır. Başka bir ifade ile fiyatların aşağıya doğru katı olmasına yol açmaktadır¹².

Bu çalışmada enerji kaynakları enerji kaynağı fiyatlanamaz-yenilebilir, fiyatlanabilir-yenilenemez olarak sınıflanması bağlamında kullanılacaktır. Bununla birlikte, Dünya Enerji Konseyi enerji kaynaklarını birincil ve ikincil kaynaklar tanımlamasına göre sınıflamaktadır. Birincil enerji kaynakları herhangi bir dönüşüme gerek kalmaksızın doğrudan doğada bulunan stoklardan elde edilir. Bu stoklardan elde edilen kaynaklar kullanılarak elde edilen kaynaklar da ikincil kaynaklar olarak tanımlanmaktadır¹³.

1.2.1. Dünya Enerji Konseyi (DEK)

Bir grup enerji uzmanı 1923 yılında Londra'da bir araya gelerek 1. Dünya Savaşı'nın ardından elektrik şebekelerinin yeniden yapılandırılması üzerine uluslararası bir konferans yapmayı amaçlamışlardır. Bu amaç çerçevesinde dünyanın ilk “Enerji Konferansı” 1924 yılında Londra'da gerçekleştirilmiştir. Daha sonra günümüze kadar bu kongre her üç yılda bir tekrarlanarak devam etmektedir. Zamanla bu enerji konferansının amacında ve hedeflerinde genişleme olmuştur. Kurumsal bir kimlik altında örgütlenme gerçekleşmiş ve Dünya Enerji Konseyi (DEK- (World Energy Council-WEC)) kurulmuştur. Günümüzde DEK 100 ülkeden 3000'in üzerinde enerji liderinin aktif katılımının olduğu bir iletişim platformu haline gelmiştir.

DEK'in enerji sektörüne yönelik yaptığı çalışmalar altı temel hedef çerçevesinde ele alınabilir¹⁴:

1. Enerji kaynakları ve teknolojileri üzerine araştırmalar yapmak,
2. Ulusal enerji politikalarının tanımlanması ve etkinliğinin artırılarak dünya genelinde paylaşılmasının sağlamak,

¹² Kim R. Sawyer ve Mohan Nandha, “How oil moves stock prices”, **Social Science Research Network**, 2006, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=910427, (18.04.2013), ss. 2-21.

¹³ International Energy Agency, “Energy Statistics-Turkish”, **Enerji İstatistikleri El Kitabı**, 07.2011, http://www.iea.org/stats/docs/statistics_manual_turkish.pdf, (18.04.2013), (EİEK)ss. 18-21.

¹⁴ World Energy Council, “Mission and Objects”, 2011, http://www.worldenergy.org/about_wec/22.asp, (18.04.2013).

3. Enerjinin küresel geleceği ve kritik önemi olan belirsizlik alanlarının analizini yapmak,
4. Enerjiye erişimin kolaylaştırılmasına yönelik faaliyetlerde bulunmak,
5. Enerji sektöründe iyi uygulama örneklerinin desteklenmesi ve geliştirilmesini sağlamak,
6. Enerji ticareti konusunda iletişim platformu yaratmak ve enerji ticaretinin işleyişini sağlayacak kuralların ve düzenlemelerin belirlenmesine katkıda bulunmaktır.

DEK (World Energy Council-WEC) tarafından enerji kaynakları üzerine yapılan araştırmalar bulunmaktadır. DEK enerji kaynakları ile ilgili ilk istatistiksel bilgiler içeren yıllık raporunu 1933 yılında yayınlamıştır ve günümüze kadar düzenli olarak yayınlanmaya devam etmektedir. DEK tarafından yapılan bu araştırma raporu alanında "tek (unique)" olma özelliği taşımaktadır. Araştırmada 15 farklı enerji kaynağı üzerine bilgiler verilmektedir¹⁵.

2008 ve 2009 yıllarında derinleşen küresel ekonomik krize rağmen, dünya enerji talebi artmaya devam etmektedir. DEK'in yaptığı araştırmalara dayanarak bu talebin önümüzdeki on yıllık dönemde de aynı şekilde devam edeceği vurgulanmaktadır. Bu durumun en önemli nedeni, dünya nüfusunun dörtte birinin (1,6 milyar kişi) hala ticareti yapılan enerji türlerine erişiminin bulunmamasıdır. Enerji tüketimi açısından bakıldığında, en fazla büyümenin Çin ve Hindistan başta olmak üzere Asya merkezli olduğu gözlenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA)-(International Energy Agency (IEA)) raporlarına göre, 2030 yılına gelindiğinde toplam enerji büyüklüğünün %50'sinin bu iki ülkeden kaynaklanacağı belirtilmektedir. Bu iki ülkede de ağırlıklı olarak kullanılan enerji kaynağı kömürdür. Fosil yakıtlara dayanan temel enerji talebinin 2030 yılına kadar benzer şekilde devam edeceği varsayılmaktadır¹⁶.

Fosil yakıtlara olan bağımlılığın yüksek olmasının getirdiği çevresel etkilerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu kapsamda küresel ısınma ve iklim değişikliği konuları dünya genelinde endişe uyandıran konular olmaktadır. Bir yandan politik

¹⁵ World Energy Council, "Survey of Energy Resources", 2011, <http://www.worldenergy.org/publications/3040.asp>, (18.04.2013), (WEC Survey).

¹⁶ International Energy Agency (IEA), **World Energy Outlook**, 2011, <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/weo2009.pdf>, (18.04.2013), (IEA 2009).

istiřareler sűrerken ve uluslararası dűzeyde giriřimler yapılırken, dięer taraftan sanayi sektűrűnde temiz ve verimli enerji teknolojisi űzerine çalıřmalar çoktan bařlamıř durumdadır.

Karbon emilim ve saklama ile temiz kűműr teknolojisi űzerine yapılan çalıřmalarda kűresel bir gayret gűzlenmektedir. İklim deęiřiklięi űzerine dűnyanın pek çok űlkesinde ve sivil toplum kuruluřları tarafından desteklenen panel ve etkinlikler dűzenlenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına vurgu yapılmaktadır.

1.2.2. Fiyatlanabilir-Yenilenemez Enerji Kaynakları

Doğada kıt olarak bulunan ve kullanılmaya başlamasından itibaren miktarı azalan enerji kaynakları fiyatlanabilir-yenilenemez olarak tanımlanabilir. Bu enerji kaynakları fosil enerji kaynakları olarak da bilinmektedir¹⁷.

Kűműr

Kűműr sanayi devrimi ile birlikte enerji kaynaęı olarak kullanılmaya bařlanan ilk fosil veya yenilenemez-tűkenebilir fiyatlanan enerji kaynaęıdır. Buharlı motorların kullanılmaya bařlaması sonucu kűműr bir enerji kaynaęı olmuřtur.

Ŭlke ekonomileri için kűműr hala űnemli bir enerji kaynaęıdır. Dűnya ekonomisinde ekonomik açıdan çıkarılması uygun olan ve kullanılan kűműr kaynakları 75 űlkeye yayılmıřtır. Bu kaynakların bűyűklűęű DEK raporuna gűre 860 Milyar tondur. Aynı rapora gűre dűnya kűműr kaynaklarının %60'ı Amerika Birleřik Devletleri (ABD), Rusya ve Çin'de bulunmaktadır. Bu űlkeleri Avustralya ve Hindistan izlemektedir. Tablo 1'de dűnya kűműr kaynaklarının %70'den fazlasını rezerv olarak bulunduran űlkeler gűrűlmektedir.

¹⁷ EİEK, ss. 17-18.

Tablo 1: 2008 yılı sonu itibariyle Dünya Kömür Rezervlerinin Ülkelere Göre Dağılımı

Ülke Adı	Milyar Ton
ABD	242,721
Rusya	157,010
Çin	114,500
Avustralya	76,600
Hindistan	56,498
Güney Afrika	48,000
Ukrayna	33,873
Kazakistan	31,300
Sırbistan	13,885
Polonya	7,502

Kaynak: DEK Raporu, 2010.

Dünya ekonomisinde ortaya çıkan büyüme enerji talebini artırdığı için dünyada tüm enerji kaynaklarının kullanımı artmaktadır. Nitekim 2000 yılından itibaren Kömür kullanımı dünya ekonomisindeki büyüme potansiyeline bağlı olarak artmıştır. Buradaki önemli nokta dünya kömür tüketiminin % 72'sinin ABD, Hindistan, Japonya ve Rusya tarafından yapılmış olmasıdır. Kömür çevre maliyetlerine rağmen halen elektrik, çimento gibi girdilerin üretiminde kullanılmakta, bunun yanında temel metallerin elde edilmesinde de enerji kaynağı olarak yararlanılmaktadır.

Kömürün kullanılması sonucu ortaya çıkan sosyal maliyetin yüksek olmasına rağmen kömür tüketiminin 2030 yılına kadar ortalama %60 oranında bir artış göstereceği tahmin edilmektedir. Bu artışın en önemli nedeni ülke ekonomilerinde gerçekleşecek ekonomik büyümedir. Özellikle Çin ve Hindistan ekonomilerinin büyüme potansiyeli dikkate alındığında kömür tüketiminde 2030 yılına kadar ortaya çıkacak %60'lık artışın % 85'i bu ülkelerden kaynaklanmaktadır. Bu durum kömüre yönelik talep artışının önemli bir kaynağı olmaktadır. 2008 yılı verilerine göre, Çin önemli bir kömür kaynağına sahip olmasına karşın, bu kaynaklardan elde ettiği

kömür yeterli olmadığı için kömürü ithal etmektedir. Buna karşın Avustralya kömür ihraç eden ülkeler arasında %53 pay ile ilk sırada yer almaktadır¹⁸.

Kömürün dünya ekonomisinde önemli bir enerji kaynağı olarak kullanılmasının temel nedenlerinden birisi de, fiyatlarının diğer enerji kaynaklarına göre daha istikrarlı olmasıdır. Özellikle bu enerji kaynağının finansal türevlerinin olmaması spekülasyona açık bir fiyat artışı olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle dünya ekonomisinde büyüme potansiyeli açısından kömür tüketimi artma eğilimindedir

. Bununla birlikte, kömürün yaratmış olduğu çevre maliyetlerinin azaltılmasına yönelik teknolojinin geliştirilmesi konusunda yeni yatırımlar da artmaktadır.

Ham Petrol

Ham petrol ve doğal gazın geliştirilen teknolojilere rağmen temel enerji kaynağı olarak uzun dönemde talep göreceği kabul edilmektedir. Bu açıdan söz konusu enerji kaynaklarının arzı dünya ekonomisi ve siyasetindeki gelişmelerin temel belirleyicisi durumundadır. Bundan dolayı petrol ve doğal gazın arzını artırmaya ve talebini kontrol etmeye yönelik arayışlar devam etmektedir. Ancak var olan talebin karşılanması için özellikle petrolün üretimi için farklı kaynaklar kullanılmaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen petrolün fiyatları arasında ekonomik olarak farklılıklar olması, petrol ve diğer enerji kaynakları açısından arz güvenliği kavramını ortaya çıkarmaktadır. Günümüzde maliyetleri farklı olsa da, farklı kaynaklardan elde edilen petrol kullanılmaya devam etmektedir. Bunun ana nedeni de, bu kaynaklardan elde edilen petrolün içindeki farklı maden ve ürünlerin varlığıdır. Bu tür enerji kaynaklarının en bilineni kaya petrolüdür.

¹⁸ International Energy Agency, **World Energy Outlook**, 2011, <http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2010sum.pdf> , (18.04.2013), (IEA 2010), ss. 5-8.

Tablo 2: Dünyada Ham Petrol ve Doğalgaz Rezervi Dağılımı (2008)

<i>Ülke Adı</i>	<i>Milyar Ton</i>	<i>Milyar Varil</i>
Suudi Arabistan	34 518	264 063
Iran	17 329	137 610
Irak	15 478	115 000
Venezüella	13 997	99 377
Kuveyt	13 679	101 500
Birleşik Arap Emirlikleri	12 555	97 800
Rusya	10 647	79 000
Libya	5712	44 271
Nijerya	4 953	37 200
ABD	3 429	28 396
Kanada	3 126	21 846
Katar	3 094	25 405
Kazakistan	2 907	22 762
Arnavutluk	2 731	23 241
Çin	2 466	18 052

Kaynak: DEK Raporu, 2010.

DEK araştırma raporuna göre 2008 yılı sonu itibariyle dünyada erişilebilir 163 milyar tonluk bir ham petrol ve doğalgaz hacmi bulunmaktadır. Dünyadaki dağılımına bakıldığında ise, %61'lik pay ile Orta Doğu'nun temel ham petrol ve doğalgaz enerji merkezi olduğu görülmektedir. Bunu izleyen bölgeler ise sırasıyla; %11 Afrika, %10 Güney ABD, %8 Rusya dahil olarak Avrupa şeklinde dağılmaktadır¹⁹.

¹⁹ DEK Raporu, ss. 90-93.

Kaya Petrolü

Kaya petrolü bileşimi organik maddeler ve gaz yağından oluşmaktadır. Kaya petrolünün işlenerek ayrıştırılması sonucunda petrol ürünlerinin elde edilebileceği ve yanabilen gaz elde edilir. Kaya petrolünün işlenmesi ham petrol (crude oil) olarak elde edilen kaynaklara göre maliyeti daha yüksektir. Bu yüksekliğe rağmen kaya petrolünden elde edilen yan ürünlerinin sayısının fazla olmasından dolayı önemli bir kaynaktır²⁰. Ancak kaya petrolü konusunda rezerv büyüklüğü kesin olarak tahmin edilememektedir.

Kaya petrolünden elde edilen en temel ürünler uranyum, çinko, fosfat, sodyum karbonat, sülfür ve sülfat gibi elementlerdir. Kaya petrolünü en çok talep eden ülkeler Almanya ve Çin'dir. DEK'in raporuna göre dünya kaya petrolü rezerv büyüklüğünün 4,8 Trilyon varil olarak verilmektedir.

Doğal Katran

Doğal katran ve kalın yağların bileşiminden oluşan madendir. Bu madenin temel özelliği nitrojen, oksijen, sülfür ile ağır metallerden oluşmasıdır. Doğal katranın rezerv olarak en çok bulunduğu ülke Kanada'dır. DEK raporuna göre Kanada doğal katranın %70'ine sahiptir. Kalın yağlardan oluşan doğal katran bakımından en büyük rezerv ise Venezuela'da bulunmaktadır. Doğal katran ve kalın yağlardan oluşan kaynakların gelecek dönem içinde petrol üretimin kaynağı olacağı beklenmektedir. Bunun nedeni söz konusu madenin ayrıştırılmasına yönelik tekniklerin geliştirilmesi gerektiğidir. Buna karşın bu kaynaklardan elde edilen madenlerin piyasa fiyatı Kanada'da bulunmaktadır. Bu madenin kalın yağ türü açısından piyasası Venezuela'dadır. Bu kaynağın petrol elde etmek için kullanılması 2007 yılından artmıştır. Bunun ana nedeni bu tarihten sonra ortaya çıkan petrol fiyatlarındaki artıştır.

²⁰ Bu konuda geniş bilgi için bakınız: Fatih Macit ve Holly Rehm, ABD'deki Kaya Gazı Devrimi ve LNG İhracatının Geleceğine İlişkin Tahminler, **Hazar Strateji Enstitüsü** (HASEN), 2014.

Doğalgaz

DEK araştırma raporuna göre, 2008 yılı sonu itibariyle 103 ülkede doğalgaz kaynakları olduğu belirtilmektedir. En önemli doğalgaz rezervleri Rusya, İran ve Katar'dadır. Bu ülkelerdeki doğal gaz kaynağı niteliği, kalitesi ile çıkarılma ve taşıma maliyeti açısından değerlendirildiğinde fiyatı en düşük gazdır. Ayrıca diğer enerji kaynaklarına göre çevre maliyeti de dikkate alınırsa söz konusu ülkelerdeki doğal gazın önemli bir alternatif maliyet avantajı ortaya çıkmaktadır. Bu maliyet avantajı doğal gazın talebinin artmasındaki en önemli nedendir.

Doğalgazın alternatif bir enerji kaynağı olarak kullanımı konusunda yapılan araştırmalar küresel finansal krizden sonra artmıştır. Bunun nedeni, iklim değişikliği konusunda ülkelerin belirledikleri politikaların, enerji politikalarının bir parçası haline gelmiş olmasıdır. Bu açıdan enerji politikaları ile çevre politikaları dünya siyasetinin temel konusu haline gelmiştir²¹. Bu konuda en önemli tartışma karbon emisyonunun düşürülmesine yönelik uygulamalardır. DEK'in verdiği bilgilere göre karbon emisyon değerlerinin belirlenen düzeye düşmesi için yirmi yıla yakın bir sürenin geçmesi gerekmektedir. Ancak bu tahmin, bu konuda yeni tekniklerin geliştirildiği varsayımı altında yapılmaktadır. Bundan dolayı doğalgaz en temiz ve çevre maliyetleri en düşük olan enerji kaynağı olarak kullanımı artmaktadır. DEK dünya enerji talebinin yani tüketiminin 2010 ile 2030 arasında her yıl %1.4 artış göstereceğini beklemektedir. Bu artışın her yıl doğal gaza yönelik talebi %21 den %23 çıkaracağı belirtilmektedir. Bu talep artışının kaynağı olarak Avrupa, Afrika, Ortadoğu ile özellikle ekonomik gelişim trendi dikkate alındığında Asya bölgesi olacağı öngörülmektedir²².

Doğalgazın önemli bir özelliği de yeni gelişen teknolojilere bağlı olarak talebinin azaltılabilmesidir. Örneğin inşaat teknolojisinde ve yalıtıma yönelik yeni araç ve ekipmanların geliştirilmesi özellikle ısınmada kullanılan doğalgaz tüketiminin azalmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle uzun dönemde doğal gaz

²¹ Richard L. Gordon, **The International Handbook on the Economics of Energy**, Edward Elgar Publishing Limited, 2009, Birleşik Krallık, ss. 73-88.

²² DEK Raporu 2010, ss. 100-104.

fiyatı alternatif maliyet açısından diğer enerji kaynaklarının fiyatlarına bağlı olmaktadır. Bununla birlikte, doğalgaz karşısında alternatif enerji kaynaklarının bulunmasına veya suni olarak üretilmesine yönelik arayışlarda devam etmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin cari açıkları üzerindeki enerji talebinden ortaya çıkan baskı ülkeleri hem siyasi hem de ekonomik açıdan nükleer enerjiye yönelmesine yol açmaktadır. Ortaya çıkan enerji talebinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmasının mümkün olmadığı yönünde bir eğilim oluşmuştur.

Türkiye doğal gaz talebinin en hızla arttığı bir coğrafyadadır. Bununla birlikte Türkiye’de doğal gazın kullanıldığı sektörler ile elektrik üretiminde temel girdi olması dikkate alındığında, uzun dönemde tedbirler alınmazsa enerji fiyatlarında ortaya çıkabilecek artışa bağlı bir arz yönlü enflasyon baskısı ortaya çıkabilir.

Dünya doğalgaz üretim ve tüketimi büyük ölçüde Kuzey Amerika’da gerçekleşmektedir. Bunun en önemli nedeni, ABD’nin kullandığı doğal gazı elde ettiği Alaska’dan ABD’nin 48 eyaletine doğrudan doğalgaz boru hatlarının bulunmasıdır. Bu nedenle ABD oluşan doğal gaz fiyatları piyasalar için gösterge kabul edilmektedir. Bu piyasayı ekonomik büyüme potansiyeli dikkate alındığında Latin Amerika ve Karayipler ülkelerinin izleyeceği öngörülmektedir. Bu nedenle bu bölgede doğalgaz üretim kapasitesinin 2030 yılına kadar iki katlık bir artış olacağı beklenmektedir. Avrupa, Afrika, Ortadoğu ile özellikle ekonomik gelişim trendi dikkate alındığında Asya bölgesi içinde yer alan Avrupa’daki üretimin 2030 yılına kadar kademeli olarak % 20 azalacağı tahmin edilmektedir²³.

Bu çalışma kapsamında kıtalar arasındaki farklılık ve uzaklık dikkate alındığında doğal gaz fiyatlarının nasıl ve hangi mekanizmalarla birbiri üzerinde etkileri olduğunun tespiti önemlidir. Her şeyden önce, doğalgaz fiyatlarındaki gelişmelerin diğer enerji kaynağı olan petrol fiyatları ile olan ilişkisi burada önemlidir. Kuzey Amerika gibi büyük bir doğal gaz piyasasında oluşan fiyatlar doğrudan petrol fiyatları üzerinde etkili olabilmektedir. Bu durumun tersi de geçerlidir. Bu açıdan Rusya gibi bir üreticinin fiyatları da petrol fiyatları üzerinden yeniden fiyatlanmaktadır. Buradaki en önemli nokta, Rusya’nın satmış olduğu doğal gazın fiyatını ikili anlaşmalarla sabitlemiş olmasıdır. Ancak oluşan yeni enerji piyasa fiyatları dikkate alındığında, söz konusu fiyatlar başlangıç düzeyi olarak kabul

²³ IEA 2010, ss. 191-201.

edilmektedir. Bu gelişme piyasalar arası ilişkilerin analizini gerekli kılmaktadır. Buraya kadar yapılan açıklamalar sonucunda özet olarak dünyadaki enerji politikaları ve talebi dikkate alındığında; doğalgazın önemi bugün olduğu gibi gelecekte de devam edecektir. Bunu değiştirecek en önemli faktör alternatif enerji kaynaklarıdır.

Elektrik enerjisinin üretiminde çevre maliyetleri dikkate alındığında, doğalgazın ağırlıklı olarak kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu nedenle, elektrik fiyatlarının temel belirleyicisi doğalgaz fiyatları olmaktadır. Bu kapsamda, elektrik gelecek vadeli sözleşmesi olan piyasaların da göstergelerini etkileyen temel unsur doğalgaz fiyatlarıdır.

Uranyum ve Nükleer Enerji

Uranyum gerekli süreçlerden geçtikten sonra nükleer enerji santrallerinde enerji kaynağı olarak kullanılan en önemli bir radyoaktif elementtir. DEK araştırmalarında 2010 yılı itibariyle dünyada 437 nükleer enerji reaktörünün faaliyet gösterdiği rapor edilmektedir²⁴.

Dünyada 18 ülke uranyum üretimi yapmaktadır. Bu ülkeler aynı zamanda dünya uranyum ticaretinde piyasaya hâkimdir. Bundan dolayı bu kaynağın kullanılması ile elde edilecek enerjinin fiyatı da söz konusu ülkelerin uygulamış olduğu fiyatlara bağlı olacaktır. Bu açıdan bu kaynaktan elde edilecek enerjinin fiyatı veya birim maliyeti, başta Rusya ve ABD olmak üzere ülkelerin nükleer silah programlarının olmasına bağlı hale gelmektedir.

Uranyum üretiminde 18 ülke arasında önemli üç ülke Kanada, Kazakistan ve Avustralya'dır. Ancak üretici firmaların menşei dikkate alındığında bu ülkelerdeki üretimin büyük kısmının ABD, İngiltere ve Rusya'ya ait olduğu anlaşılmaktadır. Uranyum piyasasında da bir arz ve talep oluştuğu için, uranyum fiyatları diğer emtia, enerji piyasalarındaki gelişmelerden etkilenmekte veya etkilemektedir.

Enerji maliyetleri, enerji güvenliği ve iklim değişikliği gibi üç temel faktöre bağlı olarak uranyum üretimi ve ticareti dünya ekonomisinin ve siyasetinin en önemli politik konularından birisidir. Bu açıdan uranyum ve alternatif elementlere

²⁴ IEA2010, ss. 211-230.

yönelik nükleer enerji piyasası devletlerin uyguladıkları ve benimsedikleri politikalara bağlıdır. Nükleer enerjinin politik yönü dikkate alındığında, kamuoyunun onaylaması ve hükümet politikaları ile desteklenmesiyle güçlü bir alternatif enerji kaynağı olabilir. Buna rağmen temiz enerji kaynakları olarak tanımlanan enerji kaynaklarına yönelik arayışlar devam etmektedir.

Yer Kömürü

Çürümüş bitkilerden oluşan yer kömürü organik maddelerin oksijensiz kalarak asitleşmesine bağlı olarak oluşmaktadır. Petrol ile kömür arasında orta kademede yer almaktadır. Dünyanın yer kömürü kaynaklarının oldukça fazla olduğu bilinmektedir. 4 milyon km kare ya da dünya yüzeyinin %3 düzeyindedir. Temel kaynaklar Kuzey Amerika, Kuzey Asya, Merkez Avrupa ve Endonezya'dadır.

1.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları doğada serbest mal olarak nitelendirilen kaynaklardan oluşmaktadır. Teknolojik gelişmeler serbest olan bu malların enerji kaynağı olarak kullanımını arttırmaktadır. Bunun sonucunda kıt olan enerji malı kaynağı serbest olan enerji malının değerine bağlı olmadan, doğrudan üretim maliyetlerine (sabit ve değişken maliyetler) dayalı bir fiyatın oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarının açıklanması önemli olmaktadır.

Hidroelektrik Enerjisi

Dünyada elektriğin kullanımı ile birlikte ilk yararlanılan yenilenebilir enerji kaynağı su olmuştur. Bu açıdan hidroelektrik enerjisi enerji kaynakları arasında "yenilenebilir enerji" kaynağı açısından önemini yeni teknolojilerin geliştirilmesine bağlı olarak korumuştur. Bu alanda ilk yatırımlar devletler tarafından yapılmıştır. Günümüzde, teknolojik ilerlemeler sonucunda yatırım maliyetlerinin düşmesi ve

artan enerji talebinin ortaya çıkardığı fiyat artışları sonucunda, enerji yatırımlarında özel sektör tercih edilebilir hale gelmiştir. Bunun temelindeki önemli bir faktör de hidroelektrik santralleri gibi alanlardaki yatırımları finanse edebilecek firmaların ortaya çıkmış olmasıdır. Bu durum dünya ekonomisi açısından da önemli bir değişimdir. Çünkü enerjinin elde edilmesine yönelik alt yapı yatırımlarının genel olarak devlet tarafından yapılabileceği kabulü değişmiştir.

Hidroelektrik enerjisi akan suyun gücünden birden fazla kere yararlanma imkanına bağlıdır. Dünyada 160 ülke kullanmış olduğu elektriğin bir kısmını hidroelektrik santrallerinden elde etmektedir. Dünyada hidroelektrik üretiminin %50'den fazlası beş ülkede yapılmaktadır. Bunlar Brezilya, Kanada, Çin, Rusya ve ABD'dir²⁵.

Hidroelektrik enerjisi üretiminde maliyetleri düşürmek ve üretilen enerji miktarını arttırmak için araştırma ve geliştirme faaliyetleri önem kazanmıştır. Bununla birlikte DEK araştırmalarına göre ülkelerde faaliyet gösteren hidroelektrik santrallerinde 2030 yılına kadar yenileme yatırımları yapılması gerekmektedir. Bu durum enerji üretim maliyetleri üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır²⁶.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitlenmesine yönelik AR-GE çalışmaları ülkelerde artmaktadır. Bu durum talep yönünde de devlet tarafından desteklenmektedir. Jeotermal, rüzgâr, güneş, biyoenerji ile deniz gücü üzerinde durulmaktadır. Hidroelektrik piyasasında en önemli konu uygun finansman modelinin oluşturulması ile kamu ve özel sektör finansmanı arasında optimum dengenin sağlanması olmaktadır. Bu bakımdan gelişmekte olan ülke piyasaları açısından yatırımların sürdürülebilir olması önem kazanmaktadır. Enerjinin temel girdi olduğu dikkate alındığında enerji yatırımlarının sürdürülebilir olması sürdürülebilir bir büyümenin temel unsurlarından biri haline gelmektedir.

Biyoenerji

Biyoenerji artık durumunda olan doğal ürünlerin kullanılması konusunda geliştirilen teknolojilerle önemli hale gelmiştir. Bu enerji türü artan nüfusun kullanıp

²⁵WEC Survey 2013, s.17

²⁶WEC Survey 2013, s.18.

attığı ürünlerin tekrar kullanılabilirlik özelliği kazandırılmasına bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Biyoenerjinin temel kaynakları olarak bitkiler yer almaktadır. Bu açıdan en temel enerji kaynağı ağaç ve ormanlar olmaktadır. Bunun yanında petrol ürünlerinin yerini tutabilecek enerji kaynakları da geliştirilmektedir. Bunların en bilinenleri çeşitli bitkiler, çöp gazı, tarımsal posa ve belediyelerin katı atıklarıdır. Söz konusu atıklardan elde edilen yakıtların başında etanol ve biyodizel gelmektedir. Petrol fiyatlarındaki artış trendi enerji piyasasında biyoenerji kaynaklı ürünler ile petrole dayalı ürünlerden elde edilen enerji fiyatları ilişkisinin yönünün değişmesine neden olmuştur. Örneğin ilk kez, 1930'lardan bu yana ABD'nin ithal ettiği petrolün fiyatı, yerel üretimi olan mısırın fiyatını aşmıştır²⁷. Bu da mısırdan elde edilen Etanol'e yönelik talebi artırmıştır.

Mısır üretimi ABD ve Avrupa ülkeleri tarafından desteklenmekte ve sübvansede edilmektedir. Bunun nedeni bu ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik koyduğu hedeflerdir. Avrupa Yenilenebilir Enerji Direktifi bunun önemli bir örneğidir. Biyoenerjinin talebinin artmasındaki temel bir unsur da, devletlerin su kaynaklarının korunması ve iklim değişikliğine yönelik önlemleridir.

Güneş Enerjisi

Ekonomik olarak serbest bir mal olan ve kaynak olarak sıfır maliyetli olan Güneş enerjisi, sürekli bir enerji kaynağı olmasına rağmen ihmal edilmiş durumdadır. Güneş enerjisi hem doğrudan güneş ışınları aracılığıyla elde edilebilir, hem de doğadaki diğer etkileşimlerle dolaylı olarak bir enerji kaynağıdır. DEK araştırma raporuna göre, Güneş ışığıyla yeryüzüne ulaşan enerji miktarı tüm dünyanın yıllık temel ihtiyacı olan enerji miktarının 7.500 kat daha fazlasına ulaşmaktadır²⁸. Fakat kullanılmamaktadır.

Güneş enerjisinin kullanımına yönelik enerji politikaları farklı alanlarda gelişmelerde ortaya çıkarmaktadır. Özellikle güneşten enerji üretimine yönelik aletlerin gelişimi başka endüstrilerde başka işlevlerle kullanılabilir olabilmektedir. Yeni endüstrilerin ortaya çıkması, yeni iş alanlarının oluşması ve yeni ekonomik

²⁷ WEC Survey 2013, ss. 20-21.

²⁸ WEC Survey 2013, s.19.

fırsatların oluşması ve de en önemlisi çevreyi koruma açısından faydalar ortaya çıkarmaktadır.

Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji kaynakları yeryüzünün doğal ısısına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu ısıdan iki yolla yararlanılabilmektedir: birincisi yeryüzünün ısının yüzeye yakın olan alanları üzerinde transferinin sağlanması, ikincisi de yeraltı ısı ile ortam ısının farklılığından yararlanılması yoluyla. Özellikle volkanik ve magmatik yeraltı yapısı olan bölgelerde jeotermal sistemleri bulunur. Elektrik üretiminde jeotermal kaynaklarının kullanımı Orta Amerika bölgesinde yaygındır. Bu bölgede dünyanın zengin yüksek ısıya sahip jeotermal kaynakları vardır²⁹.

Son yıllarda dünya ekonomisindeki çevreye yönelik politikaların önem kazanması, Orta Amerika bölgesinde bu kaynakların kullanımına olan ilgiyi artırmıştır.

Med Cezir (Gel-Git) Enerjisi

Med Cezir (gel-git) enerjisi deniz ile okyanuslar arasındaki seviye farkına bağlı olarak ortaya çıkan periyodik dalgalanmalara dayalı enerji kaynağı olmaktadır. Gel-git olaylarının coğrafi yapıya bağlı olarak en belirgin gözlendiği bölgeler Kanada, İngiltere ve Fransa'dadır. Med Cezir olaylarından yararlanarak elektrik enerjisi üretilmesi mümkün olmaktadır.

Rüzgâr Enerjisi

Dünyanın rüzgâr enerjisi potansiyeli oldukça fazladır. DEK araştırma raporuna göre, yeryüzündeki arazilerin %1'inde rüzgâr enerjisi için kullanılsa, dünya enerji üretim kapasitesine eşit düzeyde bir rüzgâr enerjisi kapasitesi yaratılabileceği tahmin edilmektedir. Rüzgâr enerjisinden geçmişte mekanik enerji kaynağı olarak

²⁹ WEC Survey, 2013, s. 24.

yararlanılmış olup günümüzde ise elektrik üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

DEK araştırma raporuna göre dünya rüzgâr enerjisi kapasitesi 1990 yılından itibaren her üç yılda bir iki katına çıkarak artış göstermektedir³⁰.

Dalga Enerjisi

Dalga enerjisinin ortaya çıkması rüzgar enerjisinin konsantre formu şeklinde düşünülebilir. Rüzgârın su yüzeyinde oluşturduğu dalgaların transfer edilmesi yoluyla enerji elde edilmektedir. Enerji miktarı dalga boyuna ve rüzgârın şiddetine bağlı olarak değişmektedir. İlk yatırım maliyeti yüksek olmakla birlikte uzun süreli enerji elde edildiğinde maliyetlerin azalarak verimlilik sağlandığı görülmektedir.

Fırtınaların olduğu bölgelerde denizdeki dalgaların sönmesi oldukça yavaş bir şekilde gerçekleşmektedir. Kış aylarında fırtınalar genellikle daha sık ve şiddetli olduğundan, aynı zamanda elektrik ve evlerde ısınma ihtiyacının da yükseldiği mevsim olarak düşünülebilir.

Okyanus Termal Enerji Dönüşümü

Okyanus Termal Enerji Dönüşüm sistemleri suyun yüzeyi ile 1000 metre derinlerdeki ısı farkından yararlanarak enerji elde etmeye dayanmaktadır. Tropikal bölgelerde, okyanusların ve adaların bulunduğu yerlerde bu ısı farklılığı 20 C⁰'yi aşmakta olup enerji üretimine uygun olmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslandığında, okyanus termal enerji dönüşüm sistemlerinde gece gündüz enerji elde etmek mümkün olup çok az miktarda yaz kış farklılaşması ortaya çıkmaktadır.

³⁰ WEC Survey, 2013, s.18.

1.3. DÜNYA ENERJİ FİYATLARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Enerji fiyatları enerji sistemlerinin geliştirilmesi ve yatırımların gerçekleştirilmesinde hatta ekonomik büyümenin artmasında veya kısıtlanmasında belirleyici olmaktadır. Bu nedenle iktisatçılar açısından arz yönlü bir etki olarak değerlendirilmektedir³¹. Genel olarak enerji fiyatlarındaki değişimlerin ortaya çıkardığı etkiler arz şoku olarak tanımlanmaktadır. Bu açıdan enerji fiyatlarının gelecekte ne olacağı ile ilgili beklentiler ekonominin tüm üretim sürecinde etkiler ortaya çıkaracaktır. Bundan dolayı enerji fiyatlarının önceden tespiti veya gelecekte enerji fiyatlarının nasıl olacağını tahmin etmek, aynı zamanda ekonominin üretim düzeyini belirlemek anlamına gelmektedir³². Ancak enerji fiyatlarını önceden tespit etmek mümkün olmamakla birlikte ortaya çıkacak riskler azaltılabilir ya da gelecek vadeli işlem sözleşme piyasaları yolu ile belirli bir maliyetle riskler azaltılabilir. Bununla birlikte, enerji fiyatlarına etki eden temel faktörlerden yola çıkarak enerji fiyatları konusunda bir eğilim tahmininde bulunmak mümkündür. DEK'e³³ göre enerji fiyatlarının trendini etkileyen temel faktörler şu şekilde belirlenmiştir:

- Talep
- Rezervlerin büyüklüğü
- Maliyetler
- Piyasa mekanizması
- Alternatif enerji kaynakları ve enerji kaynakları arasında ikame edebilirlik

Günümüzde enerji fiyatları yukarıdaki faktörler dışında piyasaların kendi iç dinamiklerinden de kaynaklanan etkilere bağlı olarak dalgalanmaktadır. Bunun en önemli nedeni emtia piyasalarındaki gelişmelerin finansal piyasalardaki fiyatların etkisi altında kalmasıdır. Bu açıdan bu piyasalardaki fiyat davranışlarının yapısal faktörler dışındaki gelişmelere göre de analiz edilmesi gerekmektedir. Bunun için piyasalar arasındaki geçişgenlik ve oynaklık geçişgenliği konusunda analizlerin

³¹ WEC Survey, 2013 s.22.

³² WEC Survey, 2013, ss. 23-24.

³³ World Energy Council, "Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050", 2007, http://www.worldenergy.org/documents/scenarios_study_es_online.pdf, (07. 2011), ss. 2-12.

yapılması gerekmektedir. Bu amaçla enerji piyasalarının yapısı ve bu yapı içinde fiyatların oluşumu açıklanmaktadır.

Bu çalışmada enerji piyasalarında var olan ürünlerin fiyatları arasında meydana gelen dalgalanmaların yayılma mekanizması ele alınmaktadır. Özellikle elektrik fiyatlarının piyasa koşullarında oluşmasına yönelik düzenlemelerin (regülasyon) sonucunda; enerji ürünlerinin fiyatları arasındaki geçişgenlik, söz konusu piyasalarda yerini yayılma mekanizmalarına bırakmıştır. Yayılma mekanizması birincil enerji kaynaklarının fiyatlarından bağımsız olarak piyasalarda oluşan koşullara bağlı etkiler sonucunda oluşan dalgalanmaları tanımlamak için kullanılmaktadır³⁴. Geçişgenlik ise, yukarıda belirtilen temel parametrelerde ortaya çıkan etkilere bağlı fiyat etkilerini belirtmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde; geçişgenlik kavramı yapısal bir kavram olup, piyasaların işleyiş mekanizması üzerinde etkili olan değişimleri de kapsamaktadır. Yayılma mekanizmalarında ise, piyasaların işleyiş mekanizması içerisinde ortaya çıkan fiyat dalgalanmalarının piyasalar arasındaki fiyat etkisini tanımlamaktadır. Bu fiyat etkilerini tahmin eden yaklaşımlardaki parametrelerdeki değişmeler geçişgenlik etkisi (pass-through effect) ortaya çıkarmaktadır. Bundan dolayı, piyasalar arasındaki oynaklık yayılmasının ortaya koyulması önem kazanmaktadır. Özellikle enerji piyasalarında oynaklık yayılmasının Engle'in tanımlaması çerçevesinde "meteor yağmuru mu yoksa ısı dalgası mı?" şeklinde olduğunun açıklanması, enerji piyasalarının dinamiğinin kavranmasına olanak sağlamaktadır. Burada önemli nokta, bu araçlara karşın piyasaların oluşturulmasına yönelik düzenlemelere neden gerek duyulduğudur. Bundan dolayı, öncelikli olarak enerji piyasasının oluşturulmasının gerekliliğini ortaya çıkaran koşullar açıklanmaktadır.

³⁴ Jeff Flemming ve Chris Kirby, "Long memory in volatility and trading volume", **Journal of Banking and Finance**, Cilt: 35, Sayı: 7, ss. 1714-1726.

Tablo 3:Enerji Fiyatlarına Etki Eden Faktörler

Faktör	Petrol	Doğalgaz	Kömür	Uranyum
Talep	Güçlü büyüme Küresel büyüme trendi yıllık +%1-2	Petrole paralel büyüme Küresel büyüme yıllık +%1,5-2	Petrole paralel büyüme Küresel büyüme yıllık +%1,4-2	2004 yılından itibaren talep arzı geçmiştir. İkincil bir enerji kaynağıdır.
Rezervler	Varlığı kanıtlanmış rezervlerin üçte biri tüketilmiştir. Petrolün liderliği bir süre sonra sona erebilir.	Çok geniş rezervler 65 yıl yetecek kadar varlığı kanıtlanmış rezerv tahmin edilmektedir. Konvansiyonel olmayanlar da dâhil	200 yıldan daha fazla yetecek kadar rezerv bulunmaktadır Yeryüzünde geniş alana yayılmıştır.	50 yıldan fazlayetecek rezerv olduğu tahmin edilmektedir. Coğrafi olarak belli bölgelerde yoğunlaşmıştır.
Maliyetler	Üretim maliyetleri 2- 25 USD (konvansiyonel) ve >40 USD (konvansiyonel olmayan) Petrol sentetik ürünlerinde artış	Taşıma maliyetleri kritiktir.	Lokal olarak çıkarılmaması halinde taşıma maliyetleri önemlidir.	Çıkarma ve taşıma maliyetleri önemlidir.
Piyasa Mekanizması	OPEC'in gücünün devam edip etmeyeceği bilinmemektedir.	Üç ülke piyasanın %55'ine hâkim konumdadır.	Kısıtlıdır.	Az sayıda tedarikçi vardır. Etkisi kısıtlıdır.
Diğer Faktörler	Diğer rezerv kapasitelerinde gelişmeler olmaktadır.	Gazdan gaza rekabet önemlidir. Petrole bağımlıdır.	Petrolü ikame etmektedir. Çevresel düzenlemeler etkili olmaktadır.	Kazı çalışmaları için yatırım gereklidir.
Fiyatlama Mekanizması	Fiyatlamının saldırgan olması beklenmektedir. 2014'den itibaren düşüş trendi olabilir.	Bölgesel piyasalar önemlidir. Ayrı bir fiyatlama henüz yoktur.	Diğerlerine göre daha istikrarlıdır ve fiyat ortalama 50 USD bandında statiktir.	Raporlanan bilgi yoktur.

Kaynak: DEK, 2007

1.3.1. Enerji Kaynaklarının Fiyatlaması

Enerji piyasalarındaki enerji ürünlerinin fiyatları, bu ürünlerin elde edildiği birincil enerji kaynaklarının çıkarılma ve bu enerji kaynaklarının taşıma, iletme maliyetleri ile piyasa koşullarına bağlıdır.

Genel olarak literatürde tükenbilir enerji kaynaklarının modellenmesinde kullanılan iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan ilki Hotelling Modeli³⁵ (1931), ikincisi ise Hubbert Modeli³⁶ (1956, 1962) olarak bilinmektedir. Hotelling Modeli tükenbilir ya da yenilenemeyen enerji kaynaklarının dönemler arasında fiyatlanması konusunda piyasaya dayalı öngörü yapılmasını sağlayan bir modeldir. Bu modelin ilk halinde söz konusu kaynakların arz maliyetleri dikkate alınmamıştır. Daha sonra bu modele, yükselen maliyetlerin kısıtı ile beraber arz maliyetlerinin sıralamasına dayalı parametreler dahil edilmiştir. Hotelling Modeli enerji kaynaklarının bulunmasına yönelik harcamaları dikkate almamaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde Model ilk çıkarılan veya kullanılan kaynakların fiyatlarındaki gelişmeleri öngörmektedir. Bu durum teknolojinin gelişmesine bağlı olarak ortaya çıkan fiyat etkilerinin ihmal edilmesine yol açmaktadır. Ancak Hotelling Modeli var olan kaynakların piyasa koşullarında fiyatlanmasına yönelik önemli bir araçtır.

Enerji kaynaklarının fiyatlamasına yönelik olarak literatürde kullanılan diğer önemli bir yaklaşım Hubbert Modeli'dir. Hubbert Modeli'nin önemli özelliği, ekonomik değişkenlerden bağımsız olarak enerji kaynağının üretim ve tüketimini esas alan bir yaklaşım sunmasıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde Model zamana bağlı deterministik bir analizdir. Hubbert Modeli zamana bağlı olduğu için trende dayalıdır. Ancak, bu Modeldeki trend analizi lojistik fonksiyona dayanmaktadır³⁷. Hubbert Modeli piyasalardaki ilişkileri ve bağımlılığı dikkate almamaktadır. Bu nedenle, bu Model piyasalar arasında fiyatlarda meydana gelen oynaklığın yayılma

³⁵ Harold Hotelling, "The economics of exhaustible resources", **The Journal of Energy and Development**, Cilt: 39, Sayı: 2, 1931, ss.137-175.

³⁶ Marion King Hubbert, "Nuclear energy and the fossil fuels", **Drilling and Production Practice**, American Petroleum Institute, 1956, ss. 7-25; Marion King Hubbert, "Energy Resources- A Report to the Committee on Natural Resources", **National Academy of Science, Government Printing Office**, 1962, ss. 116-141.

³⁷ Tobias Rehl ve Rainer Friedrich, "Modelling long-term oil price and extraction with a Hubbert approach: The LOPEX model", **Energy Policy**, Sayı: 34, ss. 2413-2428.

mekanizmasına yönelik bir yaklaşım değildir. Bu konuda da temel bir bilgi ve-veya yaklaşım sunmamaktadır.

Hotelling Modeli doğal kaynakların fiyatlamasında piyasadaki faiz oranlarının dikkate alındığından dolayı finansal piyasalarla temel enerji kaynakları arasındaki ilişkiyi de açıklama getirmektedir. Böylece Hotelling Modeli finansal piyasalardaki faiz oranlarındaki gelişmeler ile enerji kaynakları hatta madencilik sektöründeki ürünlerin fiyatları arasındaki ilişkiyi de göstermektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde; finansal piyasalardaki gelişmelerin göstergesi olarak kabul edilen faiz oranlarının ekonomideki birincil enerji kaynakları ve bu kanaldan diğer enerji fiyatları üzerindeki etkisi de analiz edilebilir olmaktadır. Buna bağlı olarak, faiz oranlarındaki oynaklığın bir risk unsuru olduğu kabul edilirse, bu riskin birincil enerji kaynakları tarafından içerileceği ve bunun sonucunda enerji ürünlerinin fiyatı üzerine yansıtacağı ifade edilebilir. Bununla birlikte, spot piyasalar ile gelecek sözleşmelerinin işlem gördüğü piyasalardaki fiyatlar arasındaki ilişkinin de faiz oranları tarafından belirlendiği bilinmektedir. Bu konu dikkate alındığında, enerji kaynaklarının dayanak varlık olduğu gelecek sözleşmesi fiyatları ile spot piyasalardaki ilişkiler de önem kazanmaktadır.

Enerji piyasalarında özellikle farklı enerji ürünlerinin işlem gördüğü piyasalardaki fiyat dalgalanmaları arasındaki yayılma mekanizmasının Engle'in tanımlaması çerçevesinde meteor yağmuru şeklinde olacağı beklenmektedir. Bunun nedeni, enerjinin diğer tüm ekonomik sektörler ile ilişki içerisinde olmasıdır. Enerji kaynaklarının ilk çıkarılma maliyetleri ve enerji piyasalarının oligopol yapısı dikkate alınmadığı varsayımı altında, Hotelling Modeli piyasalar arasındaki oynaklık yayılmasının açıklamasında temel teorik yaklaşım olmaktadır.

Yenilenemeyen-tükenebilir enerji kaynaklarının ve enerji ürünlerinin talebinin fiyat elastikiyeti sonsuzdan düşük olduğundan dolayı ($e_d < \infty$) bu malların piyasası oligopol şartlarındadır. Temel olarak çıkarılma maliyetleri dikkate alınmadığı durumda, fiyatı belirleyen faktör talep olmaktadır. Ancak, gerçek hayatta piyasanın oligopol olmasının ortaya çıkardığı “düşük üretim-yüksek fiyat” durumu³⁸ geçerlidir. Bu oligopol rantı, bu piyasalarda faiz oranlarından daha yüksek oranda bir

³⁸ Subhes C. Bhattacharyya, Energy Economics, Concepts, Issues, Markets and Governance, Springer, 2011, <http://www.springer.com/engineering/energy+technology/book/978-0-85729-267-4>, (18.04.2013), ss.285-290.

getiriyi ortaya çıkarmakta ve bunun sonucunda bu kaynakları elinde bulunduranların ve enerji ürünlerini arz edenlerin finansal fon birikimi artmaktadır. Böylece finansal piyasalar üzerinde faiz oranlarının düşmesine yol açacak bir tasarruf birikimi ortaya çıkmaktadır.

Faiz oranlarındaki azalmanın etkisi Hotelling Modeli çerçevesinde enerji kaynaklarının ve ürünlerinin de fiyatlarında düşüşe yol açarak oligopol piyasadaki rantlardan kaynaklanan fon birikimin azalmasına yol açacaktır. Bu durum enerji kaynaklarının fiyatlarının da mutlaka faiz oranlarına eşitleneceği bir sonucu ortaya koymaktadır.

1970’li yılların başına kadar enerji kaynaklarının fiyatlaması ile ilgili ekonomik teori açısından bir yaklaşım ortaya konmamıştır. Literatürde Hotelling Modeli’nin 1931 yılında ortaya konmuş olduğu belirtilmesine karşın, bu model literatüre Robert Solow (1974) tarafından kazandırılmıştır³⁹. Bu çalışma, enerji ekonomisi literatürünü başlatan temel bir kaynak olmuştur. Eserin yayınlandığı tarih (1974) dikkate alındığında, petrol krizinin ortaya çıkarmış olduğu yüksek enerji maliyetlerinin dünya ekonomisi üzerinde yaratmış olduğu arz etkilerini analiz eden bir çalışma olduğu görülür. Bununla birlikte, bu eser yukarıda belirtilen enerji piyasalarının oligopol koşullarının ortaya çıkarmış olduğu “Petro-Dolar Fonları”nın büyük bir hacme ulaştığı dönemde Hotelling Modeli’ni bir analiz aracı olarak kazandırmıştır⁴⁰. Ancak, bu çalışma enerji ve enerji benzeri kaynakların fiyatlamasını arz yönlü olarak, yani reel ekonomik etkiler açısından ele almıştır. Söz konusu çalışma zaman içerisinde gelişen finansal ve enerji piyasalarındaki dinamiklerin analiz edilmesine yönelik bir yaklaşım sunmaktadır.

1.3.2. Enerji Piyasalarının Oluşumu

1980’li yılların başında dünya ekonomisinin finansal yapısında ortaya çıkan gelişmelere bağlı olarak, dünya ölçeğinde finansal piyasalar birbirleriyle bağlantılı olarak hızlı bir gelişim göstermiştir. Başta petrol olmak üzere, birincil enerji kaynağı

³⁹ Robert M.Solow, “The economics of resources or the resources of economics”, **American Economic Review**, Cilt: 64, Sayı: 2, Mayıs 1974, ss. 1–14.

⁴⁰ Halil Seyidoğlu, **Uluslararası İktisat, Teori Politika ve Uygulama**, Güzem Can Yayınları, İstanbul, 2009, ss. 756-759.

kabul edilecek tükenebilir kaynakların vadeli işlem sözleşmeleri oluşturulmuş ve dünya finans merkezlerindeki borsalarda işlem görmeye başlamıştır. Ancak, bu piyasalardaki gösterge niteliğindeki faiz oranlarındaki dalgalanmalar ile söz konusu enerji kaynaklarının fiyatları arasında ilişkiler kopmuştur. Bu açıdan, enerji fiyatlarının piyasa koşullarında oluşumunu sağlayacak mekanizmalara ihtiyaç duyulmuştur.

Enerji kaynaklarının fiyatlarında ortaya çıkan gelişmeler faiz oranlarının da yükselmesine yol açarak, talep üzerinde yarattığı etkilere bağlı olarak enerji fiyatlarındaki değişimlerine neden olmuştur. Bununla birlikte, finansal piyasalardaki fon birikiminin hacim olarak artmış olması bu fonların farklı kaynaklara plase edilmesine yol açmıştır. Böylece bu fonlar yatırım amaçlı olarak enerji gelecek sözleşmelerine yönelik bir talep yaratmıştır.

Bu fiyat dinamiği, Hotelling Modeli'nin öngörüsü dışında bir dinamik olmuştur. Finansal piyasalardaki fonların büyük hacimlere ulaşmış olması bu fonların faiz oranlarının değişimine karşı duyarlılığını artırmıştır. Bunun sonucunda, faiz oranlarındaki küçük dalgalanmalar, büyük fonların bir piyasadan diğerine hareket etmesine yol açmış ve piyasalar arasında aşırı fiyat oynaklıklarına neden olmuştur. Bu durum ekonomide arz etkileri doğuran enerji kaynaklarının fiyatlarında dalgalanmalara yol açmıştır. Böylece ekonomilerde enerji ile ilgili kurum ve kuruluşlarda iflaslar ortaya çıkaran sonuçlarla karşılaşmıştır. Bunun en önemli örneği, ABD'deki Kaliforniya Eyaleti'nde yaşanan elektrik piyasasındaki manipülasyona dayalı kriz ile Enron skandalı olarak bilinen iflastır⁴¹. Söz konusu süreç, yalnızca birincil enerji kaynakları piyasasının değil, enerji ürünlerinin de bir piyasasının oluşması gerektiğini göstermiştir. Bu durum söz konusu piyasalar arasındaki oynaklıkların analizini de gerekli kılmıştır.

Literatürde finansal piyasalardaki fiyat oynaklıklarının birincil enerji kaynaklarının ve elementlerinin fiyatlarının oynaklıklarına yayılmasını analiz eden çok sayıda eser vardır. Ancak, oluşan enerji piyasalarındaki piyasa fiyatlarındaki oynaklıkların yayılmasını analiz eden çalışmalar ülke bazında olup, sayısı azdır. Bununla birlikte özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde işlevsellik kazandırılan enerji ve elektrik piyasasında oluşan fiyatlardan ortaya çıkan risklerin

⁴¹Micheal D. Smith, "Lessons to be learned from California and Enron for restructuring electricity market", **The Electricity Journal**, Cilt: 15, Sayı: 7, 2002, ss. 23-32.

yönetilmesi ve korunmasına (hedging) yönelik mekanizmalar oluşturulamamıştır. Bu açıdan değerlendirildiğinde standart bir mal veya dayanak varlık niteliğinde olan elektrik enerjisinin fiyatlarındaki dalgalanmalara bağlı riskten korunmak amaçlı hangi finansal bir aracın seçileceği ve neye göre bu seçimin yapılacağı önem kazanmaktadır. Finansal açıdan optimal riskten korunma stratejisinde riskten korunmak üzere seçilen araç ile riskten korunmanın sağlanacağı piyasalar arasında ilişki olmalıdır.

Elektrik enerjisinin fiyatlarının gün içinde dalgalanma gösterdiği dikkate alınırsa günlük ortalamalarda da bir farklılaşma ortaya çıkacaktır. Bu durumda iki piyasa arasında korelasyonun çok yüksek olması yeterli olmaz. Burada zamana göre değişkenlik gösteren korelasyonun yüksek olması gereklidir. Bununla birlikte korunma olarak seçilen aracın değerinden kaynaklanan varyansın yayılma özelliği göstermesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında Türkiye Elektrik Piyasasında oluşan fiyatlardaki değişkenliğe bağlı olarak alıcılar ve satıcıların risklerinin yönetilmesine yönelik hangi finansal araç veya göstergelerin etkin bir korunma stratejisinin aracı olabileceği araştırılmaktadır. Bununla birlikte, bu çalışmada belirlenen aracın piyasa koşullu ile Türkiye elektrik piyasasının çalışması arasındaki zaman ve coğrafi şartların etkisi dikkate alınmaktadır. Burada tek yönlü etkileşim ve yayılma mekanizması Engle'ın meteor yağmuru ve ısı dalgası yaklaşımına dayalı olarak analiz edilmektedir. Bu konunun analizi için Türkiye Elektrik Piyasasının gelişimi ve fiyatlarının oluşumunun dinamiklerinin bilinmesi gereklidir.

1.3.3. Türkiye’de Enerji Piyasalarının Kurumsallaşma Süreci

Türkiye’de enerji ürünlerinin piyasa şartlarında alım satımına konu olması ile ilgili süreç 4628 Sayılı ve 20.02.2001 tarihinde kabul edilen 03.03.2001 tarihli 24335 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Piyasası Kanunu ile başlamıştır. Bu nedenle, Türkiye’de enerji ile ilgili ürünlerin piyasasının kurumsallaşması Elektrik Piyasası’nın oluşturulmasına yönelik düzenlemelerle başlamıştır. Bundan dolayı, Türkiye’deki enerji piyasalarının kurumsallaşması Elektrik Enerjisi Piyasası ile paralel bir gelişim göstermiştir. 4646 Sayılı Elektrik Piyasası Kanununda değişiklik

yapan Doğalgaz Piyasası Hakkındaki Kanun ile birlikte, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuş ve bu kurumun karar organı olan Düzenleme Kurulu 19.11.2001 tarihinde görevine başlamıştır. Kurulun göreve başladığı tarih itibarıyla, enerji piyasasının kurumsallaşmasına yönelik düzenlemeler hızlanmıştır. Nitekim 03.09.2002 tarihinde Elektrik Piyasası ve 02.11.2002 tarihinde Doğalgaz Piyasası'nda faaliyet gösterecek oluşumuna yönelik faaliyet gösterecek firmaların ilgili Kanun'da öngörülen lisans almaya ilişkin başvuruları EPDK tarafından değerlendirmeye alınmıştır.

Enerji piyasasının en önemli ve birincil enerji kaynağı olan petrolün; 5015 Sayılı Petrol Piyasası Kanunu'nun 04.12.2003 tarihinde kabul edilmesi ile birlikte, piyasa koşullarında işlem görmesine yönelik süreç başlamıştır. 02.03.2005 tarihli ve 5307 Sayılı Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası Kanunu'nun yayınlanması ile birlikte, Türkiye'de Enerji Piyasası'nın kurumsallaşma sürecinin yapısını belirleyen temel yasal düzenlemeler tamamlanmıştır.

Elektrik Piyasası Kanunu ile birlikte, rekabet ortamının oluşturulmasına dönük koşullar belirlenmiştir. Söz konusu Kanun'da piyasanın oluşumunda katılımcılar arasında karşılıklı anlaşmaya dayalı bir "dengeleme-uzlaştırma" mekanizması öngörülmüştür. Bu Kanun'da önemli olan nokta, mekanizmanın müzakereye açık bir arz fazlasına dayanmasıdır⁴². Genel olarak Kanun ikili anlaşmalara dayalı olmasından dolayı, bir "Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi" (PMUM) çerçevesinde işleyişe dayalı olmaktadır. Bu piyasada faaliyet gösterecek kurumların seçilmesine ve değerlendirilmesine dönük süreçler lisanslamaya dayalıdır. Bu lisanslamaya dayalı yapı Türkiye'deki Enerji Piyasası içinde yer alan petrol, doğalgaz ve LPG piyasaları için de geçerlidir. Piyasaların kendi içindeki işleyiş mekanizmasının birbirinden farklılaşması söz konusu ürünlerin farklılığından kaynaklanmaktadır. Temel olarak Enerji Piyasasının yapısı lisanslamaya dayalı bir sistemdir. Bu sistemin ekonomik dayanağı literatürde Coase Teoremi (1960)⁴³ olarak bilinen yaklaşıma dayanmaktadır. Buradaki temel düşünce, piyasa koşulları içinde fiyat mekanizması yoluyla ekonomideki dışsallıkların içselleştirilmesinin

⁴² Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), "Elektrik Piyasası Uygulama El Kitabı", 2003, http://www.epdk.gov.tr/documents/elektrik/rapor_yayin/EPD_UygulamaElkitabi_2003_Nisan.pdf, (18.04.2013), s.1.

⁴³ Ronald H. Coase, "The Problem of Social Cost", **Journal of Law and Economics**, cilt: 3, 1960, s.2.

sağlanabileceğinin anlaşılmış olmasıdır. Bu açıdan lisanslama sistemi ile Türkiye’de Elektrik Piyasası’ndaki kurumsallaşma süreci ile söz konusu dışsallıkların içselleştirilmesi yönünde bir yapı oluşturulmuştur.

Bu çalışma kapsamında elektrik fiyatları ile birincil enerji kaynağı olan ham petrol ve doğalgaz fiyatlarındaki oynaklıkların yayılması analiz edileceğinden dolayı, elektrik enerjisi fiyatlarının belirlenmesi kısaca açıklanmaktadır.

1.3.4. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Fiyatlarının Belirlenmesi

EPDK’nın Kurulu Elektrik Piyasası Tarifeler Yönetmeliği ve Elektrik Piyasası’nda Gelir ve Tarife Düzenlemesi kapsamında düzenlemeye tabi unsurlar ve raporlamaya tabi esaslar hakkındaki Tebliğ hükümlerince iletim tarifesine ilişkin usul ve esaslar belirlenmektedir. Bu kararlar çerçevesinde ortaya çıkacak tarifeler de belirlenmiş olmaktadır. İletim tarifesini; iletim sistemi kullanım fiyatı, iletim sistem işletim fiyatı ve iletim ek ücret fiyatlarından oluşmak üzere Türkiye Elektrik İletim AŞ. (TEİAŞ) İletim Tarifesini olarak belirlenmektedir. Bununla ilgili bilgiler EPDK tarafından yayınlanmaktadır. İletim sistemi tarifeleri bölge bazında farklılaşabilmektedir.

İletim sistemi tarifesinin önemi, Elektrik Piyasası Kanunu’nda yer alan serbest tüketicilerin doğrudan doğruya bu mekanizma aracılığıyla elektriği kullanıyor olmasıdır. Bununla birlikte, Elektrik Piyasası Kanunu’nun öngördüğü piyasa modelinde tüketiciler ile üreticiler arasında serbest bir şekilde ikili anlaşmalar yapacak olanlar da bu mekanizma üzerine elektrik enerjisi kullanacak olmalarıdır. Bu açıdan İletim Tarifeleri önemli bir baz maliyet göstergesidir^{44,45}.

Türkiye’deki perakende elektrik fiyatlarının belirlenmesindeki temel ölçüt “puant”tır. Puant, kullanılan elektrik fiyatının belirlendiği bir döneme karşılık kullanılmaktadır. Bu dönemde söz konusu elektrik talebi en yüksek düzeydedir. Bu ölçüte göre elektrik talebinin en yüksek zaman aralığı puant dönemidir. EPDK’ya göre puant dönemi Türkiye’de saat 17.00-22.00 arasındadır. Bununla birlikte, 06.01-16.59 arası da gündüz, 22.01-05.59 arası da gece puant dönemi olarak

⁴⁴ Bu konudaki detaylara iletim tarifeleri ile ilgili EPDK Kurul Kararları’ndan ulaşılabilir. www.epdk.gov.tr.

⁴⁵EPDK , s.2.

tanımlanmıştır. Puant perakende satış tarifesinin belirlenmesinde kullanılan bir ölçüt olmakla birlikte, Elektrik Piyasası Tarifeler Yönetmeliği'nin düzenlemesine bağlı olarak farklı fiyatlandırma modelleri de vardır. Bu çalışmada dikkate alınacak olan perakende satış tarifesidir.

Elektrik Piyasası'nda fiyat dengeleme ve uzlaştırma sistemine dayalıdır. Bu kapsamda fiyat oluşumu 14.04.2009 tarihinde ve 27200 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaşma Yönetmeliği çerçevesinde belirlenmektedir⁴⁶. Bu Yönetmelik çerçevesinde gün öncesi planlamada sistem marjinal fiyatın belirlenmesi ile sistem satış ve sistem alış talimatlarının oluşmasına yönelik metodoloji açıklanmaktadır. Yönetmeliğin 36. maddesi çerçevesinde bu metodoloji hazırlanmaktadır. Söz konusu 36. maddede gün öncesi planlama süreci belirlenmektedir.

İlgili Yönetmeliğin 54. maddesi saatlik alış-satış tekniklerinin yapısı ve içeriği hakkındaki temel süreci belirlemektedir. Bu maddedeki önemli nokta, gün öncesi piyasasına katılan piyasa katılımcılarının her bir saat için aktif elektrik enerjisi alış-satışına ilişkin tekliflerini Piyasa Yönetim Sistemi (PYS) aracılığıyla piyasa işletmecisine bildirmesidir. Bu süreç 54. maddenin birinci fıkrasında belirtilmiştir. Aynı maddenin ikinci fıkrasında gün öncesi piyasaya sunulan tekliflerden alış ve satış teklifleri ayrı olmak üzere, 32 fiyat seviyesinde fiyat-miktar ilişkisi; gün öncesi piyasa teklifi olarak belirlenmiştir. Söz konusu teklifteki her bir fiyat-miktar ilişkisi ilgili piyasa katılımcısı tarafından alış ve satış yönünden tavan (en üst düzey) ve miktar olarak satın almayı teklif ettiği maksimum elektrik enerjisinin fiyatını göstermektedir.

Sistemden alınan miktarlar artan şekilde sıralanır ve bu sıralanan verilerden ardışık iki tekliften ikinci teklifin fiyatı alınır. İlk teklifin fiyatı mutlaka düşük olmalıdır. Bu süreç alış yönündeki teklife göre oluşan fiyatı belirlemektedir. Satış yönündeki teklif de benzer şekilde belirlenmekte olup, alışın tersi olarak işlemektedir. Yani, ardışık olarak sıralanmış miktarlara bağlı satış teklifinden ikinci teklifin fiyatı ilk teklifin fiyatından yüksek olacak şekilde belirlenir. Miktar ve fiyat ilişkisine bağlı olarak oluşan bu teklifler piyasa işletmecisi tarafından piyasa katılımcılarına duyurulur. İlgili Yönetmeliğin 54. maddesinin altıncı fıkrasına göre,

⁴⁶ Söz konusu yönetmeliğe dayalı ilgili düzenlemeler için bakınız. <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/26>.

en yüksek fiyat limitlerinin piyasada beklenen en yüksek fiyattan daha yüksek bir düzeyde belirlenmesi temel olarak kabul edilmiştir.

İlgili Yönetmeliğin 58. maddesinden itibaren ise, gerekli süreçlere bağlı olarak gün öncesi piyasasında fiyat belirleme süreci açıklanmaktadır. Tüketicilerin kullanmış olduğu elektrik fiyatları 29.12.2010 tarihli ve 27800 sayılı 6. Numaralı Resmi Gazete'de yayınlanan EPDK'nın "Perakende Satış Hizmet Geliri ile Enerji Satış Fiyatlarının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ'de Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ"de belirlenmiştir. Bu Tebliğ'de perakende satış fiyatlarının oluşumuna yönelik süreç tanımlanmaktadır. Söz konusu Tebliğ'de üretici birimlerden alınan elektriği iletimini sağlayan perakende satış lisansına sahip tüzel kişinin alım fiyatı belirlenmiş olmaktadır. Bu tüzel kişilik puant dönemindeki arz ve talebe göre oluşacak fiyattan piyasaya elektriği sunmaktadır⁴⁷.

1.3.5. Türkiye Ekonomisinde Enerji Sektörünün Yeri

Enerji piyasalarında kurumsallaşma sürecinin analizi aynı zamanda enerji sektöründeki yapısal değişimin analizi olmaktadır. Enerji piyasasının kurumsallaşması enerji ürünlerinin fiyatının arz ve talebe bağlı olarak belirlenmesini sağlayacak mekanizmaların kurulması ve böylece bu ürünlerin fiyatının piyasada oluşmasını sağlayacak yapıların kurulmasıdır. Bu süreç Türkiye bağlamında bir önceki kısımda açıklanmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye'de enerji piyasasının büyüklüğünün analizi için enerji arz ve talebinin analizinin yapılması gerekmektedir. Bu açıdan bu kısımda Türkiye'nin enerji arz ve talebi ile söz konusu enerjinin hangi kaynaklardan sağlandığı açıklanacaktır.

Türkiye ekonomisinde enerji sorunu genel olarak petrol ve elektrik enerjisi çerçevesinde ele alınmakta ve analiz edilmektedir. Bu analizlerde petrol temel bir enerji kaynağı olarak doğal gazı da kapsayacak biçimde düşünülmektedir. Ancak zaman içinde doğal gazın elde edildiği kaynaklar ile petrolün sağlandığı kaynaklar farklılaşmıştır. Bu alandaki teknolojinin gelişmesi ve iki enerji kaynağının piyasası ile fiyatlarının farklı dinamiklerle belirlenmiş olması, petrol ve doğal gaz

⁴⁷ Piyasa fiyatının oluşumuna yönelik teknik açıklamalar için EPDK'nın ilgili Tebliğlerine bakılabilir. <http://www.epdk.gov.tr/web/elektrik-piyasasi-dairesi/46>.

piyasalarının ayrışmasına yol açmıştır. Bununla birlikte, doğal gaz kaynağı petrol kullanımında önemli bir tasarruf edici etki ortaya çıkarmıştır.

Genel olarak enerji kaynaklarının fiyatlarındaki gelişmeler, bu kaynakların kullanıldığı elektrik enerjisinin elde edilmesinde ortaya çıkardığı etkilere bağlı olmaktadır. Bu sonuç da söz konusu birincil enerji kaynakları piyasasındaki gelişmeleri elektrik enerjisi piyasası ile ilişkili hale getirmektedir. Bununla birlikte, enerjide arz güvenliğinin veya sürdürülebilirliğinin sağlanmasına yönelik ülkelerin uygulayacakları politikalar ile çevre ve iklim değişikliklerine yönelik yapacakları düzenlemelerin uluslar arası çerçevede uyumlaştırılması gerekmektedir. Bu durum enerji piyasaları üzerinde önemli değişimlerin nedeni olabilecek etkilerin başında gelmektedir. Buna enerji piyasaları üzerinde önemli etkiler yaratabilecek karbon emisyonun azaltılmasına ve sınırlandırılmasına yönelik tartışılan politikalar örnek olarak verilebilir⁴⁸. Türkiye ekonomisi açısından söz konusu etki, Türkiye'nin enerji arzının güvenliği⁴⁹ ile sürdürülebilirliği ve enerji ürünlerinin fiyatlaması açısından önemlidir.

Türkiye ekonomisinde enerji piyasasının büyüklüğünün analizi belirli bir zaman döneminde enerji kaynakları ile bu kaynaklardan elde edilen enerji ürünlerinin tüketilen miktarı üzerinden yapılabilir. Genel olarak tüketilen miktarın hacminin değeri, bu piyasasının değer olarak büyüklüğünü ifade etmektedir. Ancak enerji kaynaklarının petrol, doğal gaz ve elektrik enerjisi olarak ele alındığında söz konusu kaynaklara göre bir piyasa büyüklüğünün analizi daha önemli olmaktadır.

Türkiye ekonomisinde üç önemli enerji kaynağı ve enerji ürünü önemlidir. Bunlar petrol, doğal gaz ve elektrik enerjisidir. Doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payının zaman içinde artmış olması doğal gaz fiyatlarındaki gelişmelerin elektrik enerjisinin fiyatları üzerinde etkili olmaktadır. Tablo 4'de Türkiye brüt elektrik enerjisi üretiminde birincil enerji kaynak paylarının yıllar itibariyle gelişimi görülmektedir. 2009 yılı itibariyle üretilen elektrik enerjisinin %80,8'i termik %18,5'i ise hidroelektrik santrallerinden elde edilmektedir. Termik

⁴⁸ EPDK, "Doğal Gaz Piyasası 2010 Yılı Sektör Raporu", 2011, <http://www.epdk.gov.tr/documents/10157/5240dd6f-6c54-4096-89f1-dd91337259b6>, (18.04.2013), s.1

⁴⁹ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın Koordinasyonunda ilgili kurum ve kuruluşların görüşleri alınarak hazırlanan "Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi" için bakınız. http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Arz_Guvenligi_Strateji_Belgesi.pdf.

santrallerdeki üretimin yarıdan fazlası doğal gaz kaynağına bağlı olup elektrik enerjisindeki dışa bağımlılığı göstermektedir. Bununla birlikte, 1 Temmuz 2008 yılında uygulanmaya başlayan “Maliyet Bazlı Fiyatlandırma Mekanizması”⁵⁰ çerçevesinde doğal gaz fiyatlarındaki gelişmeler söz konusu oranlar çerçevesinde elektrik enerjisinin maliyetini etkilemektedir. Ayrıca birincil enerji kaynaklarının uluslararası fiyatlarındaki dalgalanmalara bağlı olarak söz konusu fiyat oynaklıkları da Türkiye elektrik enerjisi fiyatlarında oynaklığa neden olabilmektedir. Bu oynaklık yayılmasının varlığı elektrik fiyatlarına dayalı vadeli işlemlerin yapılmasını da zorunlu hale getirecektir. Nitekim “Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi”nde elektrik fiyatlarının gerçekçi olarak öngörülmesi için Vadeli İşlemler Piyasasının kurulacağı belirtilmektedir⁵¹. Vadeli işlemler sözleşmelerinin hazırlanması sürecinde piyasalar arası oynaklık yayılmasının tespiti önemli olmaktadır. 2009 yılı sonuna ait bu değerler 2011 Temmuz’da önemli bir değişim göstermiştir. Toplam elektrik enerjisi üretiminde termik santrallerden elde edilen enerjinin toplam enerji içindeki payı %72.91’e düşmüştür. Hidroelektrik, jeotermal ve rüzgar enerjisinin payı %27.09’a çıkmıştır⁵². Bu durum elektrik enerjisinde arz güvenliğine yönelik önlemlerin etkilerinin görülmeye başladığını göstermektedir. Bununla birlikte, doğal gazın termik santrallerden elde edilen elektrik enerjisindeki payı %58.98’e çıkmış, toplam elektrik enerjisi üretimindeki payı %42.78’e düşmüştür. Bu oran 2009’da Tablo 4’de görüldüğü gibi %49.3 tür.

Grafik 1’de Türkiye ekonomisinde 2000-2010 yılları arasındaki ham petrol ile doğal gaz tüketim miktarları görülmektedir. Kıyaslama yapmak amacı ile grafikteki doğal gaz miktarı tüketilen ham petrol ile aynı birim alınmıştır. Grafikte görüldüğü gibi, son üç yılda doğal gaz tüketimi 30-35 milyon ton arasında bir miktara ulaşmışken petrol miktarında bir azalma ortaya çıkmıştır*. 2010 yılında ham petrol

⁵⁰ Türkiye Cumhuriyet Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi”, 2009,

http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Arz_Guvenligi_Strateji_Belgesi.pdf, (18.04.2013), s.5.

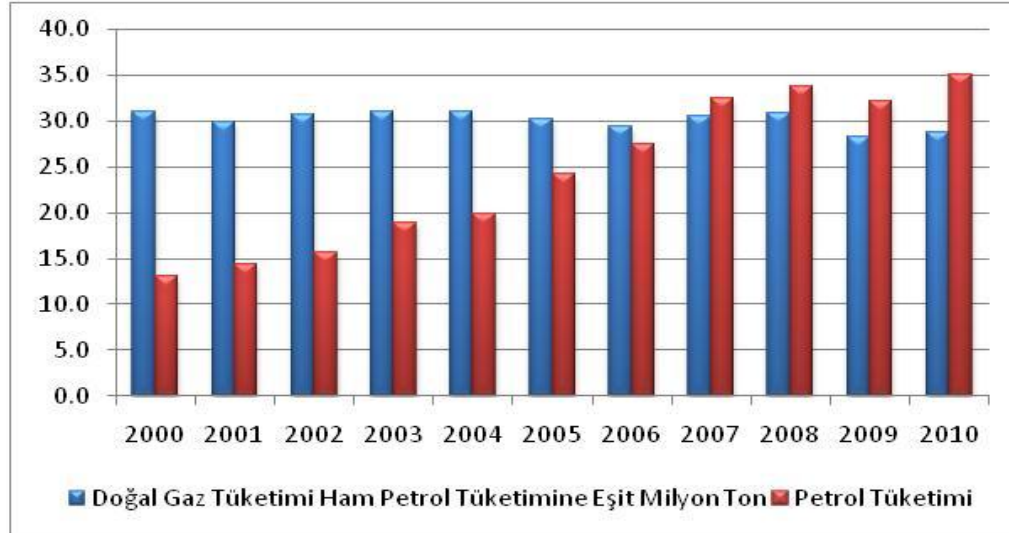
⁵¹ Türkiye Cumhuriyet Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, s.3.

⁵² Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) İstatistikleri, <http://www.teias.gov.tr/AylikElektrikIstatistikleri/AylikElektrikIstatistikleri.xls>, (18.04.2013), s.1.

* BP Statistical Review of World Energy 2011, ham petrol ve doğal gaz tüketim miktarları ile TÜİK’in ham petrol ve doğal gaz ithalatını gösteren veriler arasında uyumsuzluklar görülebilir. Bunun nedeni söz konusu ilk verinin tüketimi göstermesi, yani stoklarla iç üretim sonucu yapılan veriyi tanımlamaktadır. TÜİK verileri ise yalnızca toplam ithal edilen petrol ve doğal gaz verilerinden oluşmaktadır.

talebinin %10,5'i yerli üretimle karşılanmış, doğal gazda ise bu oran %2,2 olarak gerçekleşmiştir.⁵³

Grafik 1: Türkiye’de Petrol ve Doğal Gaz Tüketimi (2000-2010) Milyon Ton



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 06.2011, <http://www.bp.com/statisticalreview>.

⁵³ Türkiye Petrolleri A.O Genel Müdürlüğü, “2010 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu”, 2011, <http://www.tpao.gov.tr/tpfiles/userfiles/files/sector2011.pdf>, (18.04.2013), s.17.

Tablo 4:Türkiye Brüt Elektrik Üretiminde Birincil Enerji Kaynak Paylarının Gelişimi (%)

YILLAR	TAŞKÖMÜRÜ	LİNYİT	FUEL-OİL	MOTORİN	LPG	NAFTA	YENİLENEBİLİR		TOPLAM	TOPLAM	JEOTERMAL
							+ATIK	DOĞAL GAZ	TERMİK	HİDROLİK	+RÜZGAR
1970	16	16.7	27.1	3.1			1.9		64.8	35.2	
1971	14.8	15.6	39.8	1.4			1.7		73.3	26.7	
1972	12.7	13.3	43.1	0.8			1.6		71.5	28.5	
1973	12.1	14	47	4.3			1.6		79	21	
1974	11.3	17.5	39.9	4.9			1.5		75.1	24.9	
1975	9.1	17.2	30.1	4.4			1.4		62.2	37.8	
1976	7.4	16.3	25.5	4.1			0.9		54.2	45.8	
1977	6.2	17.6	26.9	6.5			1.1		58.3	41.7	
1978	5.6	20.1	26.1	4.6			0.6		57	43	
1979	4.7	23.9	22.7	2.4			0.6		54.3	45.7	
1980	3.9	21.7	22.4	2.6			0.6		51.2	48.8	
1981	3.6	21.3	21.1	2.5			0.4		48.9	51.1	
1982	3.4	20.8	20	2.4					46.6	53.4	
1983	2.9	28.5	23.2	3.9					58.5	41.5	
1984	2.3	30.7	21.9	1.1					56	43.9	0.1
1985	2.1	41.8	20.5	0.2				0.2	64.8	35.2	0
1986	2	47	17.5	0.1				3.4	70	29.9	0.1
1987	1.4	38.4	12.2	0.2				5.7	57.9	42	0.1
1988	0.7	25.3	6.8	0.1				6.7	39.6	60.3	0.1
1989	0.6	38.3	8.1	0.1				18.3	65.4	34.5	0.1
1990	1.1	34	6.8	0				17.7	59.6	40.2	0.2
1991	1.7	34.1	5.6	0			0.1	20.8	62.3	37.6	0.1
1992	2.7	33.8	7.8	0			0.1	16	60.4	39.5	0.1
1993	2.4	29.7	7	0			0.1	14.6	53.8	46.1	0.1
1994	2.5	33.5	7.1	0			0.1	17.6	60.8	39.1	0.1
1995	2.6	29.9	6.4	0.3			0.3	19.2	58.7	41.2	0.1
1996	2.7	29.3	6.5	0.4			0.2	18.1	57.2	42.7	0.1
1997	3.2	29.6	6.3	0.5	0.1		0.3	21.4	61.4	38.5	0.1
1998	2.7	29.5	6.6	0.3	0.2	0.1	0.2	22.4	61.9	38	0.1
1999	2.68	29.12	5.56	0.64	0.24	0.50	0.18	31.21	70.13	29.78	0.09
2000	3.06	27.51	5.97	0.78	0.26	0.44	0.18	37.00	75.19	24.72	0.09
2001	3.3	28	7.2	0.7	0.1	0.4	0.2	40.4	80.3	19.6	0.1
2002	3.1	21.7	7.4	0.2	0	0.7	0.1	40.6	73.8	26	0.2
2003	6.1	16.8	5.8	0	0	0.8	0.1	45.2	74.8	25.1	0.14
2004	7.9	14.9	4.4	0	0	0.6	0.1	41.3	69.2	30.6	0.2
2005	8.1	18.5	3.2	0	0	0.2	0.1	45.3	75.4	24.4	0.2
2006	8	18.4	2.4	0	0	0	0.1	45.8	74.8	25.1	0.2
2007	7.9	19.99	3.38	0.01	0	0.02	0.11	49.61	81.01	18.72	0.27
2008	8	21.14	3.64	0.14	0	0	0.14	49.74	82.8	16.8	0.5
2009	8.5	20.1	2.3	0.2	0	0	0.2	49.3	80.6	18.5	1

Kaynak: Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) İstatistikleri, <http://www.teias.gov.tr/istatistik2009/33.xls>.

Türkiye'nin ham petrol ve doğal gaz ithalatının toplam ithalat değeri içindeki payı Tablo 5'de görülmektedir. 2010 yılından sonra Türkiye'de enerji istatistikleri içinde gizli veriler altında yeni bir sınıflamaya geçilmiş ve ham petrol ile doğal gaz ithalatının toplam ithalat içindeki payı %7.41'e düşmüştür. Buna karşın gizli verilerle petrol ve doğal gaz ithalatının toplamı yaklaşık 37 milyar 260 milyon dolardır. 2010 yılı toplam ithalatının yaklaşık 185.544 milyon dolar olduğu dikkate alındığında söz konusu oran yaklaşık %20'ye yükselmektedir.

Tablo 5: Ham petrol ve Doğal gaz ithalatının toplam ithalat içindeki payı (%)

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
16.00	18.91	16.15	15.21	13.40	16.74	19.19	18.34	22.21	19.00	21.0

Kaynak: TÜİK Dış Ticaret İstatistiklerinden yararlanarak tarafımızdan hazırlanmıştır.
http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=12&ust_id=4.

Tabloda özellikle 2004 yılından sonraki yükselişte etkili olan unsur petrol fiyatlarındaki yükseliştir. 2008 yılındaki toplam ithalatın değerinin yaklaşık 202 milyar dolar olduğu dikkate alınır, toplam ithalat içindeki petrol ve doğal gaz ithalatının %22.21'lik payı 44 milyar 800 milyona karşılık gelmektedir. Bu oranın 2009 ve 2010 yıllarında düşmesinin nedeni, dünya ekonomisindeki büyüme oranındaki düşmeden kaynaklanmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, dünya enerji piyasasındaki fiyat gelişmelerinin Türkiye'nin dış ticaret dengesi üzerinde etkileri olduğu görülmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

FİNANSAL RİSKİN ÖLÇÜSÜ OLARAK OYNAKLİK

Dünya ekonomisinde ülkelerin finansal piyasalarının gelişmesi, finansal ilişkilerin artmasına buna bağlı olarak da ülkelerin finansal açıdan daha dışa açık hale gelmesine neden olmuştur. Finansal piyasalardaki gelişmelerin finansal piyasalar arasındaki karşılıklı bir etkileşim biçiminde ortaya çıkmasında en önemli neden, teknolojik ilerlemelerdir. Teknoloji, özellikle internet teknolojisi, bir ülkenin finansal piyasasında oluşan fiyatların başka bir piyasa içindeki finansal yatırımcıya ulaşmasına yol açmıştır. Bu durum aynı zamanda saniyelik, dakikalık ve saatlik veri birikimini ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte, bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler enflasyon, döviz kuru gibi temel ekonomik göstergelerin açıklanmasındaki zaman aralığının kısalmasına yol açmıştır. Ayrıca söz konusu teknolojiye dayalı ilerlemeler bu tür verilerin analizi için yeni yöntem, yaklaşım ve tekniklerin geliştirilmesine neden olmuştur.

Teknolojiye dayalı yöntem, yaklaşım ve teknikler genel olarak döviz kurları, enflasyon ile hisse senedi, vadeli sözleşme ve işlem fiyatlarının analizi için yeni analiz araçlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Bununla birlikte, bu teknoloji türev araçların geliştirilmesine yol açacak yaklaşımların gelişmesini de sağlamıştır. Yeni yöntem ve yaklaşımlara dayalı olarak bir ekonomideki denge döviz kurunda ortaya çıkan değişikliklerin ekonomi üzerindeki etkilerini ele alan geniş bir literatür ortaya çıkmıştır. Ekonomide genel fiyatlar düzeyi ile ticarete konu olan ve olmayan mal sektörleri arasındaki nispi fiyatlar döviz kurlarına bağlı olmaktadır. Özellikle döviz kurlarındaki dalgalanmaların fiyatlar genel düzeyine geçiş etkisinin (pass through effect) büyüklüğü ve şiddeti çok önemli bir süreç olarak analiz edilmektedir⁵⁴.

Döviz kurlarındaki gelişmelerin ekonomiye yansıma kanallarından ilki, ithal mal fiyatlarıdır. Ekonominin finansal açıklığına bağlı olarak söz konusu döviz kurlarındaki hareketlerin ekonomik karar birimlerinin portföy tercihleri üzerindeki etkisi de, döviz kurlarının ekonomi üzerindeki ikinci etki kanalını göstermektedir. Son dönemde yapılan çalışmalar, döviz kurlarının enerji fiyatları üzerindeki etkisinin

⁵⁴ Luc Bauwens, Dagfinn Rime ve Genaro Sucarrat, “Exchange rate volatility and the mixture of distributions hypothesis”, **High Frequency Financial Econometrics**, (Ed. Luc Bauwens, Winfried Pohlmeier ve David Veredas), Springer Company, 2009, ss. 9-10.

bir geçişgenlik etkisine sahip olmasının yanında; ekonomide yayılma etkileri (spill over effect) yoluyla da etkisinin olduğunu göstermektedir. Genel olarak geçişgenlik etkisi, bir ekonomideki uzun dönemli ilişkiyi tanımlamaktadır. Yayılma etkisi ise, kısa dönemli etkileri ifade etmektedir.

Burada uzun dönemden ve kısa dönemden anlaşılması gereken; söz konusu analizde kullanılan verilerin frekansının düşüklüğüne bağlı zaman aralığının uzunluğudur. Yani açıklanan ekonomik ilişkilerin analizinde kullanılacak verilerin frekansı yıllık olup zaman aralığı 25 yıl ise, bu uzun dönemli bir analiz olmaktadır. Buna karşın çalışılan zaman aralığının 25 yıl olmasına rağmen veriler aylık, haftalık, günlük veya saatlik ise bu durumda kısa dönemli bir analiz yapılmaktadır⁵⁵. Ancak 25 yıllık bir dönemi kapsayan, aynı zamanda yüksek frekansa sahip veriler doğrusal olmama özelliğini de göstermektedirler.

Kısa dönemli analizler, özellikle uzun dönemli ileriye yönelik tahminlerde (forecasting) eğilimin hangi yönde gelişeceği hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca veri frekansının yüksekliği de doğrusal olmayan model yöntemleri ile tahminlemenin (estimation) yapılmasını gerekli kılabilir. Bu bağlamda döviz kurlarındaki geişmeler ile enerji fiyatları arasındaki ilişkilerin analizinde finansal fiyatlama ile risklerin yönetimi konusundaki finansal zaman serisi araçlarının kullanımı; teori ile teorinin geçerliliğinin testi için daha güçlü (robust) bulgulara ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu açıdan öncelikli olarak analizlerde kullanılan finansal zaman serisi araçlarının yapısı ile bu çalışmadaki ilişkilerin araştırılmasındaki önemi ve özelliklerinin anlaşılması gereklidir. Bu amaçla, bu çalışmada kullanılan yöntemler ilerleyen bölümlerde açıklanmaktadır. Ayrıca bu araçlar ile kullanılan diğerk finansal risk yönetimi araçları arasındaki ilişkiler de ortaya konmaktadır.

Böylece finansal zaman serisi teknikleri ile finansal risk yöntemi tekniklerinin arasındaki tamamlayıcılık ile finansal risk yönetim tekniklerinin, finansal zaman serisi araçlarının bir türevi olduğu da gösterilmektedir. Finansal zaman serilerinin önemli bir özelliği yüksek frekanslı olmalarıdır. Engle (1987) bu

⁵³ Yingjian Zhang, “Prediction Of Financial Time Series With Hidden Markov Models”, B.Eng. Shandong University, China, 2001, ss. 13-17. http://www.cs.sfu.ca/~anoop/students/rzhang/rzhang_msc_thesis.pdf (18.04.2013).

özellikle bağı olarak yüksek frekanslı zaman serilerinin geleneksel zaman serisi araçlarıyla analizinin tutarlı sonuçlar veremeyeceğini göstermiştir⁵⁶.

Engle'in bu konudaki ilk makalesi, klasik finans teorisinin geçerliliği konusunda da önemli açılımların yapılmasına yol açmıştır. Bu çalışmada kullanılan finansal zaman serisi yöntem, yaklaşım ve tekniklerinin açıklamasından önce; finansal zaman serilerinin özellikleri ve bu özelliklere bağı olarak açıklanacak araçların, neden yüksek frekanslı serilerinin analizinde kullanılması gerektiği açıklanacaktır.

2.1. FİNANSAL RİSK YÖNETİMİ AÇISINDAN YÜKSEK FREKANSLI ZAMAN SERİLERİNİN ÖNEMİ

Yüksek frekanslı zaman serilerinin en önemli özelliği uzun hafızaya (long-memory) sahip olmalarıdır. Uzun hafıza özelliği, birbirinden uzak olan gözlemler arasındaki korelasyonun yüksek olmasıdır. Bununla birlikte, frekans yüksekliğine bağı olarak seriler üzerinde farklı oynaklık düzeyleri de ortaya çıkabilmektedir. Bu durum “oynaklık kümelenmesi” olarak tanımlanmaktadır. Oynaklık kümelenmeleri yüksek frekanslı zaman serilerinin değişen varyansa sahip olma özelliğinin en önemli nedenidir. Bundan dolayı bu özelliğe sahip seriler normal dağılım özelliği gösteremeyebilmektedirler⁵⁷. Finansal zaman serisi gibi yüksek frekanslı zaman serileri genellikle birinci dereceden (bir gecikmeli) ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) süreci özelliği gösterirler. Birinci dereceden bir ARCH süreci normal dağılıma göre daha şişman kuyruklu (fat tail) bir dağılım yapısına sahiptir⁵⁸.

Şişman kuyruk özelliğine sahip yüksek frekanslı finansal zaman serilerinde belirli dönem aralıklarında geçici sapma kümelenmeleri (temporal clustering of outliers) ortaya çıkmaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi, bu geçici sapma kümelenmeleri söz konusu incelenen süreçler için bir oynaklık kümelenmesi olarak

⁵⁶ Robert F Engle., David M. Lilian ve Russell P. Robins, “Estimating time-varying risk premia in the term structure: the ARCH-M model”, **Econometrica**, Cilt:2, 1987, ss. 391-407.

⁵⁷ Tim Bollerslev, “Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity”, **ARCH Selected Readings**, (Ed. Robert F. Engle), Oxford University Press, 1995, ss. 42-58.

⁵⁸ Robert F.Engle, “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of UK Inflation “, **Econometrica**, cilt:50,1982, s. 993.

tanımlanmaktadır. Bu açıdan bu kümelenmelerin bulunduğu zaman aralıklarındaki oynaklık (volatility), salınımlar (swings) farklılaşabilmektedir. Söz konusu oynaklık ve salınımların ortaya çıktığı zaman aralıklarında veriye ait varyans değişmektedir. ARCH yöntemiyle söz konusu varyansın değişip değişmediği test edilebilmektedir⁵⁹.

Finans ve ekonomi teorisi açısından varyansın değişimine yol açan faktörler şok olarak tanımlanmaktadır⁶⁰. Ekonomi teorisinde etki tepki analizleri yoluyla analiz edilen şokların ekonomik değişkenler üzerindeki etkisi son on yıl içinde geliştirilen çoklu GARCH (Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (M-GARCH)) yöntemleri ile finans literatüründe önemli bir gelişme başlatmıştır. Söz konusu gelişmede finansal göstergelerdeki (finansal araç fiyatları, elektrik fiyatları, döviz kurları, faiz oranları, v.b) oynaklıkların ve salınımların ekonomik değişkenler üzerine yayılması (spill over) ve etkilerinin geçmesi (pass through) analizinin yapılması mümkün olmaktadır.

Yüksek frekanslı zaman serilerinin özellikleri ve bu konuda geliştirilen finansal zaman serisi analizleri finans literatüründe finansal piyasalarda işlem gören araçların getirilerinin modellenmesinde kullanılmaktadır. Bu açıdan finansal piyasalarda alınıp satılan araçların fiyatlarındaki gelişmelerin modellenmesi amacı ile bu fiyatların analizi, aynı zamanda yüksek frekanslı zaman serilerinin özelliklerinin araştırılması olmaktadır. Bu çalışmada da, söz konusu özelliklerin varlığının tespit ve modellenmesine yönelik araçlar kullanılmaktadır.

Yüksek frekanslı zaman serisi olan finansal piyasalarda alınıp satılan finansal araçların değerleri ve bunların göstergesi olan fiyatlara göre hesaplanan, finansal araçların getirileri “kalın kuyruk-thick tailed” ve “aşırı basıklık-leptokurtosis” özelliğine sahiptirler. Bu nedenle yüksek frekanslı finansal zaman serilerinin analizi normal dağılım varsayımı altında tutarsız sonuçlar vermektedir. Kalın kuyruk özelliği, oynaklık kümelerini aynı olmayan özelliğe sahip oynaklıkların izlemesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yani, yüksek oynaklıkları yüksek oynaklıklar izlemekte ya da düşük oynaklıkları düşük oynaklıklar takip etmektedir. Bu durumun istatistiki anlamı; uçdeğerler kümesi oluşturan oynaklıklar kümesini, uç değerler oluşturmayan

⁵⁹ Engle, 1982, s.989.

⁶⁰ Qin Duo ve Christopher L. Gilbert, “The Error Term in History of Time Series Econometrics”, **Econometric Theory**, Cambridge University Press, Cilt: 17, Sayı: 2, 2001, ss. 424-450.

oynaklık kümesinin izlemesidir⁶¹. Böyle bir yapı bütün veri kümesinin normal dağılım özelliğine sahip olmamasına yol açmaktadır. Aşırı basıklık, ortalama etrafındaki basıklığı ifade etmektedir.

Oynaklık kümelenmeleri finansal piyasalarda ortaya çıkan alım satım yoğunluğuna yani, işlem miktarlarına bağlı oluşmaktadır. İşlemlerin büyüklüğünü ve işlem yapılmasını finansal piyasalara yönelik bilgi akışı (information flow) belirlemektedir. Bu durum söz konusu bilgi akışlarında finansal piyasalarda gün, hafta ve özel günlerde farklı hareketlerin oluşmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak, finansal piyasalardaki hareketler simetrik olmamaktadır. Bu açıklanan özellik, fiyatlamaların finans piyasalarına özgü koşullarda oluşan tüm piyasa koşulları için geçerlidir.

Bir finansal piyasada oynaklıkların yüksek olması, o finansal piyasadaki likiditenin düşüklüğünü, oynaklıkların azalması ise piyasadaki likiditenin arttığını göstermektedir. Burada likidite, işlem miktarı ve hacmindeki artışın da önemli bir göstergesidir. Finansal piyasalardaki simetrik ve asimetrik durumun analizi bu açıdan önemlidir. Ayrıca piyasalara akan bilginin piyasa üzerindeki etkisinin tespit edilmesi, piyasanın gelen bilgilere karşı nasıl bir tepki vereceğinin de bir göstergesi olmaktadır. Bu açıdan bir finansal aracın göstergesi olan fiyatların oynaklık yapısı, o aracın piyasasının likiditesi açısından önemli bir bilgi sağlamaktadır.

Finansal piyasalardaki açıklanan durumların analizi için geliştirilen iki önemli yaklaşım vardır. Bunlardan ilki, koşullu varyans yaklaşımı diğeri de stokastik oynaklık⁶² yaklaşımıdır. Literatürde koşullu varyans yaklaşımı önem kazanmış ve bu yaklaşıma bağlı bir gelişim göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan yöntem, yaklaşım ve teknikler de koşullu varyans yaklaşımıyla ilgili literatüre dayanmaktadır. Söz konusu yaklaşımların finans alanında kullanılmasının açıklanması, bu çalışmada neden bu araçlardan yararlanıldığı konusuna da bir açıklama getirmektedir.

⁶¹ Richard Harris ve Robert Sollis, **Applied Time Series Modelling and Forecasting**, Wiley&Sons Inc., 2003, s. 213.

⁶² Andersen Torben G., “Stochastic Autoregressive Volatility: A Framework for Volatility Modelling”, **Stochastic Volatility Selected Readings**, (Ed. Neil Shephard), Oxford University Press, 2005, ss. 170-178.

2.1.1. Yüksek Frekanslı Zaman Serilerine Dayalı Finansal Risk Yönetimi

1971 yılında Uluslararası Para Sistemi olan Bretton Woods Para Sisteminin çökmesinden sonra uluslararası para sistemi içinde değeri belirlenen gelişmiş ülkelerin kurları dalgalanmaya bırakılmıştır. Böylece ülkeler ve başka para birimlerinden ülkeler arasında işlem yapan ekonomik birimler, öngörülemeyen bir kur riski ile karşı karşıya kalmışlardır⁶³. Söz konusu dönemde bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerin de yeni başlamış olması, ileri düzeyde yapılan analizlerin temelde söz konusu verilerin normal dağılıma sahip olduğu varsayımı altında yapılmıştı. Bu durum ilk olarak “model riski” sorununun ortaya çıkmasına yol açmıştır. Mandelbrot’un 1963 yılında yayınladığı makalesi bu konuda önemli bir açığın olduğu yönünde bir bilgi sağlamaktaydı. Ancak, verilerin yapısı, Engle tarafından yapılan değişen varyansın tespitine yönelik katkıya kadar, söz konusu model risklerinin varlığı konusunda tam bir bilgi sağlamamaktaydı. Engle’in katkısı ile koşullu varyansın hesaplanması yoluyla modelleme yapma imkânı sağlanmıştır.

1973 yılından sonra petrol fiyatlarında ortaya çıkan aşırı fiyat yükselmesi, aynı zamanda yüksek bir oynaklığa neden olmuştu. Bu durum özellikle faiz oranlarında da aşırı bir oynaklığa yol açarak dünya ekonomisinde büyük bir ekonomik krizin yaşanmasına yol açmıştır. Söz konusu krizin etkileri 1980’li yılların başından itibaren ülkelerin dışa açılma politikalarıyla azaltılmaya çalışılmıştır.

1980’li yılların başından itibaren başlayan dışa açılma politikalarını finansal açıdan dışa açılmalar izlenmiştir. Ülkelerin finansal sistemindeki bu yöndeki yapılanmalarına bağlı olarak finansal piyasalar işlevsellik kazanmışlardır. Böylece döviz kuru, faiz oranları ve finansal araçların fiyatlarının piyasa koşullarında oluşması sağlanmıştır. Bundan dolayı, finansal araçları ellerinde bulunduranlar ile bu araçları çıkaran ekonomik birimlerin borçlu olmasına bağlı olarak bir finansal riskle karşı karşıya kalmışlardır. Finansal piyasalardaki fiyat hareketleri, iktisadi birimlerin

⁶³ Peter M Garber., “The Collapse of the Bretton Woods Fixed Exchange Rate System”, University of Chicago Press by **the National Bureau of Economic Research**, 1993, ss.461-465. <http://www.nber.org/chapters/c6876.pdf> (18.04.2013).

varlık ve yükümlölük oranlarına baēlı olarak likidite risklerini ortaya çıkarmıştır. Genel olarak, fiyat hareketlerine baēlı olarak ortaya çıkan riskler iktisadi birimler için piyasa riski ve fiyat riski olarak tanımlanmaktadır. Tanımlanan bu risklerin ölölmesi ve tespitine yönelik olarak 1987 yılında Engle tarafından geliştirilen ARCH yöntemi önemli bir araç olmuştur. Söz konusu bu araç bugünkü yaklaşım ve tekniklerin de temelini oluşturmaktadır.

Engle tarafından geliştirilen ARCH yönteminin önemli bir özelliēi, finansal piyasalarda ortaya çıkan gelişmeleri yakalamasıdır (capturing). Bu yöntem karşılaşılabilecek finansal riski veya kayıpları en aza indirmek için alınması gereken gerekli pozisyonun hesaplanmasına da imkân vermektedir. Bu açıdan en uygun korunma (optimal hedging) rasyosunun hesaplanması konusunda da bir bilgi sağlamaktadır.

ARCH yöntemiyle, finansal risklerin hesaplanması için koşullu varyans parametresi hesaplanmaktadır. Bu açıdan bu yöntem finansal araçların doēru bir biçimde fiyatlamasını saēlayan önemli bir araçtır. ARCH yöntemi ve bu yönteme baēlı olarak gelişen literatür, özellikle bankacılık krizlerine karşı oluşturulan risk yönetim kuralları (Basel Kuralları) için de önemli bir araçtır. Nitekim Basel Kuralları ile bankaların gerekli olan sermaye yeterlilik rasyolarının hesaplanmasında bu araçlardan yararlanılmaktadır. Buna ilave olarak finansal kurumların, finansal piyasalarda oluşan fiyat hareketlerine baēlı olarak portföylerinde ortaya çıkan kayıp riskleri de bu yöntemi temel alarak geliştirilen tekniklerle belirlenmektedir.

Finansal kurumların, özellikle bankaların portföylerinde yer alan finansal araçlar ile bilânolarında yer alan hesapları etkileyecek fiyat hareketlerinden doēan risk, “Riske Maruz Deēer-Value At Risk” yaklaşımıyla hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada oynaklıklar dikkate alınmakta ve söz konusu oynaklık parametreleri ARCH yöntemine dayalı araçlarla tahmin edilmektedir. Böylece finansal kurumların karşı karşıya kalabilecekleri finansal kayıp riskleri hesaplanmaktadır.

Bu bağlamda yüksek frekanslı finansal zaman serileri konusunda geliştirilen araçlar, finansal risk yönetimi için önemli bir paradigma deēişimine neden olmuştur. Bu açıdan riskler ve bu risklere göre finansal sistemin rasyolarının ne olması gerektiēi belirlenmiştir.

Finansal piyasalardaki oynaklıkların ortaya çıkardığı finansal riskin iktisadi birimler üzerindeki etkisini, söz konusu iktisadi birimin varlık/yükümlülük oranının düşüklüğü belirlemektedir. Yükümlülüklerin yüksek olması ya da varlıkların değerindeki aşırı düşüşler, öz sermaye miktarının artırılmasını gerektirmektedir. Bu durum bir likidite riski olup, gerekli önlemlerin alınmaması durumunda, bir likidite krizine de yol açabilir. Bu açıdan ekonomide yükümlülük artışına yol açabilecek her türlü gelişmeler ekonominin finansal riskler karşısında finansal kırılganlığını artırmaktadır. Bu kırılganlık finansal yayılma etkileri yoluyla tüm ekonomi üzerinde de etkiler oluşturabilmektedir.

Genel olarak Engle'in (1987) makalesine dayalı olarak gelişen literatür finansal getiri serilerinin oynaklık yapısının analizlerine dayalı bir gelişim göstermiştir. Yani tek bir piyasaya ve onun göstergesi olan verinin analizi yapılmıştır. Ancak piyasalar ve göstergeler arasındaki ilişkiler dikkate alındığında analizi yapılan veriler arasında oynaklık artış ve azalışlarının birbiri üzerinde etkili olup olmadığının ortaya konmasının gerekliliği de ortaya çıkmıştır. Başka bir deyişle oynaklıkların piyasalar arasında yayılıp yayılmadığının araştırılması piyasalar arasındaki dinamiklerin anlaşılması açısından önem kazanmıştır. Böylece finansal risklerin piyasalar arasında aktarımı ve yayılma etkilerinin analizi için yeni yaklaşımlara gereklilik ortaya çıkmıştır. Bu yolla da herhangi bir piyasada ortaya çıkan gelişmenin diğer piyasalar üzerindeki etkisinin analizi mümkün hale gelmiştir. Yeni yaklaşımlar finansal risklerin yayılma ve aktarılmasının analizinde kullanılırken, enerji, döviz, vadeli ve gelecek sözleşme piyasalarındaki fiyatlarında yüksek frekansta olmasına bağlı olarak bu piyasaların aralarındaki oynaklık ilişkisinin analizi için yeni araçlar oluşturmuştur.

2.1.2. Finansal Piyasalarda Oynaklık Geçişi

Finansal getirilerin ikinci momentinin yani varyansının zamana göre bağımlılığının analizi ve tahmin edilmesi finansal ekonometrinin temelidir. Bunun önemli nedeni, genel olarak finansal getiri serilerinin ortalamaya ve koşulsuz varyansa göre durağanlık özelliğine sahip olması, ancak üçüncü (skewnes) ve dördüncü momente (kurtosis) göre durağan olmamasıdır. Başka bir ifadeyle, bütün

finansal getiri serileri zayıf durağanlık özelliğine sahiptir; ancak bu seriler güçlü durağan değildirler*. Bu nedenle bu tür özelliğe sahip seri veya veriler için koşullu varyansa bağlı varyansın sonlu olması beklenir. Literatürdeki ampirik çalışmaların sonuçlarına göre, farklı finansal araçların ve bu araçların işlem gördüğü piyasalarda, gerçekleşen işlemler sonucunda oluşan göstergelerin oynaklıkları zaman içinde birlikte hareket etmektedir⁶⁴. Finansal getirilerin oynaklıklarının zaman içinde birlikte hareket etme özelliğinin fark edilmesi; başka bir ifadeyle, bu oynaklıklar arasında ortalamaya bağlı bir ilişkinin olduğunun saptanması oynakların yayıldığı konusunda bir bilgi vermiştir. Bunun sonucunda literatürde uygulamalı çalışmalarda tek bir göstergenin ve piyasanın analizi için kullanılan tek değişkenli GARCH tekniğinin yerini piyasalar arasındaki oynaklık ilişkisinin analizinde kullanılan çok değişkenli GARCH teknikleri almaya başlamıştır.

Çok değişkenli GARCH yaklaşımları finansal piyasalar açısından finansal araçların, opsiyon- vadeli- gelecek sözleşmelerinin, riskten korunma stratejileri (hedging) fiyatlamasında ve portföy çeşitlendirmesinde daha etkin bir karar alma sürecine bilgi sağlayan teknikler olmuştur. Çok değişkenli GARCH yaklaşımları piyasaların göstergeleri arasındaki korelasyona dayalı finansal yöntem ve tekniklerin sonuçlarının piyasa dinamiklerini tam olarak yansıtamadığını göstermiştir. Bu durum oynaklıkların aktarımı (volatility transmission) ve oynaklıkların yayılması (volatility spillover) etkilerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Oynaklıkların yayılması ve aktarılması konusunda kavramlaştırma ve ampirik olarak ölçmeye imkan veren ilk çalışma, Engle, Ito ve Lin tarafından 1990 yılında yayınlanmıştır. Bu çalışmanın özelliği, finansal piyasalarda ortaya çıkan oynaklıkların yayılmasının finansal bir bilgi olarak değerlendirilmesine bağlı olarak ölçülmesi konusunda bir araç sunmuş olmasıdır. Bundan dolayı finansal piyasalarda oynaklıkların yayılmasını finansal bir bilgi olarak tanımlayan ve bu konuda literatürün gelişmesine yol açan çalışmaların varlığı da önem kazanmaktadır.

* Finansal getiri serileri ADF gibi zayıf durağanlığı test eden yaklaşımlarla analiz edilirse durağan bulunurlar. Açık dağılımları normal dağılım özelliği göstermezler.

⁶⁴ Luc Bauwens, Sebastien Laurnet ve Jeroen V.K. Rombouts, "Multivariate GARCH Models: A Survey", **Journal of Applied Econometrics**, Core Discussion Paper, Sayı: 31, 2003.

2.1.2.1. Kyle ile Admati ve Pfleiderer Yaklaşımı Finansal Bir Bilgi Olarak Oynaklık

Finansal piyasalarda oynaklıkların yayılmasını finansal bir bilgi olarak ilk kullanan yazarlar Kyle (1985) ile Admati ve Pfleiderer'dır (1988). Bu yazarlar söz konusu çalışmalarında “içerden öğrenenlerin ticareti-insider trading”in piyasadaki fiyatlar üzerindeki etkilerini açıklamaya çalışmışlardır. Yazarlar geliştirdikleri yaklaşımlarında, sıralı emirlere dayalı müzayede sistemiyle işleyen bir piyasada, alım ve satımı yapılan riskli finansal araçların üç farklı yatırımcı tipi arasında el değiştirmesini “içerden öğrenenlerin ticareti” durumunda nasıl olacağı bağlamında açıklanmaktadır. Bu yazarlar makalelerinin dayandığı üç farklı yatırımcı tipini sırasıyla, içerden öğrenen yatırımcı (insider), bilgi sahibi olmayan ve gürültü satın alan yatırımcı (noise trader) ile piyasa yapıcısı (market maker) olarak tanımlanmaktadır. Bu yatırımcı tiplerinin işlem yaptığı piyasada denge fiyatı alım satım işlemlerinde sürekli müzayede sisteminin ve fiyat önceliğine dayalı sıralı emirlerin gerçekleşmesiyle oluşmaktadır. Oluşan denge fiyatları “Brownian” süreç özelliğine sahiptir. Genel olarak pratikte de borsalarda yapılan işlemler sonucunda oluşan fiyatlar da “Brownian” yapıdadır. Bu yapıda denge fiyatı oluştuğunda; daha önceden bilgi sahibi olan yani içerden öğrenenlerin ticaretini yapan “insider” yatırımcının sahip olduğu bilgi, piyasadaki bilgiler tarafından içerilmişse, tam etkin piyasa “strong form of market efficiency” koşulu sağlanmamış olmakla birlikte; bu piyasadaki bilgiler göstergeler tarafından içerildiğinden dolayı yarı-etkin piyasa “semi- strong form of market efficiency” yapısındadır. Yazarlar söz konusu sonuca piyasanın göstergesi durumunda olan verinin oynaklık yapısını dikkate alarak ulaşmışlardır.

Kyle (1985) ile Admati ve Pfleiderer (1988) araştırmalarında bir piyasadaki özel bilgilerin piyasanın göstergesi olan fiyatlara yansımalarının, piyasada işlemler devam ettikçe süreceğini bundan dolayı oynaklıkların piyasaya yayılacağını belirtmektedirler. Söz konusu yazarlar bu durumu “oynaklık yayılması” (volatility

spillovers) olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlama Engle, Ito ve Lin “ısı dalgası” hipotezine karşılık gelmektedir.

Kyle (1985) ile Admati ve Pfleiderer (1988)’in çalışmalarındaki oynaklık yayılması kavramı literatürdeki etkin piyasa koşulunu destekleyen gerek teorik, gerekse ampirik bulguları yanırlamaktadır. Böylece oynaklık yayılmasının varlığı durumunda piyasaların etkin olmadığı yönünde bir sonuca ulaşılacağı ilk olarak ortaya konmaktadır. Bu çalışmanın önemli sonucu, bir bilginin piyasa içinde yayılmasının sonuçlarının teorik açıdan ortaya konmuş olmasıdır. Engle, Ito ve Lin geliştirdikleri yaklaşım da Kyle (1985) ile Admati ve Pfleiderer (1988) çalışmalarına dayanmaktadır. Ancak, Engle, Ito ve Lin kendi yaklaşımlarını aşağıda belirtilen meteorolojide kullanılan kavram ve tanımlara dayalı olarak geliştirmişlerdir. Yazarların çalışmalarında meteorolojik kavram ve tanımlara dayanmasındaki en önemli neden, bir bilginin piyasada yayılması ve yaptığı etkilerin, hava koşullarında ortaya çıkan değişimlerin hava tahminlerinde neden olduğu değişikliklere benzer olmasındandır. Başka bir ifadeyle, bir piyasadaki beklentilerin değişmesidir. Buradaki değişimden kast edilen istatistiki anlamda bilgilerin taşıyıcısı durumunda olan finansal göstergelerin dağılımının değişmesidir.

2.1.2.2. Engle, Ito ve Lin’in Yaklaşımı

Engle, Ito ve Lin (EIL), “Meteor Showers or Heat Waves? Heteroscedastic Intra-Daily Volatility in Foreign Exchange Markets” başlıklı *Econometrica* dergisinde yayınladıkları makaleleri ile finansal piyasalardaki göstergelerin oynaklığı için ölçülmesine olanak veren yeni bir kavram ve yaklaşım geliştirmişlerdir⁶⁵. EIL makalelerinde döviz piyasasında ortaya çıkan fiyat hareketlerindeki gelişmelere bağlı olarak piyasa getirilerindeki oynaklık kümelenmelerinin etkilerini analiz etmişlerdir. Bu etkileri oynaklık analizindeki kullanılan yaklaşımların dayandığı kavramlardan farklı olarak tanımlayarak araç olarak sunmuşlardır.

⁶⁵ Robert Engle, Takatoshi Ito ve Wen-Ling Lin, “Meteor Showers or Heat Waves? Heteroscedastic Intra-Daily Volatility in Foreign Exchange Markets”, *Econometrica*, Cilt: 58, Sayı: 3, 1990, ss. 525-542.

Engle, Ito ve Lin yaklaşımlarını hava tahminlerinde kullanılan kavram ve tanımlardan yararlanarak geliştirmişlerdir. EIL'nin kullandıkları kavramlar sırasıyla meteor yağmuru (meteor shower) ve ısı dalgasıdır (heat wave). Bu kavramların her biri yazarlar tarafından bir hipotez olarak incelenmiş ve test edilmiştir.

Engle, Ito ve Lin'e göre, ısı dalgası hipotezi, tek bir ülkeye veya piyasaya ait gösterge veya verinin oynaklık özelliği gösterip göstermediğinin analizinde kullanılan bir kavramdır. Eğer gösterge veya veri oynaklık özelliği gösteriyor ise, ısı dalgası hipotezi kabul edilir. Bu hipotezin alternatifi, meteor yağmuru olarak tanımlanmaktadır. Meteor yağmuru hipotezi, günlük getirilerin oynaklığının bir piyasadan diğerine yayılmasına karşılık gelmektedir. Bu hipotezlerin geçerliliği söz konusu yazarlar tarafından GARCH yaklaşımına dayalı teknikler kullanılarak test edilmiştir. EIL ele aldıkları ülke piyasalarındaki günlük getirilerdeki oynaklığın tahmin edilmesine yönelik teknikler ile meteor yağmuru hipotezini destekleyecek ampirik sonuçlar elde etmişlerdir. Başka bir ifadeyle, döviz piyasaları arasında oynaklıkların yayıldığı konusunda bilgiye ulaşmışlardır.

Engle, Ito ve Lin makalelerinde üzerinde durdukları ve literatüre yaptıkları önemli katkı, oynaklıkların piyasalar arasında yayılıp yayılmadığının testidir. Böylece bir piyasanın kendi dinamikleri ile mi yoksa dışsal etkiler ile mi hareket edip etmediği de araştırılmış olmaktadır. Buradaki önemli nokta, bu sonucun tüm piyasalara uygulanabilir nitelikte olmasıdır.

Engle, Ito ve Lin piyasalara yeni gelen bir haberin veya bilginin (bu son girilen alım veya satım emri şeklinde de olabilir) havadaki ısı dalgaları- "heat wave" gibi, piyasada oluşan fiyatlara veya piyasanın göstergelerine yayılacağını belirtmektedirler. Bu yazarlar durumu şu örnekle açıklamaktadırlar: "...New York'taki sıcak bir günü büyük bir olasılıkla yine sıcak bir gün izler. Ancak bu durum Tokyo'daki bir sıcak gün için geçerli olmayabilir..." demektedirler. Bu durumu da, "ısı dalgası" olarak tanımlamaktadırlar. EIL, belirttikleri bu durumun alternatifi olarak "meteor yağmuru-meteor shower" ifadesini kullanmaktadırlar. Meteor yağmuru tanımı ile açıklanmak istenen, dünya döndükçe yağmurun her yere yağacak olması gibi bilgilerin tüm piyasalara etkisinin olacağıdır; "...New York'ta meteor yağmuru varsa, mutlaka Tokyo'da da meteor yağmurunun olacağı anlamına gelmektedir...". Bu nedenle, EIL piyasalarda yaşanan oynaklıkların piyasalar

arasında yayılması sürecinin ısı dalgasından daha çok, meteor yağmuru ile açıklamanın uygun olacağını belirtmektedirler.

Engle, Ito ve Lin'in geliştirdikleri yaklaşımlarını döviz piyasalarındaki oynaklıkların gerek tek bir ülke, gerekse ülkeler arasında yayılmasının etkilerini test etmek için kullanmışlardır. Bu amaçla söz konusu eserlerinde Ito ve Roley (1987) ve Ito (1987) daha önceki çalışmalarındaki ayrıştırma yöntemini kullanmışlardır⁶⁶. Engle, Ito ve Lin çalışmalarında New York piyasasındaki oynaklığın, aradaki saat farkına rağmen, Tokyo piyasasındaki oynaklığı tahmin etmede kullanılabilir olup olmadığını araştırmışlardır. Burada yazarların meteoroloji biliminden ödünç aldıkları ısı dalgası hipotezi, döviz piyasalarında ülkelerin kendi iç dinamiklerinden kaynaklanan oynaklığı ve kendi iç piyasasına yayılması durumunu tanımlamak için kullanmışlardır. Bundan dolayı EIL ülkelerin kendi iç piyasasındaki ortaya çıkan büyük şokların piyasadaki (koşullu) oynaklık artışına neden olmasını, “ısı dalgası” olarak ifade etmişlerdir. Burada tekrar edilmesi gereken nokta, şokların yalnızca ele alınan ülkenin piyasasını etkilemesidir. Yazarların Örneğine göre, ABD Merkez Bankası (Federal Reserve) t işlem gününün sonunda bir politika değişikliği açıkladığında, t gününde piyasalardaki bir oynaklık artışını ortaya çıkarabilmektedir. ABD Merkez Bankasının politika değişikliğinde ne kadar kararlı ve etkili olduğu, piyasalara bu bilginin yansımaları ile anlaşılabilir ki, bu New York'ta $t+1$ iş gününde gözlemlenebilir. EIL'nin makalelerini yayınladıkları dönem dikkate alındığında, ABD Merkez Bankasının politika değişikliğinin New York piyasasındaki koşullu oynaklık artırırken, bu bilginin Tokyo ya da Avrupa piyasalarındaki oynaklığı da artırmayacağı belirtilmektedir. Bu tür durumların, tamamen ülkelere özgü bilgilerden kaynaklandığı açıklaması yapılmaktadır. Ancak günümüzde finansal bütünleşmenin derecesine bağlı olarak bilgiler bütün ülke piyasalarında içselleştirilmektedir. Bu nedenle finansal bütünleşmenin derecesinin artışına bağlı olarak ülkeler arasında “meteor yağmuru” etkileri artmıştır.

Günümüzde ekonomi haberlerinde veya siyasi bir olayla ilgili bilgilendirme sonucunda, piyasalarda tepki satışları olabilmektedir. Ya da olumlu bir haber

⁶⁶Ito Takatoshi ve V. Vance Roley, “News from the U.S. And Japan: Which Moves The Yen/Dollar Exchange Rate?”, **NBER Working Paper Series**, Sayı:1853, ss. 6-17; Ito Takatoshi, “The Intra-Daily Exchange Rate Dynamics And Monetary Policies After The 65 Agreement”, **NBER Working Paper Series**, Sayı: 2048, ss. 6-20.

sonucunda alımlar olmaktadır. İletişim teknolojisindeki gelişmeler piyasalardaki bilgilerin daha hızlı bir biçimde göstergelerde içselleştirilmesine yol açmaktadır. Bilgilerin piyasa tarafından içselleştirilerek aynı piyasalardaki işlem yapanların aynı tepkiyi vermesi, fikir ayrılıklarının olmamasını göstermektedir. Bununla birlikte, bir piyasanın katılımcılarının aynı yönlü tepkiler vermemesi ya da piyasanın gelen bir bilgiyi içselleştirmesinin uzun zaman (1 saat, 2 saat) alması, piyasada işlem yapanlar arasında bir “ayrışma”nın olduğu yönünde bilgi vermektedir⁶⁷. Bir piyasada ayrışmanın olması, oynaklığın artışına neden olan önemli bir faktördür. Böyle bir piyasa yapısında varyans zamanın bir fonksiyonu olmaktadır.

Meteor yağmuru hipotezi, piyasaların etkinsizliğinin nedenlerini açıklamada önemli bir yaklaşım sunmaktadır. Engle, Ito ve Lin bu konuda bazı teknik analiz davranışlarından yararlanmaktadırlar. Örneğin, Tokyo piyasasında işlem gören Japon Yeni’nin değerinin artacağı yönünde bir beklenti, bu piyasada çok daha büyük bir değer artışı beklentisi yaratıyorsa, bu Avrupa piyasalarında da spekülative hareketlerin başlamasına yol açabilir. Ya da Tokyo piyasasının dışında da eş zamanlı etkilerin ortaya çıkmasına yol açabilir. Bunun anlamı, koşullu oynaklığın böyle bir ortamda yalnızca ulusal piyasalarla sınırlı kalmaması ve bilgilerin şok olarak diğer ülkelere ve piyasalara hızla yayılmasıdır.

Bu çalışmada enerji piyasalarındaki fiyatlarla ele alınacak diğer piyasalar arasındaki ilişki analiz edilecektir. Bu açıdan enerji fiyatlarının belirlendiği organizasyonların göstergeleri ile diğer piyasalar arasındaki ilişki Engle, Ito ve Lin yaklaşımı çerçevesinde ele alınacaktır. Ancak Engle, Ito ve Lin yaklaşımları ARCH ve GARCH yaklaşımlarına dayalı olduğu için yazarların temel varsayım ve dayandıkları temeller söz konusu araçlar tanıtıldıktan sonra açıklanacaktır. Bu yazarlar piyasalar arasındaki ilişkileri de dikkate aldıklarından dolayı, Çok Değişkenli GARCH yaklaşımlarının açıklanması gerekmektedir. Bu açıklamalar literatürün genişliği dikkate alındığında, ayrı bir bölümde verilmesi konun anlaşılması açısından önemlidir. Ancak finansal riskin bir ölçüsü olan koşullu varyans kavramının finans literatürüne ve yeni bir alan olan finansal ekonometrinin gelişimine yaptığı katkının anlaşılması için finansal risk kavramının açıklanması gerekmektedir.

⁶⁷ Ito ve Roley, ss.17-25.

2.1.3. Finansal Risk Kavramının Gelişimi

Finansal zaman serilerinin yüksek frekanslı olmasına bağlı olarak ortaya çıkabilecek etkiler daha önce açıklanmıştır. Ancak yüksek frekanslı serilerin düzey olarak ifade edilmesi ile bu serilerin finansal araçların getirileri biçiminde ifade edilmesi durumunda analiz sonuçları birbirinden tamamen farklıdır. Finansal zaman serileri gibi zaman serilerinden ayrı bir tanımlama yapılmasının ana nedeni, genel olarak finansal zaman serilerinin yüksek frekansta olması ve bu serilerin getiriler biçiminde ifade edilmesidir. Getiri biçiminde ifade edilen serilerin genel olarak durağan olduğu belirtilmişti. Bu tür serilerin birbirleriyle ilişkili olup olmadığının analiz edilmesinin istenmesi durumunda klasik regresyon tekniklerinden elde edilecek sonuçlar, finansal açıdan bilgi sağlayıcı olmayacaktır. Çünkü söz konusu teknikler değişkenler arasındaki ilişkilerin düzeyde ve ortalamaya bağlı ilişkisinin analizine imkân vermektedir. Farklı piyasalar arasındaki değişkenler arasında bir ilişkinin olması ve bu ilişkinin yorumlanabilir olması, değişkenler arasındaki dışsal faktörleri içeren hata teriminin istikrarına (durağanlığına) bağlıdır. Finansal zaman serilerine dayalı piyasa analizlerinde ise önemli olan piyasaların oynaklıkları arasındaki ilişkidir. Bu açıdan tek bir piyasanın veya farklı piyasalar arasındaki ilişkinin araştırılması sırasında her bir piyasadaki kaynaklanan şokun dikkate alınması gereklidir. Böylece,

- Bir piyasadaki oynaklık, başka bir piyasanın oynaklığına neden olmaktadır mıdır?
- Bir finansal aracın getirisinin oynaklığı başka bir aracın getirisinin oynaklığına doğrudan (koşullu varyans) veya dolaylı (koşullu kovaryans) olarak yol açmakta mıdır?
- Bir piyasada ortaya çıkan şok sonucu başka bir piyasanın oynaklığında artış olmaktadır mıdır? Varsa, etkisi ne kadar olmaktadır? Şokların olumlu veya olumsuz olmasının etkisi aynı mıdır? Bu etkiler doğrudan (koşullu değişirlik) mi? Yoksa dolaylı (koşullu eş değişirlik) yoluyla mı olmaktadır?
- Finansal araçların getirilerinin korelasyonu zaman içinde değişkenlik göstermekte midir?

- Finansal araçların getirilerin aralarındaki korelasyon, finansal piyasalarda ortaya çıkan krizlerin etkisiyle yükselmekte midir? Yoksa oynaklıkların yüksek olduğu dönemlerde mi yükselmektedir?
- Finansal piyasalarda bağlantının (coupling) artması (azalması) etkisiyle uzun dönemde finansal araçların getirilerin arasındaki korelasyonları artmakta (azalmakta) mıdır?

gibi hipotezlerin testi mümkün olmaktadır.

Oynaklıklara dayalı analizler piyasalar arasındaki dinamiklerin anlaşılması açısından çok önem kazanmıştır. 2000’li yılların başına kadar dünya ekonomisinde finansal piyasalar hisse senetleri, tahvil ve bono piyasaları ile temel mallar ile bunların vadeli ve opsiyon sözleşme piyasalarından oluşan organizasyonlardan oluşmaktaydı. Son on yılda ülkelerin enerji piyasalarını özelleştirmeleri ve fiyatlamaların piyasa koşullarında belirlenmesi yönündeki gelişmeler yeni gelişmeleri ortaya çıkarmıştır. Buna göre ülkelerin enerji piyasaları ile uluslar arası enerji piyasaları arasındaki etkileşim ve ilişkiler artmıştır. Bu açıdan enerji mallarının fiyatları ile söz konusu piyasaların göstergeleri arasındaki ilişkilerde farklılaşmıştır. Bu farklılaşma içinde önemli nokta, piyasalar arasındaki etkileşimin artmış olmasıdır. Bu etkileşimde bir piyasada ortaya çıkan etkinin yayılma hızının belirlenmesi önemli olmaktadır. Bu açıdan Çok Değişkenli GARCH teknikleri piyasalar arasında bir yayılmanın olup olmadığının analizi için önemli bir araç olmaktadır.

Literatürdeki gelişmeler izlendiğinde finans teorisinin gelişimi ile istatistik ve ekonometrideki gelişmeler birbirine paraleldir. Gerçekte finans teorisinin klasik yaklaşımlarından başlayarak günümüze kadar gelen gelişme istatistik bilimine dayalı olmuştur. Günümüzde finansal ekonometri ve finans teorisi iç içe geçmiştir. Bu açıdan gerek bu çalışmanın dayanağı olan yaklaşım ve tekniklerin öneminin gerekse finans teorisinin ekonometrik yaklaşımlara dayalı gelişmenin anlaşılması açısından; finans teorisindeki yaklaşımlar teorik olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Buradaki amaç, ekonometrik tekniklerin finansal teorik yaklaşımların geçerliliğinin testinde nasıl kullanıldığı konusunda bilgi vermektir.

Finansal riskin ölçüsü olarak oynaklık kavramının literatürde kullanılması, Engle’in 1982 yılında yayınladığı makaleyle başlamıştır. Ancak bu konu istatistiki ve

ekonometrik olarak daha önce de ele alınmıştır. Oynaklık kavramının 1980'lerin ortasından itibaren farklı bir şekilde kullanılmasının nedeni, portföy teorisi ile finansal piyasalardaki fiyatların analizleri arasındaki ilişkinin analiz yaklaşımlarının değişmeye başlamasıdır. Özellikle 1988 yılından sonra Basel Kuralları'na bağlı olarak ortaya çıkan ve Basel II ile birlikte uygulamaya geçen riske maruz değer yaklaşımı sonucunda klasik portföy yaklaşımı yeni tekniklere bağlı olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu süreç oynaklık kavramının risk ölçüsü olarak kullanılmasından dolayı ortaya çıkmıştır.

2.1.3.1. Bachelier'in Spekülasyon Teorisi Yaklaşımı

Finansal riskin ölçüsü olarak oynaklık kavramı Louis Bachelier'in 1900 yılında "The Theory of Speculation" başlıklı tezinin yayınıyla başlamıştır. Bachelier tezinde bugünkü anlamdaki spekülasyon kavramını bir stokastik süreç olan Brownian sürecini kullanarak analiz etmiştir. Bachelier kendi dönemindeki Fransız Hisse senedi borsasındaki ve o dönemdeki forward ile opsiyon piyasalarına karşılık gelebilecek organizasyonlardaki fiyat hareketlerini incelemiştir. Yazar ilk olarak matematiksel ve bugünkü anlamda istatistiksel olarak hisse senetleri piyasasındaki fiyat gelişmelerini modellemiştir. Bunun sonucunda "spekülatörler için beklenen değerlerin sıfır olduğu" kuralını ortaya koymuştur⁶⁸. Bachelier bu çalışmada da kullanılacak olan ARCH ve GARCH yaklaşımlarının dayandığı geçmiş bilgilere dayalı analizi ilk olarak belirten yazardır.

Bachelier'a göre koşullu bilgiler geçmiş bilgilere dayalı olmak zorundadır. Böylece Bachelier ele aldığı piyasa bağlamında işlem gören finansal araçların değerlemesinde "martingale ölçüsünün" kullanabileceğini ispatlamıştır. Martingale kavramı finansal istatistiğin dayandığı olasılık teorisinde rastsal değişkenlerin beklenen değerlerinin geçmiş bilgilere bağlı olması olarak tanımlanmaktadır. Bir piyasadaki göstergeler bir martingale süreç oluşturuyor ise, piyasaya yeni bir bilgi gelmedikçe beklenen fiyat ile piyasada gerçekleşen fiyat birbirine eşit olmaktadır.

⁶⁸ Jean Michel Courtault, Yuri Kabanov ve Bernard Bru "Louis bachelier on the centenary of the 'orie de la spe'culation", **Mathematical Finance**, Cilt:10, Sayı:3, Haziran 2000, ss. 341-353.

Bunun finansal ekonometri açısından anlamı söz konusu piyasadaki verilerin dağılımının değişmemesidir. Bu durumda piyasada “adil oyun” geçerlidir⁶⁹.

Bir martingale sürece sahip piyasadaki yatırımcılar için risk “yansız-risk neutral” tanımlaması kullanılmaktadır. Bu açıdan Bachelier’in iki önemli katkısı olmuştur. Bunlardan ilki, koşullu beklentiler için geçmiş bilgilerin kullanılacak olması ikincisi de, risksiz bir piyasa yapısında göstergelerin izlediği sürecin martingale rastsal bir süreç olmasıdır. Bununla birlikte, fiyatların rastsal süreç izlediği konusundaki ilk bilgi Bachelier tarafından ortaya konmuştur.

Finansal piyasalarda veya herhangi bir piyasada riskin ölçüsü olarak oynaklığın kullanılmaya başlanması bu konudaki ekonometrik yaklaşımlara bağlı olmuştur. Yeni ekonometrik yaklaşımların temel özelliği, riski zamana göre tanımlamalarıdır⁷⁰. Bu tanımlamanın temelinde de Bachelier yaklaşımı olmasına rağmen, yeni yaklaşımların gelişmesi bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Yeni yaklaşımlar ortaya çıkıncaya kadar genel olarak finansal riskler hisse senetleri piyasasındaki gelişmeler ile portföy teorisi kapsamında ele alınmıştır.

2.1.3.2. Markowitz’in Portföy Seçimi Yaklaşımı

Markowitz 1952 yılında yayınladığı “Portfolio Selection” başlıklı makalesinde, portföy değerinin varyansı ile risk arasında bir ilişki kurmuştur. Bu bağlamda Markowitz (1952) portföyü oluşturan araçların fiyatlarındaki değişimi, portföyün değerini belirleyen bir unsur olarak tanımlamıştır⁷¹. Bu yaklaşımda varyans bir risk ölçüsü olarak kullanılmasına karşın, bu ölçü belirli bir zaman aralığındaki ortalama ve varyansa bağlı olarak hesaplandığı için kesikli bir zaman dönemindeki riskin ölçüsü olmaktadır. Yani, risk belirli bir zaman aralığındaki değerlerden elde edilen bir göstergedir. Markowitz’in (1952) yaklaşımında

⁶⁹ Paul Samuelson, “Mathematics of Speculative Price”, **Society For Industrial and Applied Mathematics (SIAM) Review**, Cilt:15, Sayı:1, Ocak 1973, s. 8..

⁷⁰ Robert F.Engle, “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kindom Inflation”, **ARCH Selected Readings**, (Ed. Robert F. Engle), Oxford University Press, 1995, ss. 1-23.

⁷¹ Henry M.Markowitz, “Portfolio Selection”, **Journal of Finance**, Cilt: 7,Mart 1952, ss. 77-91.

portföy oluşturulurken dikkate alınması gereken önemli nokta, portföyü oluşturan araçların arasındaki kovaryasyon değeridir. Bu açıdan bir portföy oluşturulurken çok sayıda farklı ağırlıklara sahip araçlar bir araya getirilerek kullanılabilir. Ancak bu portföylerin oluşturulmasında aritmetik ortalama ve varyansın kullanılması yeterli olup portföyü oluşturan araçların göstergelerinden yola çıkarak hesaplanan getirilerin dağılımının bilinmesine gerek yoktur⁷². Yani Markowitz (1952) yaklaşımını zaman serileri tekniğine bağlı olarak yorumlayacak olursak, verilerin zayıf durağan olması yeterlidir. Bu yeterlilik söz konusu yaklaşımı yeni yaklaşımlardan ayıran en önemli farklılıktır.

Markowitz (1952) yaklaşımının zaman unsurunu dikkate almaması bir portföyü oluşturan araçların zaman içinde ortaya çıkan değerleri ile bu portföyün değeri arasındaki ilişkinin analizinin gerekliliği ortaya çıkarmıştır. Bunun önemli nedeni, hisse senetleri piyasasında bir yükselme olduğunda portföylerin değerinin aynı yönde bir değişim gösterdiğinin saptanmış olmasıdır⁷³. Böylece riskin tanımında zaman unsuru önem kazanmıştır.

2.1.3.3. Sharpe'in Sermaye Varlık Fiyatlama Yaklaşımı

William Sharpe 1964 yılında yayınladığı “Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk” başlıklı makalesiyle birlikte risk kavramını zamanı da dikkate alarak tanımlamıştır. Geliştirdiği yaklaşım “Sermaye Varlık Fiyatlama Modeli” ya da “Piyasa Modeli” olarak da bilinmektedir. Sharpe (1964) makalesinde iki önemli fiyat tanımlamaktadır. Bu fiyatlardan ilki, zamanın fiyatı olup, risksiz faiz oranının bunu gösterdiğini belirtmektedir. İkincisi ise riskin fiyatıdır. Bu da beklenen getiriye bağlıdır⁷⁴. Sharpe (1964) beklenen getiri ile risk arasında doğrusal bir ilişki olduğunu vurgulamıştır. Bu doğrusal ilişkinin sapmasız olması durumunda, risk ve getiri arasındaki ilişkiyi gösteren noktaların geometrik yerini “Sermaye Piyasa Doğrusu” olarak tanımlamıştır. Sharpe'in (1964) makalesindeki önemli noktalardan biri, piyasada beklenen ortalama getirinin risksiz

⁷² Poon Ser-Hunag ve Clive W. Granger, “Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review”, **Journal of Economic Literature**, Cilt: 41, Haziran 2003, s. 481.

⁷³ William Sharpe, “Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk”, **Journal of Finance**, Cilt:19, Sayı: 3, Eylül 1964, ss. 425-442.

⁷⁴ Sharpe, 1964, s. 425.

faiz oranı kadar olmasıdır⁷⁵. Bu yaklaşımda faiz oranı yatırımcıların alternatif maliyetinin hesaplanması için önemli bir değişken olup, zaman unsurunun da etkisini ifade etmektedir.

Sharpe (1964) bireylerin yatırım tercihleri sonucunda elde edecekleri faydayı, yatırım yaptıkları araçların getirileri ile bu araçların riskini ifade eden değerlerindeki değişimin ölçüsü olan varyansın bir fonksiyonu olarak ifade etmiştir. Yazara göre fayda fonksiyonunun söz konusu parametrelere göre türevleri, yatırım tercihlerini belirleyecektir. Burada fayda fonksiyonun varyansa göre birinci türevi sıfırdan küçük, araçların getirisine göre ise sıfırdan büyük olacaktır. Bunun anlamı; getiri ile risk arasında artan doğrusal bir ilişkinin olmasıdır⁷⁶. Sharpe'ın (1964) bu yaklaşımından yararlanarak bir finansal aracın piyasa göstergesi ile değeri arasında matematiksel ilişki oluşturulmuştur. Bu ilişki aşağıdaki eşitlikte verilmiştir⁷⁷.

$$R_{jt} = \alpha_i + \beta_{jt} * R_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Eşitlikteki R_{jt} , t zamanındaki j. finansal aracın getirisini tanımlamaktadır. R_{it} j. finansal aracın içinde yer aldığı piyasa göstergesidir. Bu açıdan yukarıdaki eşitlikteki α ve β parametreleri piyasa getirisi ile j. aracın getirisi arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Buradaki α parametresi j. finansal aracın i. piyasasındaki ortalama getirisini, β ise piyasadaki işlem gören tüm finansal araçları kapsayan endeks getirisindeki değişmesine bağlı olarak j. finansal aracın getirisinde ortaya çıkacak değişimi göstermektedir. Başka bir ifadeyle, β piyasa getirisine karşı varlığın getirisinin duyarlılığının ölçüsüdür. Bu parametrenin $\beta > 1$ 'den olması j. aracın getirisinin piyasa getirisinden daha büyük getiri potansiyeline sahip olmasını ifade etmektedir. Bunun diğer bir anlamı; söz konusu j. finansal aracın ilave piyasa riskine sahip olmasıdır⁷⁸. Bu çalışma açısından yukarıdaki eşitliğin önemi hata teriminden ileri gelmektedir.

Sharpe'ın (1964) yaklaşımının uygulanmasında söz konusu parametrelerin yorumlanabilir olması, hata teriminin normal dağılıma sahip olmasına bağlıdır. Bununla birlikte, söz konusu eşitliğin tahmininde kullanılacak olan değişkenlerin

⁷⁵ Sharpe, 1964, s. 426.

⁷⁶ Sharpe, 1964, s. 428.

⁷⁷ Svetlozaert T.Rachev, John S. J. Hsu, Biliana S. Bagasheva ve Frank J. Fabozzi, **Bayesian Methods in Finance**, John Wiley, Mart 2008, s. 171.

⁷⁸ Evren Bolgün ve M. Barış Akçay, **Risk Yönetimi**, Scala Yayıncılık, 2009, s. 388.

getiri serileri olacağı dikkate alınırsa bu seriler zayıf durağanlığa sahiptiler. Bu açıdan bu serilerin analizlerde kullanılması durumunda güçlü durağanlık özelliğine sahip olup olmadığının araştırılması gereklidir. Bu bağlamda oynaklık özelliğine sahip güçlü durağanlık özelliği göstermeyen veriler yukarıdaki parametrelerin sapmalı olmasına yol açar. Ayrıca değişkenlerin oynaklık özelliğine sahip olması ilave risk primlerinin dikkate alınmasını gerekli hale getirmektedir. Bu yaklaşımı piyasalar arasındaki ilişkiye de uygulayabiliriz. Bu bağlamda söz konusu piyasaların göstergesi olan değişkenlerin oynaklıklarının birbiri üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır. Bu açıdan oynaklıkların bir piyasadan diğer bir piyasaya aktarılması (transmission) veya yayılmasının (spillover) analizi gereklidir. Çok değişkenli yaklaşımların önemli özelliği budur.

Sharpe (1964) varyansı bir risk ölçüsü olarak ele almasına karşın, varyansın zaman içinde değişmediğini varsaymaktadır. Bu açıdan piyasanın kendi içinden kaynaklanan risklerin, portföyün çeşitlendirmesi yoluyla azaltılabileceğini belirtmektedir. Yani sistematik olmayan risk yönetilebilir. Buna karşın piyasa dışından kaynaklanan riskler, yani sistematik riskler çeşitlendirmeye azaltılamazlar. Bu durumun istatistiki anlamı; söz konusu eşitlikteki hata terimlerinin normal dağılım özelliği göstermemesidir. Çünkü piyasa dışındaki tüm bilgiler hata terimi tarafından kapsanmaktadır. Bu açıdan risk bu parametrenin durağanlığına bağlı olmaktadır.

Finansal piyasalar konusunda yapılan çalışmalar genel olarak yukarıda kısaca açıklanan Markowitz (1952) ve Sharpe'ın (1964) yaklaşımlarına dayanmaktadır. Sharpe'in (1964) yaklaşımı zaman boyutunu içermesi, riskli ve risksiz araçların fiyatlarına göre alternatif maliyetin belirlenmesi açısından, uygulamalı çalışmalarda genellikle tercih edilmektedir.

İki piyasa arasındaki ilişki incelenirken genel olarak sermaye varlık fiyat modeline dayalı bir analiz yapılmaktadır. Literatürde genellikle piyasalar arasındaki ilişkiler doğrusal regresyon yöntem ve teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bunun önemli nedeni, özellikle iktisadi teorik yaklaşımların değişkenler arasındaki ilişkileri matematiksel olarak doğrusal olarak tanımlamalarından ileri gelmektedir. Finans teorisinde uzun dönem ve kısa dönem kavramları kullanılan verinin frekansına bağlı değildir. Bundan dolayı saniyelik veriler kullanılarak yapılacak 5

saatlik zaman aralığına dayalı bir çalışmadaki veri sayısı aynı döneme ait aylık veri sayısından çok fazladır. Bu açıdan finansal zaman serilerinin yüksek frekanslılığına bağlı olarak yapılacak çalışmalarda ortaya çıkacak en önemli sorun, değişen varyans sorunu olmaktadır. Değişen varyans sorununun kaynağı ne olursa olsun, ekonometrik açıdan yol açtığı en önemli sorun modellemesi yapılan teorik yaklaşımların parametre tahminlerinin zamana bağlı olarak değişkenlik göstermesidir.

Finansal zaman serileri ile yapılan çalışmalarda karşılaşılan en önemli ekonometrik sorunların başında, parameterlerin zamana göre değişkenlik göstermesi gelmektedir. Parametrelerin zamana göre değişkenlik göstermesine yol açan en önemli sorun varyansın zamana göre değişmesidir. Finans teorisi açısından varyansın zamana göre değişkenlik göstermesi ekonomik şokların etkisidir. Bu açıdan varyanstaki değişkenliğe bağlı olarak parametrelerde zamana bağlı olarak bir değişim oluyorsa, bu ekonomideki şok olarak tanımlanabilecek politika değişimleri veya piyasalardan kaynaklanan etkilerin içselleştirilmesidir.

Finansal zaman serileri getiri serileri olarak tanımlandığından ortalamadaki değişimlerden daha çok varyanstaki değişimler önemlidir. Bundan dolayı, bu tür veriler doğrusal olmayan özellikler gösterir. Genel olarak varyansı zamana bağlı değişkenlik gösteren değişkenlerle yapılacak model çalışmalarında değişkenler arasındaki ortak bileşeni ifade eden hata terimleri kendi içinde şok etkilerini içerir. Bu değişkenler arasındaki ilişkilerin parametrelerinde istatistiki anlamlılığı üzerinde etkili olur. Bu durumda serilerin sahip olduğu oynaklık özelliklerinin etkisinin veriler üzerindeki etkisinden ayrıştırılması gerekmektedir. Böylece ekonomik şokların hangi değişkenden kaynakladığı görülecektir. Şokların kalıcı olup olmadığının testi yapılmış olacaktır.

Genel olarak finansal piyasalardaki verilerin yapısının yüksek frekanslı özellikte olmasından dolayı, çok değişkenli modelleme çalışmalarında oynaklıkların yayılması ve aktarılmasına dayalı analizler yapılmaktadır. Finansal piyasalarda spot ve vadeli işlemler, döviz, ülkelerin arasındaki finansal piyasalar arasındaki getiri ilişkileri ve finansal bütünleşme ve finansal şokların yayılması konularının analizinde oynaklıkların yayılma etkisini test eden yaklaşım ve teknikler kullanılmaktadır.

Çok değişkenli GARCH modelleri dinamik korelasyon ve kovaryans tanımlamaları ile hipotezleri açıklamaya çalışmaktadır. Literatürde değişkenleri

temsil eden serilerin frekans yapısına bağı olarak, reel ekonomik ilişkilerde de bu teknik ve yöntemler kullanılarak analiz edilmektedir. Bu yöntem ve teknikler ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

2.2. OYNAKLIKLARIN YAYILMASINA YÖNELİK TEMEL TEORİK YAKLAŞIMLARA DAYALI ANALİZLER

İktisadi zaman serilerini yüksek ve düşük frekanslı zaman serileri olarak ikiye ayırabiliriz. Böyle bir ayrımın yapılmasının ana nedeni, söz konusu zaman serilerinin analizinde kullanılan teknik ve araçların bazılarının aynı, bazılarının farklı olması; aynı olanlarının sonuçlarının farklı biçimde yorumlanabilir olmasıdır. Bu nedenle günümüzde finansal ekonometri ayrı bir dal olarak gelişim göstermektedir. Bunun en önemli nedeni, geliştirilen finansal türev araçlar ile diğer finansal araçların üretilmesinde istatistik, matematik ve ekonometrinin yoğun olarak kullanılmaya başlanmasıdır. Özellikle istatistik ve ekonometrideki ilerlemeler yeni finansal araçların ortaya çıkarılmasına ve bu yolla da çeşidinin artmasına neden olmuştur.

Finansal ekonometrik tekniklerin gelişmesinin finans teorisine en büyük katkısı, oynaklığın riskin bir ölçüsü olarak hesaplanmasını olanaklı hale getirmiş olmasıdır.

Risk, genel anlamda gelecekte ortaya çıkma ihtimali olan olumsuz durumlar için kullanılan bir kavramdır. Bu kavramı finans alanına uygulayacak olursak gelecekte ortaya çıkma olasılığı olan ve finansal açıdan bir yük, zarar veya kayıp ortaya çıkarabilecek tüm etkiler risk olarak tanımlanabilir. Risk kavramını tamamlayan önemli bir durum da ortaya çıkma ihtimalidir. Bu ihtimal özellikle finansal araç veya varlıkların değerinde ortaya çıkabilecek getirilerin tahminine imkân vermektedir. Bu açıdan olasılık teorisi finansal risklerin hesaplanmasındaki en temel araç olmaktadır.

Ekonomik karar birimleri ekonomik yaşamda ortaya çıkan çok sayıda riskle karşı karşıyadır. Bu risklerin yönetimi için karar birimleri kendi iktisadi durumlarına göre farklı pozisyon veya portföy tercihinde bulunmaktadırlar. Piyasalarda, politikada, iktisadi gelişmelerin sonucunda enflasyon, faiz oranı ve döviz kurlarında ortaya çıkan ani değişiklikler birer risk unsurudur.

Riskin nasıl ölçüleceği ve ileride ortaya çıkma ihtimali olan durumlara karşı nasıl bir güvence yaratacak pozisyon alma yönünde bilgi sağlayacağı, önemli bir sorundur. Literatüre göre bir değerlendirme yapacak olursak, riskin genel olarak ölçüsü varyanstır. Bu konuda kavram olarak önemli bir anlaşma ortaya çıkmıştır. Yani, varyansın büyüklüğü riskin büyüklüğü konusunda önemli bir göstergedir. Ancak modern finans teorisinde varyansın büyüklüğünden daha çok bu varyansın zaman içinde değişip değişmediği de bir risk ölçütü olarak kullanılmaktadır.

Özellikle finansal zaman serilerinin yüksek frekansa sahip olması ve bunların genel olarak analizi yapılırken getiri serisi olarak kullanılmasından dolayı, daha önce de belirtildiği gibi varyansları ve ortalamaları zaman içinde değişmemektedir. Ancak zayıf durağanlık özelliğine sahip bu serilerin dağılımları normal dağılımdan farklı oldukları için istatistiksel bağımsızlık özelliklerini kaybetmektedirler. Bundan dolayı bu seriler literatürde şişman kuyruk veya leptokurtosis (diklik) olarak tanımlanan dağılım özellikleri gösterirler. Bu durum piyasada ortaya çıkan gelişmelere karşı fiyatların veya göstergelerin farklı şekilde tepki vermeleri konusunda en önemli göstergedir. Başka bir ifadeyle seriler asimetric özelliklere sahiptir. Bu özelliklere sahip zaman serisi, verilerin veya göstergelerin analizinde özellikle varyansın değişip değişmediği incelenir⁷⁹. Buradaki değişimden kast edilen, varyansın zamanın bir fonksiyonu olması; başka bir deyişle, zamana göre değişmesidir. Bu açıdan bugünkü finansçılar riskin bir ölçüsü olarak oynaklığı kullanmakla birlikte, bunun derecesi ve büyüklüğünü zamana bağlı olarak hesaplamaktadırlar. Bu hesaplamada koşulsuz varyans koşullu varyans parametresi kullanılmaktadır.

Bir denklem sisteminde varyansın artmasına bağlı olarak parametreler de zamana göre değişkenlik gösterme eğilimdeyse; bu durumda belirsizlik ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak risk, oynaklık olarak tanımlanan varyansın zamana göre değişkenliğinin artmasıdır.

Varyansın zamana göre değişmesine bağlı olarak, bir piyasadaki veya ülkedeki oynaklıktaki artışın piyasalar veya ülkeler arasında etkisinin var olup olmadığını araştırmak amacıyla, birden fazla değişkenle çalışma yapmaya imkân veren yaklaşımların kullanılmasına gereksinim vardır. Enerji, döviz, hisse senetleri, tahvil-bono ve vadeli sözleşme ve opsiyon piyasaları arasındaki bu tür etkilerin

⁷⁹ Poon ve Granger, 2003, s. 481.

analizinde bu yaklaşımlar mutlaka kullanılmalıdır. Finansal piyasalarda oynaklığın piyasalar arasında geçişgenliğine yönelik geliştirilen teorik yaklaşımlar uygulama aşamasında birer tahmin yöntemi olarak kullanılan teknik haline gelmektedir.

2.2.1. Oynaklıkların Yayılmasının Analizine Yönelik Temel Tahmin Yöntemleri

Tek değişkenli GARCH modelleri ile ilgili yukarıda yapılan açıklamalarda da belirtildiği gibi, tek değişkenli modeller aracılığı ile bir X serisinin şartlı varyansı aracılığıyla Y serisinin şartlı varyansı hakkında tahminleme yapılmaktadır. Böyle bir modellemede, değişkenler arasındaki oynaklığın nedensellik boyutu, nedenselliğin yönü ile varyans ve kovaryans ilişkileri göz ardı edilmektedir. Bu amaçla N tane serinin oynaklığı arasındaki ilişkinin kolaylıkla modellenmesine yardımcı olan çok değişkenli GARCH modelleri geliştirilmiştir. Çok değişkenli GARCH modelleri, eşanlı olarak N tane serinin varyans ve kovaryansının modellenmesine imkân sağlamaktadır. Tahminlemede genellikle maksimum olabilirlik (ML) yöntemi kullanılmaktadır. Literatürde ilk olarak Engle ve diğerleri (1984) iki değişkenli ARCH (Bivariate ARCH) modelini uygulamışlardır. Ancak, çok değişkenli GARCH modellerinin teorik özellikleri ve uygulaması, Baba ve diğerlerinin (1990) çalışmalarından esinlenen Engle ve Kroner (1995) tarafından ilk defa ortaya konmuştur. Çok değişkenli GARCH modelleri uygulanmadan önce GARCH etkisinin olup olmadığı araştırılmalıdır. Bu amaçla geliştirilen GARCH spesifikasyon testleri yapılmalıdır. Ayrıca, Kim ve Rogers (1995)'a göre incelenen serilerin getirilerinin karesinin karşılıklı korelasyonlarının (cross-correlations of squared returns) analiz edilmesi ve bu analizden elde edilecek ön bilgilere dayanarak çok değişkenli GARCH modeli uygulamasına geçilmesini gerekmektedir.

Çok değişkenli GARCH modellerinin sunumunda literatürde farklı gösterimlere rastlanmaktadır. Bu gösterimler arasında en yaygın olan dört model vardır: VEC, Diagonal, BEKK ve CCC modelleridir. Çok değişkenli GARCH modelleri ile ilgili en temel problem, çok fazla sayıda parametrenin tahmin edilmesinin gerekliliğidir. Aslında teorik olarak örneklem sayısı büyük olduğunda, bunun önemli bir problem olmaması gerekmektedir. Bununla birlikte, maksimum

olabilirlik yönteminde kullanılan optimizasyon algoritmasının yakınsamasında sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu yakınsama sorununu gidermek için genellikle kısıt konulması yoluyla negatif varyans hesaplanması engellenmektedir. Şartlı varyansın pozitif tanımlı olmasını garanti etmek, pratikte her zaman kolay ulaşılan bir durum değildir.

Çok değişkenli GARCH modellerinin tahmininde; hem basit oluşu, hem de uygun özelliklere sahip olması nedeniyle genellikle Maksimum Olabilirlik (ML) yöntemi tercih edilmektedir. Özellikle koşullu normallik hipotezi altında ML yöntemi iyi sonuç vermekte ve asimptotik olarak etkinlik sağlanmaktadır. Ancak, Engle ve Gonzalez-Rivare (1991) ile Bollerslev ve Wooldridge (1992)'e göre koşullu normallik hipotezinin geçerliliğini varsaymak, özellikle finansal zaman serileri söz konusu olduğunda oldukça kısıtlayıcı bir durum olarak değerlendirilmektedir. Bu kısıtı gidermek için Bollerslev ve Wooldridge (1992) farklı bir tahmin yöntemi önermektedir. Bu yöntem Quasi Maksimum Olabilirlik (QML) olarak ifade edilmekte olup, en temel özelliği GARCH tahmincileri serilerin gerçek fonksiyonu ile kıyaslandığında, söz konusu seriler normal dağılıma sahip olmasa bile, tutarlı sonuçlara ulaşılabilir. Oynaklık yayılması etkilerinin analizinde, ML ve QML yöntemi kadar yaygın olmamakla birlikte, çok değişkenli GARCH modellerinin tahmininde yarı-parametrik yöntemler (Tapia ve Thompson (1978), Engle ve Gonzalez-Rivera (1991)), GMM (Generalized Method of Moments) yöntemi (Drost ve Klaassen (1997) ile Hansen (1982) ya da parametrik olmayan yöntemler (Kernel veya Fourier gibi) de kullanıldığı görülmektedir.

Çok değişkenli modeller ile ilgili unutulmaması gereken nokta, model tahmininde eşanlı tahminlemeye ihtiyaç duyulmasıdır. Ewing ve diğerleri (2002) tarafından yapılan çalışmada, iki aşamalı olarak ortalama ve varyans denklemini tahmin etmek yerine, ortaya çıkabilecek sorunları gidermek amacıyla eşanlı tahmin etmenin uygun olacağı not edilmektedir. Bununla birlikte, literatürde çok sık karşılaşılan tahmin yönteminde ise, önce VEC (vector error correction) modeli olarak ortalama denkleminin OLS ile tahmin edilmesinden sonra, varyans denklemi ML veya QML yöntemi ile tahmin edilmektedir. Tse (1999)'ye göre bu şekilde yapılan tahminleme asimptotik olarak eşanlı VEC ve GARCH modellerini tahminlemeye denk olmaktadır.

Çok değişkenli modellerin seçiminde çeşitli testler yapılmakla birlikte, bunlar arasında model geçerliliğinin testinde en uygun olanlar Portmanteau testi, Langrange Multiplier (LM) testi ile residual-based diagnostic testleridir.

2.2.2. Oynaklık Yayılmasının Analizinde Finansal Piyasalar Arası Zaman Uyumsuzluğu

Finansal piyasalar arasında şokların yayılmasını incelerken en sık karşılaşılan sorunlardan birisi piyasaların işlem saatleri ile işlem günlerinde karşılaşılmaktadır. Aynı ülkedeki spot ve vadeli işlemlerini, ya da büyük küçük firmaların işlemlerini incelerken böyle bir sorun olmamasına rağmen, uluslararası piyasalara yönelik yapılan çalışmalarda işlem saatleri ve işlem günleri sorun olmaktadır. Bu soruna çözüm olarak, King ve Wadhwani (1990) bir “gölge endeks-shadow index” oluşturarak senkronize işlem saatleri elde edip piyasaları bu yolla modellemişlerdir. Bazı çalışmalarda ise, basitleştirmek amacıyla doğrudan çakışmayan (non-overlapping) işlem saatlerinin analizi yoluna gidilmiştir.

Diğer önemli bir sorun da, işlem gören hisse senetlerinin senkronize olmamasından ortaya çıkmaktadır. Piyasa açıldığında, aynı piyasada olsalar bile, endekste yer alan tüm hisse senetleri aynı anda alınıp satılmadığından, getirilerde otokorelasyona yol açmaktadır. Bu sorun ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bunlar arasında Stoll ve Whaley (1990), Lo ve MacKinlay (1990), Lin ve diğerleri (1994), Bae ve Karolyi (1994) ve Kim ve Rogers (1995)’in çalışmaları önemlidir. Lin ve diğerleri (1994)’ne göre bu sorunu dikkate almadan yapılan tahminlerde, yanıltıcı ilişkiler ve sahte yayılma etkileri ile karşılaşılabilir.

Granger (1986)’a göre, etkin piyasada işlem gören iki serinin eş bütünleşik (co-integrated) olmaması gerekir. Çünkü aksi geçerli olduğunda, bir seriye ait fiyat bilgilerini kullanarak diğerini tahmin etmek mümkün hale gelir. Benzer yaklaşımla Fama (1970)’ya göre, eğer piyasalar etkin değil ise, eş bütünleşme ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan etkin piyasalardaki katılımcılar rasyonel olarak tüm bilgilere sahip olmakta ve dengedeki beklenen getiriler sabit hale gelmektedir. Literatürde bu konu üzerine yapılmış pek çok çalışma vardır. Engle ve diğerleri (1990b) meteor

yağmuru hipotezinin geçerliliğini ortaya koyarken, özellikle üzerinde durdukları nokta; yazarların ampirik bulguları etkin piyasalara ters olmakla birlikte, getirilerin tahmin edilemez olduğunu, ancak oynaklıkların tahmin edilebilir olduğunu not etmektedirler. Piyasaların etkinliği üzerine yorum yaparken özellikle dikkat edilmesi gereken husus, eğer ortalama getiriler inceleniyorsa, etkinlik konusu piyasalar arasındaki arbitraj fırsatları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Oysa varyans analizi söz konusu olduğunda, yayılma etkileri üzerinde durulmakta olup, bir piyasanın etkin olup olmadığına karar vermek için, yayılma etkisinin kısa süreli olması ve yaklaşık olarak aynı zamanlarda gerçekleşmesi gerekmektedir.

Finansal piyasalarda asimetrik etkileri dikkate almak, elde edilen modelin daha iyi sonuç vermesini destekler niteliktedir. Susmel ve Engle (1994) ile Bae ve Karolyi (1994), asimetrik etkilerin önemine vurgu yaparak, finansal piyasalarda oynaklık yayılmasını modellemede asimetrimin göz ardı edilmesinin gerçeği yansıtmayan, yanıltıcı bulgulara neden olabileceğini belirtmektedirler.

Oynaklık yayılması açısından asimetrimin diğer bir tanımlaması da, piyasalar arasındaki oynaklığın her iki yöne doğru değil de, tek taraflı olarak yayılması durumu asimetri olarak kabul edilmektedir. Hamao ve diğerleri (1990) çalışmalarında Londra ve Tokyo Borsaları arasında asimetrik oynaklık yayılma etkisi olduğunu not ederek, yayılmanın tek taraflı olduğunu vurgulamaktadırlar. Bu nedenle, burada kastedilen asimetri ile şokların büyüklüğü ve işareti ile ilgili yapılan asimetri tarifinin farklılığının unutulmaması gerekmektedir.

2.2.3. Enerji Piyasasında Oynaklık Yayılma Etkisine Yönelik Ampirik Bulgular

Blanco, Choi ve Soronow tarafından yapılan “Energy Price Processes Used for Derivatives Pricing & Risk Management” başlıklı makalelerinde enerji türevleri ile ilgili olarak literatürde en çok kullanılan üç temel tekniğe dayanılmıştır. Bu üç teknik Geometrik Brownian Süreç, Sıçrama/Zıplama Geçişleri (Jump Difusion) ve Ortalamaya Dönme (Mean Reversion) eğiliminin varlığına yönelik uzun bellek yaklaşımlarıdır. Yazarlar bu çalışmalarında Henry Hub New York Mercantile

Exchange (NYMEX) 1992-2001 haftalık fiyatları ile California Oregon Border Elektrik fiyatlarını veri olarak kullanmışlardır. Yazarlar enerji türev sözleşmelerinin diğer emtia türevleriyle karşılaştırıldığında farklı karakteristik özelliklere sahip olduğunu vurgulamışlardır. Yazarlar çalışmalarında kısa dönemde arz talep dengesizliklerinden dolayı enerji fiyatlarının gerek enerji gerekse diğer gelecek sözleşme fiyatlarından farklılık göstereceğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca, iklim ve hava koşullarına bağlı olarak enerji fiyatlarında “mevsimsel etkiler”in belirgin bir özellik kazandığını tespit etmişlerdir. Yazarlara göre, enerji fiyatları üretim miktarına ve talebe dayalı olarak belirli bir ortalama etrafında salınım göstermektedir. Uzun dönemde ortalamaya dönme eğilimi yüksektir. Kriz zamanlarında enerji fiyatlarında büyük dalgalanmalar ortaya çıkmakta, enerji fiyatlarının oynaklığı artmaktadır. Bununla birlikte, Samuelson Hipotezinin geçerliliği araştırılmış ve türev ürünlerin vade sonuna yaklaştıkça fiyatlarındaki dalgalanmanın da artacağı yönündeki hipotez doğrulanmıştır. Yani enerji türevlerinin vadesi yaklaştığında, oynaklığında belirgin bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre, enerji gelecek sözleşmelerinin temel özellikleri dikkate alındığında, Geometrik Brownian Süreci yerine Mean Reversion veya Jump Diffusion tekniklerinin kullanılmasının oynaklık tahmininde daha iyi sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre, enerji fiyatlarında aşırı bir artış yayılmaya neden olmaktadır. Bu yayılma etkisiyle fiyatlar ortalamaya dönme eğilimi göstermektedir.

Huang, Masulis, ve Owen tarafından yapılan “Energy Shocks and Financial Markets”, başlıklı çalışmada yazarlar enerji şoklarının finansal piyasalara olan etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla yazarlar NYMEX petrol gelecek sözleşmeleri ile ABD hisse senedi piyasası arasındaki dinamik etkileşimi incelenmişlerdir. Kullandıkları yaklaşım Vector Autoregression (VAR) yöntemidir. Bu yöntem ile Hamilton (1983), Gilbert ve Mork (1984), Mork, Olsen, ile Mysen (1994) Hipotezi olan “...petrol ABD ekonomisinde önemli bir role sahip ise, petrol fiyatları ile hisse senedi fiyatları arasında korelasyon olması beklenmelidir...” test edilmiştir. Bununla birlikte, ikinci olarak da petrol gelecek sözleşmesi piyasalarının etkin olup olmadığı araştırılmıştır. Eğer piyasalar arasında korelasyon varsa, bilgi sürecinde bağımlılık olması beklenmektedir. Yani piyasa rastsal süreç izlemektedir. Bu makalenin ampirik bulgularına göre, petrol gelecek sözleşmesi getirileri ile ABD hisse senetleri piyasası

arasında bir korelasyon bulunmadığı saptanmıştır. Sadece ABD hisse senetleri arasında petrol şirketlerinin getirileri ile petrol gelecek sözleşmeleri arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Buna göre, petrol gelecek sözleşmeleri piyasasındaki bir bilgi, petrol şirketleri ile ilgili yatırımcılara faydalı olmakla birlikte, diğer yatırımcılar ve piyasa yapımcılar için fazla anlamlı bulunmamıştır.

Lin, Chang, McAleer ve Tansuchat tarafından yapılan “Forecasting Volatility and Spillovers in Crude Oil Spot, Forward and Futures Markets” başlıklı çalışmalarında ele aldıkları uluslararası petrol piyasalarında gösterge niteliğine sahip (benchmark) dört önemli piyasa vardır: (1) West Texas Intermediate (WTI), ABD piyasaları için göstergedir, (2) Brent, Kuzey Denizi için göstergesi, (3) Dubai, Ortadoğu ve Uzakdoğu için göstergesi ve (4) Tapis, Asia-Pasifik bölgesi göstergesi. Bu makalede söz konusu petrol piyasaları arasındaki yayılma etkileri ve pozitif-negatif şoklardan doğan asimetrik etkilerin varlığı araştırılmıştır. Söz konusu etkiler özellikle portföy oluşturmada ve risk yönetimi (hedging) stratejileri geliştirmede önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu amaçla yazarlar MGARCH, DCC, Vector Autoregressive Moving Average-GARCH (VARMA)-GARCH ile VARMA-Asymmetric GARCH (VARMA-AGARCH) tekniklerini kullanmışlardır. Bu çalışmada yazarlar uluslararası gösterge niteliğinde olan petrol piyasaları arasında yayılma etkilerinin bulunduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, test edilen ekonometrik yöntemler arasında VARMA-AGARCH tekniğinin en iyi sonucu verdiği yönünde bulguya ulaşmışlardır. Böylece VARMA-AGARCH yöntemi ile petrol piyasalarının göstergeleri arasında asimetrik etkiler bulunduğu ortaya konmuştur.

Lin ve Tamvakis tarafından yapılan “Spillover effects in energy futures markets” başlıklı makalede belirtilen; dünyada petrol piyasasının gelecek işlem sözleşme (futures) borsaları arasında en geniş işlem hacmine sahip ve gösterge niteliğinde olan iki kurum bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla, NYMEX ve London International Petroleum Exchange (IPE)’dir. Bu çalışmada iki piyasa arasındaki yayılma etkileri, bilginin bir piyasadan diğerine iletme hızı ve piyasaların etkinliği araştırılmıştır. Fiziksel olarak birbirinden uzak bile olsa, piyasalar arasındaki yayılmanın etkisinin ve yönünün önem taşıdığı yönünde bir bilgiye ulaşılmıştır. Bu açıdan ABD piyasalarının diğer piyasalara göre daha etkili ve etkileme özelliğine sahip olduğu, bulgu olarak ortaya konmuştur. Bu çalışmada Newyork ve Londra’da

çakışan ve ayrışan işlem saatleri dikkate alınarak günlük getiriler hesaplanmıştır. Veriler 4 Ocak 1994- 30 Haziran 1997 dönemine aittir. Ayrıca gün etkisi bağlamında tatil günleri için “kukla-dummy” değişken kullanılmıştır. Çalışmada hipotez testi için ARCH-GARCH, Bivariate VAR yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada ele alınan dönem için Londra’da alım-satımı yapılan petrole dayalı gelecek işlem sözleşmelerinin Newyork’daki işlem gören sözleşmelerin ortalama getirileri üzerinde yayılma etkisi olduğu saptanmıştır. Ayrıca, iki borsa arasında çift yönlü olarak varyansın yayılma etkilerinin bulunduğu belirlenmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre, Newyork borsasında pazartesi gün etkisi olduğu ortaya konmuştur.

Ying, Zhang, Hsien-Tang ve Yi-Ming tarafından yapılan “Estimating Value at Risk’ of crude oil price and its spillover effect using the GED-GARCH approach”, başlıklı çalışmada yazarlar enerji piyasasındaki yayılma etkilerini risk yönetimi çerçevesinde ele alarak incelenmişlerdir. Bu amaçla, 1987-2006 dönemine ait WTI ve Brent petrol günlük getiri verileri kullanılmıştır. Yöntem olarak Riske Maruz Değer (VaR), GED-GARCH kullanılmıştır. Bu çalışmanın ampirik bulgularından en önemlisi, her iki petrol piyasasında da oynaklık kümelenmesi olduğu ve bunun aynı döneme karşılık geldiğinin belirlenmiş olmasıdır. Bununla birlikte, WTI’daki oynaklık daha fazladır. WTI’daki getirilerde asimetrik etkiler ve kaldıraç etkisi görülmesine rağmen, Brent petrol getirilerinde asimetrik etkiye ve kaldıraç etkisine rastlanmamıştır. Bu etkilerin yayılmadığı konusunda da bir bilgiye ulaşılmıştır. Petrol piyasasında verilerin oynaklığı ve risk hesaplamalarında normal dağılım varsayımının uygun olmadığı yönünde bilgiye ulaşılmıştır. Bu nedenle GED-GARCH ile yapılan tahminlerin klasik VaR’a göre daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Riskin yayılma etkisinin her iki piyasa için de istatistiksel olarak anlamlı çıktığı görülmüştür.

Yue, Yingn, Hsien ve Yi-Ming tarafından yapılan “Spillover effect of US dollar exchange rate on oil prices”, başlıklı çalışmada petrolün ABD doları cinsinden alınıp satılmasının, petrol fiyatlarındaki oynaklığın dolardaki gelişmelere bağlı olduğu hipotezi, istatistiksel yöntemlerle test edilmiştir. Bu çalışmada VAR ve GARCH modelleri yardımıyla üç farklı yayılma etkisi araştırılmıştır. Bunlar, ortalama yayılması, oynaklık yayılması ve risk yayılması etkileridir. Bu amaçla ABD nominal fiyatları ile WTI petrol fiyatları veri olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın

ampirik bulguları önemli konuları içermektedir. Birincisi, petrol fiyatları ile dolar arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu ortaya konmuştur. Bu durum, petrol fiyatlarındaki değişimin en önemli kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, ikinci bulgu petrol fiyatlarında ve dolar fiyatlarında oynaklık kümelenmesi bulunduğu, ancak her iki piyasanın farklı patikalardan yol izlediği belirlenmiştir. Risk yayılım etkisi açısından önemli olan üçüncü bulgu ise, dolardaki risk yayılma etkisinin petrol fiyatları üzerinde kısmi etkiye sahip olduğu yönündedir.

Worthington ve Higgs tarafından yapılan “The Relationship Between Energy Spot And Futures Prices: Evidence From The Australian Electricity Market” başlıklı çalışmada, enerji piyasasındaki yayılma etkileri spot ve gelecek işlem sözleşmelerine dayalı olarak araştırılmıştır. Araştırılan bu konu özellikle risk yönetimi, hedging stratejileri geliştirme ve spekülasyon açısından önemlidir. Bu amaçla Avustralya Elektrik Piyasasına ait 1999-2001 döneminin spot ve vadeli işlemler piyasaları veri olarak alınmıştır. Yöntem olarak ARCH ve GARCH kullanılmıştır. Bu çalışmanın ampirik bulgularına göre, spot ile vadeli işlemler piyasaları arasında fiyat ve oynaklık açısından yayılma etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bunun anlamı, spot fiyatlardan yola çıkılarak gelecek sözleşmelerinin fiyatlarını tahmin etmek mümkün olmaktadır. Verilerde ARCH ve GARCH etkisi olduğu da saptanmıştır. Gelecek işlem piyasalarından spot piyasalara bilgi akışının hızlı ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Bu durum spot piyasaların etkisizliği hakkında bilgi vermektedir.

Enerji piyasası üzerine yapılan çalışmaların sayısında son yıllarda önemli artışlar ortaya çıkmıştır. Bunun ana nedeni, bu alanda veri üretiminin yeni yeni artmaya başlamasıdır. Ancak oynaklıkların yayılma etkilerinin varlığına yönelik olarak farklı piyasalar üzerine çalışmalar vardır. Bu konuda en önemli çalışma bu çalışmada da kullanılacak yaklaşımlara ilişkin literatürü başlatan Engle’a aittir.

Engle, Gallo ve Velucchi tarafından yapılan “A MEM-based Analysis of Volatility Spillovers in East Asian Financial Markets” başlıklı çalışmada yazarlar Hong Kong, Endonezya, Güney Kore, Malezya, Filipinler, Singapur, Tayland ve Tayvan’dan oluşan sekiz doğu Asya piyasasının 1995–2006 dönemine ait günlük getiri verilerini kullanarak piyasalar arasındaki oynaklığın yayılma etkisini araştırmışlardır. Özellikle 1997-1998 yıllarında yaşanan kriz dönemine önem

verilerek bu dönemdeki piyasalar arası oynaklık yayılmasının aktarım mekanizması üzerinde durulmuştur. Bu çalışmanın uygulama kısmında Çarpımsal Artan Hata Modeli (MEM- Multiplicative Error Model) ile VAR Modeli, Etki Tepki Fonksiyonları yöntem olarak kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen ampirik bulgulara göre, piyasalar arasında oynaklığın yayılma etkisinin olduğu ve piyasaların birbirinden bağımsız hareket etmediği sonucuna ulaşılmıştır. Krizden en çok etkilenen piyasasının Hong Kong olduğu, Tayvan'ın ise diğer sekiz piyasa ile kıyaslandığında en az etkilenen piyasaya sahip olduğu belirlenmiştir.

Müller, Dacorogna, Dav'e, Olsen ve Ward tarafından yapılan "Fractals and Intrinsic Time – A Challenge To Econometricians" başlıklı çalışmada Avrupa Birliği Para Sistemi (EMU) için döviz kurlarının parçalı (fractional) yapısı incelenmiştir. Piyasalardaki oynaklığın etkisiyle heterojen bir yapı ortaya çıktığı belirtilerek mevsimsel özellikler ayrıştırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, döviz kurlarının farklı piyasalardaki oynaklık yayılmasında "ısı dalgası-heat wave" ya da "meteor yağmuru-meteor shower" özelliği gösterip göstermediği araştırılmıştır. Kullanılan yöntem ARCH ve GARCH modelleridir. Bu çalışmada yapılan ampirik uygulamalar sonucunda yüksek frekanslı zaman serilerinden oluşan döviz kurlarında parçalı özelliğin varlığı saptanmıştır. Döviz piyasalarında işlem yapılırken, traderlar için strateji geliştirmede işlem zamanının önemli olduğu ortaya konmuştur. Çünkü döviz piyasalarında farklı saat dilimlerinde işlem yapıldığından, ısı dalgası hipotezinin geçerliliği ileri sürülmektedir. Ayrıca, işlem yapan yatırımcıların farklı özelliklerinin olması da heterojen piyasa yapısının oluşmasına yol açmaktadır. Etkin piyasalar hipotezi kabul edilememesine rağmen, kesin olarak da reddedilememiştir. Her piyasanın kendisine özgü konumu, zamanlaması ve kurumsal kısıtları olabileceğine dikkat çekilmiştir.

Fang, Lim, ve Lin tarafından yapılan "Volatility Transmissions between Stock and Bond Markets: Evidence from Japan and the U.S." başlıklı çalışmada ABD ile Japonya'daki hisse senedi ve bono piyasaları arasındaki oynaklığın yayılma etkileri 1988-2004 dönemine ait veriler yardımıyla analiz edilmiştir. Bu makalede GARCH-BEKK modeli yöntem olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada ampirik uygulama sonucunda ABD ile Japonya hisse senedi ve bono piyasalarının finansal zaman serilerinde sık karşılaşılan heterojen özelliği saptanmıştır. Oynaklık yayılması

açısından ise hisse senedi ile bono piyasalarında farklı bulgular olduğu ortaya konmuştur. ABD ile Japonya hisse senedi piyasaları arasında yayılma etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmasına rağmen, bono piyasaları açısından bakıldığında, ABD ile Japonya arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

McAleer ve Veiga tarafından yapılan “Spillover Effects in Forecasting Volatility and VaR” başlıklı çalışmada finansal piyasalarda riskin bir göstergesi olan oynaklığın yayılması üzerinde durulmuştur. Bu amaçla dört uluslararası piyasa günlük verileri kullanılmıştır. Bunlar; S&P500 (USA), FTSE100 (UK), CAC40 (France), and SMI (Switzerland)’dır.Yöntem olarak M-GARCH, VARMA-GARCH, DCC-GARCH, CCC-GARCH ile PS-GARCH modelleri kullanılmıştır. Bu çalışmada elde edilen ampirik bulgulara göre, finansal piyasalarda ve özellikle bankalar için riskin önemli bir göstergesi olan oynaklığın doğru tahmin edilmesi ve yayılma etkilerinin bilinmesinin önemli olduğu vurgulanmaktadır. Piyasalar arasında oynaklığın yayılmasından dolayı kullanılan risk yönetim tekniklerinin riskten korunmada yeterli olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

FİNANSAL RİSKLERİN TAHMİNİNE YÖNELİK

EKONOMETRİK YÖNTEMLER

Küreselleşmenin dünya finansal piyasaları üzerindeki en önemli etkisi bir piyasadaki bilginin diğer bir piyasaya yayılmasıdır. Böylece ortaya çıkan şoklara karşı piyasaların tepkisi birlikte olmaktadır. Bu durum piyasalar arasındaki ilişkinin tanımlanması konusunda bir zorunluluk ortaya çıkarmıştır.

Literatürde finansal piyasalar arasındaki ilişkinin tanımlanmasında “karşılıklı bağımlılık-interdependence” ve “bulaşma etkisi-contagion” kavramları kullanılmaktadır. Ancak bu iki kavram arasındaki fark analizlerde önemli olmaktadır. Karşılıklı bağımlılık kavramı, iki varlık veya iki piyasaya yönelik her türlü ilişkiyi tanımlamaktadır. Teknik olarak ise, söz konusu piyasalardaki değişkenler arasındaki ortalama ve varyanstaki ilişkilerin var olmasını ifade etmektedir. İkinci kavram olan bulaşma etkisi konusunda literatürde ortak bir tanım yapılmamıştır. Bu konuda üzerinde uzlaşılan açıklama, bulaşma etkisinin bir kriz ve/veya finansal piyasalarda yaşanan bir şokun sonucunda piyasaların göstergeleri arasındaki karşılıklı ilişkinin (cross-correlations) artmasıdır. Bundan dolayı, yayılma mekanizmasının analizi söz konusu ilişkinin tespit edilmesi olmaktadır. Bu ilişkinin ortaya çıkmasına yol açan etkiler para politikası, optimum kaynak dağılımına yönelik uygulamalar, piyasa karar vericilerinin risk algısı ve iştahı, sermaye ve fon talebi ve finansal piyasalardaki araçların değerlemesine yönelik tercihlerdir. Genel olarak finansal piyasaların göstergelerinin yüksek frekanslı olmasından dolayı piyasalar arasındaki yayılma etkileri varyansa bağlı olarak analiz edilmektedir. Literatürde genel olarak bu temelde bir gelişimi göstermiştir.

Çalışmanın bu kısmında söz konusu literatürün temeli olan ARCH ve GARCH yaklaşımları ile bu çalışmada kullanılan çok değişkenli ARCH ve GARCH yaklaşımları açıklanmıştır. Buna bağlı olarak da literatürdeki temel bulgulara, kavramlara ve bu yaklaşımlara ilişkin karakteristik özelliklere yer verilmiştir.

3.1. KENDİYLE BAĞLAŞIMLI KOŞULLU DEĞİŞEN VARYANS MODELLEMESİ: ARCH AİLESİ

Engle 1982 yılında yayınladığı makalesinde varyansın zamana göre değişiminin sonuçlarını göstermektedir. Engle koşullu varyansı makalesinde; bir regresyonun hata terimlerine ait değerlerin geçmiş değerlerinin karelerinin bir fonksiyonu olarak ifade etmiş ve bu iki değişken arasındaki ilişki olarak tanımlamıştır. Engle hata terimlerinin ARCH süreci özelliği göstermesi durumunda, klasik en küçük kareler yönteminin optimal sonuç vermekle birlikte, maksimum olabilirlik tahmincilerinin daha etkin olacağını göstermiştir⁸⁰. Buna göre bir regresyon denkleminde değişen varyansın olmasının tespiti elde edilen tahminlerin güvenilirliği göstermektedir. Engle bu amaçla değişen varyansın varlığının tespitine yönelik olarak ARCH LM (ARCH Langrange Multiplier) testini önermektedir⁸¹. Engle'in söz konusu yaklaşımı Bollerslev (1986) tarafından geliştirilerek “Kendiyle Bağlaşimli Koşullu Değişen Varyans” teknikleri ile ilgili geniş bir literatür ortaya çıkmıştır. Söz konusu literatürün anlaşılması için literatüre kaynaklık eden çalışmalara dayalı yöntemlerin tanıtılması bu çalışmada incelenen finansal ilişkilerin analizi için önemli olmaktadır. Çünkü en karmaşık yeni bir yaklaşım bile temelde ARCH ve GARCH tekniklerine dayanmaktadır. ARCH ve GARCH yaklaşımları finans ve finansal değişkenler arasındaki ilişkilerin analizine yönelik yeni yöntem ve yaklaşımların geliştirilmesine yol açmaktadır. Bununla birlikte literatürde ortaya atılan teorik yaklaşımların ampirik olarak test edilmesini sağlamaktadır. Bu yöntem ve tekniklerin kullanılması sonucu elde edilen bulgular, para teorisinin öngördüğü ilişkiler ile finans teorisinin öngördüğü finansal değişkenler arasındaki ilişkilerin yeniden tanımlanması konusunda bilgi vermektedir.

⁸⁰ Robert F.Engle, , “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with estimates of the variance of UK inflation “, *Econometrica*, cilt:50,1982, s. 987.

⁸¹ Engle, 1982, s. 987.

Zaman serisi analizlerinde kullanılan değişkenlerin vektörel olarak koşullu ortalaması modellenmektedir. Bu koşullu ortalamalara dayalı analizler, regresyon analizi olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle; t dönemindeki bir stokastik vektör olan y_t , x_t 'nin gözlemlendiğini varsayalım. Bu vektörde y_t bağımlı etkilenen değişkendir. x_t ise, y_t 'nin gecikmelerini de kapsayan değişkenler vektörünü ifade etmektedir. y_t 'nin x_t 'ye bağlı tahmin edildiğini varsayalım. Buna göre;

$$y_t = E y_t | x_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Yukarıdaki eşitlikte belirtilen $E y_t | x_t$, y_t 'nin x_t 'ye göre koşullu ortalamasını göstermektedir. Bu eşitlikten elde edilecek tahminlerin en iyi tahminci özelliği göstermesi için $E \varepsilon_t | x_t = E(\varepsilon_t) = 0$ olması gereklidir. Bu koşul altında hata terimleri geçmiş değerleriyle ilişkisiz olmaktadır. Yani ele alınan zaman aralığında belirli bir gecikmeye göre ($t \neq s$) için $E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0$ olmaktadır⁸².

Engle (1982) ARCH modelleri ile ilgili varsayım olarak; koşulsuz varyans sabit olduğunda, koşullu varyansın zamana bağlı olduğu durumlar için koşullu varyansın hata terimlerinin karelerinin bir fonksiyonu olarak (koşullu varyansın) tahmin edilebileceğini ileri sürmektedir. Bu açıdan hata terimi (ε_t) aşağıdaki gibi tanımlamaktadır:

$$\varepsilon_t = v_t \sqrt{h_t} \quad (3)$$

(v_t) $\approx iid$ 0,1 olup, ardışık rastsal değişkenlerden oluştuğu varsayılmaktadır. h_t ise;

$$h_t = Var(\varepsilon_t | \psi_t) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-j}^2 \quad (4)$$

elde edilmektedir.

$$\varepsilon_t | \psi_t \approx N(0, h_t)$$

$$\varepsilon_t = y_t - E y_t | x_t$$

⁸²Burada önemli olan nokta, hata terimi ile ilgili yapılan varsayımdır. Şöyle ki; $E\{y_t | x_t\}$ için parametreler tahmin edilirken, hata terimi ε_t 'nin koşulsuz varyansının sabit olduğu ya da bilinmeyen bir şekilde zamana bağlı olduğu varsayımı yapılmaktadır.

biçiminde ifade edilirken $\alpha_0 > 0$, $0 \leq \alpha_j \leq 1$ parametrelerine ilişkin sınırlamalar konulmaktadır. Burada ψ_t de t dönemindeki mevcut olan bilgileri ifade etmektedir.

Söz konusu kısıtlamalar altında $h_t = Var(\varepsilon_t | \psi_t) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_t^2$ eşitliği, Engle tarafından (q) dereceden bir ARCH belirtilmektedir. Engle bu sürecin zayıf durağan olması durumuna bağlı olarak süreci "düzenli" olarak ifade etmektedir⁸³.

Engle bir ARCH sürecinin durağanlığı ile birlikte düzenli olma koşulunu

$h_t = Var(\varepsilon_t | \psi_t) = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_t^2$ eşitliğindeki $\alpha_0 > 0$, $0 \leq \alpha_j \leq 1$ parametrelerine ait

kısıtlamalara bağlamaktadır. Eğer parametrelere ait kısıtlamalar geçerliyse eşitliğin tüm kökleri birim çemberin dışındadır. Bu durumda süreçte zayıf durağandır⁸⁴. Bunun anlamı koşulsuz varyansın beklenen değerinin sonlu bir değer sahip olmasıdır. Başka bir ifadeyle;

$$E(\varepsilon^2) = \frac{\alpha_0}{1 - \sum_{j=1}^q \alpha_j} \text{ dir.}$$

Yukarıdaki açıklamalara göre $\alpha_1 < 1$ koşulu zayıf durağanlık için yeterli ve gerekli bir koşuldur⁸⁵.

3.1.1. GARCH Modelleri

ARCH yaklaşımı özellikle yüksek frekanslı zaman serilerinin analizinde önemli kolaylıklar sağlamıştır. Ancak tahminleme aşamasında yüksek sayıda parametre hesaplaması gerekli olmuştur. Daha yüksek sayıda gecikme değerinin alınmasına karşı, Bollerslev (1986) tarafından geliştirilen yaklaşım önemli kolaylık sağlamıştır. Bu yeni yöntemin bu çalışma açısından önemi ise, şokların kalıcılığının veya süresinin hesaplanmasına imkan vermesidir. Bollerslev (1986) yaklaşımında ARCH sürecine koşullu varyansın gecikmeli değerini eklemiştir. Buna göre;

⁸³ Engle, 1982, s. 931.

⁸⁴ $3\alpha_j^2 < 1$ ise, ikinci ve üçüncü momentlere göre de süreç durağandır.

⁸⁵ Walter Enders, "A Model of WTI", **Applied Econometric Time Series**, New York, John Wiley and Sons Inc., 1995, ss. 107.117. <http://public.econ.duke.edu/~boller/Econ.350/Enders> (18.04.2013).

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^q \alpha_j \varepsilon_{t-1}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-1}$$

iken süreç bir ARCH sürecidir. $\alpha_0 > 0$, $\alpha_j + \beta_i < 1$ koşulu altında eşitliğin tüm kökleri birim çemberin dışındadır. Bu açıdan süreç durağandır.

GARCH yaklaşımı için, ARCH süreci için kolaylıkla kullanılabilen tahminleme süreci oldukça karmaşıktır. Bu nedenle Bollerslev (1986) GARCH tahminlemesinde BHHH⁸⁶ algoritmasını önermektedir. BHHH algoritması asimptotik kovaryans matrisi katsayılarının tutarlı olmasını sağlamaktadır. Bollerslev bu algoritmanın kullanımını daha sonra çok değişkenli GARCH yaklaşımların geliştirilmesine yaptığı katkıda da önermiştir⁸⁷. Yukarıda açıklanan ARCH ve GARCH yaklaşımlarına dayalı yeni yaklaşımlar geliştirilmiş ve geliştirilmektedir. Bu yaklaşımlar özellikle finans alanındaki teorik yaklaşımların test edilmesinde önemli araçlar olmuştur. Bu yaklaşımlar Finans alanındaki ampirik katkılar sonucunda yeni teorik yaklaşımların geliştirilmesine ve teorilerde değişmeye yol açmıştır.

ARCH-M ve GARCH-M modelleri, oynaklığın koşullu ortalama üzerindeki etkisinin analizinde önemli bir araçtır⁸⁸. Bu yaklaşımlarda koşullu varyans, veya koşullu standart sapma değerleri koşullu ortalama da açıklayıcı bir değişken olarak yer almaktadır⁸⁹. Bu yaklaşımın finans teorisi açısından önemi riskin ortalama getiriler üzerindeki etkisinin analizine imkan vermesidir. Bununla birlikte, herhangi bir şokun risk düzeyinde yapmış olduğu etkinin getiriler üzerindeki etkisi de bu yaklaşımla analiz edilebilmektedir. Engle, Lilien ve Robins (1987)'in çalışmasında cari dönemdeki tüm bilgilerin koşullu varyans eşitliğinde değişken olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu açıdan başka değişkenlerin risk düzeyi üzerindeki etkisine bağlı olarak getiriler üzerindeki etkileri analiz edilebilir hale gelmiştir.

⁸⁶ Ernst R. Berndt, Hall, Robert ve Hausman, Jerry, "Estimation and inference in nonlinear structural models", **Annals of Economic and Social Measurement**, 1974, 3, ss.653-654, <http://elsa.berkeley.edu/~bhall/papers/BerndtHallHausman74.pdf> (18.04.2013).

⁸⁷ Tim Bollerslev, "Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model", **Review of Economics and Statistics**, 1990, 72, ss. 498-505, http://public.econ.duke.edu/~boller/Published_Papers/restat_90.pdf (18.04.2013).

⁸⁸ Christian Gouriéroux, **ARCH models and financial applications**, Springer (New York), 1997, ss. 101-120.

⁸⁹ Robert F. Engle, David M. Lilien ve Russell P. Robins, "Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The Arch-M Model", **Econometrica**, Cilt: 55, Sayı: 2, ss. 391-400, 1987.

Bir ARCH veya GARCH sürecinde durağanlık koşulu için gerekli olan gecikmelerin polinom köklerin birim çemberin dışında kalma durumu yerine, birim çemberin üzerinde kalması söz konusu olabilir. Bu durumda literatürde bu özelliğe sahip olan süreçlerin tahmini için IGARCH yaklaşımını en uygun model olarak kullanılmaktadır⁹⁰. ARCH ve GARCH yaklaşımlarında koşullu varyansın pozitiflik koşulu her zaman sağlanamaya bilmektedir. Böyle durumlarda literatürde GARCH modellerinde pozitif ağırlıklar kullanılmasına bağlı olarak sorunun ortaya çıkması engellenebilmektedir. Genel olarak bu yaklaşımların uygulanmasında negatif ve pozitif şokların etkileri dikkate alınmadığı için varyansın negatif olma durumu ile karşılaşılabilir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, GARCH yaklaşımlarında oynaklığın şoklara karşı simetrik tepki verdiği varsayımı kabul edilmektedir⁹¹. Bu varsayımın geçerli olmasına bağlı olarak ortaya çıkabilecek sonuçlara karşı; asimetrik etkileri dikkate alan yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan birisi EGARCH diğeri de GJR GARCH yaklaşımlarıdır.

GARCH yaklaşımında koşullu varyansı etkileyen temel unsur, hataların geçmiş dönemdeki karelerinin büyüklüğüdür. Bu yaklaşımda işaretlerin etkisi dikkate alınmadığından dolayı, GARCH parametrelerinde negatif olma durumu ortaya çıkabilmektedir.

3.1.1.1. Oynaklıkta Asimetrik Etkilerin Tahmini: EGARCH

Nelson 1991 yılında negatif ve pozitif şokların işaretlerini dikkate alan ve bu etkilerin parametreler üzerindeki etkisini ortaya koyan EGARCH yaklaşımını geliştirmiştir. Böylece ARCH etkisini ya da α parametresinin üzerinde doğrusal bir azalmaya yol açabilecek etki veya yapıya bağlı olarak ortaya çıkabilecek varyans parametresini negatif olma durumunu engellemiştir⁹². EGARCH yaklaşımı;

$$\log h_t = w + \alpha_i \sum_{i=1}^p \varepsilon_{t-i}^2 + \beta_j \sum_{j=1}^q \log h_{t-j} + \gamma_1 \left(\frac{\varepsilon_{t-k}}{h_{t-k}} \right) + \gamma_2 \left(\left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{h_{t-i}} \right| - E \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{h_{t-i}} \right| \right)$$

⁹⁰ Gouriéroux, 1997, ss. 120-125.

⁹¹ Daniel B. Nelson, "Conditional heteroscedasticity in asset returns: a new approach", *Econometrica*, 1991, 59 (2), ss. 347-348.

⁹² Nelson, 1991, s. 349.

$\beta_k \equiv 1$ denklemine dayalı olarak geliştirilmiştir. Bu denklemde $g_{z_t} = \ln|z_t|^\beta$ ve $\beta > 0$ biçiminde tanımlanmaktadır. Bundan dolayı GARCH yaklaşımı log GARCH olarak ifade edilmektedir. g_{z_t} fonksiyonunun z_t 'nin büyüklüğüne ve işaretine bağlı olarak tanımlanmaktadır. Böylece σ^2 'nin momentleri g_{z_t} 'ye bağlı olarak z_t ve $|z_t|$ 'nin doğrusal bileşeni olmaktadır. Bu ilişkide işaret etkisi artıkların sıfırdan küçük olmasını ifade ederken, artıkların mutlak değerleri büyüklük etkisini göstermektedir. Bundan dolayı g_{z_t} fonksiyonu iki etkiyi de içerecek biçimde tanımlanmıştır. Nelson yaklaşımında büyüklük etkisini gerçekleştiren ve beklenen şoklara göre de ayırtmış ve şok fonksiyonu olarak g_{z_t} 'yi şokları ifade eden bir fonksiyon olarak analizin içine dahil etmiştir. Bu açıdan Nelson g_{z_t} fonksiyonunu

$g_{z_t} = \gamma_1 z_t + \gamma_2 |z_t| - E|z_t|$ biçiminde tanımlanmaktadır. Bu tanımlamada $|z_t|$ gerçekleştiren, $E|z_t|$ ise beklenen durumları ifade etmektedir. γ_1 parametresi olumlu veya olumsuz haber etkisinin parametresidir. Buna karşılık γ_2 ise, beklenen ve gerçekleştiren şokların oynaklık üzerindeki büyüklük etkisini veren parametredir⁹³. Nelson'un yaklaşımı, farklı şekillerde ve farklı eşitlikler biçiminde ifade edilebilmektedir. Bunun ana nedeni, bu yaklaşımların tahminine yönelik olarak kullanılan paket programların farklılığıdır. Bu çerçevede bu çalışmada kullanılan paket programa bağlı olarak Nelson'un yaklaşımına dayalı olarak tahmin edilen parametrelerin temel eşitliği aşağıda belirtilmiştir⁹⁴.

$$\ln h_t = w \left(1 - \sum_{j=1}^q \beta_j \right) + 1 - \sum_{i=1}^p \alpha_i L \left[\gamma_1 \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sqrt{h_{t-j}}} \right| + \gamma_2 \left(\left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sqrt{h_{t-j}}} \right| - E \left| \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sqrt{h_{t-j}}} \right| \right) \right] \quad (5)$$

Bu denklemde γ_1 ve γ_2 , sırasıyla işaret ve büyüklük etkilerini göstermektedir. Denklemden de görüldüğü gibi, söz konusu parametreler (γ_1 ve γ_2), α_i parametresi ile yani, şokun parametresi ile ilişkili olup, şokların kalıcılığı üzerinde bir etkisi yoktur. Bu denklemde $\varepsilon_{t-i} < 0$ olması negatif haberleri ve $\varepsilon_{t-i} > 0$ olması ise pozitif

⁹³ Nelson, 1991, s. 351.

⁹⁴ Xekalaki Evdokia , Stavros Degiannakis, **ARCH Models for Financial Applications**, Wiley Publications, 2010, s.56.

haberleri ifade etmektedir. γ_1 parametresinin negatif olması, ele alınan zaman aralığında negatif şokların pozitif şoklara göre oynaklık üzerinde daha etkili olduğunu ve bu negatif şokların oynaklığın oynaklığı artırdığını ifade etmektedir. Bununla birlikte, pozitif şokların oynaklığı azlattığını göstermektedir. γ_2 parametresi ise, gerçekleşen şoklar ile beklenen şokların etkisini gösteren şokların büyüklük etkisidir. Beklenti operatörünün içindeki değer beklenen etkiyi veya durumları göstermektedir. Eğer beklentiler gerçekleşen durumlardan büyük ise, oynaklıklar azalır. Ters durumda ise oynaklıklar artar. Ele alınan zaman aralıklarında γ_2 parametresi pozitif ise, bu durum söz konusu zaman aralıklarında gerçekleşen durumların oynaklıklar üzerinde beklenen durumlara göre daha etkili olduğunu gösterir. Ters durumda ise, beklenen durumlar oynaklık üzerinde daha etkilidir.

Bu açıdan anlaşılmaktadır ki; şokların işaret etkisi ve büyüklük etkisi şokların büyüklüğünü etkilemektedir. Böylece finansal piyasalarda iyi veya kötü haber olarak adlandırılacak etkiler ayrıştırılabilmektedir. EGARCH yaklaşımının finans teorisi açısından en önemli katkısı, hisse senedi piyasalarında kaldıraç etkisinin analiz edilmesine imkan sağlamasıdır. Bundan dolayı da kaldıraç etkisinin analizinde en temel araçlardan birisi olmuştur.

Kaldıraç etkisi, genel olarak firmaların borçlar/aktifler oranına karşılık gelmektedir. Hisse senedi piyasalarında firmaların hisselerinin değer kazanması, aktiflerinin değer kazanması anlamına geldiğinden dolayı, borçlar/aktifler oranı düşmektedir. Böyle durumlarda firmaların net değeri arttığı gibi, yeni borçlanma imkanları da ortaya çıkmaktadır. Ekonomide ortaya çıkan pozitif ve negatif şoklar firmaların aktifine yapmış olduğu söz konusu etkilere bağlı sonuçlara dayalı olarak kaldıraç oranını da belirlemektedir. Bununla birlikte, söz konusu kaldıraç etkisi piyasalardaki asimetrik etkilere dayanması çerçevesinde, yeni yaklaşımların geliştirilmesine devam edilmiştir. Nelson yaklaşımı negatif ve pozitif şokları etkisini gösterirken, bu şokların hangi noktada oynaklıkta bir eşik oluşturduğunu göstermemektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, Nelson yaklaşımı piyasalara gelen haberlerin etkisinin analizinde önemli bir teknik olmuştur. Böylece finansal araçların oynaklığının fiyatlardaki değişmeye verdiği tepkinin asimetrik olup

olmadığının da analizi mümkün olmuştur⁹⁵. İyi haber ve kötü haberlerin etkisinin asimetrik olduğunun ortaya konmasına karşın ortaya çıkardığı etkilerin büyüklüğü için bir parametre ortaya konmamıştır. Bu eksiklik TGARCH (Threshold GARCH) ile GJR GARCH yaklaşımıyla giderilmiştir. Bu yaklaşımda pozitif şokların etkisi, negatif şokların etkisine göre daha büyüktür. Burada tahmin edilen bir eşik değere göre, haberlerin ve şokların etkisi arasındaki farklılık ortaya konmaktadır⁹⁶.

3.1.1.2. Oynaklıkta Asimetrik Etkilerin Tahmini: GJR GARCH

EGARCH yaklaşımı, risk ve getiri arasındaki ilişkinin analizinde yetersiz kalmaktadır. Bu yaklaşım, daha çok risk üzerindeki etki üzerinde durmaktadır. Glosten, Jagannathan ve Runkle (1993) tarafından geliştirilen GJR GARCH yaklaşımı, asimetrik durumların doğrudan oynaklık üzerindeki etkisini dikkate almamaktadır⁹⁷. GJR GARCH yaklaşımı özellikle oynaklık üzerinde negatif mi yoksa pozitif şokun mu etkisinin olduğunun analizine imkan sağlamaktadır. Genel olarak, GJR GARCH eşitliği aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$h_t = w + \alpha_1 \sum_{i=1}^p \varepsilon_{t-i} + \gamma_1 d_{\varepsilon_{t-i} < 0} \varepsilon_{t-i}^2 + \beta_1 \sum_{j=1}^q h_{t-j} \quad (6)$$

Bu eşitlikte $d_{\varepsilon_{t-i} < 0} = 1$ ile $d_{\varepsilon_{t-i} > 0} = 0$ 'dir. İlk durum negatif haberleri, ikinci durum ise pozitif haberleri ifade etmektedir. Bu yaklaşımda pozitif haberlerin oynaklık üzerindeki etkisinden daha çok negatif haberlerin etkisi dikkate alınmıştır. Burada $\gamma_1 < 0$ ise, negatif şoklar oynaklığı artırır. Bu yaklaşımda kukla değişken sayısı artırılarak söz konusu etkiler ayrıştırılabilmektedir⁹⁸.

GJR GARCH yaklaşımıyla geçmişteki pozitif şokların bugün ki oynaklıklar üzerindeki etkisi ortaya konabilmektedir. Eğer yukarıda tahmin edilen γ parametresi, istatistiki olarak sıfır olarak bulunursa (H_0 boş hipotez red edilemez ise), şoklar

⁹⁵ Daniel B. Nelson, "Conditional Heteroscedasticity in Asset Returns: A New Approach", **Econometrica**, Cilt:59 (2), 1991, ss. 347-348.

⁹⁶ Enders Walter, **Applied Econometric Time Series**, New York, John Wiley and Sons Inc. 2004, ss. 102-105.

⁹⁷ Glosten, L. R., R. Jagannathan and D. E. Runkle, On the Relationship Between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Returns on Stocks, **Journal of Finance**, Cilt:48, 1993, ss.1779-1801.

⁹⁸ Luc Bauwens, Christian Hafner and Sebastian Laurent, **Handbook of Volatility Models and Their Application**, Wiley Publications, 2012, s 7.

simetrik olmaktadır. Eğer söz konusu parametrenin işareti negatif ise, bu durumda pozitif şoklar, bugün ki oynaklığı azaltmaktadır. Bu azaltmanın şiddetini γ parametresinin tahmin edilen değeri belirlemektedir. Bu açıklamalara göre γ parametresinin pozitif çıkması durumunda bugünkü oynaklık artırıcı etkisi olmaktadır. Böylece oynaklıklar üzerinde pozitif ve negatif etkiler ayrıştırılmış olmaktadır⁹⁹. Eğer negatif şoklar pozitif şoklara göre daha etkili ise, haber etki eğrisinin (news impact curve) sol tarafı dikleşmektedir. Tersisi durumda da sağ tarafı dikleşmektedir¹⁰⁰.

ARCH ve GARCH yöntemine ilişkin literatürde çok sayıda yaklaşımlar geliştirilmeye devam etmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi, bu yaklaşımlar temelde ARCH ve GARCH eşitliklerine dayalıdır.

3.2. ÇOK DEĞİŞKENLİ OYNAKLIK TAHMİN YAKLAŞIMLARI

Çok değişkenli GARCH modellerinin önem kazanmasına yol açan temel faktör küreselleşme sürecinde finansal piyasalar arasındaki ilişkilerin artmış olmasıdır. Küreselleşme finansal piyasaların göstergeleri arasındaki ilişkilerin analizini, piyasalar arasında risklerin geçişgenliğini, aktarılmasını, şokların yayılması ve optimal portföy yapılarının oluşturulmasına yönelik algıların bütünüdür. Burada bir piyasanın oynaklığının diğer piyasalar üzerindeki etkisinin analizini, bir finansal aracın fiyatındaki değişimin başka finansal aracın fiyatı üzerindeki etkisinin öngörülmesini sağlayacak araçlara gereksinimi arttırmaktadır. Ayrıca şokların piyasalar arasında etkisinin ayrıştırılması, şoklardan sonra finansal araçların göstergeleri arasındaki ilişkinin değişimi, bu değişimlerin zamana göre farklılık gösterip göstermediği çok değişkenli oynaklık yaklaşımlarının önem kazanmasına yol açmıştır. Bununla birlikte, zamana göre değişken ve çok değişkenli riskten korunmaya yönelik araçlara yönelik talep artışı, bu unsurları dikkate alan risk yönetim stratejilerinin geliştirilmesine neden olarak çok değişkenli GARCH yaklaşımlarının kullanımını artırmıştır.

⁹⁹ Ravindran Ramasamy and Shanmugam Munisamy, " Predictive Accuracy of GARCH, GJR and EGARCH Models Select Exchange Rates Application", Global Journal of Management and Business Research, Cilt:12 , Sayı:15, 2012, Online ISSN: 2249-4588 & Print ISSN: 0975-5853, ss.89-99.

¹⁰⁰ Luc Bauwens, Christian Hafner and Sebastian Laurent, Handbook of Volatility Models and Their Application, Wiley Publications, 2012, ss. 7-8.

Çok değişkenli GARCH modelleri ilk olarak Bollerslev, Engle ve Wooldrige (1988) tarafından tek değişkenli ARCH-GARCH modellerinin çok değişkenli modeller olarak genişletilmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu yazarların geliştirdikleri model VEC yaklaşımına dayalıdır. Bu yaklaşımdan sonra Baba, Engle, Kraft ve Kroner'in ortak çalışması ve Engle ve Kroner'in (1993) katkısıyla birlikte –koşullu varyans matrisinin pozitif tanımlı olmasının garantilendiği- BEKK yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşımı Bollerslev (1990), koşullu korelasyonların sabit olduğu durumlarda, tahmin edilecek parametre sayısının oldukça azaldığı cimri modeller olarak tanımlanan ve tahmin süreci oldukça basit olan CCC (constant conditional correlations) yaklaşımı izlemiştir. Bu yaklaşım Tse ve Tsui (2000) ve Engle (2001) tarafından koşullu korelasyonların dinamik olduğu durumlar için genişletilmiş olup, DCC (dynamic conditional correlations) yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Bu literatürde VEC ve BEKK koşullu varyansların yanı sıra koşullu kovaryansların, CCC ve DCC yaklaşımlarıyla koşullu varyanslarla birlikte koşullu korelasyonlar da tanımlanmıştır. Çok değişkenli GARCH modellerini tek değişkenli modellerden ayıran en önemli faktör, yüksek sayıda parametrelerin hesaplanmasının gerekmesidir. Bu açıdan bu yaklaşımların açıklanması için vektör ve matrislere dayalı açıklamalar yapmak gerekmektedir. Konun anlaşılması için, N değişkenli bir GARCH eşitliğinin $N \times 1$ boyutunda bir matris olarak yazılması durumunda aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

$$\begin{aligned} y_t &= \mu + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t | \mathcal{H}_t &\approx N(0, H_t) \end{aligned} \quad (5)$$

Olarak ifade edilir. Bu eşitlikte y_t $N \times 1$ boyutlu açıklanan değişkenler vektörünü, μ , $N \times 1$ boyutlu ortalama eşitliklerin (mean equations) vektörünü, ε_t , $N \times 1$ boyutlu sistemin dışından belirlenen ve şoklar vektörüdür. Bu eşitlik tek değişkenli olarak ARMA veya zayıf dışsal değişkenler de içeren VARMA veya bu yaklaşımlara benzer çok değişkenli analiz araçlarının kullanılmasıyla tahmin edilebilir. Bu tahmin yönetiminde ortalama eşitlikler ile koşullu varyansın tanımı aynıdır. Koşullu varyansın tahmini sürecinde konulan kısıtlamalar nedeniyle farklılık ortaya çıkmaktadır. Bu kısıtlamalar hem varyansın pozitif olma koşulunu hem de az parametrenin hesaplanmasını sağlamak amaçlı kullanılmaktadır.

3.2.1. Bollerslev, Engle ve Wooldridge VECH Yaklaşımı

Bu yaklaşımda Bollerslev, Engle ve Wooldridge (1988), dışsal etkiler olmadığı varsayımı altında, koşullu varyansın tahminine yönelik bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım temelde aşağıdaki eşitliğe dayalıdır. Bu eşitlikte N değişken sayısına bağlı olarak $A, \frac{1}{2}N(N+1) \times 1$ boyutunda sabit parametrelerin yer aldığı vektördür.

$$vech H_t = A + \sum_{i=1}^p B_i vech H_{t-i} + \sum_{j=1}^q C_j vech \varepsilon_{t-j} \varepsilon'_{t-j} \quad (6)$$

$B_i, i=1,2,\dots,p$ ve $C_j, j=1,2,\dots,q$, katsayılar matrisi olup $\frac{1}{2}N(N+1) \times \frac{1}{2}N(N+1)$ kadar hesaplanması gerekli katsayıların yer aldığı vektörleri göstermektedir. $Vech(\cdot)$, simetrik bir $N \times N$ boyutlu matrisin sütunlarının alt üçgensel bölgede kalan kısımlarını, $\frac{1}{2}N(N+1) \times 1$ boyutlu bir vektör oluşturacak şekilde alt alta dizen işlemcidir. Birden fazla değişken arasındaki oynaklık yayılmasının analizini sağlayan yaklaşımlar genel olarak aşırı parametre sorununu ortaya çıkartmakta ve varyansın pozitif olma koşulunun gerçekleşmesini de engelleyen önemli bir sorun olmaktadır. Bu konuda gelişen yaklaşımlar da bu sorunu ortadan kaldırmaya yönelik olmaktadır. Bu tekniklerin kullanılması durumunda değişkenlerin gecikme sayıları da dikkate alınırsa önemli asimptotik etkinlik sorunlarıyla karşılaşılabilir. İki değişken arasındaki oynaklık yayılımına yönelik tahmin parametreleri aşağıdaki matris sisteminin çözümüyle elde edilmektedir. Burada gecikme sayısı aşırı parametre hesaplanması ve gösterimini gerekli kıldığından dolayı 1 olarak alınmıştır¹⁰¹.

$$h_t = \begin{bmatrix} h_{1,t} \\ h_{12,t} \\ h_{22,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{1,t-1} \\ h_{12,t-1} \\ h_{22,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 \\ \varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Bu yaklaşımın tüm parametrelerini kapsayan log olabirliklik fonksiyonu;

$$\ln l_t(\theta) = -\frac{N}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2} \ln |H_t(\theta)| - \frac{1}{2} \varepsilon_t' H_t^{-1}(\theta) \varepsilon_t \quad \text{dir.} \quad (8)$$

¹⁰¹ Engle Robert F. and Kenneth F. Kroner, "Multivariate Simultaneous Generalized ARCH", **Discussion Paper**, No. 89-57R, 1993, ss.3-7. California University, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.27.1240&rep=rep1&type=pdf> (18.04.2013).

Eşitlikteki $\mathbf{Q}$ parametre matrisi regresyon denklemindeki tüm vektörden oluşmaktadır. Tahminleme aşamasında varyans-kovaryans tahmini için $\frac{1}{2} N \times (N+1) \times \left[\frac{1}{2} N \times (N+1) \right]^2 p \times q$ adet parametre hesaplanması gerekmektedir. Ancak, kovaryansın $(h_{jk,t})$ tahmin edilmesi kendi geçmiş değerleri ve $\varepsilon_{j,t}, \varepsilon_{k,t}$ 'nin geçmiş değerleri yoluyla tahmini yapıldığından dolayı tahmin edilecek parametre sayısı azalmaktadır. Bu sonuç B_i ve C_j matrislerinin diagonal olarak tanımlanmasıyla elde edilmektedir. Bundan dolayı söz konusu gösterim Bollerslev ve diğerleri (1988) tarafından “diagonal” olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda yukarıdaki matris gösterimi;

$$h_t = \begin{bmatrix} h_{11,t} \\ h_{12,t} \\ h_{22,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} \\ h_{12,t-1} \\ h_{22,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{11} & 0 & 0 \\ 0 & w_{22} & 0 \\ 0 & 0 & w_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 \\ \varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

biçimine dönüşmektedir¹⁰². İlk gösterimden hesaplanması gereken parametre 21 iken bu sayı ikinci gösterimde 9'a düşmektedir. Başka bir ifadeyle, N değişken arasındaki oynaklık tahmininde kısıtsız yaklaşımın kullanılması durumunda B_i ve C_j matrislerinde $\left[\frac{1}{2} N \mathbf{Q} + 1 \right]^2$ adet katsayı tahmin edilecek iken, diagonal yaklaşımla yani kısıt uygulandığında aynı matrislerden elde edilecek katsayı sayısı $\left[\frac{1}{2} N \mathbf{Q} + 1 \right]$ olmaktadır.

Parametre veya aşırı katsayı tahminin değişken sayısına karşı duyarlı olması bu yaklaşımda varyansın pozitif tanımlı olma koşulu üzerinde önemli bir etkisi olmaktadır¹⁰³. Ancak, varyansın pozitif olma koşulunun sağlanmasına yönelik olarak yukarıdaki matris gösteriminde konulan kısıtlarla bu aşılımaya çalışılmaktadır. Kısıtların konmasına sonucunda vektör olarak şu eşitliklere ulaşılmaktadır.

¹⁰² Engle ve Kroner,1993, ss.18.

¹⁰³ Engle ve Kroner,1993, ss.19-28.

$$\begin{aligned}
h_{11t} &= \alpha_1 + E_{t-2} \left[\varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \begin{pmatrix} \beta_{11} & \frac{\beta_{12}}{2} \\ \frac{\beta_{12}}{2} & \beta_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \right] + \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \begin{pmatrix} w_{11} & \frac{w_{12}}{2} \\ \frac{w_{12}}{2} & w_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \\
h_{12t} &= \alpha_2 + E_{t-2} \left[\varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \begin{pmatrix} \beta_{21} & \frac{\beta_{22}}{2} \\ \frac{\beta_{22}}{2} & \beta_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \right] + \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \begin{pmatrix} w_{21} & \frac{w_{22}}{2} \\ \frac{w_{22}}{2} & w_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \\
h_{22t} &= \alpha_3 + E_{t-2} \left[\varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \begin{pmatrix} \beta_{31} & \frac{\beta_{32}}{2} \\ \frac{\beta_{32}}{2} & \beta_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \right] + \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \begin{pmatrix} w_{31} & \frac{w_{32}}{2} \\ \frac{w_{32}}{2} & w_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix}
\end{aligned} \tag{10}$$

Buradan

$$\begin{aligned}
H_t &= \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 \\ \alpha_3 & \alpha_4 \end{bmatrix} + E_{t-2} \left[\begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{11} & \frac{\beta_{12}}{2} & \beta_{21} & \frac{\beta_{22}}{2} \\ \frac{\beta_{12}}{2} & \beta_{13} & \frac{\beta_{22}}{2} & \beta_{21} \\ \beta_{21} & \frac{\beta_{22}}{2} & \beta_{31} & \frac{\beta_{32}}{2} \\ \frac{\beta_{22}}{2} & \beta_{23} & \frac{\beta_{32}}{2} & \beta_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1} & 0 \\ \varepsilon_{2,t-1} & 0 \\ 0 & \varepsilon_{1,t-1} \\ 0 & \varepsilon_{2,t-1} \end{bmatrix} \right] + \\
&\quad \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{11} & \frac{w_{12}}{2} & w_{21} & \frac{w_{22}}{2} \\ \frac{w_{12}}{2} & w_{13} & \frac{w_{22}}{2} & w_{21} \\ w_{21} & \frac{w_{22}}{2} & w_{31} & \frac{w_{32}}{2} \\ \frac{w_{22}}{2} & w_{23} & \frac{w_{32}}{2} & w_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1} & 0 \\ \varepsilon_{2,t-1} & 0 \\ 0 & \varepsilon_{1,t-1} \\ 0 & \varepsilon_{2,t-1} \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{11}$$

Söz konusu matris gösterimini kısaltmak amacıyla α , β ve w parametrelerinden oluşan matrisleri A , $\tilde{B}$ ve $\tilde{C}$ ve tümünü H_t biçiminde ifade edersek

$H_t = \alpha + E_{t-2} \left[I \otimes \varepsilon'_{t-1} \tilde{\beta} I \otimes \varepsilon_{t-1} \right] + I \otimes \varepsilon'_{t-1} \tilde{w} I \otimes \varepsilon_{t-1}$ eşitliğine ulaşmaktayız. Bu durumda eşitliğin pozitif tanımlı olması için yeterli koşulunu ifade etmek kolaylaşmaktadır. Buna göre pozitif koşulu için $\alpha \succ 0$, $\tilde{\beta} \geq 0$, $\tilde{w} \geq 0$ olmalıdır¹⁰⁴. Burada B_i ve C_j katsayıların toplamı sistemin durağanlığını gösteren özdeğerleri vermektedir. Eğer varyansın pozitif olma koşulu sağlanıyor ise, yani $\sum_{i=1}^p \beta_i + \sum_{j=1}^q w_j$

¹⁰⁴ Luc Bauwens, Sebastian Laurent ve Jeroen V.K. Rombouts, “Multivariate GARCH Models: A Survey, **CORE Discussion Paper**, No. 2003/31, 2004, ss.5-9.

parametrelerinin 1'den küçük olması durumunda, sistem zayıf durağan olarak tanımlanmaktadır. Bu diagonal gösterim içinde geçerlidir. Köşegenlerde yer alan yukarıdaki eşitlikteki $\alpha_{ii} + w_{jj} < 1$ ise sistem zayıf durağandır. Yukarıdaki eşitlik için $vech H_t = \alpha + \beta vech H_{t-1} + w vech \varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1}$ olarak tanımlarsak, tahmin denklemi birçok değişkenli bir gecikmesi dağıtılmış tahmin eşitliğine dönüşmektedir. Bu yaklaşımda kısıtlar hesaplanacak parametre sayısını azaltmış olsa bile varyansın pozitif olma koşulunu sağlamada yeterli olamaya bilmektedir.

3.2.2. Çok Değişkenli Oynaklık Yaklaşımlarının Temeli Olarak BEKK

Çok değişkenli oynaklık yaklaşımlarının yorumlanabilir sonuçları için H_t 'nin tahmincileri pozitif tanımlı olmalıdır. Bu nedenle Baba, Engle, Kraft ve Kroner (1993), onların baş harfleriyle anılan ve pozitif olma koşulunu sağlayan BEKK gösterimini geliştirmişlerdir¹⁰⁵.

Yazarlar H_t 'yi esas alarak BEKK eşitliğini aşağıdaki gibi ifade etmişlerdir:

$$H_t = \alpha^* \alpha^* + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^p \beta_{ik}^* H_{t-i} \beta_{ik}^* + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^q w_{jk}^* \varepsilon_{t-j} \varepsilon'_{t-j} \quad w_{jk}^* \text{ bu eşitlikte } \alpha^*, \beta_{ik}^* \text{ ve } w_{jk}^* \text{ N} \times \text{N}$$

boyutlu parametre matrisini göstermektedir. Bu eşitlik pozitif tanımlı diagonal ve pozitif tanımlı Vech gösterimlerinin tamamını kapsayacak kadar geneldir¹⁰⁶. Başka bir ifadeyle, bu yaklaşımda yukarıda açıklanan yaklaşımlar yuvalanmıştır. Yaklaşımın açıklanmasının kolay olması amacıyla GARCH (1,1), N=2 ve L=1 için BEKK gösteriminden yararlanılmıştır. Aşağıda söz konusu gösterimin matrislerle ifadesi bulunmaktadır.

$$\begin{bmatrix} h_{11t} & h_{21t} \\ h_{21t} & h_{22t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11}^* & 0 \\ \alpha_{21}^* & \alpha_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_{11}^* & \alpha_{21}^* \\ 0 & \alpha_{22}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11}^* & \beta_{21}^* \\ \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11t-1} & h_{21t-1} \\ h_{21t-1} & h_{22t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{11}^* & \beta_{21}^* \\ \beta_{12}^* & \beta_{22}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{11}^* & w_{21}^* \\ w_{12}^* & w_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 & \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{11}^* & w_{21}^* \\ w_{12}^* & w_{22}^* \end{bmatrix} \quad (12)$$

Bu eşitlikteki gerekli olan matris işlemleri yapılırsa aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

¹⁰⁵ Engle ve Kroner, 1993, ss. 5-7.

¹⁰⁶ Engle ve Kroner, 1993, s. 9.

$$h_{11t} = \alpha_{11}^{*2} + \beta_{11}^{*2} h_{11,t-1} + 2\beta_{11}^{*2} \beta_{21}^{*2} h_{21,t-1} + \beta_{11}^{*2} h_{22,t-1} + w_{11}^{*2} \varepsilon_{1,t-1}^2 + 2w_{11}^{*2} w_{21}^{*2} \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} + w_{21}^{*2} \varepsilon_{2,t-1}^2$$

$$h_{21t} = \alpha_{11}^* \alpha_{21}^* + \beta_{11}^* \beta_{12}^* h_{11,t-1} + \beta_{21}^* \beta_{12}^* + \beta_{11}^* \beta_{22}^* h_{21,t-1} + \beta_{21}^* \beta_{22}^* h_{22,t-1} + w_{11}^* w_{12}^* \varepsilon_{1,t-1}^2 + 2w_{11}^{*2} w_{21}^{*2} \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} + w_{21}^* w_{12}^* + w_{11}^* w_{22}^* \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} + w_{21}^* w_{22}^* \varepsilon_{2,t-1}^2$$

$$h_{22t} = \alpha_{21}^{*2} \alpha_{22}^{*2} + \beta_{12}^{*2} h_{11,t-1} + 2\beta_{12}^{*2} \beta_{22}^{*2} h_{21,t-1} + \beta_{22}^{*2} h_{22,t-1} + w_{12}^{*2} \varepsilon_{1,t-1}^2 + 2w_{12}^{*2} w_{22}^{*2} \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} + w_{22}^{*2} \varepsilon_{2,t-1}^2$$

Görüldüğü gibi, iki değişkenli bir GARCH (1,1) modelinde, BEKK tahminleri kullanılarak, (11) adet parametre veya katsayı tahmin edilmektedir. Bu yönüyle BEKK yaklaşımı, VECM yaklaşımına göre bir üstünlüğe sahiptir. VECM yaklaşımında olduğu gibi BEKK yaklaşımında da β_{ik}^* ve w_{ik}^* matrisleri diagonal olacak biçimde kısıtlanırsa tahmin edilecek parametre sayısı azalmaktadır¹⁰⁷. Örneğin GARCH (1,1) N=2 ve L=1 için BEKK gösterimi gerekli kısıtlar uygulandıktan sonra diagonal olarak aşağıdaki biçime dönüşmektedir.

$$\begin{bmatrix} h_{11t} & h_{21t} \\ h_{21t} & h_{22t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11}^* & 0 \\ \alpha_{21}^* & \alpha_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_{11}^* & \alpha_{21}^* \\ 0 & \alpha_{22}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11}^* & 0 \\ 0 & \beta_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} & h_{21,t-1} \\ h_{21,t-1} & h_{22,t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{11}^* & 0 \\ 0 & \beta_{22}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{11}^* & 0 \\ 0 & w_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 & \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{11}^* & 0 \\ 0 & w_{22}^* \end{bmatrix} \quad (13)$$

Bu sistemden,

$$h_{11t} = \alpha_{11}^{*2} + \beta_{11}^{*2} h_{11,t-1} + w_{11}^{*2} \varepsilon_{1,t-1}^2$$

$$h_{21t} = \alpha_{11}^* \alpha_{21}^* + \beta_{11}^* \beta_{12}^* h_{21,t-1} + w_{11}^* w_{22}^* \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1}$$

$$h_{22t} = \alpha_{21}^{*2} \alpha_{22}^{*2} + \beta_{22}^{*2} h_{22,t-1} + w_{22}^{*2} \varepsilon_{2,t-1}^2$$

eşitlikleri elde edilmektedir. Bunun sonucunda tahmin edilecek parametre sayısı (11)'den (7)'ye düşmektedir. Burada diğer yaklaşımlarda belirtilen zayıf durağanlık koşulu bu yaklaşım içinde geçerlidir. Bu yaklaşımın matematiksel tanımlamasına göre;

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^p \beta_{ik}^* \otimes \beta_{ik}^* + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^q w_{jk}^* \otimes w_{jk}^* \quad (14)$$

Toplamının özdeğerleri modülde 1'den küçük ise, sistem zayıf durağan olarak ifade edilmektedir¹⁰⁸. Şimdi BEKK gösterimini aşağıdaki biçimde tanımlayalım:

$$H_t = \alpha' \alpha^* + \beta' H_{t-1} \beta^* + w' \varepsilon_{t-j} \varepsilon_{t-j}' w^* \quad (15)$$

Bu eşitlikte, $vec \alpha \beta w = w' \otimes \alpha' vec \beta$ özelliğine dayanarak,

¹⁰⁷ Bauwens, Laurent ve Rombouts, 2004, ss.5-10.

¹⁰⁸ Engle ve Kroner, 1993, s. 11.

$$vec H_t = vec \alpha^* \alpha^{*'} + \beta^* \otimes \beta^{*'} vec H_{t-1} + w^* \otimes w^{*'} vec \varepsilon_{t-j} \varepsilon'_{t-j} \quad (16)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $vech(\cdot)$, bir $N \times N$ boyutlu matrisin sütunlarını $(N \times N) \times 1$ boyutlu bir vektör oluşturacak şekilde, alt alta yazılmasını sağlayacak işlemeciye dönüşmektedir. Böylece sistemin durağanlığını verecek olan $\beta^* \otimes \beta^* + w^* \otimes w^*$ toplamının özdeğerleri 1'den küçük olmasına göre karar verilebilecektir¹⁰⁹.

Bu eşitlikler sistemi için koşulsuz varyans-kovaryans eşitliği

$$vec \Sigma_t = E[vec H_t] = \left[I - \beta^* \otimes \alpha^{*'} - w^* \otimes w^{*'} \right]^{-1} vec \alpha^* \alpha^{*'} \quad (17)$$

şeklinde¹¹⁰. Burada da durağanlık için temel koşul köşegen elemanların toplamının 1 den küçük olmasıdır. Buradaki gösterime göre, tüm i 'ler ve j 'ler için $\sum_{k=1}^N \beta_{ii,k}^{*2} + w_{jj,k}^{*2} < 1$ ise sistem durağandır¹¹¹.

BEKK yaklaşımının en önemli dezavantajı, log olabilirliğinin hesaplanmasında kullanılan tüm parametrelere göre koşullu varyansın bağımsız olduğu varsayımıdır. Başka bir ifadeyle, log olabilirliğin hesaplanmasında kullanılan parametrelere karşı oynaklığı duyarsızdır. Bu nedenle her bir tahminleme sürecinde koşullu varyans tekrar hesaplanmaktadır.

3.2.3. Koşullu Kovaryansların Tahminine Yönelik Yaklaşımlar

Çok değişkenli GARCH tahmin yaklaşımlarının temel özelliği koşullu korelasyonlarını sabit veya dinamik olmalarına göre parametre tahminleri vermeleridir. Dinamik koşullu korelasyonlar için temelde iki farklı yaklaşım vardır. Bunlar sırasıyla aşağıda açıklanmaktadır.

3.2.3.1. Sabit Koşullu Korelasyonlar (CCC) Yaklaşımı

$$y_t = \mu + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t | \varphi_{t-1} \approx N(0, H_t)$$

¹⁰⁹ Bauwens, Laurent ve Rombouts, 2004, ss.15-16.

¹¹⁰ Engle ve Kroner, 1993, s. 13.

¹¹¹ Engle ve Kroner, 1993, s. 14.

Temel eşitliğinde, y_t , Nx1 boyutlu açıklanan değişkenler vektörü, μ , Nx1 boyutlu ortalama eşitliklerin (mean equations) vektörü, ε_t , Nx1 boyutlu şoklar vektörüdür. μ sadece sabitlerden oluşabileceği gibi, ARMA, VARMA veya zayıf dışsal değişkenlerin tahmin edilmesinde kullanılan tekniklerden yararlanılabilmektedir.

Hangi teknik kullanılırsa kullanılsın, eşitliklerde ortalama ve koşullu varyansın tanımı değişmemektedir. Buradaki farklılık daha öncede belirtilen farklılık, koşullu varyansın tahmini sürecinde konulan kısıtlardadır. Bu eşitlikte H_t pozitif tanımlı matris, $h_{ij,t}$ ise H_t matrisinin ij -inci elemanı $y_{i,t}$ ve $\varepsilon_{i,t}$ sırasıyla y_t ve ε_t vektörlerinin i -inci elemanları olarak tanımlansın. $t-1$ döneminde $y_{i,t}$ ve $y_{j,t}$ arasındaki ilişki, ölçekten bağımsız, doğal bir ölçü $\rho_{ij,t} = \frac{h_{ij,t}}{h_{ii,t}h_{jj,t}^{\frac{1}{2}}}$ ile ifade edilen

koşullu korelasyondur. Burada tüm t değerleri için $|\rho_{ij,t}| \leq 1$ dir ¹¹².

Bazı uygulamalarda, koşullu korelasyonlar zaman içerisinde sabit kabul edilerek, koşullu kovaryanslar, iki koşullu varyansın çarpımının karekökünün bir oranı olarak da hesaplanmaktadır: yani

$$h_{ij,t} = \rho_{ij} h_{ii,t} h_{jj,t}^{\frac{1}{2}} \text{ ve } j=1, \dots, N, i=j+1, \dots, N$$

eşitliği ile koşullu korelasyon hesaplanmaktadır.¹¹³ Koşullu korelasyonların sabit olması sonucuna bağlı olarak tahmin ve ileriye yönelik hesaplamalar basitleşmektedir.

Koşullu varyanslar vektörü;

$h_{ii,t} \equiv w_i \sigma_{i,t}^2$ $i=1, \dots, N$ biçimde tanımlandığında, burada w_i zamandan bağımsız pozitif bir katsayı ve tüm t değerleri için $\sigma_{i,t}^2 > 0$ olması gereklidir. Varyans kovaryans vektörlerine bağlı olarak; $H_t = D_t G D_t$ olarak ifade edilmiş olsun. Bu eşitlikte D_t , NxN boyutlu, varyans kovaryans matrisidir. G , NxN boyutlu, $\rho_{ij}(w_i w_j)^{1/2}$ elemanlarından oluşan zamandan bağımsız bir matristir¹¹⁴. Matrisin açık hali aşağıda verilmiştir.

¹¹² Martin L. Vance, A. S. Hurn ve D. Harris, Econometric Modelling with Time Series, Specification Estimation and Testing, Cambridge University Press, 2012, s.829; Bollerslev, 1990, s. 499.

¹¹³ Bollerslev, 1990, ss.499-502.

¹¹⁴ Bollerslev, 1990, ss.502-503.

$$H_t = \begin{bmatrix} \sigma_{1,t} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_{2,t} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_{N,t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 & \rho_{12}\sqrt{w_1 w_2} & \dots & \rho_{1N}\sqrt{w_1 w_N} \\ \rho_{21}\sqrt{w_2 w_1} & w_2 & \dots & \rho_{2N}\sqrt{w_2 w_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{N1}\sqrt{w_N w_1} & \rho_{N2}\sqrt{w_N w_2} & \dots & w_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{1,t} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_{2,t} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_{N,t} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} w_1 \sigma_{1,t}^2 & \rho_{12}\sqrt{w_1 w_2} \sigma_{1,t} \sigma_{2,t} & \dots & \rho_{1N}\sqrt{w_1 w_N} \sigma_{1,t} \sigma_{N,t} \\ \rho_{21}\sqrt{w_2 w_1} \sigma_{2,t} \sigma_{1,t} & w_2 \sigma_{2,t}^2 & \dots & \rho_{2N}\sqrt{w_2 w_N} \sigma_{2,t} \sigma_{N,t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{N1}\sqrt{w_N w_1} \sigma_{N,t} \sigma_{1,t} & \rho_{N2}\sqrt{w_N w_2} \sigma_{N,t} \sigma_{2,t} & \dots & w_N \sigma_{N,t}^2 \end{bmatrix}$$

Bu matrisin köşegenindeki koşullu varyansların olduğu matris cebirinden yararlanarak;

$$H_t = F_t R F_t \quad (18)$$

eşitliği yazılabilir. Bu eşitlikte F_t , $N \times N$ boyutlu, köşegen parametrelerini $\sqrt{h_{11,t}}, \dots, \sqrt{h_{NN,t}}$ olan köşegen matrisini ve R , $N \times N$ boyutlu, ρ_{ij} otokovaryans parametrelerinden oluşan matrisi oluşturmaktadır. ($\rho_{ij} = 1$) zamandan bağımsız parametrelerdir. Bu sistem aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$H_t = \begin{bmatrix} \sqrt{h_{11,t}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{h_{22,t}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sqrt{h_{NN,t}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \dots & \rho_{1N} \\ \rho_{21} & 1 & \dots & \rho_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{N1} & \rho_{N2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sqrt{h_{11,t}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{h_{22,t}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sqrt{h_{NN,t}} \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$= \begin{bmatrix} h_{11,t} & \rho_{12}\sqrt{h_{11,t} h_{22,t}} & \dots & \rho_{1N}\sqrt{h_{11,t} h_{NN,t}} \\ \rho_{21}\sqrt{h_{22,t} h_{11,t}} & h_{22,t} & \dots & \rho_{2N}\sqrt{h_{22,t} h_{NN,t}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{N1}\sqrt{h_{NN,t} h_{11,t}} & \rho_{N2}\sqrt{h_{NN,t} h_{22,t}} & \dots & h_{NN,t} \end{bmatrix}$$

Bu açıklamalara ve eşitliklere göre koşullu iki değişkene ait korelasyonlar sabit ise, koşullu kovaryans, iki koşullu varyansın dinamikleri tarafından belirlenmektedir¹¹⁵. Normallik varsayımı altında; $y_t = \mu + \varepsilon_t$, $\varepsilon_t | \varphi_{t-1} \approx N(0, H_t)$ eşitliğine ait log olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$\ln l_t = \frac{TN}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2} \ln \sum_{t=1}^T \ln |H_t| + \varepsilon_t' H_t^{-1} \varepsilon_t$$

¹¹⁵ Bauwens, Laurent ve Rombouts, 2004, ss.6-9.

Bu olabilirlik fonksiyonunu hesaplanması, her t dönemi için $N \times N$ boyutlu bir matrisin tersini gerektirmektedir.

$$\begin{aligned} \ln l_t &= \frac{TN}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2} \ln \sum_{t=1}^T \left(\ln |D_t G D_t| - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t' D_t G D_t^{-1} \varepsilon_t \right) \\ &= \frac{TN}{2} \ln 2\pi - \frac{T}{2} \ln |G| - \sum_{t=1}^T \ln |D_t| - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \tilde{\varepsilon}_t' G^{-1} \tilde{\varepsilon}_t \end{aligned} \quad (20)$$

Burada $\tilde{\varepsilon}_t = D_t^{-1} \varepsilon_t$, $N \times 1$ boyutlu standartlaştırılmış hata terimleri vektörüdür. Ayrıca, $\ln |D_t| = \ln \sigma_{1,t} + \ln \sigma_{2,t} + \dots + \ln \sigma_{N,t}$ olması da işlemleri kısaltmaktadır.

$\tilde{\varepsilon}_t$ veri iken G 'nin maksimum olabilirlik tahmini;

$$G = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \tilde{\varepsilon}_t \tilde{\varepsilon}_t' \quad (21)$$

örneklemden elde edilir. Koşullu korelasyonların maksimum olabilirlik tahminleri;

$$\hat{\rho}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T \tilde{\varepsilon}_{i,t} \tilde{\varepsilon}_{j,t}}{\sqrt{\sum_{t=1}^T \tilde{\varepsilon}_{i,t}^2} \sqrt{\sum_{t=1}^T \tilde{\varepsilon}_{j,t}^2}} \quad (22)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır¹¹⁶.

G simetrik bir matris olduğundan G için hesaplanacak parametre sayısı $N(N-1)/2$ 'dir.

$\hat{G}$ olabilirlik fonksiyonunda yerine konulduğunda;

$$\ln l = -\frac{TN}{2} \left[1 + \ln 2\pi - \ln T \right] - \sum_{t=1}^T \ln |D_t| - \frac{T}{2} \ln \left| \sum_{t=1}^T \tilde{\varepsilon}_t \tilde{\varepsilon}_t' \right| \quad (23)$$

elde edilir. Ancak, bilgi matrisi D_t ve G 'nin parametreleri arasında kısıtlar diagonal olmadığından, standart olabilirlik teknikleriyle asimptotik kovaryans matrisinin bir tahminini elde etmek için G olabilirlik fonksiyonu hesaplanamamaktadır. Bundan dolayı yukarıdaki fonksiyonun türevi alınmaktadır¹¹⁷.

3.2.3.2. Dinamik Koşullu Korelasyonlar (DCC) Tahmin Yaklaşımı

DCC tahmin edicileri, CCC tahmin edicilerinin genelleştirilmiş şeklidir¹¹⁸.

DCC tahmincileri, CCC tahmincilerinden tek farkı, korelasyonlar matrisi R 'nin

¹¹⁶ Bollerslev, 1990, ss.498-500.

¹¹⁷ Bollerslev, 1990, ss.489-500.

¹¹⁸ Wenjing Su ve Yiyu Huang, "Comparison of Multivariate GARCH Models with Application to Zero-Coupon Bond Volatility", **Master Thesis**, Lund University, Department of Statistics, 2010, ss.11-12.

<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1619618&fileId=1619628> (18.04.2013).

zamana bağılı olarak değiştiğinin kabul edilmesidir¹¹⁹. Zamana göre korelasyonların değişimini dikkate alan iki tane yaklaşım vardır.

3.2.3.2.1. Tse ve Tsui'nin DCC Yaklaşımı

Tse ve Tsui (2000), korelasyonların zamana bağımlı olduğu çok değişkenli GARCH teknikleri için, Vech tahminini, koşullu varyanslar ve koşullu korelasyonlar yaklaşımlarını birleştirmişlerdir. Bu yaklaşımda, koşullu varyanslar, tek değişkenli GARCH modeli şeklinde tahmin edilebilirken, koşullu korelasyon matrisinin ARMA yapısında olduğu varsayılmıştır. Koşullu korelasyonlar matrisi eşitliğine bazı kısıtlar konarak, optimizasyon esnasında gerekli parametrelerin pozitif olma koşulu sağlanmıştır.

Zamana bağımlı koşullu korelasyonlar tahmininde, çok değişkenli GARCH tekniğinin koşullu varyansı

$$H_t = F_t R_t F_t \quad (24)$$

Şeklinde tanımlanmaktadır. Burada F_t , $N \times N$ boyutlu, köşegen elemanları $\sqrt{h_{11,t}}, \dots, \sqrt{h_{NN,t}}$ olan bir diagonal matristir. R_t , $N \times N$ boyutlu, $\rho_{ij,t}$ elemanlarından oluşan hataların korelasyon matrisini ve aynı zamanda da $-F_t^{-1} \varepsilon_t = \tilde{\varepsilon}_t$ olmasına bağılı olarak, standartlaştırılmış hataların varyans matrisidir¹²⁰.

Tse ve Tsui ε_t 'nin koşullu varyansını, diagonal-vech tahmin yaklaşımını kullandıkları eşitliği;

$$h_{i,t} = \alpha_{i0} + \sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} \varepsilon_{i,t-q} + \sum_{p=1}^{P_i} \gamma_{ip} h_{i,t-p} \quad i=1,2,\dots,N \quad (25)$$

Şeklinde ifade etmişlerdir. Bu eşitlikte tüm i 'ler için α_{i0}, α_{iq} ve γ_{ip} negatif olmayan değerleri ve $\sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} + \sum_{p=1}^{P_i} \gamma_{ip} < 1$ koşulu geçerlidir. Ayrıca, bu yaklaşımda değişkenleri temsil eden serilerde gecikme uzunluklarının aynı olması gerekmemektedir.

Yaklaşımda koşullu korelasyonlar matrisi ise;

¹¹⁹Robert F. Engle, "New Frontiers for ARCH Models", **Journal of Applied Econometrics**, Cilt:17, 2002, ss.425-426 , <http://pages.stern.nyu.edu/~rengle/New%20Frontier.pdf> (18.04.2013).

¹²⁰Tse Yiu Kuen and Albert K.C. Tsui, "A Multivariate GARCH Model with Time-Varying Correlations", **Journal of Business and Economic Statistics**, Cilt:20, 2002, ss. 351-362, http://staff.mysmu.edu/yktse/VC_R2.pdf (18.04.2013).

$$R_t = 1 - \theta_1 - \theta_2 R + \theta_1 R_{t-1} + \theta_2 L_{t-1} \quad (26)$$

Şeklinde ifade edilmektedir. Burada $R = \{\rho_{ij}\}$, köşegen elemanları 1 olan, NxN boyutlu, zamandan bağımsız, pozitif tanımlı parametre matrisini ve L_{t-1} , elemanları, aşağıda tanımlandığı şekilde, ε_t 'nin gecikmeli değerlerinin yer aldığı NxN boyutlu matristir. Burada θ_1 ve θ_2 , $\theta_1 + \theta_2 \leq 1$ olacak şekilde negatif olmayan değerlere sahip parametrelerdir.

R_t , R , R_{t-1} ve L_{t-1} 'in ağırlıklı ortalaması olduğundan dolayı, L_{t-1} , köşegen elemanları 1 olan pozitif tanımlı bir korelasyon matrisi ise, R_t de köşegen elemanları 1 olan pozitif tanımlı korelasyon matrisi olmak zorundadır.

R_t standartlaştırılmış olmasına bağlı olarak L_{t-1} de standartlaştırılmış hatalara bağlı olmalıdır. L_{t-1} -I parametresi şöyle tanımlanmıştır¹²¹:

$$L_{ij,t-1} = \frac{\sum_m^M \tilde{\varepsilon}_{i,t-m} \tilde{\varepsilon}_{j,t-m}}{\sqrt{\sum_m^M \tilde{\varepsilon}_{i,t-m}^2} \sqrt{\sum_m^M \tilde{\varepsilon}_{j,t-m}^2}} \quad 1 \leq i \leq j \leq N \quad (27)$$

Bundan dolayı L_{t-1} , $\tilde{\varepsilon}_{t-1}, \dots, \tilde{\varepsilon}_{t-M}$ -nin örneklem korelasyon matrisidir.

$\tilde{E}_{t-1} = \tilde{\varepsilon}_{t-1}, \dots, \tilde{\varepsilon}_{t-M}$ şeklinde tanımlanan NxM boyutlu matris ve Z_{t-1} köşegen elemanları, $i=1, \dots, N$ için $\sum_{m=1}^M \tilde{\varepsilon}_{i,t-m}^2$ ^{1/2} olan NxN boyutlu köşegen matristir. Böylece,

$$L_{t-1} = Z_{t-1}^{-1} \tilde{E}_{t-1} \tilde{E}_{t-1}' Z_{t-1}^{-1} \quad (28)$$

olur. L_{t-1} pozitif tanımlı korelasyon matrisidir. Bu matrisin pozitif tanımlı olması için $M \geq N$ olması gereklidir¹²². Yukarıdaki denklemleri bir arada Tse ve Tsui'nin DCC modelinin tahmin eşitlikleridir. Bu sistemin Normallik varsayımı altında koşullu log olabilirliği

$$\begin{aligned} \ln l &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + \ln |H_t| + \varepsilon_t' H_t^{-1} \varepsilon_t \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + \ln |F_t R_t F_t| + \varepsilon_t' F_t^{-1} R_t^{-1} F_t^{-1} \varepsilon_t \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + \ln |R_t| + \sum_{i=1}^N \ln h_{i,t} + \varepsilon_t' F_t^{-1} R_t^{-1} F_t^{-1} \varepsilon_t \end{aligned} \quad (29)$$

¹²¹Tse and Tsui, 2002, ss.352-355.

¹²²Tse and Tsui, 2002, ss.356-357.

şeklindedir. Bu olabilirlik fonksiyonu, sabit R_0 , L_0 ve ε_0 'a koşulludur. θ tüm parametreler vektörü ise maksimum olabilirlik tahminleri, log-olabilirlik fonksiyonunun θ 'ya göre maksimize edilmesiyle elde edilmektedir. Bundan dolayı $0 \leq \theta_1$, $\theta_2 \leq 1$ ve $\theta_1 + \theta_2 \leq 1$ koşullarının gerçekleştirilmesine yönelik olarak, optimizasyon yapılamayabilmektedir. Bu durumu engellemek amacıyla Tse ve Tsui

$$\theta_i = \frac{\lambda_i^2}{1 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}, \quad i=1,2 \text{ dönüşümünün yapılmasını önermiştir. Burada } \lambda_1 \text{ ve } \lambda_2$$

kısıtlanmamış parametrelerdir. Bundan dolayı olabilirlik fonksiyonunun optimizasyonu önce λ_1 , λ_2 ve sonra diğer parametrelere göre yapılmaktadır. Yakınsamanın sağlanmasına bağlı olarak parametreler orijinal θ vektörüne dönüştürülür. Eğer $\theta_1 = \theta_2 = 0$ ise Tse ve Tsui'nin DCC modeli CCC modeline dönüşür¹²³.

3.2.3.2.2. Engle'in DCC yaklaşımı

Engle'in DCC Yaklaşımında koşullu varyans Tse ve Tsui'nin (2002) modelindeki gibi tanımlanır. Yani,

$$H_t = F_t R_t F_t \text{ şeklindedir.}$$

Burada aynı şekilde F_t , NxN boyutlu, köşegen elemanları $\sqrt{h_{11,t}}, \dots, \sqrt{h_{NN,t}}$ olan köşegen matris ve R_t , NxN boyutlu, $\rho_{ij,t}$ elemanlarından oluşan hataların korelasyon matrisidir¹²⁴.

F_t 'nin elemanlarının her biri yine tek değişkenli GARCH modeli ile tanımlanabilir:

$$h_{i,t} = \alpha_{i0} + \sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} \varepsilon_{i,t-q} + \sum_{p=1}^{P_i} \gamma_{ip} h_{i,t-p} \quad i=1,2,\dots,N \quad (30)$$

$\sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} + \sum_{p=1}^{P_i} \gamma_{ip} < 1$ ve varyansların negatif olmaması koşulu burada gerekli koşuldur¹²⁵.

Yaklaşımında korelasyon matrisi

¹²³Tse and Tsui, 2002, ss.400-402.

¹²⁴ Engle, 2002, ss. 426-428.

¹²⁵ Robert F. Engle ve Kevin Sheppard, "Theoretical and Empirical properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH", Unpublished manuscript, **University of California San Diego**, 2001, ss. 4-6. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.196.3196&rep=rep1&type=pdf> (18.04.2013).

$$R_t = Q_t^*{}^{-1} Q_t Q_t^*{}^{-1} \quad (31)$$

Olarak tanımlanmıştır. Bu korelasyon matrisindeki Q_t ;

$$Q_t = 1 - \sum_{k=1}^K \alpha_k - \sum_{m=1}^M \gamma_m - Q + \sum_{k=1}^K \alpha_k \tilde{\varepsilon}_{t-k} \tilde{\varepsilon}'_{t-k} + \sum_{m=1}^M \gamma_m Q_{t-m} \text{ eşitliğinden elde edilmektedir.}$$

Bu parametrenin matris gösterimi aşağıdadır.

$$Q_t^* = \begin{bmatrix} \sqrt{q_{11}} & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sqrt{q_{22}} & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{q_{NN}} \end{bmatrix} \quad (32)$$

Q , ilk aşamadaki tahminden elde edilen standartlaştırılmış hata terimlerinin koşulsuz kovaryansları ile Q_t^* , Q_t matrisinin köşegen elemanlarının kareköklerinden oluşan köşegen matristen oluşmaktadır. Böylece R_t 'nin elemanları

$$\rho_{ij,t} = \frac{q_{ij,t}}{\sqrt{q_{ii,t} q_{jj,t}}} \quad (33)$$

olmaktadır. R_t 'nin pozitif tanımlı olabilmesi için Q_t 'nin pozitif tanımlı olması yeterlidir¹²⁶. Engle ve Shepphard (2001), DCC'nin pozitif tanımlılık koşullarını şu şekilde vermişlerdir: İlgili denklemde modellenen tüm $i=1, \dots, N$ hata serileri aşağıdaki koşulları sağlıyorsa

$$\alpha_{i0} \succ 0$$

α_{iq} ve γ_{ip} , $h_{i,t}$ 'nin (1 olasılıkla) pozitif olmasını sağlamalıdır.

$$h_{i,0} \succ 0$$

$1 - \sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} L^q + \sum_{p=1}^{P_i} \gamma_{ip} L^q$ 'nin kökleri birim çemberin dışında olmalıdır. DCC parametreleri denklemini sağlamaktadır. Bunun için,

$$\alpha_k \geq 0$$

$$\gamma_m \geq 0$$

$$\alpha_k \geq 0$$

$$\sum_{k=1}^K \alpha_k + \sum_{m=1}^M \gamma_m \prec 1$$

¹²⁶ Engle ve Sheppard, 2001, ss. 7-8.

$\bar{R} \succ \delta \succ 0$ olmalıdır. Bu koşullar altında, H_t , tüm t değerleri için pozitif tanımlı olacaktır. DCC parametrisasyonunda, çok değişkenli GARCH sürecinin koşullu kovaryansının pozitif tanımlılık koşulları, tek değişkenli GARCH sürecininkiyle aynıdır; yukarıda belirtilen koşullar, yeterlilik koşullarını ifade etmektedir¹²⁷. DCC tahmin edicisinin log olabilirliği aşağıdaki eşitliktir.

$$\begin{aligned} \ln l &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + \ln |H_t| + \varepsilon'_t H_t^{-1} \varepsilon_t \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + \ln |F_t R_t F_t| + \varepsilon'_t R_t^{-1} F_t^{-1} \varepsilon_t \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + 2 \ln |F_t| + \ln |R_t| + \varepsilon'_t R_t^{-1} \varepsilon_t \end{aligned} \quad (34)$$

Engle'in DCC modeli iki aşamada tahmin edilir. İlk aşamada her hata serisi için ayrı ayrı tek değişkenli GARCH modeli tahmin edilir. İkinci aşamada, ilk aşamada tahmin edilen standart sapmaları kullanarak hatalar standartlaştırılır ve bu dönüştürülmüş hatalar, dinamik korelasyonların tahmini için kullanılır. İlk aşamada kullanılacak olabilirlik, R_t matrisinin $N \times N$ boyutlu I_N birim matrisiyle değiştirilmesini gerekli kılmaktadır¹²⁸. Bu yaklaşımda İki aşamalı bir tahmin yöntemi olmasına karşın tek değişkenli GARCH modellerinin log olabilirliklerinin toplamını veren bir sonuç elde edilmektedir. Bu eşitlikte aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} q \ln l \left(\frac{\nu}{\varepsilon_t} \right) &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + \ln |I_N| + 2 \ln |F_t| + \varepsilon'_t F_t^{-1} I_N F_t^{-1} \varepsilon_t \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + 2 \ln |F_t| + \varepsilon'_t F_t^{-2} \varepsilon_t \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left(N \ln 2\pi + \sum_{n=1}^N \left(\ln h_{i,t} + \frac{\varepsilon_{i,t}^2}{h_{i,t}} \right) \right) \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \left(N \ln 2\pi + \sum_{t=1}^T \left(\ln h_{i,t} + \frac{\varepsilon_{i,t}^2}{h_{i,t}} \right) \right) \end{aligned} \quad (35)$$

Buradan elde edilen parametre tahminlerine dayalı olarak koşullu olarak ikinci aşamada log-olabilirlik tahmin edilir:

$$\begin{aligned} q \ln \eta | \hat{\nu}, \varepsilon_t &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + \ln |R_t| + 2 \ln |F_t| + \varepsilon'_t F_t^{-1} R_t^{-1} F_t^{-1} \varepsilon_t \\ &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T N \ln 2\pi + \ln |R_t| + 2 \ln |F_t| + \tilde{\varepsilon}'_t R_t^{-1} \tilde{\varepsilon}_t \end{aligned} \quad (36)$$

¹²⁷Engle ve Sheppard, 2001, ss. 10-12.

¹²⁸Engle ve Sheppard, 2001, s.11.

Log olabilirlik $\hat{\theta}$ 'e koşullu olduğundan dolayı sadece $\ln |R_t| + \tilde{\varepsilon}_t' R_t^{-1} \tilde{\varepsilon}_t$ kısmı parametre seçimini etkilemektedir. Bundan dolayı da DCC parametrelerinin tahmini için

$$q \ln \eta | \hat{\theta}, \varepsilon_t = -\frac{1}{2} \ln |R_t| + \tilde{\varepsilon}_t' R_t^{-1} \tilde{\varepsilon}_t \quad (37)$$

eşitliğinin maksimizasyonu yeterli olmaktadır¹²⁹.

3.2.4. Varyans Nedenselliğinin Belirlenmesine Yönelik Yaklaşımlar

Çok değişkenli oynaklık yaklaşımlarında nedenselliğin yönü de önemli olmaktadır. Ancak BEKK yaklaşımı dışındaki yaklaşımlar bu konuyu ele almamaktadır. Özellikle finansal riskten korunmaya yönelik analizlerde varyans nedenselliğinin yönünün tespiti önemlidir. Bu çalışmada bu konuda geliştirilen iki yaklaşımdan yararlanılmaktadır.

3.2.4.1. Hafner ve Herwartz Yaklaşımına Dayalı Varyans Nedensellik Testi

Hafner ve Herwartz (2006) tarafından geliştirilen varyans nedensellik testi özellikle piyasalar arasındaki ilişkilerin oynaklık yayılması yoluyla mı yoksa bulaşma etkisiyle mi olduğunu ortaya koymak açısından kullanılan yeni bir yaklaşımdır.

Literatürde Granger Nedensellik testleri (1969 ve 1988)¹³⁰ ile başlayan ve standart uygulama haline gelen ekonomik zaman serilerinin nedensellik analizinde son dönemde varyanstaki nedenselliğin incelenmesi önem kazanmıştır. Bu amaçla Hafner ve Herwartz (2006)¹³¹ tarafından LM (Lagrange Multiplier) testi finansal getirilerin varyansının nedensellik boyutunda analizine imkan verecek şekilde adapte

¹²⁹Engle ve Sheppard, 2001, ss.10-11.

¹³⁰Clive W.J., Granger, "Investigating causal relations by econometric models and cross spectral methods", *Econometrica*, 37, 1969, ss.424–438. ve Clive W.J Granger, "Some recent developments in a concept of causality", *Journal of Econometrics*, Cilt:39, 1988, ss.199–211.

¹³¹Christian M. Hafner and H. Herwartz, "A Lagrange multiplier test for causality in variance", *Economics Letters*, Cilt:93 (1), 2006, ss.137–141.

edilmiştir. Monte Carlo simülasyon sonucuna dayalı olarak geliştirilen bu yeni yaklaşımın LM testine göre daha güçlü olduğu belirlenmiştir.

3.2.4.2. Moon ve Yu Yaklaşımına Dayalı Varyans Yayılma Etkisi Testi

Moon ve Yu'nun yaklaşımı, varyans nedenselliğini yayılma etkilerinin de varlığına bağlı olarak ortaya koymaktadır. Moon ve Yu (2010) yayınladıkları “Volatility Spillovers between the US and China Stock Markets: Structural Break Test with Symmetric and Asymmetric GARCH Approaches”¹³² başlıklı makaleleriyle iki piyasa arasındaki oynaklık yayılması ve geçişgenliğin analizine yönelik yeni bir yaklaşım önermiştir. Yaklaşım kısaca şu şekildedir. Oynaklığın yayıldığı piyasa bağımlı, oynaklığın şok olarak çıktığı piyasa bağımsız değişken olarak alınmaktadır. Bundan sonra ise, tahmin edilen oynaklık denkleminin ortalama bölümüne bağımlı ve bağımsız değişkenin bir gecikmesi, varyans kısmına da bu bağımsız değişkenin hatalarının karesi alınarak konmaktadır. Tahmin edilen denklemin varyans kısmındaki bağımsız değişkenin hatalarının karesine ait katsayının anlamlı olup olmamasına bağlı olarak oynaklık yayılımının olup olmadığı ifade edilmektedir.

3.2.5. Varyansa Dayalı Korunma Yaklaşımı

Dünya ekonomisinde gelecek vadeli sözleşmelerin kullanılmaya başlandığı dönemle birlikte, finansal türev araçlar ve türev piyasalar yoluyla finansal risklerden korunmaya yönelik uygulamalar başlamıştır. Döviz kurları, faiz, emtia ve diğer finansal ve finansal olmayan varlıkların dayanak olarak kullanıldığı finansal türev araçların geliştirilmesi, söz konusu araçların korunmasına yönelik yeni yöntem, yaklaşım ve tekniklerin geliştirilmesine yol açmıştır. Genel olarak optimal korunma oranının (optimal hedge ratio) hesaplanmasında kullanılan yaklaşımlar en düşük ve en küçük varyansı esas almaktadır. Finans literatüründe genel olarak risk ve getiri arasındaki kurulan ilişkide; en düşük varyans ile en yüksek portföy getirisi arasında

¹³²Moon Gyu-Hyun ve Wei-Choun Yu, “Volatility Spillovers between the US and China Stock Markets: Structural Break Test with Symmetric and Asymmetric GARCH Approaches”, **Global Economic Review**, Cilt: 39,Sayı: 2, 2010, ss. 129-130.

ilişki kuran Markowitz (1952) yaklaşımına dayalı bir gelişim göstermiştir. Ekonometrik tekniklerin geliştirilmesi ve özellikle oynaklık tahminine yönelik gelişen literatürle birlikte yeni teknikler ortaya çıkmıştır. Bu yeni tekniklerin geliştirilmesine yol açan en önemli neden ise, finansal piyasalardaki anlık verilere dayalı analizlerin gerekli olmasıdır. Optimal korunma oranlarının analizine yönelik literatür 1960'lı yılların başından itibaren bir gelişim göstermiştir¹³³. Optimal korunma oranı ile ilgili başlayan literature de konu ilk olarak korunmaya yönelik davranışlarla, spekülasyon davranışı arasındaki farklılığı ortaya koymayı amaçlamıştır. Söz konu başlangıç hem spekülasyona yönelik hem de optimal korunma oranının analizine yönelik tekniklerin geliştirilmesine yönelik yeni bir eğilimi ortaya çıkarmıştır. İlk olarak OLS yaklaşımına dayalı analizler, finansal ekonometrideki geline son aşamayla oynaklık yaklaşımlarına dayalı olarak bir gelişim göstermektedir. Bu çalışmada bu yeni eğilime dayalı bir analiz yapılmıştır.

Finansal risklerden korunmak amacıyla gelecek vadeli sözleşme ürünlerin kullanımında en önemli noktalardan birisi, en düşük varyansa dayalı bir korunma stratejisinin uygulanmasıdır. Aksi belirtilmedikçe burada spot piyasada kısa pozisyon, başka bir ifadeyle “yükümlülük” alınmıştır. Korunma amacıyla gelecek piyasasında uzun pozisyon diğer bir ifadeyle varlık alımında bulunduğu varsayılmaktadır. Buradan hareketle, gelecek vadeli sözleşmelerin fiyatları ile spot ya da nakit piyasaların fiyatları arasındaki teorik ve matematiksel ilişkiden yola çıkarak piyasalar arasında varyansın değişkenliğine bağlı optimal korunma oranı hesaplanabilmektedir. Aşağıdaki eşitlikte r ve r_f ele alınan iki piyasa arasındaki risksiz faiz oranını, S_0 nakit fiyatını ya da spot fiyatı t vadeyi, F_0 gelecek vadeli sözleşmesinin fiyatını temsil etmektedir.

Genel olarak gelecek vadeli sözleşmeler ile dayanak varlıklar arasında tam simetrik ilişki kurularak etkin bir korunma sağlamak mümkün değildir. Bunun ana nedeni vadeli sözleşmeleri etkileyen vade, ekonominin risk düzeyi konusundaki algı ve bunun göstergeleri gibi değişkenlerin iki piyasa üzerindeki etkilerinin farklılığıdır. Bundan dolayı finansal türev piyasalar yoluyla kendisini korumak isteyen karar birimleri baz riski ile de (basis risk) karşı karşıya kalmaktadırlar. Genel olarak baz riski nakit veya spot piyasalarda ortaya çıkan fiyat hareketlerine karşı gelecek vadeli

¹³³ Lellian L.Johnson, “The theory of hedging and speculation in commodity futures”, **Review of Financial Studies**, Cilt: 27, Sayı: 3, 1960, ss. 139–151.

piyasalarda alınan pozisyonun ortaya çıkan zararı karşılayamaması durumunu ifade etmektedir. Riskten korunma (hedging), spot piyasalardan ortaya çıkabilecek risklere karşı gelecek vadeli işlem piyasalarında pozisyon almayı (kontrat satın alma/satma) ifade etmektedir. Riskten korunma oranı da alınması gereken gelecek vadeli işlem sözleşmesinin büyüklüğünü tanımlar. Böylece riskler de minimize edilmiş olmaktadır¹³⁴.

Aşağıdaki eşitlik spot piyasadan kaynaklanacak riske karşı gelecek piyasada alınan bir pozisyonu tanımlamaktadır.

$$b_t = S_t - F_t \quad (50)$$

Bu eşitlikte etkin bir korunma için b_t 'nin sıfır ya da $F_t > S_t$ olması beklenmektedir. Varyansa dayalı etkin korunma oranı için temel kural; baz riskini minimize edecek spot piyasa ile gelecek sözleşmesi arasındaki varyansın küçük olmasıdır. Bundan dolayı, spot ve vadeli piyasalar arasında yukarıdaki kurala uygun finansal türev araçlar etkin korunma oranı için yararlanılabilecek araçlar olacaktır. Belirtilen kural vadesinden önce gelecek vadeli sözleşme piyasalarında kapatılacak pozisyonlar için de geçerlidir.

Spot ve gelecek vadeli piyasalar arasında etkin koruma oranına yönelik olarak yüksek frekanslı verilerin kullanıldığı analizlerde oynaklık yayılmalarının etkileri dikkate alınmaya başlanmıştır. Özellikle çok değişkenli oynaklık yaklaşım ve tekniklerinin geliştirilmesi, farklı spot ve türev ürün piyasaları arasında pozisyonlar olarak finansal korunma ve portföy çeşitlendirilmesi yapılmasını sağlayacak bir yapıyı ortaya çıkarmaktadır. Genel olarak spot ve gelecek vadeli sözleşme piyasaları arasında etkin korunma oranının tahmininde çok değişkenli oynaklık yaklaşımlarının kullanılmasında esas alınan matematiksel dayanak aşağıda açıklanmıştır^{135,136}:

Spot piyasanın getirisi spot fiyatların t ve $t-1$ dönemlerine ait değerlerin $\ln$ farkına eşittir. Bu e tabanına göre logaritması alınmış spot fiyatların farkı

$\Delta S_t = S_t - S_{t-1}$ olarak ifade edilmiştir. Aynı şekilde gelecek vadeli sözleşme piyasalarında getiri $\Delta F_t = F_t - F_{t-1}$ olarak tanımlanmaktadır. Buna göre,

¹³⁴ John Hull, Risk Management and Financial Institutions, Wiley Publications, Fourth Edition, 2015, s.678.

¹³⁵ Richard T. Baillie and Robert J. MyersSource, "Bivariate Garch Estimation of the Optimal Commodity Futures", **Journal of Applied Econometrics**, Cilt: 6, Sayı: 2 (Apr. - Jun., 1991), ss. 109-124.

¹³⁶ Chris Brooks, Ólan T. Henry and Gita Persand, "Effect of Asymmetries on Optimal Hedge Ratios", **The Journal of Business**, Cilt: 75, Sayı: 2, 2002 , ss. 333-352.

iki zaman aralığındaki t dönemi için beklenen getiri (baz riski) aşağıdaki eşitlik olarak gösterilmektedir:

$$E_{t-1}(R_t) = E_{t-1}(\Delta S_t) - \beta_{t-1}E_{t-1}(\Delta F_t) \quad (51)$$

Bu eşitlikte β_{t-1} parametresi etkin koruma oranını göstermektedir. Beklenen getirinin (baz riskin) varyansı ise aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$h_{R,t}^2 = h_{S,t}^2 + \beta_{t-1}^2 h_{F,t}^2 - 2\beta_{t-1} h_{SF,t} \quad (52)$$

Buna göre riskten kaçınan karar biriminin fayda fonksiyonu iki momentin bileşiminden oluşan eşitlik olmaktadır.

Bu eşitlikte¹³⁷

$$U(E_{t-1}(R_t), h_{R,t}^2) = E_{t-1}(R_t) - \varphi h_{R,t}^2 \text{ biçimindedir.}$$

Burada φ parametresi söz konusu fayda fonksiyonuna sahip karar biriminin riskten kaçınma (aversion) katsayısını göstermektedir. Getirinin varyansı ile riskten korunmanın (hedger) sağladığı fayda fonksiyonunu maksimize etmek amacıyla şu eşitlik kurulur.

$$\begin{aligned} \max U(E_{t-1}(R_t), h_{R,t}^2) \\ = E_{t-1}(\Delta S_t) - \beta_{t-1}E_{t-1}(\Delta F_t) - \varphi(h_{S,t}^2 + \beta_{t-1}^2 h_{F,t}^2 - 2\beta_{t-1} h_{SF,t}) \end{aligned}$$

Bu eşitliğe göre etkin koruma sağlamak isteyen bir karar birimi riskten korunmak için alması gereken pozisyon ile getiri arasındaki varyansını dikkate alan bir strateji geliştirmelidir. Bundan dolayı maksimizasyon eşitliği, β_{t-1} parametresine göre çözümlenmektedir. Ancak bu çözüm için gerekli temel koşul gelecek vadeli sözleşmelerin bir martingale süreç izliyor olmasıdır. Varsayımın geçerliliği test edilmediği sürece bu koşulun geçerli olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayımın geçerli olması $E_{t-1}(\Delta F_t) = 0$ eşitliğinin olması anlamına gelmektedir. Böylece söz konusu fiyatların rastsal bir süreç izlediği ön kabulü de sağlanmış olmaktadır. Bunun sonucunda da $t+1$ fiyatı, t anındaki fiyatlarla tahmin edilebilmektedir. Bu koşullar geçerliken faydayı maksimize eden etkin korunma oranı,

$$\beta_{t-1}^* = -\frac{h_{SF,t}}{h_{F,t}^2}$$

¹³⁷ Brooks, Henry ve Persaud, 2002, ss.335-340.

olmaktadır. Buna göre etkin korunma oranı spot ile gelecek vadeli sözleşme fiyatlarının kovaryansının, gelecek sözleşmesinin varyansına bölünmesi yoluyla hesaplanmaktadır. Bu formülden yararlanılarak, riskten korunmasız (unhedged) durum ile riskten korunmalı (hedged) durumdaki varyansın kıyaslanması yoluyla riskten korunmanın etkinliği de hesaplanabilir¹³⁸.

Genel olarak spot piyasalarda ortaya çıkan fiyat değişimlerine bağlı ortaya çıkan risklerin yönetilmesine yönelik vadeli işlem sözleşmelerinin kullanılması durumunda, söz konusu aracın sağlamış olduğu korunmanın optimal bir oran olup olmadığı hesaplanması gerekli olmakla birlikte yeterli değildir. Bu açıdan kullanılan yaklaşım ve aracın korunma açısından etkin olup olmadığının hesaplanması de gereklidir. Bu açıdan optimal ve etkin korunma oranı kavramları arasındaki fark önemli olmaktadır. Optimal hedge oranı spot ve vadeli sözleşme fiyatları arasında ilişkinin dercesine bağlı olarak ortaya çıkar. Buna göre spot ve vadeli sözleşme fiyatları arasındaki yüksek korelasyon optimal korunma oranının yüksek olmasıdır. Böylece spot fiyatlarda meydana gelecek değişimler vadeli sözleşme fiyatlarındaki değişimlerle açıklanabilmektedir¹.

Etkin korunma oranı ise, vadeli sözleşmelerinin kullanılması korunmadan önceki duruma karşı alınan pozisyonun işlevini göstermektedir. Başka bir ifadeyle bir portföyün veya finansal riske karşı alınan pozisyonun ortaya çıkabilecek duruma karşı riski ne kadar azalttığı korumanın etkinliğidir. Bu açıdan Ederington yaklaşımına bağlı olarak ^{139,140} etkin korunma oranı $HE = \frac{V(u)-V(h)}{V(u)}$ olarak ifade edilmektedir. Bu formülde V(u) korunma olmadan spot veya risk maruz varlığın fiyat veya değerinin varyansını simgelemektedir. V(h) ise korunma sonrasında alınan pozisyon veya oluşturulan portföyün varyansıdır. Korunma sonrasındaki alınan pozisyon varyansı;

¹³⁸ Brajesh Kumar, Priyanka Singh ve Ajay Pandey, "Hedging Effectiveness of of Constant and Time Varying Hedge Ratio in Indian Stock and Commodity Futures Markets", W.P. No.2008-06-01 June 2008, Indian Institute of Management, <http://vslir.iimahd.ernet.in:8080/xmlui/handle/123456789/121>. ss.6-7.Lealand .L. JohnsonThe theory of hedging and speculation in commodity futures Review of Economic Studies, Cilt:27, 1960 , ss. 139–151.

¹³⁹ Louis H. Ederington, "The hedging performance of the new futures markets", **Journal of Finance**, Cilt:34, 1979, ss.157– 170.

¹⁴⁰ Robert J. Myers, ve Stanley R. Thompson, "Generalized optimal hedge ratio estimation", **American Journal of Agricultural Economics**, Cilt:71, 1989, ss.858– 868.

$$V(h) = \sigma_s^2 + h^2 \sigma_f^2 - 2 h \sigma_{sf}$$

eşitliğiyle gösterilebilir.

Bu eşitliğin σ_s^2 parametresi spot veya risk olarak düşünülen varlığın varyansıdır. h^2 parametresi optimal korunma oranının karesi, σ_f^2 ise korunma amaçlı kullanılan finansal aracın varyansıdır. σ_{sf} parametresi korunan ve korunma aracı olarak kullanılan varlığın kovaryansıdır. Bu eşitlikten de görüldüğü gibi optimal korunma oranıyla etkin korunma oranı arasında dolaylı bir ilişki vardır. Söz konusu ilişki dolaylı olduğundan dolayı olduğundan dolayı her optimal olan korunma oranı etkin olmaya bilir. Ancak optimal korunma oranının hesaplanmasına yönelik uygulanan tüm yaklaşım ve tekniklerle etkin korunma oranı da hesaplanabilir.

3.3. LİTERATÜR TARAMASI

Tablo 6: Lireratur taraması

Makale Konusu ve Yazarı	Veriler ve Kullanılan Yöntem	Ampirik Bulgular ve Sonuç
1. Robert F. Engle, Giampiero M. Gallo ve Margherita Velucchi, “A MEM-based Analysis of Volatility Spillovers in East Asian Financial Markets”, the International Workshop on Computational and Financial Econometrics, University of Geneva, Switzerland, April 20-22, 2007.	Bu makalede Hong Kong, Endonezya, Güney Kore, Malezya, Filipinler, Singapur, Tayland ve Tayvan’dan oluşan sekiz doğu Asya piyasasının 1995–2006 dönemine ait günlük getiri verileri kullanarak piyasalar arasındaki oynaklığın yayılma etkisi araştırılmıştır. Özellikle 1997-1998 yıllarında yaşanan kriz dönemine önem verilerek bu dönemdeki piyasalar arası oynaklık yayılmasının aktarım mekanizması üzerinde durulmuştur. Bu çalışmanın uygulama kısmında Çarpımsal Artan Hata Modeli (MEM-Multiplicative Error Model) ile VAR Modeli, Etki Tepki Fonksiyonları yöntem olarak kullanılmıştır.	Çalışmada elde edilen ampirik bulgulara göre, piyasalar arasında oynaklığın yayılma etkisinin olduğu ve piyasaların birbirinden bağımsız hareket etmediği sonucuna ulaşılmıştır. Krizden en çok etkilenen piyasasının Hong Kong olduğu, Tayvan’ın ise diğer sekiz piyasa ile kıyaslandığında en az etkilenen piyasaya sahip olduğu belirlenmiştir.
2. U. A. Müller, M. M. Dacorogna, R. D.Dav’e , O. V. Pictet, R. B. Olsen ve J. R.Ward, “Fractals and Intrinsic Time – A Challenge To Econometricians”, Presented in an opening lecture of the XXXIXth International Conference of the Applied Econometrics Association (AEA), Real Time Econometrics — Submonthly Time Series, 14-15 Oct 1993, in Luxembourg.	Bu makalede Avrupa Birliği Para Sistemi için döviz kurlarının parçalı (fractional) yapısı incelenmiştir. Piyasalardaki oynaklığın etkisiyle heterojen bir yapı ortaya çıktığı belirtilerek mevsimsel özellikler ayrıştırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, döviz kurlarının farklı	Bu çalışmada yapılan ampirik uygulamalar sonucunda yüksek frekanslı zaman serilerinden oluşan döviz kurlarında parçalı özelliğin varlığı saptanmıştır. Döviz piyasalarında işlem yapılırken, traderlar için strateji geliştirmede işlem zamanının önemli olduğu ortaya konmuştur.

	piyasalardaki oynaklık yayılmasında “ısı dalgası-heat wave” ya da “meteor yağmuru- meteor shower” özelliği gösterip göstermediği araştırılmıştır. Kullanılan yöntem ARCH ve GARCH modelleridir.	Çünkü,döviz piyasalarında farklı saat dilimlerinde işlem yapıldığından, ısı dalgası hipotezinin geçerliliği ileri sürülmektedir. Ayrıca, işlem yapan yatırımcıların farklı özelliklerinin olmasının da heterojen piyasa yapısının oluşmasına yol açmaktadır. Etkin piyasalar hipotezi kabul edilememesine rağmen, kesin olarak da reddedilememiştir. Her piyasanın kendisine özgü konumu, zamanlaması ve kurumsal kısıtları olabileceğine dikkat çekilmiştir.
3. Jonathan Williams ve Angel Liao, “Implications of news asymmetries in foreign exchange markets”, 9th Conference Zürich SWX Swiss Exchange April 7, 2006.	Bu makalede 1971-2005 dönemine ait döviz kurları veri olarak kullanılmıştır. Çalışmada döviz kurlarındaki oynaklığın asimetrik özellikleri ile yayılma etkileri araştırılmıştır. Yöntem olarak BEKK GARCH Modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmada ampirik uygulama olarak Amerikan Dolarının günlük getirilerinin Japon yeni, İsviçre frankı ile İngiliz Sterlini karşısındaki koşullu varyansı ve kovaryansı incelenmiştir. Piyasalar arasında yayılma etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ortaya konmuştur. Asimetrik bilgi-haberlerin piyasalardaki oynaklık üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Asimetrik modellerin standart modellere göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir.
4. Ekaterini Panopoulou ve Theologos Pantelidis, “Integration at a cost: Evidence from volatility impulse response functions”, NUIM Working Paper No. N1540305, February 25, 2005.	Bu makalede son 20 yıllık veriler kullanılarak ABD ile G7 ülkeleri arasındaki uluslar arası yayılma etkileri analiz edilmiştir. Örneklem ikiye ayrılarak 1995 öncesi ve sonrası dönemdeki yayılma özellikleri incelenmiştir. Çalışmada GARCH-BEKK ile VAR	Makalede ampirik bulgulara dayanarak 1995 sonrası dönemde piyasaların birbirine daha fazla bağımlı hale geldiği ve yayılma etkisinin arttığı ortaya konmuştur. Oynaklıkların 1995 ve sonrasında yükselmesinden dolayı, şokların daha uzun süreli hale geldiği sonucuna ulaşılmıştır.

	modelleri ve etki tepki fonksiyonlarından yararlanılmıştır.	
5. Salim M. Darbar ve Partha Deb, “Linkages among asset markets in the United States: Tests in a bivariate GARCH framework”, IMF Working Paper, 1999, No.WP/99/158.	Bu makalede ABD hisse senedi, tahvil, döviz ve emtia piyasası 1984-1993 dönemine ait verileri kullanılarak piyasalar arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Yöntem olarak EGARCH, LEGARCH ile VARMA modelleri ve Granger nedensellik analizi kullanılmıştır.	Makalede yapılan ampirik uygulama sonuçlarına göre ABD’deki dört piyasanın da aşırı çarpık yapıda olduğu ve hepsinde ARCH etkisinin varlığı saptanmıştır. Bundan dolayı varlık getirilerinin normal olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu piyasalar arasında oynaklığın yayılma etkisinin de istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.
6. Stelios D. Bekiros ve Cees G.H Diks, “The Nonlinear Dynamic Relationship of Exchange Rates: Parametric and Nonparametric Causality testing”, Journal of Macroeconomics, 2008, vol. 30, issue 4, pages 1641-1650.	Bu çalışmada dünyada döviz ticaretinin %90’ını temsil eden altı farklı döviz kuru verileri (EUR/USD, GBP/USD, USD/JPY, USD/CHF, AUD/USD ve USD/CAD) kullanılarak 1991-2007 dönemi için doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkiler araştırılmıştır. Kullanılan yöntem ise; VAR filtrelemesi, parametric olmayan Granger nedensellik analizi ve GARCH –BEKK modelidir. Nonparametric Diks – Panchenko Nedensellik Testi de uygulanmıştır.	Bu çalışmada ampirik uygulama kısmında veriler iki döneme ayrılarak incelenmiştir. Birinci dönem 1991-1997 ile ikinci dönem 2003-2007 olarak ele alınmıştır. Nedensellik analizi için Asya krizinin olduğu dönem yapısal kırılma noktası olarak değerlendirilmiştir. Nedenselliğin doğrusal veya doğrusal olmayan yapısı test edilmiştir. Yapılan model ve test sonuçlarına göre, piyasalar arasında asimetrik ve doğrusal olmayan etkilerin varlığı belirlenmiştir. Piyasalar arasında oynaklık yayılması olduğu istatistiksel olarak ortaya konmuştur.
7. Victor Fang, Yee-Choon Lim, ve Chien-Ting Lin, “Volatility Transmissions between Stock and Bond Markets: Evidence from Japan and the U.S.”, International Journal of Information Technology Vol.12 No.6 2006, pp.120-128.	Bu çalışmada ABD ile Japonya’daki hisse senedi ve bono piyasaları arasındaki oynaklığın yayılma etkileri 1988-2004 dönemine ait veriler yardımıyla analiz edilmiştir.	Makaledeki ampirik uygulama yardımıyla; ABD ile Japonya hisse senedi ve bono piyasalarının finansal zaman serilerinde sık karşılaşılan şekilde heterojen özellik gösterdiği, oynaklık yayılması açısından

	Bu makalede GARCH-BEKK modeli yöntem olarak kullanılmıştır.	ise hisse senedi ile bono piyasalarında farklı bulguların olduğu ortaya konmuştur. ABD ile Japonya hisse senedi piyasaları arasında yayılma etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmasına rağmen, bono piyasaları açısından bakıldığında ABD ile Japonya arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.
8. Edy Zahnd, “The application of multivariate GARCH models to turbulent financial markets”, University of Basel, Dissertation, 2002, Berlin.	Bu tezde 1985-1998 dönemine ait döviz kuru verileri kullanılarak ABD, İsviçre ve Asya piyasaları arasındaki oynaklığın yayılma etkisi araştırılmıştır. Tezde kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla, GARCH, VAR-GARCH, GARCH-in-Mean, BEKK-GARCH ve Multivariate GARCH modelleridir.	Tezde ampirik uygulamalar sonucunda elde edilen bulgulara göre; döviz piyasaları arasında ABD’den Asya’ya ve İsviçre’ye kadar tüm piyasalar arasında oynaklık yayılması istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır.
9. Sebastian Edwards, “Contagion”, the 1999 World Economy Lecture, University of Nottingham, 1999.	Bu makalede şokların yayılmasına ve bulaşmasına etki eden faktörler araştırılarak üç temel sorunun cevabı aranmıştır: (1) ülkeler arasında şokların yayılmasına sebep olan mekanizmalar nelerdir? (2) Neden bazı şoklar çok hızlı ve şiddetli bir şekilde uluslararası piyasalara yayılırken, diğerleri sadece ulusal piyasalarla sınırlı kalmaktadır? (3) Acaba bir piyasayı şokların olumsuz etkilerinden korumak imkanı var mıdır? Ampirik uygulama için Meksika, Şile, Arjantin, Hong Kong ve Brezilya’nın hisse	Bu çalışmada şokların yayılma etkisi ile bulaşma etkisinin farklılıkları üzerinde durulmuştur. Özellikle son dönemde gelişmekte olan ülke piyasalarında yaşanan şokların bulaşma etkisinden ortaya çıktığı ileri sürülmektedir. Yayılma ile bulaşma arasındaki farkın tanımı olarak; eğer bir şok önceden tahmin edilemiyorsa ve beklentilerin üzerinde bir oynaklığa neden oluyorsa piyasalarda bulaşma etkisini ortaya çıkarmaktadır. Yabancı sermaye hareketlerinin son yıllarda artmasının finansal piyasaların birbirinden daha fazla

	senedi ve bono verileri (1997-1999) ele alınmıştır. Bu makalede VAR modeli yöntem olarak kullanılmıştır.	etkilenmesine neden olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.
10. Juan Ayuso ve Roberto Blanco, “Has Financial Market Integration Increased During The Nineties?”, Banco de España, Research Department, the Autumn Central Bank Economist’s Meeting held at the BIS on the 25 and 26 October 1999.	Bu çalışmada 1990’larda finansal piyasaların entegrasyonunda bir artış olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla çeşitli finansal piyasaların verileri kullanılarak entegrasyon düzeyi araştırılmıştır. Çalışmada New York, Londra, Paris, Madrid, Frankfurt, Milan ve Tokyo hisse senedi piyasaları ele alınmıştır. Bu çalışmada GARCH modellerinden az bir farkı olan (asimetrik etkileri dikkate alması ve finansal kaldıraç analizini kolaylaştırması) Glosten, Jagannathan and Runkle (GJR) modeli ile VAR modeli kullanılmıştır.	Bu makalede yapılan ampirik uygulama sonuçlarına göre 1990’larda finansal piyasaların entegrasyonunda artış olduğu istatistiksel olarak test edilmiş ve doğruluğu kabul edilmiştir. Diğer yandan ise, uluslararası finansal piyasaların entegrasyonun artmasının etkisiyle, piyasalar yeni bilgi-haberlere daha duyarlı hale gelmiştir.
11. Marco Wölfe, “Information Transmission among Commodities: A Volatility Approach to Input Markets”, Institut zur Erforschung der wirtschaftlichen Entwicklung Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2006	Bu makalede ABD’de işlem gören 19 emtia ile 2 hisse senedi endeksi günlük verileri esas alınarak piyasalar arasındaki yayılma etkileri incelenmiştir. GARCH modeli kullanılarak analizler yapılmıştır.	Bu çalışmada uygulanan ampirik model bulgularına göre hisse senetleri ile emtia piyasaları arasında yayılma etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Bu durum literatürde portföy yönetimi açısından risklerin yayılması ve optimizasyonunu sağlama yaklaşımı ile uyumlu ve tutarlı bir bulgudur. Ayrıca, enerji piyasalarındaki oynaklığa karşı riskten korunmak için (hedge) altının iyi bir yatırım aracı olabileceği belirlenmiştir.

12. Nikitas Niarchos, Yiuman Tse, Chunchi Wu ve Allan Young, “International Transmission of Information: A Study of the Relationship Between the U.S. and Greek Stock Markets”, Multinational Finance Journal, 1999, vol. 3, no. 1, pp. 19–40.	Bu makalede ABD ile Yunanistan hisse senedi piyasaları arasındaki uluslararası bilgi yayılmasının etkileri analiz edilmiştir. Bu amaçla Atina Borsası ile S&P 500 Endeksine ait veriler kullanılmıştır. Çalışmada EGARCH modelinden yararlanılmıştır.	Çalışma ampirik bulgularına göre ABD piyasaları ile Yunanistan piyasaları arasında bir yayılma etkisi olmadığı belirlenmiştir. Literatürde daha önce yapılan ampirik bulguların tersine, ABD’nin Yunanistan piyasaları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmadığı saptanmıştır.
13. Francis X. Diebold ve Kamil Yılmaz, “Measuring Financial Asset Return and Volatility Spillovers with Application to Global Equity Markets”, TÜSİAD-KOÇ university economic research forum working paper series, Working Paper 0705, January 2007.	Bu makalede 16 önemli borsa verileri kullanılarak 1990’lardan 2005 yılına kadar olan dönem için “getiri yayılması” ile “ oynaklık yayılması” analiz edilmiştir. Çalışmada kriz dönemleri ile kriz olmayan dönemler ayrıştırılarak incelenmiştir. Yöntem olarak VAR modeli kullanılmıştır.	Bu çalışmanın ampirik bulgularına dayanarak yazarlar, varlık getirileri ile getiri oynaklıkları arasındaki ilişkiyi basit bir yaklaşımla açıklamaya çalışmışlardır. VAR ayrıştırması yoluyla piyasalar arasındaki oynaklığın bulaşma etkisi ortaya konmuştur. Buna göre, getiri yayılmasında 1990’lardan bu yana bir sıçrama olmazken, genel olarak artan bir trendin varlığı belirlenmiştir. Oynaklık yayılmaları için ise, getiri yayılmasının tersine, bir trendin oluşmadığı ve özellikle kriz zamanlarında sıçramaların yaşandığı saptanmıştır.
14. Luci Ellis ve Eleanor Lewis, “The Response Of Financial Markets In Australia And New Zealand To News About The Asian Crisis”, Research Discussion Paper2001-03, Reserve Bank of Australia, 2001.	Bu makalede finansal piyasalarda Asya krizinin etkisiyle ortaya çıkan oynaklığın Avustralya ve Yeni Zellanda piyasaları üzerindeki yayılma etkileri araştırılmıştır. Bu ülkelerin hisse senedi, tahvil ve döviz piyasalarındaki yayılma etkileri incelenerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler ARCH-GARCH modelleri, VAR ve etki tepki fonksiyonlarıdır.	Bu çalışmanın ampirik bulgularına göre, Asya krizinin ortaya çıktığı dönemde Avustralya ve Yeni Zellanda’nın hisse senedi ve döviz piyasalarının oynaklığında artış olduğu belirlenmiştir. Ancak benzer bir durum tahvil piyasalarında gözlenmemiştir. Genel olarak Avustralya ve Yeni Zelanda piyasalarının Asya piyasaları ile pozitif bir korelasyona sahip olduğu saptanmıştır.

		Ayrıca, döviz piyasalarının oynaklık yayılmasının diğer piyasalara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu durumun özellikle ticarete konu olan işlemler ile yatırım kararları arasındaki yakın ilişki ve etkileşimden olabileceği tartışılmaktadır. Her iki ülkenin uyguladığı para politikası birbirinden farklı olmasına rağmen, yurtdışı kaynaklı bir krizin etkilerinin benzer olarak ortaya çıktığı gözlenmiştir.
15. Lakshmi Balasubramanyan, “Do Time-Varying Covariances, Volatility Comovement and Spillover Matter?”, Pennsylvania State University, November 8, 2004.	Bu makalede üç temel sorunun cevabı aranmakta ve istatistiksel olarak test edilmektedir: (1) ABD, İngiltere ve Japonya finansal piyasaları arasında birlikte hareket etme ve oynaklık yayılması açısından istatistiksel olarak anlamlı olan nasıl bir durum vardır? (2) Eğer bu piyasalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki varsa, bunun uluslararası düzeyde portföy oluşturmada yayılma etkileri ne şekilde oluşmaktadır? (3) Zamana göre değişen oynaklık yayılması modellemesinde performans ölçüm kriteri olarak logaritmik fayda yaklaşımını kullanmak nasıl sonuç verebilir? Çalışmada DCC-GARCH, CCC-GARCH ve VAR modellerinden yararlanılmıştır.	Bu makalenin ampirik bulgularına göre üç piyasa arasında istatistiksel olarak anlamlı oynaklık yayılmasının varlığı saptanmıştır. Ayrıca oynaklık yayılmasında asimetrik etkiler de araştırılmıştır. Buna göre, negatif şokların etkisinin pozitif şoklara göre daha yüksek katsayıya sahip olduğu ortaya konmuştur. Buna bağlı olarak uluslar arası düzeyde portföy sahibi olan yatırımcıların daha yüksek risk primi ödemesi gerektiği belirlenmiştir.

16. Michael J. Fleming ve Jose A. Lopez, “Heat Waves, Meteor Showers, and Trading Volume: An Analysis of Volatility Spillovers in the U.S. Treasury Market”, the Bank of Japan, the FMA Annual Meeting, 1998.	Bu makalede dünyanın önemli finansal piyasalarından olan üç piyasada saat yönünde işlem gören ABD Hazine Bonolarının farklı piyasalardaki oynaklık yayılması açısından durumu analiz edilmiştir. Bu çalışmada yöntem olarak Engle, Ito ve Lin (1990) tarafından kullanılan GARCH ailesi metodolojisi esas alınmıştır.	Bu makalede uygulanan ampirik yöntemler sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir. Üç piyasada da GARCH yapısının varlığı belirlenmiştir. Tokyo ve Londra piyasalarının istatistiksel olarak anlamlı meteor yağmuru özelliğine sahip olduğu ortaya konmuştur. Ancak Newyork piyasasında ise ısı dalgası özelliği istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Benzer şekilde koşullu varyansın Tokyo ve Londra’da işlem hacmi ile yakından ilişkili olduğu belirlenirken, Newyork piyasasında bu durum istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.
17. Angelo Marsiglia Fasolo, “Interdependence and contagion: an analysis of information transmission in Latin America’s Stock Markets”, Central Bank of Brazil, Working Paper Series, No. 112, 2006.	Bu makalede 1990’larda yaşanan krizin Latin Amerikan hisse senedi piyasalarına olan yayılma ve bulaşma etkisi incelenmiştir. Çalışmada yöntem olarak M-GARCH kullanılmıştır.	Makalenin ampirik bulgularına göre, Asya (1997) ve Rusya (1998) krizlerinin bulaşma etkileri istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Bununla birlikte, Brezilya’daki döviz rejimi değişikliği ile Meksika (1994) ve Arjantin (2001) krizlerinin ülkeye özel özellikler gösterdiği ve yayılmanın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Bulgulara dayanarak ülkeler arası krizin bulaşma etkisi ve birbirlerine olan bağımlılıkları tartışılmaktadır.
18. Takatoshi Ito, Richard K. Lyons ve Michael T. Melvin, “Is There Private Information in the FX Market? The Tokyo Experiment”, NBER Working Paper No. 5936 Issued in February 1997	Genellikle döviz piyasalarında özel bilgi-haber olmadığı kabul edilmektedir. Bu çalışmada, söz konusu görüşün geçerliliği araştırılmıştır. Tokyo piyasasında işlem	Bu makalede elde edilen ampirik bulgulara dayanarak döviz piyasasında özel bilginin varlığı ve oynaklığa olan etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

	saatleri dikkate alınarak işlem yapanların (trader) öğlen mola saatlerindeki işlemlerinin oynaklık üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada varyans Analizi yöntem olarak uygulanmıştır.	
19. Michael McAleer ve Bernardo da Veiga, “Spillover Effects in Forecasting Volatility and VaR”, School of Economics and Commerce University of Western Australia, 2004	Bu makalede finansal piyasalarda riskin bir göstergesi olan oynaklığın yayılması üzerine araştırma yapılmıştır. Bu amaçla dört uluslararası piyasa günlük verileri kullanılmıştır. Bunlar; S&P500 (USA), FTSE100 (UK), CAC40 (France), and SMI (Switzerland)’dır. Yöntem olarak M-GARCH, VARMA-GARCH, DCC-GARCH, CCC-GARCH ile PS-GARCH modelleri kullanılmıştır.	Bu çalışmada elde edilen ampirik bulgulara göre, finansal piyasalarda ve özellikle bankalar için riskin önemli bir göstergesi olan oynaklığı doğru tahmin edilmesi ve yayılma etkilerinin bilinmesinin önemli olduğu vurgulanmaktadır.
20. Giampiero M. Gallo ve Edoardo Otranto, “Volatility Transmission in Financial Markets: A New Approach”, Dipartimento di Statistica, “G. Parenti”, Universit’a di Firenze Working Paper No. 10, 2005.	Bu makalede Asya finansal piyasaları analiz edilerek oynaklığın yayılması incelenmiştir. Yöntem olarak Markov Zinciri ile Markov Switching (MCMS) kullanılmıştır.	Asya piyasaları arasında yapılan ampirik model bulgularına göre, Hong Kong piyasasının diğer piyasalara göre istatistiksel olarak oynaklık yayılması açısından daha baskın özellik gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca, kriz zamanları dışında piyasalara ait hata terimleri arasında bir korelasyon bulunmadığı da istatistiksel olarak açıklanmıştır.
21. Nicholas Apergis, Costas Katrakilidis ve Stamatis Papastamatis, "Meteor showers" and "heat waves" in Greek financial markets”, International Advances in Economic Reseach, Vol 3. , 1997.	Bu makalede yazarlar “meteor yağmuru” ile “ısı dalgası”nın geçerli olup olmadığını Yunanistan finansal piyasaları üzerinde test etmişlerdir.	Bu çalışmanın ampirik bulgularına göre, Yunanistan’da hisse senedi piyasaları “ısı dalgası” özelliği göstermekle birlikte, döviz piyasalarında ise “meteor yağmuru”

	Makalede kullanılan yöntem ARCH ve GARCH modelleridir.	hipotezinin istatistiksel olarak anlamlı çıktığı ortaya konmuştur.
22.Massimiliano Caporin ve Michael McAleer, “Ranking Multivariate GARCH Models by Problem Dimension”, Mayıs 2010, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1601236	Bu makalede yazarlar MGARCH modellerinin (BEKK, DCC, Corrected DCC (cDCC) vb) karşılaştırmasını yaparak elde edilen ampirik bulguları yorumlamışlardır.	Yazarların yapmış olduğu model tahmin ve karşılaştırma sonuçları özet olarak sunulmuştur. MGARCH modellerindeki en temel sorun çok boyutluluktan (dimensionality) kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı skalar BEKK, CCC, DCC veya cDCC vb. modellerin kullanımı farklı amaçlar için gerekli olmaktadır. Yazarlara göre, MGARCH modelleri arasında en optimal olanı diye bir genelleme yapmak yerine incelenen örneklemin özelliklerine ve hipoteze bağlı olarak uygun modelleme yapılması tavsiye edilmektedir. Bu açıdan, ekonometrik tekniklerin uygulanmasında dikkate alınması gereken kriterlerden daha önemlisi incelenen döneme ait verilerin yapısal özellikleri önemli olmaktadır. Bunun anlamı, “veri üretim süreci” ne yönelik olarak modellerin tercih edilmesi gerekmektedir. Genel olarak, ilgili literatürdeki geliştirilen teknikler de buna yöneliktir. Ekonometrik açıdan ilgili literatürde var olan teknik ve yaklaşımlar birbirinin eksikliğine yönelik değildir. Söz konusu yaklaşımlar, analiz edilen hipotezler ile bu hipotezlerin geçerliliğine yönelik elde edilecek bulgulara ulaşılması için kullanılacak değişkenlerin ve bu değişkenlerin arasındaki ilişkilere göre seçilmektedir. Bundan dolayı,

		literatürdeki şu yöntem bu yöntemden daha üstündür biçiminde bir yorum yerine, söz konusu yöntemlerin analiz edilen olgu ve olayları yakalayıp yakalayamadığı üzerinde durulmalıdır.
23. Sarantis Tsiaplias ve Chew Lian Chua, “A multivariate GARCH model incorporating the direct and indirect transmission of shocks”, 2009, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1461267	Bu çalışmada yazarlar belirli döviz kurları olan USD-EUR, USD-AUD, USD-GBP ve USD-JPY için MGARCH model tahminleri yapmışlardır. MGARCH modeli aracılığıyla doğrudan ve dolaylı şokların geçiş genliği araştırılmıştır.	Yazarlar tarafından analiz edilen döviz kurlarının MGARCH model tahmin sonuçları VaR yöntemi ile kıyaslanmıştır. Varyans ve Kovaryans matrisleri açısından da doğrudan ve dolaylı geçiş genliğin istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
24. Nicolas Koch, “Co-movements between carbon, energy and financial markets: A multivariate GARCH approach”, University of Hamburg, School of Business, Economics and Social Sciences, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1975749	Yazar bu makalesinde özellikle enerji piyasasındaki son gelişmelere bağlı olarak oluşan karbon emisyon düzeyini de içeren piyasa yapılanmasına bağlı olarak finansal piyasalardaki oynaklıklara olan etkiyi analiz etmiştir. Bu çalışmanın uygulamasında; EU-ETS karbon emisyon piyasası ile finansal türev ürünlerin ilişkisi 2005-2011 dönemi için incelemiştir. Yöntem olarak STCC GARCH- CCC GARCH- DSTCC GARCH modelleri GAUS programı aracılığıyla tahmin edilmiştir.	Bu çalışmanın ampirik bulgularına dayanarak piyasalar arasında istatistiksel açıdan anlamlı tahminler elde edilmiştir. Politika yapıcılar açısından önemi, emisyon ve karbon piyasası ile finansal piyasalar arasında önemli bir etkileşim söz konusudur ve bu durum piyasaların istikrarını bozabilecek seviyeye ulaşmadan EU bölgesinde düşük karbon ve emisyonu teşvik edecek alt yapının oluşturulması önerilmektedir.
25. Roengchai Tansuchat, Chia-Lin Chang ve Michael McAleer, “Conditional Correlations and Volatility Spillovers Between Crude Oil and Stock Index Returns”, Ocak 2010, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1534043	Bu makalede yazarlar 1998-2009 dönemi için WTI ve Brent petrol piyasaları ile FTSE100, NYSE, Dow Jones ve S&P500 index getirilerini analiz etmişlerdir. Yöntem olarak VARMA-AGARCH ile VARMA-GARCH ve CCC GARCH uygulanmıştır. En iyi model tahmin	Bu çalışmanın ampirik bulgularına dayalı olarak negatif ve pozitif şoklardan doğan asimetrik etkiler belirlenmiştir.

	sonucunu VARMA-AGARCH yöntemi vermiştir.	
26. Massimiliano Caporin ve Michael McAleer, “Do We Really Need Both BEKK and DCC? A Tale of Two Multivariate GARCH Models”, Şubat 2010, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1549167	Bu çalışmanın temel amacı, özellikle finansal piyasaların modellenmesinde sıklıkla kullanılan iki yaygın yöntemin benzerlikleri ve farklılıklarını değerlendirerek akademisyenlere ve uygulamacılara yol gösterici olmaktır. Bu amaçla yazarlar BEKK ve DCC tekniklerini yakından incelemişlerdir.	Bu çalışmanın temel amacı, bir tekniğin diğerine karşı üstünlüğünü ispat etmek değil, bunun yerine pratikte uygulama yaparken istatistiksel ve yapısal özellikleri açısından dikkat edilmesi gereken noktaları hatırlatmaktır.
27. Gian Piero Aielli, “Dynamic Conditional Correlation: on Properties and Estimation”, Temmuz 2011, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1507743	Bu çalışmada yazar sık kullanılan tahmin tekniklerinden birisi olan DCC GARCH modeli ile ilgili ortaya çıkan karakteristik özellikler ve tahminlemede dikkat edilmesi gereken hususları açıklamaktadır.	DCC tahmin yöntemi çeşitli açılardan ele alınarak uygulamacılara yönelik tavsiyelerde bulunmaktadır. DCC tahmin yönteminin sonuçsuz kaldığı veya tutarsız olduğu durumlar açıklanmaktadır. Ortaya çıkan zorlukları gidermek amacıyla cDCC yöntemi önerilmektedir.
28. Manabu Asai ve Michael McAleer, “Dynamic Conditional Correlations for Asymmetric Processes”, 2009, http://ideas.repec.org/p/ky/fseries/2009cf657.html	Bu çalışmada yazarlar DCC üzerine iki farklı yaklaşım geliştirmişlerdir. Wishart DCC (WDCC) model ile the Matrix-Exponential Conditional Correlation (MECC) model özellikleri açıklanarak uygulama sonuçları değerlendirilmiştir. Uygulama Nikkei 225, Hang Seng ve Straits Times Index getirilerine dönük üç değişkenli bir model tahmini yapılmıştır.	Yazarlar kalın kuyruklu hata dağılımının olduğu durumlarda tahminlemede standartlaştırılmış çoklu değişkenli <i>t</i> -dağılımını kullanılmasını önermektedir.
29. Minh Vo ve Liang Ding, “Exchange Rates and Oil Prices: A Multivariate Stochastic Volatility Analysis”, http://ssrn.com/abstract=1746318	Bu çalışmada daha önce literatürde fazla örneği bulunmayan petrol ile döviz piyasaları arasındaki ilişkinin risk seviyesi analizi yapılmıştır. Bu amaçla çok değişkenli stokastik oynaklık modeli (MSV) ile çok değişkenli koşullu	Çalışmanın ampirik bulgularına göre, üç temel sonuca ulaşılmıştır. Bunlardan ilki, tüm piyasalarda oynaklık özelliği kalıcı bir karaktere sahiptir. İkincisi, petrol piyasalarından döviz piyasalarına doğru bir nedensellik ilişkisi istatistiksel olarak

	korelasyon GARCH modeli (CC-MGARCH) uygulanmıştır. uygulamada risk tahminlerine dayalı bir modelleme yaklaşımı kullanılmıştır.	anlamli çıkmasına rağmen, tersi geçerli olmamaktadır. Bunun anlamı, petrol piyasalarıyla ilgili bilgileri döviz piyasasını tahmin etmek için kullanmak anlamli ve mümkün olmaktadır. Son olarak, MSV modeli CC-MGARCH ile kıyaslandığında daha iyi sonuç vermiştir.
30. John Beirne, Guglielmo Maria Caporale, Marianne Schulze-Ghattas ve Nicola Spagnolo, “Global and Regional Spillovers in Emerging Stock Markets: A Multivariate GARCH-in-mean Analysis”, CESIFO Working Paper No. 2794, Category 7: Monetary Policy And International Finance, September 2009	Bu makalede gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalar arasındaki ilişki ve yayılma etkileri analiz edilmiştir. Bu amaçla Tri-Variate VAR GARCH (1,1) modeli yardımıyla Asya, Avrupa, Latin Amerika ve Orta Doğu'da yer alan (41) gelişmekte olan piyasa ekonomisi esas alınarak GARCH in Mean etkileri incelenmiştir. Muhtemel yayılma kanalları, getiri ortalamalarının yayılması ve piyasalar arası ilişkiler araştırılmıştır.	Genel olarak ampirik bulgular çerçevesinde bölgesel ve küresel ölçekte piyasalar arasında yayılma etkilerinin istatistiksel olarak anlamli çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, piyasaların karşılıklı etkileşiminde ülkelere ve bölgelere göre değişiklikler gözlenmiştir. Özellikle Asya ve Latin Amerika'da getiri ortalamalarının yayılmaları önemli iken, Avrupa bölgesinde varyans yayılmaları daha önemli hale gelmektedir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ÇOK DEĞİŞKENLİ OYNAKLIK YAKLAŞIMLARI İLETÜRKİYE VE İNGİLTERE ELEKTRİK PİYASALARINDA FİYAT RİSKİNİN YÖNETİLMESİNE YÖNELİK BİR ANALİZ

Elektriğin temel özelliği saklanamayan bir mal olmasıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, elektrik piyasası da bu malın alınıp satıldığı bir piyasadır. Bu nedenle, piyasada gerçekleşen fiyatlar tam zamanlı ve anlık fiyatlar olmaktadır. Fiyatların gerçekleştiği spot piyasanın temel özelliği, sürekli regülasyona tabi olmasından dolayı spekülasyonun olmamasıdır. Elektrik piyasasında anlık fiyatların oluşumunda en önemli sorun, vadeli fiyatlar ile spot fiyatların sisteme giriş zamanlarının farklılığına bağlı olarak bir risk yönetim sürecinin gerçekleştirilmesinin zorluğudur. Bu durum daynak varlığı elektrik olan vadeli gelecek sözleşmelerinin geliştirilmesinde engelleyici bir unsurdur.

Elektrik piyasasında üretici olan karar alıcı birimler için üç temel sorun bulunmaktadır. Bunlardan ilki, elektrik fiyatlarının değerlemesinde karşılaşılan sorunlardır. İkincisi dinamik riskten korunma yaklaşımları için kullanılacak risk yönetim araçlarının oluşturulmasının zorluğudur. Sorunun üçüncüsü ise, spot fiyatların, oluşturulan vadeli işlem sözleşmelerinin fiyatlarına aktarılmasında ve bu fiyatların spot piyasa için bir gösterge niteliğini sağlamasındaki kısıttır. Ancak yukarıda belirtilen sorun ve kısıta karşın, özellikle üreticilerin elektrik fiyatlarında ortaya çıkan dalgalanmalara karşı kendilerini korumaları da gerekmektedir. Bundan dolayı, söz konusu karar birimlerinin optimal korunma (hedge) oranları için kendi piyasalarıyla ilişkili olabilecek gelecek vadeli işlem sözleşme piyasalarında pozisyon açmaları ve fiyat riskine yönelik etkin ve optimal korunma oranlarını uygulama konusunda çalışma yapmaları faydalı olacaktır.

Çalışmanın bu kısmında bir önceki bölümde açıklanan teknikler kullanılarak Türkiye Elektrik Piyasası'nda fiyatlardaki ortaya çıkabilecek dalgalanmalardan kaynaklanan riske karşı başka bir piyasada pozisyon alarak korunmanın mümkün olup olmadığını araştırmaktır. Bu çerçevede, ikinci bölümde açıklanan Engle, Ito ve Lin ile varyansa dayalı finansal riskin yönetime yönelik yaklaşımlara dayanılmıştır.

Türkiye Elektrik Piyasası'nda 2009 yılının Aralık ayında geçilen yeni fiyatlama sistemiyle birlikte, elektrik piyasasının alt yapısı oluşturulmuştur. Piyasanın temel özelliği, arz ve talep miktarına bağlı olarak fiyatların oluşumunun sağlanmasıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, arz ve talep miktarındaki dalgalanmalar fiyatların anlık belirlenmesi üzerinde etkili olabilecek değişkenler olmaktadır. Genel olarak bir elektrik arz açığının olması durumunda fiyatlar yükselmektedir. Bu durumda üreticiler sisteme daha fazla elektriği arz edeceklerdir. Arz açığının olması durumunda ortaya çıkan fiyat yükselmesi talep yönünde elektrik kullanıcıları için bir maliyet olmaktadır. Özellikle elektriğin fiyatındaki aşırı yükselmeler, bu ürünü yoğun olarak kullananlar için önemli bir risk unsurudur. Bundan dolayı, enerji maliyetlerinin yönetilmesi için söz konusu riskin yönetilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, 18 Eylül 2010 tarihinden itibaren Türkiye Elektrik Dağıtım Sistemi Avrupa ENTSO-E Senkron¹⁴¹ bölgesiyle birlikte bütünleşmeye yönelik olarak karara bağlanmıştır. Bu ilişkiye bağlı olarak elektriği geçmişten farklı olarak bir “dış ticaret malı” haline getiren yönetmelikte değişiklik yapılmıştır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, Türkiye Elektrik Piyasası gelecek dönemde Avrupa Elektrik Piyasasıyla bütünleşecektir. Bu çerçevede bu piyasada elektriğe dayalı çıkarılan tüm finansal araçların piyasası ile Türkiye piyasası arasındaki ilişkilerin analizi önem kazanmaktadır.

Türkiye’de elektriğe dayalı bir gelecek vadeli işlem sözleşmesi veya piyasası oluşturulamamıştır. Bundan dolayı, risk yönetimine yönelik olarak elektrik piyasasıyla ilişkili olabilecek bir gelecek vadeli işlem piyasasında pozisyon alınabilir. Buradan hareketle, Türkiye Elektrik Piyasası'nda ortaya çıkan fiyat riskine karşı etkin ve optimal bir korunmanın sağlanıp sağlanmayacağı analiz edilebilmektedir. Bu kapsamda bu çalışmada İngiltere Elektrik Piyasası'ndaki fiyatlara dayalı oluşturulmuş bulunan gelecek vadeli sözleşmesiyle “UK Base Electricity Futures, Continuous Contract” alınabilecek bir pozisyonla söz konusu risk yönetiminin etkin ve optimal korunma oranı yaklaşımıyla analizi yapılmaktadır. Böylece gelecek zaman içinde kurulmasına çalışılan elektrik fiyatlarına dayalı gelecek vadeli işlem piyasasının diğer piyasalarla etkileşimine dayalı bir portföy

¹⁴¹ European Networks of Transmission System Operators for Electricity - Avrupa Şebekeleri Elektrik İletim Sistem İşletmecileri

oluşturulması konusunda bulgulardan elde edilecek bilgiler, bu çalışmayla ortaya konmuş olmaktadır.

4.1. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmada yer alan araştırma yöntemi, piyasalar arasındaki oynaklık ilişkisinin analizine yönelik modellere dayanmaktadır. Aşağıdaki analizlerde, sırası ile Diagonal VEC ve Diagonal BEKK uygulanmıştır. Bu yaklaşımlar için Scalar, Diagonal, Full Rank Matrix, indefinite sabit kısıtları denenmiş koşullu varyansların pozitif olma şartını sağlayan model seçilmiş ve tahmin sonuçlarına göre yorumlar yapılmıştır. Modelde çok değişkenli analizin hata terimlerinin normal dağıldığı varsayımı altında uygulanmıştır. Bulguların detayları ve yorumları aşağıdadır.

4.2. VERİLER VE TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER

Uygulama için enerji piyasasından alınan veriler üzerinde ön deneme çalışmaları yapılmıştır. Enerji fiyatları göstergelerinin oynaklık analizlerine yönelik olarak tarafımızdan hazırlanan veriler (Aralık 2009-Nisan 2013) dönemine ait günlük fiyatlardan yola çıkılarak oluşturulmuştur.

1. Türkiye Elektrik Fiyatlarının Getirisi (DSMF) olarak tanımlanmıştır.
2. İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Piyasası Getirisi (DUKEF) olarak tanımlanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan Türkiye Spot Elektrik Piyasası verisi Türkiye Elektrik İletişim A.Ş. den alınmıştır¹⁴². Uluslararası piyasalarda işlem gören “UK Base Electricity Futures, Continuous Contract” verisi ise, Quandl internet sayfasından alınmıştır. Bu verinin özelliği, uluslararası piyasalarda işlem gören bir ülkeye ait olan elektriğe dayalı gelecek vadeli işlem sözleşmesi olmasıdır. Söz

¹⁴² [https://rapor.pmum.gov.tr/analytics/saw.dll?PortalPages.\(18.04.2013\)](https://rapor.pmum.gov.tr/analytics/saw.dll?PortalPages.(18.04.2013))

konusu sözleşmenin her bir kontratı bir gündeki bir saat başına 1 MWH satışa konu elektriğe dayanmaktadır¹⁴³.

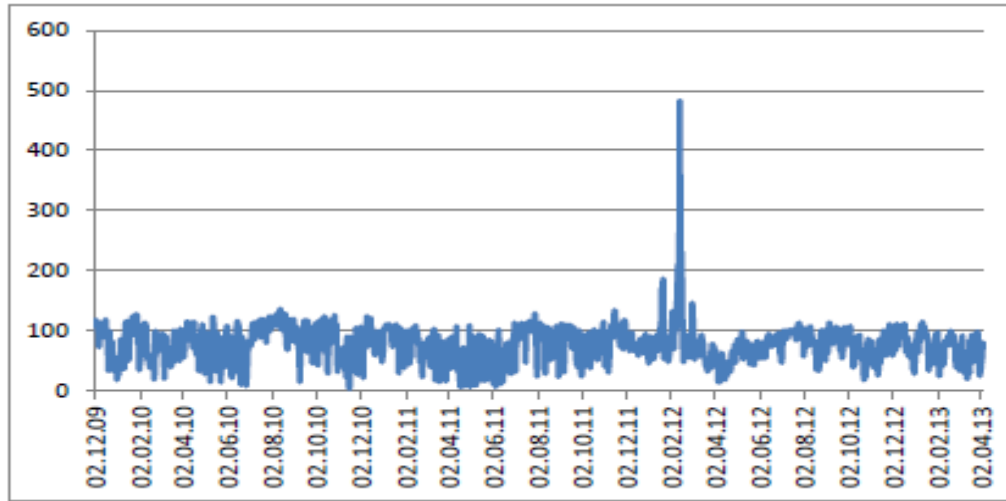
İki piyasa arasındaki bir oynaklık ilişkisinin analizine yönelik olarak değişkenleri temsil eden zaman serilerine aşağıdaki verilen sırada gerekli yaklaşım ve teknikler uygulanmıştır.

- a) Türkiye Elektrik Fiyatları, ortalama kur üzerinden dolar cinsinden ifade edilmiştir. Böylece iki değişken arasında birim birliği sağlanmıştır.
- b) Serileri belirlenimsel (deterministik) unsurlarından arındırmak için ve iki zaman arasındaki değişimleri oransal olarak sürekli zaman boyutunda tanımlamak amacıyla “e” tabanına göre logaritmik farkı alınmıştır.
- c) Değişkenleri temsil eden serilerin ortalamada zayıf durağanlık özelliğini sağlayıp sağlamadığının analizi için, Birim Kök testleri (ADF ve KPSS) uygulanmıştır.
- d) Değişkenleri temsil eden serilerin zamana göre değişen varyans (değişken varyans) özelliğinin testine yönelik olarak kendisiyle bağlaşımlılık (AR) ile kendisiyle bağlaşımlılık hareketli ortalama (MA) için uygun gecikme uzunluğuna karar verilmiştir.
- e) Yukarıda belirtilen şekilde, uygun gecikme uzunluklarıyla bağlaşım tahmin denklemi kurulmuş, hata terimi çekilerek kendisiyle bağlaşımlı koşullu çokdeğişirlik (ARCH) testi uygulanmıştır.
- f) Yukarıda belirtilen bulguların elde edilmesine bağlı olarak, çok değişkenli oynaklık tekniklerinden yararlanarak elde edilen tahmin sonuçlarına dayanarakoptimal etkin korunma (hedge) oranı hesaplanmasına yönelik tahminler yapılmıştır.
- g) Etkin korunma oranı iki piyasa arasında Engle, Ito ve Lin (1990) yaklaşımı çerçevesinde ısı yayılımı olarak tanımlanmaktadır. İki piyasa arasında bir oynaklık aktarımının bu çerçevede bir bulaşma etkisinin olup

¹⁴³(<http://www.quandl.com/futures/ice-uk-base-electricity-futures>) (18.04.2013)
(<https://www.theice.com/productguide/ProductSpec.shtml?specId=911>)(18.04.2013)

olmadığı Moon ve Yu¹⁴⁴ (2010) yaklaşımı ile varyans nedensellik testi içinde Hafner ve Herwartz (2006) yaklaşımıyla analizler¹⁴⁵ yapılmıştır. Bu çalışmanın analiz bölümünde kullanılan verilere ait grafikler Grafik2 ve 3’de görülmektedir. İngiltere Elektrik Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesinin işlem gördüğü piyasanın Cumartesi ve Pazar günleri kapalı olmasından dolayı, bu günlere ait fiyatların değişmediği kabul edilmiştir. Söz konusu değişkene ait serinin logaritmik farkı alındığında belirtilen tarihlerin değeri sıfır olmaktadır. Bu sonucun oynaklık üzerinde etkisini ortadan kaldırmak amacıyla, tatil günleri ele alınan değişkenleri temsil eden serilerden çıkarılmıştır. Bu durum elektrik spot piyasalarıyla, gelecek vadeli işlem sözleşme piyasalarının analizinde karşılaşılan en önemli sorundur.

Grafik 2: Türkiye Elektrik Piyasası Spot Fiyatları (01.12.2009-05.04.2013)



¹⁴⁴ Moon Gyu-Hyun ve Wei-Choun Yu , “Volatility Spillovers between the US and China Stock Markets: Structural Break Test with Symmetric and Asymmetric GARCH Approaches”, **Global Economic Review**, Cilt: 39, Sayı: 2, 2010, ss. 129-149.

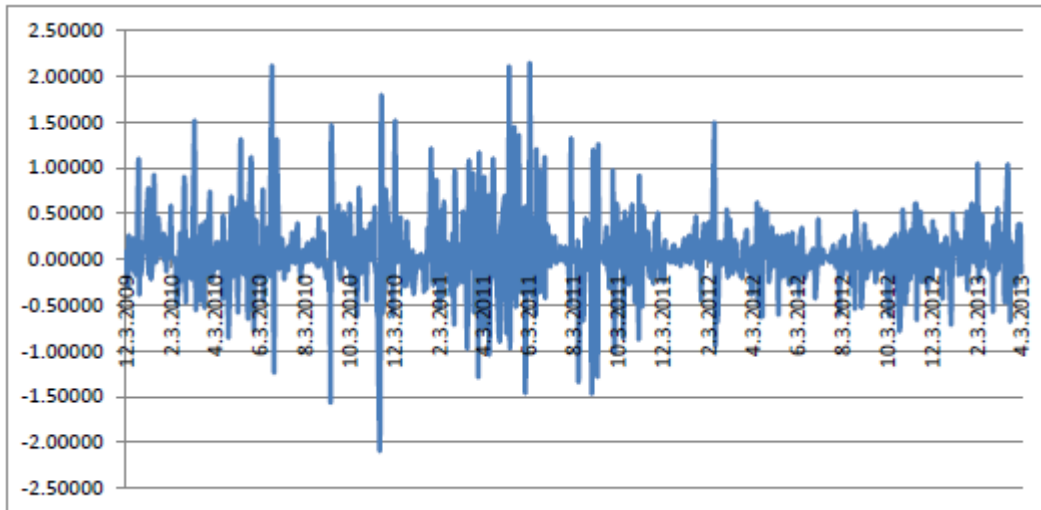
¹⁴⁵ Hafner ve Herwartz, 2006, ss.137–138.

Grafik 3: İngiltere Elektrik Piyasası Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesi Fiyatları

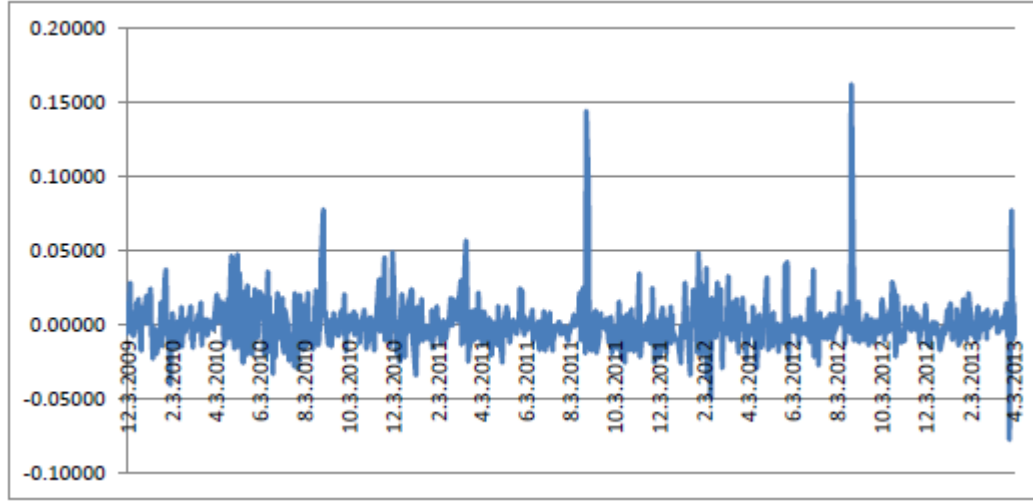


Serilerin belirlenimsel (deterministik) unsurlarından arındırılmış hali ile iki zaman arasındaki değişimleri oransal olarak sürekli zaman boyutunda tanımlanmıştır. Buna göre gelecek vadeli işlem piyasasında işlem yapılmayan günlerin çıkarıldığı analizde kullanılan verilere ait grafikler (Grafik 4 ve Grafik 5) aşağıdadır.

Grafik 4: Türkiye Elektrik Piyasası Spot Fiyatlarının Getiri Serisi



Grafik 5: İngiltere Elektrik Piyasası Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesi Fiyatları Getiri Serisi



Yukarıdaki grafiklerde değişkenleri temsil eden seriler, e tabanına göre doğal logaritmalarının farkı alınarak hazırlanmıştır. Bu serilere ait birim kök test sonuçları Tablo 7’de görülmektedir. ADF birim kök testine göre, söz konusu serilerin zayıf durağanlık özelliğine sahip olduğu, test istatistiklerinin %1 ve %5 anlamlılık düzeylerinde kritik değerlerden küçük olmasından anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (1992) tarafından geliştirilen KPSS testi uygulanmıştır. Bu testin uygulanmasının nedeni, ADF birim kök testinin ele alınan zaman serilerin tümleşme derecesinin birden küçük olmasına karşı duyarsız olmasıdır. Uygulanan KPSS testi sonucu, ADF birim kök test sonucunu desteklemiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, KPSS testinin hipotezlerinin ADF birim kök testinin hipotezlerinin tersi olmasıdır. Başka bir ifadeyle, burada söz konusu test istatistiğinin kritik değerden küçük olması, “birim kök yoktur” hipotezinin kabul edilmesini gerekli kılmaktadır¹⁴⁶.

Tablo 7: Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	ADF Birim Kök Testi		KPSS Durağanlık Testi
	Sabitli	Sabitsiz	Sabitli
DSMF	-18.27** (3)	-5.94** (12)	0.34**
DUKEF	-10.40** (6)	-10.01** (6)	0.098**
Kritik değerler	%1: -3.43** %5: -2.86*	%1: -2.56** %5: -1.94*	%1 :0.73** %5:0.46*

¹⁴⁶Chris Brooks, Introduction to Econometrics for Finance, Cambridge University Press, 2014, s.365.

Yüksek frekanslı zaman serilerinin zayıf durağanlık özelliğini taşıması, bu serilerin güçlü durağanlık özelliğine sahip olduğunu göstermemektedir. Özellikle yüksek frekanslı finansal zaman serilerinin temel özelliği, zayıf durağanlık özelliğine sahip iken, güçlü durağanlık özelliğine sahip olamamasıdır. Bundan dolayı, bu tür seriler ile yapılan çalışmalarda serilerin üçüncü ve dördüncü momentlerine dayalı analizler yapılmaktadır. Genel olarak yapılan analizlerde serilerin varyans durağanlığına dayalı olmaktadır. Bundan dolayı, analizi yapılacak olan değişkenleri temsil eden serilerin dağılım özelliği ortaya konmaktadır. Dağılım özelliğine yönelik olarak verilerin normal dağılıma uyup oymadığını gösteren “Jarque-Bera” testi kullanılmıştır. Uygulanan “Jarque-Bera” normal dağılım testine ait sonuç Tablo 8’de görülmektedir. Söz konusu tablodaki bilgilere göre her iki serinin normal dağılım özelliğine sahip olmadığı ifade edilebilir. Tablo 8’deki Jarque-Bera olasılık değerinin 0.05’den küçük olması bu konuda bilgi sağlamaktadır.

Tablo 8: Değişkenleri Temsil Eden Zaman Serilerinin Dağılım Özellikleri

	DUKEF	DSMF
Ortalama	0.000456	0.064581
Medyan	-0.000719	0.034452
Maksimum	0.162333	2.142232
Minimum	-0.077309	-2.092707
Standart. Sapma	0.015882	0.418331
Skewness	2.778762	0.489980
Kurtosis	26.36693	7.808754
Jarque-Bera	20071.30	837.9378
Olasılık	0.000000	0.000000
Toplam	0.380512	53.92537
Toplam Standart Sapma	0.210374	145.9504
Toplam Gözlem	835	835

Jarque-Bera testi ile serilerin güçlü durağanlık özelliğine sahip olmadığı da anlaşılmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, serilerin varyans durağanlığı ile üçüncü ve dördüncü momentlerine dayalı analizlerinin yapılması aşamasına geçilmektedir.

Ele alınan zaman serilerinin oynaklık analizinin yapılmasına yönelik olarak zamana göre değişen varyans özelliğine sahip olup olmadığı ARCH tekniğiyle ortaya konmuştur. Bu amaçla ilk olarak serilerin ARMA yapısına yönelik gecikme

uzunluğuna karar verilmiştir. Gecikme uzunlukları için AIC bilgi kriteri kullanılmıştır. Bu kritere göre belirlenen gecikme uzunluklarına ait sonuçlar, Türkiye Elektrik Fiyatlarına (DSMF) ait seri için ARMA(6,9) olarak belirlenmiştir. DSMF değişkenin ARMA(6,9) gecikme uzunluğunda hata terimine yönelik uygulanan ARCH değişen varyans test sonucuna göre, bu özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

ARCH değişen varyans test süreci İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Sözleşme Fiyatları (DUKEF) içinde uygulanmış ve bu değişkeni temsil eden zaman serisinin ARMA (6,8) gecikme uzunluğunda zamana göre değişen varyansa sahip olduğu grlmştir.

Finansal zaman serisi analizlerinde risk kavramı, genel olarak MA süreci ile ifade edildiğinden dolayı, MA sürecindeki gecikme uzunluğunun AR sürecine göre daha uzun olması beklenmelidir. Bu açıdan koşullu varyans yaklaşımlarından elde edilen parametrelerin kullanılması finans alanında ne çıkmaktadır. Ele alınan serilerin de bu özelliğe sahip olduğu görülmektedir.

Değişkenleri temsil eden serilerin değişen varyans özelliğine sahip olduğu sonuçlarına ulaşıldıktan sonra, her bir değişkenin tek tek oynaklık analizi yapılmıştır. Bu oynaklık analizinde GARCH, EGARCH ve GJR GARCH teknikleriyle parametre tahminleri elde edilmiştir. Böylece her bir zaman serisinin varyans durağanlığı araştırılmıştır. Genel olarak yüksek frekanslı ve zayıf durağanlığa sahip zaman serilerinin oynaklık kmelenmelerine bağlı olarak dördüncü momenti (Kurtosis) yüksek veya düşük değerler alabilmektedir. Bu durum zayıf durağanlığa sahip olan zaman serisinin varyans durağanlığının araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu amaçla bir önceki kısımda verilen ekonometrik tekniklere dayalı analizler yapılmış ve bulgular rapor edilmiştir.

4.2.1. Değişkenlerin Oynaklık Sonuçlarının Analizi

Çalışmanın bu kısmında analizde kullanılan değişkenleri temsil eden zaman serilerinin her birinin oynaklık özelliği analiz edilmiştir. Böylece serilerin her biri üzerinde olası asimetrik özellikler ile iyi ve kötü haberler ve bu haberlerin büyüklük ve işaret etkilerinin analizi yapılmış olmaktadır. Dağılım özelliğine bağlı olarak

seriler üzerindeki asimetrik yapının varlığı GED ve Skewed Student t dağılımına göre ortaya konmuştur. Söz konusu özellikler ele alınan piyasalarda gerçekleşen fiyatlar olduğundan dolayı, piyasanın işleyişi ve yapısı hakkında da bilgi vermektedir. Bundan dolayı bu kullanılan araç ve tekniklerle de piyasaların yapısının analizi yapılmaya çalışılmıştır. Analiz sonuçları ve yorumları aşağıda açıklanmıştır.

Genel olarak tablolardaki verilerin sıralaması ve kullanılan ifadelerin kısa açıklamaları şu şekilde özetlenebilir: Tablolarda Türkiye Elektrik Piyasası ile İngiltere Elektrik Piyasası Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesi'nin gerçekleşen fiyatlardan elde edilen getiri serilerine ait GARCH Oynaklık Tahmin Sonuçları görülmektedir. Tablolarda aşağıya doğru, bir önceki bölümde açıklanan eşitliklere ilişkin ortalama ve varyans parametrelerinin tahminine ait katsayılar yer almaktadır. Tabloların satırlarında her bir parametrenin katsayısının tahmin aşamasında seçilen dağılım özelliğine göre elde edilen sonuçları verilmiştir. Her bir dağılım özelliğine ait parametrenin tahmin edilen katsayısı ise ilgili tablolarda en altta verilmiştir.

Tablolarda otoregresif gecikme (AR) parametresi “ θ ” ile, hareketli ortalamaya (MA) ait parametre ise “ ϕ ” olarak gösterilmektedir. Bu parametrelerin tahminleri ortalama eşitliğin (ARMA) katsayıları olmaktadır. Tabloların varyans eşitliği bölümdeki parametreler olan ω , α , β sırasıyla koşullu varyansın ortalamasını, kısa dönemli şoku ve şokun kalıcılığını göstermektedir. Tabloların üçüncü kısmında hangi dağılıma göre hesaplama yapılmış ise, ona ait parametre yer almaktadır. Tabloların ikinci sütununda Student t dağılımına göre tahmin edilen katsayılar yer almaktadır. Üçüncü sütundaki parametre tahminleri Genelleştirilmiş Hata Dağılımına (GED) göre hesaplanmış değerlerdir. Dördüncü sütun ise, Skewed Student t dağılımına göre tahmin edilen sonuçlardır. Bu dağılımlara ait κ asimetriyi, ν ise kuyruk özelliği hakkında bilgi vermektedir. Bu parametrelere ait katsayı sonuçları her bir tahmin sonucunun verilmesi sırasında detaylı olarak açıklanmıştır.

4.2.1.1. Türkiye Elektrik Piyasasının Analizi

Türkiye Elektrik Piyasası'na ait günlük ortalama fiyatlarından elde edilen ve getiri olarak tanımlanan seriler kullanılarak yapılan oynaklık analizleri aşağıda görülmektedir.

4.2.1.1.1. Türkiye Elektrik Fiyatına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GARCH Oynaklık Tahmini

GARCH yaklaşımıyla elde edilen tahmin sonuçları Tablo 9'da sunulmuştur. Tablo 9'daki sonuçlara göre normal ve GED dağılımına göre tahmin edilen sonuçlara ait istatistiki özellikler geçerlidir. Diğer iki yaklaşımın α (ARCH) katsayısının 1'den büyük değere sahip olması, söz konusu tahmin sonuçlarını yorumlanamaz kılmaktadır. Normal dağılıma göre hesaplanan oynaklık parametrelerinin tahmin edilen katsayıları gerekli olan pozitiflik koşuluna sahiptir. Bununla birlikte, normal dağılıma göre hesaplanan ($\alpha+\beta < 0.97$) olması, piyasada şokların kalıcı olmadığı yönünde bilgi vermektedir. Ancak GED dağılımına göre hesaplanan ($\alpha+\beta > 1.06$)'dır ve varyansın durağan olmadığını göstermektedir. GED dağılımına göre elde edilen sonuca göre, GED parametresi (0.80) bulunmuş olup, 2'den küçük olduğu için normal dağılıma göre "kalın kuyruk"¹⁴⁷ özelliğine sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır¹⁴⁸.

¹⁴⁷ Rue Tsay, Analysis of Financial Time Series, 2010, Wiley Publications, ss.121-122.

¹⁴⁸ GED parametresine göre kalın kuyruk özelliğinin belirlenmesi ile ilgili detaylı bilgi için bkz Kalu O. Emenike, "Modelling Stock Returns Volatility In Nigeria Using GARCH Models", Dept. of Banking and Finance, University of Nigeria Enugu Campus, Enugu State Nigeria, MPRA Paper No. 22723, posted 20. May 2010 07:03 UTC, http://mpa.ub.uni-muenchen.de/22723/1/Modelling_Stock_Returns_Volatility_in_Nigeria_Using_GARCH_Models.pdf ve Dancheng Luo and Yaqi Xue, "Research on the GARCH model of the Shanghai Securities Composite Index", International Academic Workshop on Social Science (IAW-SC 2013), School of Economics Shenyang University of Technology Shenyang, China, Published by Atlantis Press, http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjABOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.atlantispress.com%2Fphp%2Fdownload_paper.php%3Fid%3D9319&ei=TeQXVYrdNNOXarrJguAN&usg=AFQjCNGPxHE2As2fZ146MiQJuMpqrKio&sig2=IjK09QKHkA6Uy48AN6zPcw&bvm=bv.89381419,d.d24.

Tablo 9: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GARCH Oynaklık Tahmini

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed Student t dağılımına göre katsayılar
Ortalama Denklemi	C	0.0578 (6.140)*	0.0445 (2.41)**	0.0378 (160.7)*	0.0358 (4.119)*
	θ_1	-0.2243 (-0.874)	0.0923 (0.0082)	-0.0426 (-249)*	0.0430 (0.0475)
	θ_2	0.7302 (2.786)**	-0.5899 (0.0503)	0.0143 (104.7)*	-0.5689 (-1.010)
	θ_3	-0.3583 (-1.195)	0.1364 (0.03315)	0.0154 (118.4)*	0.0931 (0.2903)
	θ_4	0.1814 (0.7975)	-0.1007 (-0.145)	-0.0244 (181.4)*	-0.1060 (-1.101)
	θ_5	0.2133 (1.423)	0.3224 (0.0348)	0.0330 (218.1)*	0.3432 (0.7316)
	θ_6	-0.3360 (-2.122)**	0.2351 (0.3702)	0.0042 (19.61)*	0.2274 (0.8771)
	ϕ_1	0.0617 (0.2383)	-0.2296 (-0.0204)	-0.0705 (-509.5)	-0.1906 (-0.2092)
	ϕ_2	-0.9058 (-3.922)*	0.5104 (0.0383)	-0.1208 (-1155)*	0.4729 (0.6745)
	ϕ_3	0.3930 (1.242)	-0.2547 (-0.0545)	-0.0523 (-445.7)*	-0.2225 (-0.7413)
	ϕ_4	-0.2091 (-0.9226)	0.0450 (0.0534)	0.0130 (81.77)*	0.0425 (0.4417)
	ϕ_5	-0.0613 (-0.3257)	-0.2806 (-0.2769)	0.0340 (167.2)*	-0.3096 (-0.6521)
	ϕ_6	0.4559 (2.437)**	-0.2483 (-0.09638)	-0.0193 (-165.6)*	-0.2333 (-1.246)
	ϕ_7	-0.1317 (-1.523)	0.1287 (0.2491)	0.0334 (131.1)*	0.1302 (3.741)*
	ϕ_8	0.0112 (0.1549)	-0.0166 (-0.0134)	-0.0165 (-92.4)*	-0.0089 (-0.0892)
	ϕ_9	0.0487 (0.9186)	0.0920 (0.1409)	0.0229 (122.4)*	0.0877 (1.705)
Varyans Denklemi	ω	0.0102 (3.635)*	0.1359 (0.5724)	0.0074 (2.216)**	0.1036 (1.414)
	α	0.2054 (4.617)*	9.6167 (1.3)	0.2315 (3.52)*	8.3502 (1.568)
	β	0.7641 (21.65)*	0.7915 (20.2)*	0.7745 (17.78)*	0.7833 (22.33)*
Dağılım Parametreleri	Student(DF)		2.0145 (242.4)*		
	GED (DF)			0.8043 (14.59)*	
	κ				-0.0572 -1.260
	ν				2.0180 (169.1)*

Parantez içindeki değerler "t" istatistiki değerleridir. * %1, ** %5 anlamlılığı göstermektedir.

Finans literatürü açısından ise bunun anlamı, söz konusu serinin leptokurtik yapıya sahip olmasıdır. GED dağılımı kuyruk yapısı hakkında bilgi vermesine karşın bu özellikle birlikte dağılımın asimetrisi hakkında bilgi sağlamamaktadır. Bu amaçla Skewed Student t dağılımına dayalı olarak GARCH parametreleri tahmin edilmiş ve Tablo 9'da son sütunda bu değerler verilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, söz

konusu tahmin sonucuna ait ARCH parametresinin 1'den büyük çıkmış olması sonuçların yorumlanamaz olmasına yol açmıştır. Ancak Skewed Student t parametreleri olan κ (asimetri) , ν (kuyruk) dikkate alındığında, κ parametresinin istatistiki olarak anlamsız çıkmış olması, elektrik fiyatlarının simetrik dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın, ν parametresine göre de kalın kuyruk özelliğinin olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç, GED dağılım parametresinin sonucunu desteklemektedir. Bununla birlikte, Student t dağılımıyla elde edilen (2.0145) değeri, 2'ye yakın olmasından dolayı sistemin simetrik bir yapıya sahip olduğu yönünde bir bilgi vermektedir.

GED dağılımına göre bulunan kalın kuyruk özelliğine karşın varyans parametrelerinin birden büyük ($\alpha + \beta > 1.06$) bulunması piyasada ortaya çıkan fiyat değişimlerinin çok yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum piyasanın istikrarsızlığı yönünde bir bulgu olmakla birlikte, elektrik piyasasında genel olarak bir arz fazlası ortaya çıkabilmektedir. Bu arz fazlalıkları bu piyasanın tekelci rekabet yapısında olmasına bağlı olarak sürekli olarak regülasyona tabi tutulmasının da en önemli nedenidir. Genel olarak arz eğrisinin eğiminin talep eğrisinin eğiminden küçük olması durumda piyasa fiyatlarında, oynaklık artışının artacağı yönünde teorik bir beklenti vardır. Elektrik piyasasının zamana göre çalışan dinamik yapısında bu gözlenmektedir. Bu bilgi aynı zamanda farklı dağılımlara bağlı olarak parametre değerlerinde önemli bir değişimi ortaya çıkarabilmektedir. Varyans denkleminde yer alan Student t ve Skewed Student t dağılımlarına göre varyansın sürekliliğini veren parametre olan β değerinin çok yüksek bir değer almasına yol açan bir unsur olarak değerlendirilebilir. Bu açıdan bu tür piyasaların analizinde oynaklıklar üzerindeki olumlu ve olumsuz şokların ayrıştırılması gerekmektedir.

Tablo 10:Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GARCH Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student <i>t</i> dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed Student <i>t</i> dağılımına göre katsayılar
Otokorelasyon Testi	$Q(20)$	9.5322 (0.089)	16.10 (0.0066)*	15.61 (0.0081)*	16.59 (0.0054)*
	$Q(50)$	27.76 (0.803)	31.90 (0.618)	32.66 (0.582)	32.37 (0.596)
	$Q^2(5)$	1.088 (0.78)	3.04 (0.385)	2.39 (0.496)	3.37 (0.34)
	$Q^2(10)$	2.19 (0.97)	5.54 (0.698)	4.31 (0.828)	5.84 (0.666)
	$Q^2(20)$	6.65 (0.99)	9.91 (0.935)	8.90 (0.962)	10.3 (0.922)
	$Q^2(50)$	45.47 (0.58)	41.81 (0.723)	43.97 (0.639)	43.26 (0.667)
Değişen Varyans Testi	$F(2,828)$	0.0351 (0.965)	0.0539 (0.947)	0.101 (0.904)	0.107 (0.899)
	$F(5,822)$	0.224 (0.952)	0.615 (0.687)	0.50 (0.776)	0.69 (0.635)
	$F(10,812)$	0.238 (0.992)	0.609 (0.806)	0.489 (0.897)	0.638 (0.78)
Model Kurma Geçerlilik Tse Testi	$Q(2)$	0.075 (0.963)	171.720 (0.00)	0.1881 (0.910)	173.151 (0.00)
	$Q(5)$	0.91 (0.969)	382.798 (0.00)	2.004 (0.849)	399.509 (0.00)
	$Q(10)$	1.582 (0.99)	657.496 (0.00)	3.235 (0.975)	716.897 (0.00)

Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. Bu değer 0.05 den küçük ise boş hipotez red edilmektedir.

*%1 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir. H_0 : Otokorelasyon yoktur

**%5 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir.

F dağılımına göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde değişen varyans olmadığını göstermektedir. H_0 : Değişen varyans yoktur.

Tse testine göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde Model Kurmanın doğruluğunun testini göstermektedir. H_0 Model kurma hatası yoktur.

Ekonomi ve finans literatürü açısından Tablo 9'daki tahmin sonuçlarının yorumlanabilir olması için, tahmin sonuçlarının doğruluğuna yönelik olarak tahmin spesifikasyonunun geçerli olup olmadığının bilgisi olan tanı istatistikleri hesaplanmıştır. Söz konusu sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir. Tanı istatistikleri Lyung-Box Q ve Lyung-Box Q^2 ile tahmin edilen eşitliklerde değişen varyansın testine yönelik F ve hata terimlerine dayalı koşullu varyans yaklaşımların tahminlerinde kullanılan tekniklerin doğruluğunu gösteren Tse testinden oluşmaktadır. Bu testlerin Boş Hipotezleri (H_0) sırasıyla; Lyung-Box Q ve Lyung-Box Q^2 otokorelasyon olmadığını, F testi değişen varyans olmadığını, Tse testi kurulan modelin doğruluğu biçimindedir. Tse testi sonucu, Student t ve Skewed Student t dağılımına göre hesaplanan tahminlerin yorumlanamaz

olduğunu göstermektedir. Bu çerçevede Tablo 10'daki sonuçlar değerlendirildiğinde, Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) normal dağılıma göre tahmin sonucu gerekli kısıtlarla anlamlı sonuç vermiştir. Elde edilen sonuç, elektrik piyasasının düzenlenen (regüle edilen) bir piyasa yapısında olduğu yönünde bir bilgi sağlamaktadır. Bu durum farklı dağılımlara göre hesaplanan dağılım parametre sonuçları ile de desteklenmektedir. Nitekim κ asimetriyi, v kuyruk özelliklerini gösteren parametrelerin değerleri dikkate alındığında, simetrik yapı ve kalın kuyruk özelliğinin olduğu vurgulanmıştı. Bu durum piyasada gerçekleşen fiyatlara dayalı türev araçların üretilebilmesi için önemli bir istatistikî bilgi olarak da değerlendirilebilir.

Normal dağılıma göre oynaklık tahmin sonuçları dikkate alındığında, Türkiye'de Elektrik Piyasasına gelen şokun ilk etkisinin ve söz konusu şokun varyans tarafından içerildiğinin süresinin hesaplanması mümkündür. Bu özellikle optimal korunma oranının hesaplanmasında ve iki piyasa arasındaki ilişkilerin analizinde önemli bir bilgi olmaktadır¹⁴⁹. Normal dağılıma göre hesaplanan $(\alpha+\beta=0.205460+0.764107=0.969567)$ 'dir. Buna göre yaklaşık olarak (22-23) günlük süre içinde elektrik piyasasında günlük ortalama fiyatların varyansı ortalamaya dönme eğilimi göstermektedir. Genel olarak, getiri serisine ait oynaklık tahmini sonucunda piyasanın ortalamaya dönme eğilimi gösterdiği bulunmuştur. Ancak, günlük ortalama fiyatlara göre hesaplanan bu değere karşın, söz konusu ortalamaya dönme eğiliminin yaklaşık olarak (22-23) gün sürmesi, elektrik fiyatları üzerinde dışsal şokların etkili olduğu yönünde bir kabul mümkün olmaktadır. Başka bir ifadeyle, Türkiye Elektrik Fiyatlarına göre hesaplanan getiri serisi üzerinde piyasadaki talep şokundan öte, enerji fiyatları üzerinde dışsal etkisi olan arz şoklarının belirleyici olduğu yönünde bir bulgudur. Normal dağılıma göre bu eğilim, Türkiye'de elektrik fiyatları üzerine gelen şokların başka mekanizmalarla karşılandığını gösteren bir bilgidir.

¹⁴⁹Bir şokun yarı ömürünün hesaplanmasında kullanılan eşitlik $HL = \frac{\ln(0.5)}{\ln(\alpha+\beta)}$ dir. Bu eşitlik yoluyla bir ekonomide bir şokun süresi hesaplanabilmektedir. Eşitliğin bölenine yalnızca α kullanılırsa ilk şokun süresini, β ise şokun ne sürede varyans tarafından içerildiğini göstermektedir. Bu konuda bkz. Aaron D. Smallwood “Measuring the persistence of deviations from purchasing power parity with a fractionally integrated STAR model”, **Journal of International Money and Finance**, 27, 2008, ss.1161-1176, Shawkat Hammoudeh Yuan Yuan, “Metal volatility in presence of oil and interest rate shocks”, **Energy Economics**, Cilt: 30, 2008, ss. 606–620.

Varyans parametrelerinin Tablo 9'da özellikle farklı yaklaşımlarıyla birbirinden farklı sonuç vermesi, Studentt ve Skewed Student tdağılımına göre ARCH parametresinin 1'den büyük değere sahip olması, söz konusu piyasa üzerindeki olumlu veya olumsuz gelişmelerin ayırt edilmesi yönünde analiz yapılmasını gerekli kılmıştır. Bundan dolayı, aynı veri kullanılarak EGARCH yaklaşımıyla söz konusu parametreler yeniden tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları Tablo 11'de sunulmuştur.

4.2.1.1.2. Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) EGARCH Oynaklık Tahmini

Çalışmada bu aşamada EGARCH yaklaşımının uygulanmasının nedeni elektrik piyasasında şok olarak tanımlanacak etkileri ayırıştırarak analizini yapmaktır. Türkiye Elektrik Fiyatlarına göre hesaplanan getiri serisinin (DSMF) EGARCH analiz sonuçları Tablo 11'de görülmektedir. EGARCH parametresinde iki önemli etki vardır. Bunlardan ilki, piyasada ortaya çıkan olumlu ve olumsuz şokların hata teriminin alacağı işarete bağlı olarak olumsuz şokların negatif etkisi olan oynaklığı artırmasını veya pozitif şokların etkisi olan oynaklığı azaltmasını gösteren γ_1 'dir. Hesaplanan γ_2 parametresi beklenen ve gerçekleşen şokların oynaklık üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu parametrenin işareti negatif çıkarsa, beklenen etkiler gerçekleşene göre daha büyük olmaktadır. Tersisi de geçerlidir. Bu açıdan değerlendirildiğinde; beklentiler gerçekleşirse oynaklık azalır, gerçekleşen durumda ise oynaklık artar. Bu iki parametre, finans literatüründe "kaldıraç etkisi" olarak tanımlanmaktadır. Finansal araştırmalarda belirsizliklerin oynaklık üzerindeki etkisi de bu çerçevede analiz edilmektedir¹⁵⁰.

¹⁵⁰ Fisher Black " Studies of stock price volatility changes", **Proceedings of the 1976 Meeting of the Business and Economic Statistics Section, American Statistical Association**, Washington, D.C. 1976, ss. 177-181.

Tablo 11:TürkiyeElektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF)
EGARCH Oynaklık Tahmini

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	Ged dağılımına göre katsayılar	Skewed Student t dağılımına göre katsayılar
Ortalama Denklemi	C	0.0464 (23.71)*	0.0405 (6.281)*	0.0352 (59.62)*	0.0296 (3.234)*
	θ_1	-0.0003 (0.1158)	-0.1215 (-0.3564)	-0.0497 (-20.71)*	-0.0778 (-0.175)
	θ_2	0.0092 (0.6706)	-0.5187 (-2.176)*	-0.1017 (-197.8)*	-0.5273 (-2.517)*
	θ_3	-0.2582 (-73.52)*	0.0783 (0.251)	-0.0746 (-72.33)*	0.0698 (0.5325)
	θ_4	-0.5403 (-317.1)*	-0.0989 (-0.4855)	-0.0566 (-48.48)*	-0.1380 (-1.157)
	θ_5	-0.2120 (-17.45)*	0.3916 (1.886)	0.0439 (31.25)*	0.3754 (1.887)
	θ_6	0.2902 (84)*	0.2983 (1.39)	-0.0054 (-5.715)*	0.2379 (0.7928)
	ϕ_1	-0.1402 (-164.1)*	0.0001 (0.0004)	-0.0504 (-29.62)*	-0.0528 (-0.1247)
	ϕ_2	-0.1012 (-87.74)*	0.4265 (1.829)	0.0047 (4.77)*	0.4299 (1.767)
	ϕ_3	0.1821 (42.37)*	-0.1903 (-0.6943)	0.0334 (65.83)*	-0.1855 (-1.608)
	ϕ_4	0.4671 (488.3)*	0.0462 (0.2879)	0.0323 (57.14)*	0.0841 (0.7425)
	ϕ_5	0.2487 (116.5)*	-0.3544 (-2.099)*	0.0036 (4.643)*	-0.3457 (-1.69)
	ϕ_6	-0.4133 (-158.2)*	-0.2881 (-1.496)	-0.0150 (-10.78)*	-0.2323 (-0.7764)
	ϕ_7	-0.0350 (-10.57)*	0.1171 (2.995)*	0.0313 (23.74)*	0.1127 (3.457)*
	ϕ_8	-0.0149 (-13.57)*	-0.0062 (-0.1781)	-0.0166 (-40.46)*	-0.0054 (-0.3026)
	ϕ_9	0.1285 (97.25)*	0.0705 (2.52)*	0.0241 (24.19)*	0.0724 (.241)*
Varyans Denklemi	ω	-1.6165 (-7.28)*	7.2420 (7.738)*	-1.8879 (-8.248)*	5.5838 (9.617)*
	α	-0.0612 (-0.2636)	-0.0740 (-0.371)	-0.0952 (-0.4922)	-0.0796 (-0.4803)
	β	0.8918 (19.46)*	0.9606 (51.63)*	0.9231 (27.87)*	0.9581 (41.29)*
	γ_1	-0.1567 (-2.72)*	-8.8710 (-1.708)	-0.1960 (-3.381)*	-7.0899 (-2.586)*
	γ_2	0.4353 (34.992)*	28.8337 (2.028)*	0.4586 (5.452)*	20.7756 (6.608)*
Dağılım Parametreleri	Student(DF)		2.0001 (0.0002)		
	GED (DF)			0.8258 (14.61)*	
	κ				-0.0778 (-1.842)
	ν				2.0002 (0.0008)

Parantez içindeki değerler istatistiki değerlerdir. * %1, ** %5 anlamlılığı göstermektedir.

Yukarıdaki değerlendirmelere göre, Tablo 11'de iki farklı parametre yer almaktadır. Bu parametrelere ait katsayılar γ_1 ve γ_2 satırında gösterilmektedir. γ_1 'in katsayısı işaret etkisini (sign effect), γ_2 'nin katsayısı ise, büyüklük etkisini (magnitude effect) göstermektedir. Büyüklük etkisi

gerçekleşen ve beklenen şokların etkisine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Tablo 11'dey₁'in katsayısının negatif değere sahip olması, olumsuz şokların olumlu şoklara göre oynaklığı artırdığını ifade etmektedir. Ancak modelde bu parametreye ait katsayısının negatif olması, ele alınan dönem içinde olumlu şokların olumsuz şoklara göre daha etkili olduğunu göstermektedir. γ_1 parametresi negatif şok olarak ifade edilen koşullu varyansın hesaplanmasında kullanılan hata teriminin işaretine bağlı olduğundan dolayı, bu işaret etkisi olarak da tanımlanmaktadır. γ_2 'nin katsayısının negatif değer alması ise, beklenen şokların gerçekleşen şoklara göre daha etkili olduğu anlamına gelmektedir. Bu parametrenin pozitif değer alması ise gerçekleşen şokların beklenen şoklara göre daha etkili olduğunu göstermektedir.

ARCH parametresi (α) Tablo 11'deki sonuçlara göre istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. ARCH parametresinin (α) istatistiki olarak anlamsız olması, olumlu ve olumsuz şokların etkisine bağlı olarak piyasanın yapısı içinde şok etkisinin var olduğunu ifade etmektedir. GARCH parametresi olan β 'ya ait katsayıların anlamlı ve özellikle üç yaklaşıma göre birbirine yakın çıkmış olması bunu desteklemektedir. Tablo 11'e göre Türkiye elektrik piyasasında bir şokun ortaya çıkmasından daha önemlisi, olumlu ve olumsuz olarak kabul edilebilecek etkilerin sistem üzerinde var olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni genel olarak piyasada bir üretim açığının olma olasılığının yüksek olması ve enerji üretiminde dışa bağımlılığın varlığı olarak gösterilebilir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, enerjide dışa bağımlılık elektrik piyasası için olumsuz bir şok kaynağı olarak kabul edilebilir.

Kullanılan yaklaşıma göre, simetri ve kuyruk özelliği dikkate alındığında, olumlu ve olumsuz haberlerin etkisine bağlı olarak yapının kalın kuyruk özelliğine sahip olduğu görülmektedir. Nitekim Tablo 11'deki GED parametresinin (0.825849) ve anlamlı çıkmış olması, bu konuda bir göstergedir. Kuyruk özelliği dikkate alındığında katsayıların özellikle simetri ve kuyruk özelliğinin dikkate alınmadığı duruma göre değiştiği görülmektedir. Söz konusu değere göre serinin yapısı finansal açıdan leptokurtik-şişman kuyruk özelliğine sahiptir.

EGARCH yaklaşımının logaritmik olduğu dikkate alındığında, katsayıların yorumlanmasında bu hususa dikkat edilmesi gerekmektedir. Örneğin normal dağılıma göre tahmin edilen GARCH (β) parametresi yaklaşık olarak

(0.89)görülmektedir. Buna göre bir birimlik bir önceki oynaklık, oynaklığı %0.89 artırmaktadır. Aynı tahmin sonucunda işaret etkisini gösteren (-0.156) değerine göre, olumlu şoklar oynaklığı %-0.156 azaltmaktadır. Olumlu ve olumsuz şokların işaret ve büyüklük etkisi çarpıklık ve kuyruk özelliğinin birlikte alındığı Skewed Student t dağılımına göre elde edilen Tablo 11'de yer alan sonuçlardan çok farklılık göstermektedir. Ancak söz konusu sonuçlarda çarpıklık parametresi ve kuyruk özelliği hakkında bilgi sağlayan Skewed Student t 'ye ait katsayılar istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. Benzer sonuç Student t dağılımı içinde geçerli olup, çarpıklık parametresi olan Student t anlamsız çıkmıştır. Bu açıdan bu piyasanın şok taşıyıcılığına sahip olduğu ve bu şokların beklenen özelliğe sahip olduğu elde edilen sonuçlardan görülmektedir. Simetrik yapının varlığı dikkate alındığında, kuyruk yapısı dikkate alınmadığı durumlarda, olumlu ve olumsuz şokların işaret ve büyüklük etkisi, büyüklük derecesi yüksek sapmalara neden olabilmektedir. Nitekim Student t dağılımına göre γ_1 veya γ_2 parametrelerinin katsayıları oldukça yüksek çıkmıştır. Bu katsayıların GED dağılımına göre tahmin edildiğinde oldukça azaldığı tablodan görülmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, EGARCH tahminlerinin GED dağılımına göre daha etkin tahmincilerin elde edilmesini sağladığı yönündeki kabulü de desteklenmiştir¹⁵¹. Şokların sürekliliği konusundaki bilgi, sisteme farklı fiyatlardan elektrik veren kurumların finansal açıdan kendilerini koruma zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır.

EGARCH tahmin sonuçlarına ait tanı istatistikleri Tablo 12'de görülmektedir. Söz konusu sonuçlar Tablo 12'de belirtilen tanı istatistiklerine göre değerlendirildiğinde, bütün tahmin sonuçlarında yirmi gecikmeye kadar otokorelasyonun varlığı görülmektedir. Student t ve Skewed Student t dağılımına göre elde edilen tahmin sonuçları Tse testine göre modelin yorumlanamaz olduğu anlamına gelmektedir. Tanı istatistiklerinden Q istatistiklerine göre, tahmin edilen yaklaşımlarda 20 gecikmeye kadar otokorelasyonun ortadan kalkmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu durum ele alınan piyasa için geçmiş dönemdeki getirilerine göre yüksek derecede bir bağımlılığı ifade etmektedir. Bu açıdan Türkiye elektrik fiyatlarının arasında önemli bir ilişkinin oluştuğunu göstermektedir.

¹⁵¹ Daniel B. Nelson "ARCH Models as Diffusion Approximations," **Journal of Econometrics**, Cilt:45, Sayı: 1-2, 1990, ss.7-38.

İki dağılıma göre hesaplanan Tse test istatistikleri H_0 hipotezinin red edilmesini gösterdiğinden dolayı, söz konusu eşitlikler için bu durum bir model kurma hatası olarak ifade edilebilir. Söz konusu eşitliklerde olumlu ve olumsuz şokların olası etkilerinin anlamlı olması dikkate alındığında, olası asimetrik bir etkinin varlığına yönelik olarak GJR GARCH yaklaşımına dayalı analizler yapılmıştır.

Tablo 12: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) EGARCH Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed Student t dağılımına göre katsayılar
Otokorelasyon Testi	Q(20)	15.44 (0.009)*	24.23 (0.0002)*	19.4617 (0.0015)*	26.4 (0.0001)*
	Q(50)	35.67 (0.437)	36.34 (0.41)	35.7238 (0.434)	39.15 (0.289)
	$Q^2(5)$	0.88 (0.83)	1.481 (0.69)	1.240 (0.743)	6.53 (0.089)
	$Q^2(10)$	1.56 (0.992)	1.572 (0.991)	2.402 (0.966)	6.77 (0.562)
	$Q^2(20)$	9.8476 (0.94)	1.97 (0.99)	7.466 (0.985)	8.02 (0.98)
	$Q^2(50)$	40.632 (0.766)	2.6 (1.0)	30.147 (0.9795)	9.82 (1.00)
Değişen Varyans Testi	F(2,828)	0.2033 (0.82)	0.0374 (0.96)	0.32789 (0.7205)	0.0951 (0.91)
	F(5,822)	0.1923 (0.97)	0.29 (0.92)	0.27008 (0.9295)	1.28 (0.272)
	F(10,812)	0.17 (0.99)	3.5 (0.00)	0.26272 (0.9887)	5.973 (0.00)
İşaret Eğilim Testi	İşaret Sapma Etkisi	0.5939 (0.55)	1.4308 (0.152)	0.3858 (0.6996)	0.7164 (0.4737)
	Negatif Sapma Etkisi	0.1848 (0.85)	1.3391 (0.18)	0.7629 (0.4454)	0.4116 (0.6805)
	Pozitif Sapma Etkisi	0.6531 (0.51)	0.3004 (0.764)	1.0760 (0.2819)	1.4977 (0.1342)
	Ortak Etki	1.6443 (0.65)	3.4289 (0.33)	2.1960 (0.5327)	2.5487 (0.4665)
Model Kurma Geçerlilik Tse Testi	Q(5)	0.429 (0.806)	19.77 (0.000)*	0.713 (0.699)	41.1518 (0.000)*
	Q(10)	0.6584 (0.985)	48.55 (0.000)*	1.329 (0.932)	98.3090 (0.000)*
	Q(20)	1.664 (0.998)	206.53 (0.000)*	2.101 (0.995)	243.427 (0.000)*

Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. Bu değer 0.05 den küçük ise boş hipotez red edilmektedir.

*%1 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir. H_0 : Otokorelasyon yoktur

**%5 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir.

F dağılımına göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde değişen varyans olmadığını göstermektedir. H_0 : Değişen varyans yoktur.

Tse testine göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde Model Kurmanın doğruluğunun testini göstermektedir. H_0 Model kurma hatası yoktur.

4.2.1.3. Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GJR-GARCH Oynaklık Tahmini

Türkiye Elektrik Piyasasının fiyatlarından elde edilen getiri serisi kullanılarak elde edilen GJR GARCH yaklaşımının tahmin sonuçları Tablo 13'de sunulmuştur. Tablo 13'ün diğerlerinden tek farkı, γ (GJR) parametresidir. Bu parametrenin işaretinin negatif bulunması, negatif şokların etkisinin oynaklığı artırdığı anlamına gelmektedir. Yöntemin açıklandığı bir önceki bölümde belirtildiği gibi, negatif şokların etkisini ölçmek amacıyla oluşturulan vekil değişkene bağlı olarak bu parametreye ait katsayının pozitif çıkmış olması söz konusu eşitlikte $d \varepsilon_{t-i} < 0 = 1$ ile $d \varepsilon_{t-i} > 0 = 0$ olarak tanımlandığı için; negatif şoklar oynaklığı artırmaktadır. Buna göre, bir dönem önceki negatif şoklar pozitif şoklara göre oynaklığı daha yüksek düzeyde etkilemektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, Türkiye Elektrik Piyasasında bir gün önceki talepten kaynaklanan etkiler bir gün sonraki pozitif etkilere göre daha yüksek düzeyde fiyatlar üzerinde etkili olmaktadır.

Tablo 13'deki tahmin sonuçlarına göre, varyans eşitlikleri çerçevesinde en uygun parametre tahminleri GED dağılımıyla elde edilen katsayılar ve istatistikleri tarafından görülmektedir. Ancak tanı istatistikleri açısından bu yaklaşımda otokorelasyon sorunu devam etmektedir. Q(20) istatistik değeri olan (16.99) istatistiki açıdan anlamlı olması, bu durumu göstermektedir. Tahmin edilen GED GJR parametresi (0.45) değerine sahiptir. Bu değer sistemde negatif şoklara bağlı olarak patlayıcı bir özelliğin olduğunu göstermektedir. Nitekim oynaklık parametrelerinin toplamı 1'i aşmaktadır. Bu da sistemdeki şokların oynaklığı artan bir biçimde artırdığını ifade etmektedir. Genel olarak literatürde γ (GJR) parametresinin yarısının oynaklığa yol açan şokun büyüklüğü üzerinde etkili olduğu yönünde bir kabul vardır. Bundan dolayı varyansın sonlu olması için $\alpha + \beta + (\gamma/2) < 1$ koşulunun gerçekleşmesi gerekmektedir.

γ (GJR) parametresi şimdiki oynaklıkla gecikmiş hata teriminin ve bu hata teriminin işaretinin oynaklığa etkisini göstermektedir. Bu parametrenin işaretinin negatif olması, negatif şokların etkisinin oynaklığı artırdığı, pozitif şokların ise oynaklığı azalttığını ifade eder.

Tablo 13:Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GJR-GARCH Oynaklık Tahmini

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed Student t dağılımına göre katsayılar
Ortalama Denklemi	C	0.0248 (0.6180)	0.0412 (5.885)*	0.0355 (144.5)*	0.0306 (2.303)*
	θ_1	0.5185 (2.234)*	-0.7028 (-2.178)*	0.0032 (12.78)*	-0.0207 (-0.0527)
	θ_2	-0.9966 (-4.5949)*	-0.4006 (-1.090)	-0.2623 (-602.6)*	-0.0177 (-0.0151)
	θ_3	0.2881 (1.054)	0.2412 (0.4196)	0.0091 (-25.54)*	0.6026 (1.495)
	θ_4	0.6714 (3.378)*	0.2510 (0.8369)	0.1036 (475.9)*	0.3359 (0.6484)
	θ_5	-0.1969 (-2.664)*	0.2909 (0.7632)	0.1970 (1014)*	-0.0511 (-0.1731)
	θ_6	0.6259 (8.853)*	0.3875 (0.9741)	-0.0750 (-296.7)*	0.0717 (0.1060)
	ϕ_1	-0.6501 (-2.943)*	0.5837 (1.832)	-0.1129 (-289.0)*	-0.1024 (-0.2564)
	ϕ_2	1.0000 (3.982)*	0.2286 (0.5818)	0.1905 (584.9)*	-0.0807 (-0.0707)
	ϕ_3	-0.4420 (-1.792)	-0.3883 (-0.6578)	-0.0515 (-185.9)*	-0.6521 (-1.258)
	ϕ_4	-0.7350 (-3.277)*	-0.2941 (-1.136)	-0.1506 (-602.0)*	-0.2723 (-0.4448)
	ϕ_5	0.4171 (5.326)*	-0.1845 (-0.4087)	-0.1184 (-438.6)*	0.2213 (0.7690)
	ϕ_6	-0.7112 (-5.438)*	-0.2805 (-0.6561)	0.0989 (735.0)*	-0.0296 (-0.0477)
	ϕ_7	0.2426 (4.015)*	0.1201 (2.277)*	0.0314 (153.2)*	0.0488 (0.3166)
	ϕ_8	0.0013 (0.0137)	0.0007 (0.0214)	-0.0149 (-38.48)*	-0.0752 (-1.084)
Varyans Denklemi	ω	0.0136 (1.511)	0.0139 (1.492)	0.0074 (1.924)	0.1155 (1.655)
	α	0.1235 (1.654)	0.3042 (1.177)	0.0996 (2.270)*	3.2688 (1.105)
	β	0.6395 (4.391)*	0.7700 (15.08)*	0.7462 (11.54)*	0.7732 (13.87)*
	γ (GJR)	0.5803 (1.345)	1.0000 (1.767)	0.4506 (2.383)*	14.2267 (1.708)
Dağılım Parametreleri	Student(DF)		2.2481 (11.12)*		
	GED (DF)			0.8059 (14.03)*	
	κ				-0.0776 (-1.387)
	ν				2.0183 (135.1)*

Parantez içindeki değerler istatistiki değerlerdir. (*) %1 anlamlılığı göstermektedir.

GJR GARCH yaklaşımına göre hesaplanan tahmin sonuçlarına ait tanı istatistikleri Tablo 14'de görülmektedir. Bu tanı istatistiklerine göre sadece normal dağılıma göre hesaplanan tahmin sonuçlarına ait hata terimleri arasında otokorelasyon olmadığı, Q(20) değerinden izlenmektedir. Diğer yaklaşımlara göre söz konusu tahmin sonuçlarında otokorelasyonun varlığını gösteren değerler

istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. Ancak GED dağılımı ve Skewed Student t dağılımına göre elde edilen tahmin sonuçları Tse test istatistiklerinin sonucuna bağlı olarak anlamlı kabul edilebilir niteliktedir. Çünkü Tse test istatistiğinin boş hipotezi olan model kurma hatasının olmadığını gösteren H_0 red edilememektedir. GED dağılımına göre elde edilen sonuçlar asimetrik etkinin serinin kalın kuyruk özelliğini etkilemediğini göstermektedir. Tanı istatistiklerinde işaret, negatif, pozitif ve ortak sapma etkisinin anlamsız olması, bunlara bağlı bir asimetrik etkinin olmadığı yönünde bilgi sağlamaktadır.

Tablo 14: Türkiye Elektrik Fiyatlarına Göre Hesaplanan Getiri Serisinin (DSMF) GJR-GARCH Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed student t dağılımına göre katsayılar
Otokorelasyon Testi	Q(20)	8.86 (0.1811)	14.74 (0.0223)*	16.99 (0.0093)*	17.23 (0.008)*
	Q(50)	24.91 (0.917)	29.92 (0.7519)	31.68 (0.6741)	30.65 (0.720)
	Q^2 (5)	1.75 (0.624)	2.08 (0.555)	1.78 (0.617)	1.99 (0.573)
	Q^2 (10)	3.91 (0.864)	3.69 (0.883)	3.06 (0.929)	3.42 (0.905)
	Q^2 (20)	9.86 (0.936)	7.57 (0.984)	6.84 (0.991)	7.07 (0.989)
	Q^2 (50)	40.14 (0.782)	28.173 (0.990)	27.30 (0.992)	26.05 (0.995)
Değişen Varyans Testi	F(2,828)	0.396 (0.672)	0.310 (0.732)	0.327 (0.721)	0.187 (0.829)
	F(5,822)	0.381 (0.861)	0.448 (0.814)	0.388 (0.857)	0.420 (0.834)
	F(10,812)	0.395 (0.948)	0.417 (0.938)	0.339 (0.970)	0.385 (0.953)
Model Kurma Geçerlilik Tse Testi	Q(2)	0.4270 (0.807)	165.996 (0.00)*	0.6437 (0.724)	0.6437 (0.725)
	Q(5)	0.8349 (0.975)	374.120 (0.00)*	1.7203 (0.886)	1.7203 (0.886)
	Q(10)	1.588 (0.998)	635.484 (0.00)*	2.612 (0.989)	2.612 (0.989)

Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. Bu değer 0.05 den küçük ise boş hipotez red edilmektedir.

*%1 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir. H_0 : Otokorelasyon yoktur

**%5 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir.

F dağılımına göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde değişen varyans olmadığını göstermektedir. H_0 : Değişen varyans yoktur.

Tse testine göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde Model Kurmanın doğruluğunun testini göstermektedir. H_0 Model kurma hatası yoktur.

Üç yaklaşıma göre elde edilen tahmin sonuçlarına göre, Türkiye Elektrik Piyasasının yapısı hakkında şu sonuçlara ulaşılmıştır. Piyasada oynaklık ortalamaya dönme eğilimi göstermektedir. Ancak şokların olumlu ve olumsuz etkisi dikkate alındığında, olumsuz şokların oynaklıkları artırdığı, büyüklük etkisi dikkate alındığında ele alınan dönemde gerçekleşen şokların beklenen şoklara göre belirleyici olduğu anlaşılmaktadır. Başka bir ifadeyle, gerçekleşen şoklar beklentiler yönünde olmamaktadır. Bu durum piyasanın rekabetçi bir yapıda olduğu yönünde bir bilgi sağlamaktadır. Ayrıca bu sonuç piyasa karar vericilerinin risklerinin olduğunu ifade etmektedir. Bu çalışma kapsamında, bu riskin yönetiminin mümkün olup olmadığı ortaya konmaya çalışılmaktadır. Bu çerçevede bu piyasaya benzer bir gelecek vadeli sözleşme piyasasında pozisyon alarak bu konuda bir korunmanın sağlanıp sağlanmayacağı araştırılmaktadır.

4.2.1.2. İngiltere Gelecek Vadeli Elektrik Piyasasının Analizi

Bir önceki kısımda Türkiye'ye ait elektrik piyasasına yönelik oynaklık analizi üç yaklaşıma dayalı ve farklı dağılımlarında analizi yapılmıştır. Aynı yaklaşımlar analizin bütünlüğü açısından İngiltere Gelecek Vadeli Elektrik Piyasasına yönelik de uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara ilişkin bulgulara aşağıda açıklanmıştır.

4.2.1.2.1. İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini

İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının GARCH yaklaşımına göre yapılan oynaklık analiz sonuçları Tablo 15'de görülmektedir. Buna göre normal dağılıma göre elde edilen sonuçlarda oynaklığın sürekliliğini gösteren $\beta(-0.000005)$ parametresinin katsayısı pozitiflik koşulunu sağlamamıştır. Bu durumun seri üzerindeki uç değerlerden kaynaklanmış olabilmesine yönelik, diğer dağılımlara göre de analizler yapılmıştır. Student t dağılımına göre yapılan analiz sonuçlarına göre oynaklık parametreleri pozitiflik koşulunu sağlamıştır. Ayrıca ele alınan oynaklık sürecinin varyans durağan bir süreç olduğu bulunmuştur. Nitekim varyans durağanlığı gösteren $(\alpha+\beta)$ parametrelere ait katsayıların $(0.5984+0.3424=0.9408<1)$ toplamının birden küçük çıkmış olması bu durumun göstergesidir.

Bununla birlikte Studentt dağılımının ikiden büyük çıkmış olması, süreç üzerinde aşırı değerlerin etkisinin olduğunu göstermektedir. Bu tahmin sonuçlarının elde edildiği Student t dağılımının parametresinin katsayısı(3.2042) çıkmıştır. Bu değer, dörtten küçük olup üçten de büyüktür. Bunun anlamı, kuyruğun ve basıklığın normal dağılıma göre sırasıyla daha kalın kuyruk ve dik olduğudur. Bu sonuç GED parametresinin 2'den küçük olarak çıkmış olmasıyla da desteklenmiş olmaktadır¹⁵². GED dağılımına göre oynaklık parametrelerine ait katsayıların toplamı $(\alpha+\beta)$ $0.8796<1$ çıkmıştır.

GED dağılımının EGARCH yaklaşımının tahmininde kullanılması önerilmekle birlikte, asimetrik etkilerin parametreler üzerindeki etkisinin analizi ve kuyruk yapısı hakkında bilgi vermesi açısından bir araç olarak kullanılmaktadır. Genel olarak GED parametresinin tahmininde kullanılan parametre asimetriyi veren (skewness) değerine dayandığından dolayı, asimetrik yapı hakkında bilgi vermektedir. Bununla birlikte GED dağılımı parametresinin 2'den küçük olmasının kalın kuyruk özelliğini verdiği belirtilmişti. Bu değer bir e eşit veya birden küçük olması, bu süreç içinde aşırı uç değerlerin etkisinin kuyruk yapısı üzerinde etkili olması anlamına gelmektedir. Bunun önemli bir sonucu ise, sürecin bir varyans gama süreci olup difüzyon etkilerinin olmamasıdır. Bunun anlamı, elektrik piyasasının bir özelliği olan sıçrama veya "spike" etkilerinin varlığıdır. Bundan dolayı, analiz sonucunda elde edilen tahminlere göre söz konusu elektrik piyasası verilerinin literatürde öngörülen özellikleri taşıdığı görülmektedir.

Oynaklık modellerinde GED dağılımının birden küçük olmasına bağlı olarak ortaya çıkan difüzyon olmama durumunda, kurtosis yapısı dikkate alınmazsa oynaklığın sürekliliğini veren parametreye ait katsayı yüksek, buna karşılık elektrik fiyatları üzerinde bir şokun veya fiyat spikenin ilk etkisini veren parametre düşük görülmektedir. Bunun nedeni uç değerlerin etkisinin varlığında söz konusu etkinin ne kadarının asimetrik ne kadarının ise kuyruk yapısı üzerinde etkili olduğunun görülebilmesidir. Bu sonuç dikkate alınarak uç değerlerin etkisi bağlamında asimetri ve basıklığı veren Skewed Student t dağılımı bir araç olarak uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre kısa dönem oynaklığı ve şokun ilk etkisinin

¹⁵² Dima Alberg, Haim Shalit ve Rami Yosef, "Estimating Stock Market Volatility Using Asymmetric GARCH models", **Applied Financial Economics**, Cilt:18, Sayı:1201-1208, 2008, ss.1203-1204.

büyükliğini gösteren α parametresine ait katsayı 0.2813 çıkmıştır. Bu katsayı GED dağılımına göre elde edilen değere göre yüksektir. Oynaklığın sürekliliğini gösteren β parametresi ise GED dağılımına göre düşük çıkmıştır. Bu açıdan simetrik etki dikkate alındığında, yukarıda belirtilen etkinin varlığı bu süreç üzerinde ortaya çıkmıştır. Ancak oynaklığın büyüklüğü ($\alpha+\beta$) 0.8803 bulunmuştur. Bu değer GED dağılımına göre elde edilen değere ($\alpha+\beta$) 0.8796 yakın bir değerdir. Bu durum koşullu varyans değeri dikkate alındığında geçerlidir. Söz konusu dağılımlara göre hesaplanan koşullu varyans değerleri sırasıyla GED parametresi 0.8702 ve Skewed Student t dağılımına göre ise, asimetri ve kuyruk parametresi sırasıyla 0.1868 ile 3.5025 dir.

Tablo 15: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed Student t dağılımına göre katsayılar
Ortalama Denklemi	C	0.0012 (1.091)	-0.0009 (-2.587)*	-0.0008 (-25.8)*	-0.0112 (-0.2636)
	θ_1	-0.3164 (-1.119)	-0.2512 (-1.868)	0.0175 (2.719)*	-0.3882 (-4.492)*
	θ_2	-0.1852 (-2.028)*	-0.1325 (-0.999)	-0.0008 (-0.1715)	-0.3870 (-4.989)*
	θ_3	-0.9334 (-4.046)*	-1.0000 (-6.432)*	-0.0653 (-13.9)*	-1.0000 (-13.6)*
	θ_4	-0.4602 (-2.192)*	-0.3465 (-3.699)*	-0.0686 (-14.93)*	-0.2877 (-3.992)*
	θ_5	-0.1800 (-0.801)	0.1852 (1.800)	0.0680 (12.68)*	-0.0437 (-0.592)
	θ_6	-0.7784 (-5.170)*	-0.5457 (-4.887)*	-0.0078 (-1.55)	-0.7576 (-9.244)*
	ϕ_1	0.5151 (1.581)	0.3476 (2.555)*	0.0589 (9.248)*	0.4736 (4.844)*
	ϕ_2	0.2617 (1.255)	0.1359 (0.965)	0.0087 (1.892)*	0.3833 (4.021)*
	ϕ_3	1.0000 (5.135)*	0.9563 (5.336)*	0.0214 (5.062)*	0.9656 (11.44)*
	ϕ_4	0.7081 (2.405)*	0.4087 (4.073)*	0.0099 (2.123)*	0.3138 (3.591)*
	ϕ_5	0.3254 (0.767)	-0.1922 (-1.705)	0.0172 (3.274)*	0.0067 (0.0811)
	ϕ_6	0.8385 (7.341)*	0.4586 (3.653)*	-0.0449 (-9.335)*	0.7074 (6.761)*
	ϕ_7	0.2282 (2.838)*	0.0656 (1.779)	0.0584 (22.18)*	0.0586 (1.621)
	ϕ_8	0.0760 (0.468)	0.0411 (0.911)	0.0311 (15.74)*	0.0160 (0.4612)
Varyans Denklemi	ω	1.4057 (2.401)*	0.3699 (3.018)*	0.3740 (2.837)	0.3841 (2.181)*
	α	0.6071 (1.063)	0.3424 (3.464)*	0.2515 (3.506)*	0.2813 (3.237)*
	β	-0.000005 (0.000)	0.5984 (8.566)*	0.6281 (7.725)*	0.5990 (6.482)*
Dağılım Parametreleri	Student(DF)		3.2042 (7.865)*		
	GED (DF)			0.8702 (17.09)*	
	κ				0.1868 (2.824)*
	ν				3.5025 (6.455)*

Parantez içindeki değerler istatistikî değerlerdir. * %1, ** %5 anlamlılığı göstermektedir.

Piyasa fiyatları üzerindeki şokların oynaklık üzerindeki ilk etkisini veren α parametresi ile söz konusu şokların sürekliliği hakkında bilgi veren β parametresinin toplamaları birden küçüktür. Bu büyüklüklere göre, şokun ilk etkisi yaklaşık olarak yarım gün olup, şokun etkisi yaklaşık olarak (1.5) gün içinde varyans tarafından içerilmektedir. Toplamda ise, şokun Student t dağılımına göre (11.5) gün içinde etkisi ortadan kalkmaktadır. GED dağılımına göre ise şokların ilk etkisi 0.70 gün içinde ortadan kalkarken, şok sürekliliği 5.40 gündür. Söz konusu süreler Skewed Student t dağılımına göre yaklaşık olarak 0.72 ve 5.43 günüdür. Bu farklar, asimetric durumların α parametresi üzerindeki etkisinden ortaya çıkmıştır. Dağılımlara göre parametrelerin farklılaşmasına bağlı olarak olumlu ve olumsuz şokların etkilerinin ayrıştırılarak analizi yapılmıştır. Böylece şokların dağılımlar kanalından etkisi analiz edilmiş olmaktadır.

Buna etki eden unsur, olumlu ve olumsuz şokların serilerin varyansı üzerindeki etkisidir. Bu amaçla söz konusu serinin oynaklığı EGARCH yaklaşımı kullanılarak da aşağıda analiz edilmiştir.

Tablo 16: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student <i>t</i> dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed Student <i>t</i> dağılımına göre katsayılar
Otokorelasyon Testi	Q(20)	29.6536 (0.00)*	10.7027 (0.098)*	13.4670 (0.0361)*	14.6669 (0.0230)*
	Q(50)	50.7174 (0.0527)	37.5321 (0.398)	44.0659 (0.1672)	42.5385 (0.2101)
	$Q^2(5)$	0.6329 (0.888)	0.2332 (0.972)	0.2694 (0.9656)	0.2335 (0.9719)
	$Q^2(10)$	0.9388 (0.998)	0.4249 (0.999)	0.5013 (0.9998)	0.4366 (0.9999)
	$Q^2(20)$	1.9792 (0.999)	0.8776 (1.000)	0.9673 (1.0000)	0.8403 (1.0000)
	$Q^2(50)$	7.1849 (1.0000)	2.3956 (1.0000)	2.6067 (1.0000)	2.5781 (1.0000)
Değişen Varyans Testi	F(2,828)	0.1244 (0.8830)	0.0681 (0.93)	0.0773 (0.9256)	0.0660 (0.9361)
	F(5,822)	0.1305 (0.985)	0.0469 (0.99)	0.0540 (0.9982)	0.0470 (0.9987)
	F(10,812)	0.0985 (0.9998)	0.0436 (1.00)	0.0515 (1.0000)	0.0451 (1.0000)
Model Kurma Geçerlilik Tse Testi	Q(2)	0.2325 (0.890)	0.0811 (0.96)	0.0766 (0.9623)	0.0626 (0.9691)
	Q(5)	0.6815 (0.983)	0.1393 (0.99)	0.1438 (0.9996)	0.1101 (0.9997)
	Q(10)	0.9691 (0.999)	0.2263 (0.99)	0.2240 (0.9999)	0.1742 (1.0000)

Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. Bu değer 0.05 den küçük ise boş hipotez red edilmektedir.

*%1 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir. H_0 : Otokorelasyon yoktur

**%5 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir.

F dağılımına göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde değişen varyans olmadığını göstermektedir. H_0 : Değişen varyans yoktur.

Tse testine göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde Model Kurmanın doğruluğunun testini göstermektedir. H_0 Model kurma hatası yoktur.

GARCH yaklaşımına göre yapılan tahmine ait tanı istatistiklerine göre, Tse testi model kurma hatasının olmadığını göstermektedir. Ancak, analiz edilen dört dağılıma göre en az %5 anlamlılık seviyesinde Normal, GED ve Skewed Student *t* dağılımlarına göre Lyung Box Q(20) test istatistiği otokorelasyonun varlığını göstermektedir. Bu farklılık, finansal zaman serilerinin taşıdığı bir özellik olan nadir olayların etkisinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir. Tablo 16'da yer alan ARCH testinin boş hipotezi olan değişen varyansın olmadığını F testine göre red edilememesi, söz konusu serinin risk yönetiminde bir korunma (hedge) aracı olarak kullanılabileceği yönünde bir ön bulgudur. Bu bulgu ele alınan veri üzerinde oynaklıkların ortalamaya dönme eğilimine sahip olması tarafından da desteklenmektedir.

4.2.1.2.2. İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin EGARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini

İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme fiyatlarının getiri serisinin EGARCH yaklaşımına göre elde edilen sonuçları Tablo 17'de görülmektedir. Tablodaki sonuçlara göre normal dağılıma göre elde edilen EGARCH katsayılarından α ve β anlamsız çıkmıştır. Olumlu ve olumsuz şokların etkisini gösteren γ_1 ve γ_2 katsayıları %5 anlamlılık düzeyinde istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. γ_1 işaretinin negatif olması, negatif şokların oynaklığı artırdığı yönünde bir bulgu olup literatürü destekler bir sonuçtur. γ_2 anlamlı çıkmış olması da, gerçekleşen etkilerin beklenen etkilerden büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum söz konusu elektrik piyasasında spekülasyon veya arbitraja dayalı işlemlerin olmadığı yönünde bir bilgi vermektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, söz konusu vadeli gelecek sözleşmesinin "etkin bir koruma aracı özelliği" taşıdığı ifade edilebilir.

Normal dağılıma göre elde edilen sonuçlarda oynaklık katsayılarının anlamsız olması, olumlu ve olumsuz şokların ortaya çıkardığı asimetrik etkiye bağlı olduğu ifade edilebilir. Özellikle asimetrik etkinin varlığını dikkate alan Student t dağılımına göre elde edilen katsayılar bu bulguyu desteklemektedir. Bu dağılımla birlikte, diğer iki dağılıma göre elde edilen sonuçlar söz konusu piyasada olumsuz bir şokun oynaklık üzerinde etkisi olmadığı, γ_1 katsayısının anlamsız olmasına bağlı olarak görülmektedir. Bununla birlikte, gerçekleşen etkilerin beklenenden büyük olduğu γ_2 katsayısının değerinden anlaşılmaktadır. Bu katsayının pozitif ve anlamlı olması, söz konusu göstergenin korunmaya yönelik bir araç olarak kullanılabileceği yönünde bilgi vermektedir. Bununla birlikte, bu bulgu α katsayısının GED Student t ve Skewed Student t dağılımına göre anlamlı ve negatif çıkmış olması tarafından da desteklenmektedir. Buna göre, olumsuz şoklar oynaklığı artırmaktadır. GED dağılımına göre katsayının 2'den küçük çıkmış olması, kalın kuyruk özelliğinin varlığına yönelik bir bilgi sağlamaktadır.

Tablo 17: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin EGARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed Student t dağılımına göre katsayılar
Ortalama Denklemi	C	0.0086 (0.7433)	-0.097 (-3.857)*	-0.0880 (-1.1390)	0.0035 (0.0800)
	θ_1	0.1532 (6.184)*	-0.305 (-10.290)*	-0.0468 (-0.9571)	-0.3520 (-2.3630)*
	θ_2	-0.0279 (-2.53)*	-0.047 (-2.427)*	0.0579 (1.4980)	-0.0866 (-0.4761)
	θ_3	-0.0135 (-0.711)	-0.752 (-29.640)*	-0.1007 (-3.7920)*	-0.8280 (-5.2640)*
	θ_4	0.0132 (0.8677)	-0.286 (-8.801)*	-0.0280 (-0.4372)	-0.3174 (-2.7100)*
	θ_5	0.0710 (2.449)*	0.205 (8.082)*	0.0919 (3.0220)*	0.1769 (1.2160)
	θ_6	0.0399 (1.904)*	-0.280 (-6.478)*	-0.0096 (-0.2753)	-0.4790 (-3.8090)*
	$\emptyset_1$	-0.0257 (-2.048)*	0.380 (14.380)*	0.1230 (4.5550)*	0.4314 (2.8280)*
	$\emptyset_2$	0.0068 (0.3689)	0.063 (3.391)*	-0.0425 (-7.1160)*	0.0855 (0.4500)
	$\emptyset_3$	0.0586 (3.196)*	0.691 (27.660)*	0.0368 (6.3830)*	0.7654 (4.3980)*
	$\emptyset_4$	0.0448 (3.864)*	0.309 (8.363)*	-0.0269 (-0.6287)	0.3633 (3.0250)*
	$\emptyset_5$	-0.0810 (-3.006)*	-0.179 (-7.542)*	-0.0150 (-1.5430)	-0.18920 (-1.29800)
	$\emptyset_6$	-0.0579 (-2.584)*	0.177 (3.689)*	-0.0520 (-1.6380)	0.3917 (2.8910)*
	$\emptyset_7$	0.0962 (3.984)*	0.058 (6.270)*	0.0448 (3.2870)*	0.0660 (1.7460)
	$\emptyset_8$	0.0591 (2.668)*	0.078 (6.559)*	0.0448 (5.1820)*	0.0667 (1.8500)
Varyans Denklemi	ω	0.8454 (14.000)*	0.657 (3.230)*	0.6350 (4.8660)*	1.2990 (3.7460)*
	α	-0.3968 (-1.443)	-0.469 (-2.946)	-0.4030 (-2.1350)	-0.3782 (-2.0020)
	β	0.2307 (0.8098)	0.886 (19.330)*	0.8805 (19.660)*	0.8822 (17.520)*
	γ_1	-0.1524 (-2.951)*	0.090 (1.394)	0.1069 (1.5720)	0.08514 (1.6090)
	γ_2	0.5918 (7.247)*	0.456 (4.477)*	0.3672 (3.8510)*	0.3975 (5.3720)*
Dağılım Parametreleri	Student(DF)		3.302 (7.793)*		
	GED (DF)			0.8896 (17.2400)*	
	κ				0.1958 (3.9720)*
	ν				3.5623 (8.7670)*

Parantez içindeki değerler istatistikî değerlerdir. * %1, ** %5 anlamlılığı göstermektedir.

İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme fiyatlarının getiri serisinin EGARCH yaklaşımıyla elde edilen normal dağılıma özelliğinin sonuçları içinde olumlu ve olumsuz haberlerin asimetrik etkisi olan γ_1 ve gerçekleşen durumlarla beklenen durumların etkisini gösteren γ_2 parametresine ait katsayılar anlamlı çıkmıştır. Buna karşın oynaklık katsayıları olan α ve β katsayıları ise anlamsız bulunmuştur. Bunun

ana nedeni, asimetrik etkilerin dikkate alınmamasının parametreler üzerindeki etkisidir. Oynaklık analizlerinin önemli eksikliklerinden biri, ortaya çıkan etkilerin dağılımlar üzerinden etkisini gösterememeleridir. Ancak elde edilen sonuçların dağılımlarına ve dağılım parametrelerine bağlı olarak tahmin edilmesi söz konusu parametrelerden elde edilecek dağılımın yapısı hakkında bilgi vermektedir.

Tablo 17’de GED dağılımı ve Skewed Student t dağılımına göre elde edilen oynaklık parametrelerine ait katsayılar ile GED dağılımının parametresi olan GED (DF) (0.88)Skewed Student t dağılımı asimetri parametresi (0.19), tail parametresi (3.56) olarak bulunmuştur. Buna göre üç parametre de kalın kuyruk özelliğini gösterirken, tail katsayısının 3’den büyük çıkması yüksek bir kurtosis özelliğini göstermektedir. Bunun anlamı, luptokurtik yapının devam etmesidir. Finansal anlamda ise, uç değerlerin mevcut sistem üzerinde etkili olduğu konusunda bilgi vermektedir. Bu açıdan ele aldığımız verinin, vadeli işlem piyasasının özelliklerini taşıdığı ifade edilebilir.

Asimetri parametrelerinin ve Student t dağılım parametrelerinin pozitif olması, sola çarpık olduğu anlamına gelmektedir. Finansal açıdan, bunun anlamı piyasanın artış yönünde bir eğilime yönelik olduğunu göstermektedir. Bu durumun ana nedeni olarak, spot piyasadaki beklentilerin artış yönünde olması gösterilebilir. Bu bulgu γ_2 parametresinin üç modelde de pozitif ve anlamlı olması sonucu ile desteklenmektedir. γ_2 gerçekleşen etkilerin beklenen etkilerden daha büyük olduğunu göstermektedir. Bu açıdan elektrik fiyatlarının vadeli işlem piyasasına ait göstergenin yukarı eğilimli olduğunu ifade etmektedir. Ancak, işaret etkisi olan γ_1 ’in anlamsız çıkmış olması, negatif veya pozitif şokların asimetrik etkisi hakkında bilgi vermemektedir. Bu bulgu alınacak pozisyonların ne yönde olması gerektiği konusunda önemli bir bilgi riskine neden olmaktadır. Bundan dolayı, söz konusu bilginin elde edilmesine yönelik olarak şokların olası asimetrik etkisinin yönün tahmin edilmesine yönelik ilave olarak GJR GARCH yaklaşımı ile de tahminler yapılmıştır. EGARCH yaklaşımına göre elde edilen sonuçlar genel olarak beklenti ve bu beklentileri etkileyen şokların etkisini vermekle birlikte, negatif ve pozitif şokların etkilerini ayırtıramamakta ve buna karşı oynaklığın verdiği tepki görülememektedir. Bu açıdan söz konusu durumun analizine yönelik GJR GARCH yaklaşımıyla belirtilen gösterge analiz edilmiştir.

GJR GARCH yaklaşımına yönelik tahmin sonuçları verilmeden önce, EGARCH tanı istatistikleri çerçevesinde yukarıda yapılan açıklamaların değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan Tablo 18'de EGARCH yaklaşımı ile elde edilen tahmin sonuçlarında normal dağılıma göre yapılan tahminler istatistikî ölçütlere göre gerekli olan yeterlilik ve gereklilik koşulunu sağlamaktadır. Normal dağılıma göre yapılan analizde otokorelasyon sorunu modellerin içinden kaldırılamamıştır. Ancak diğer tahminler gerekli özellikleri taşımaktadır. GED dağılımına göre Q^2 (20) %5 anlamlılık düzeyinde otokorelasyona sahip olduğu yönünde bir eğilim göstermektedir. Bu değerin çok küçük bir olasılık değeriyle 0.05 aşmış olması otokorelasyonun varlığının reddine imkan vermektedir. Ancak bunun ana nedeni olarak da aşırı uç değer veya finans anlamında nadir olay etkisinin varlığına bağlı olarak yorumlanmıştır. Nitekim Skewed Studentt dağılımına göre elde edilen sonuçlar söz konusu tahmin sonucunun gerekli istatistikî özellikleri taşıdığını göstermektedir. Skewed Student t dağılımına göre elde edilen v parametresine ait katsayının 3'den büyük olması, aşırı uç değerin etkisini ifade etmektedir. Bu durum dikkate alınarak yapılan tahmin sonucunda söz konusu parametreye ait katsayının otokorelasyon olmadığı yönündeki hipotezi kabul edilebilecek biçimde çıkmıştır. Söz konusu Q istatistiği anlamlılık düzeyi %5'in üzerinde olmasından dolayı bu sonuç yorumlanabilir.

Tablo 18: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin EGARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına görekatsayılar	Student t dağılımına görekatsayılar	GED dağılımına görekatsayılar	Skewed Student t dağılımına görekatsayılar
Otokorelasyon Testi	Q(20)	23.5212 (0.0006)*	6.3655 (0.3835)	12.5508 (0.05075)	10.4503 (0.1069)
	Q(50)	55.8623 (0.0184)*	34.1904 (0.5548)	41.7202 (0.2360)	37.4080 (0.4042)
	$Q^2(5)$	0.4315 (0.9336)	0.2369 (0.9714)	0.2378 (0.9712)	0.2271 (0.9730)
	$Q^2(10)$	0.6900 (0.9995)	0.5054 (0.9998)	0.5140 (0.9998)	0.4781 (0.9998)
	$Q^2(20)$	1.6652 (0.9999)	1.1236 (1.0000)	1.0664 (1.0000)	1.0603 (1.0000)
	$Q^2(50)$	6.0972 (1.0000)	3.1420 (1.0000)	2.8787 (1.0000)	3.0933 (1.0000)
Değişen Varyans Testi	F(2,828)	0.0083 (0.9917)	0.0668 (0.9354)	0.0648 (0.9372)	0.0627 (0.9392)
	F(5,822)	0.0905 (0.9937)	0.0474 (0.9987)	0.0471 (0.9987)	0.0453 (0.9988)
	F(10,812)	0.0727 (1.0000)	0.0517 (1.0000)	0.0521 (1.0000)	0.0490 (1.0000)
İşaret Eğilim Testi	İşaret Sapma Etkisi	0.1097 (0.9126)	0.5428 (0.5872)	0.5693 (0.5691)	0.6136 (0.5394)
	Negatif Sapma Etkisi	0.0111 (0.9911)	0.1746 (0.8614)	0.1086 (0.9135)	0.0897 (0.9285)
	Pozitif Sapma Etkisi	0.1175 (0.9064)	0.3001 (0.7640)	0.2360 (0.8133)	0.1637 (0.8699)
	Ortak Etki	0.0547 (0.9966)	0.7017 (0.8727)	0.7261 (0.8670)	0.7682 (0.8570)
Model Kurma Geçerlilik Tse Testi	Q(2)	0.0145 (0.9927)	0.0726 (0.9643)	0.0685 (0.9663)	0.0673 (0.9669)
	Q(5)	0.4665 (0.9932)	0.1498 (0.9995)	0.1502 (0.9995)	0.1327 (0.9996)
	Q(10)	0.7458 (0.9999)	0.2907 (0.9999)	0.2640 (0.9999)	0.2353 (0.9999)

Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. Bu değer 0.05 den küçük ise boş hipotez red edilmektedir.

*%1 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir. H_0 : Otokorelasyon yoktur

**%5 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir.

F dağılımına göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde değişen varyans olmadığını göstermektedir. H_0 : Değişen varyans yoktur.

Tse testine göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde Model Kurmanın doğruluğunun testini göstermektedir. H_0 Model kurma hatası yoktur.

4.2.1.2.3. İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GJR GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini

GJR yaklaşımında asimetrik etkinin analizine yönelik olarak oluşturulan kukla değişken negatif şokların pozitif şoklara göre oynaklık üzerindeki etkisini ölçmektedir. Finansal göstergelerin önemli bir özelliği yukarıda da belirtildiği gibi, olumlu ve olumsuz şokların etkisinin dağılıma yapmış olduğu etkiye bağlı parametrelerin tespitinin gerekli olmasıdır. GJR GARCH yaklaşımı negatif

haberlerin pozitif haberlere göre oynaklık üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu yaklaşımın önemli özelliği negatif haberlerin oynaklığı ortaya çıkaran α parametresi üzerindeki etkiyi göstermesidir. Bundan dolayı söz konusu katsayının anlamlı çıkmış olması negatif haberlerin oynaklığın ilk kaynağı olarak ifade edilen parametre üzerindeki etkideki farkı ifade etmektedir. Bununla birlikte bu katsayının anlamlı çıkması durumunda olumsuz şokların oynaklık üzerinde kaydırma etkisi anlamına geldiği dikkate alınmalıdır. Aslında bu etkinin büyük ve anlamlı olması analizin farklı yaklaşım ve tekniklerin kullanılmasını gerekli kılar. Tablo 19’da elde edilen tahmin sonuçlarına göre, piyasanın olumlu ve olumsuz haberleri içselleştirmesine bağlı olarak verilerde ortaya çıkan dağılım özelliklerindeki farklılaşma ve parametreler üzerindeki etkisi görülmektedir. İstatistiksel olarak varyansın pozitif çıkma koşulu sağlanamamıştır. Ancak asimetrisinin olduğuna yönelik katsayının istatistiksel olarak anlamlı çıkmış olması, olumsuz haberlerin oynaklık üzerindeki etkisinin anlamsız olduğu yönündedir. Normal dağılıma göre, elde edilen GJR katsayısının anlamlı, buna karşılık varyans parametresi olan β ’nin negatif çıkmış olması, şokların dağılım üzerinde yapmış olduğu etkiye bağlı olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Asimetrik etkilerin dağılım üzerindeki etkisi dikkate alınmadığından dolayı varyans parametresi negatif, buna karşılık asimetri parametresi olarak kabul edilen GJR katsayısı anlamlı ve pozitif çıkmıştır.

Asimetrisinin etkisini dikkate alan GED ve Skewed Student t dağılımlarının katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı çıkmış olması, buna karşın GJR katsayısının anlamsız olması ve oynaklık parametrelerinin gerekli koşulları sağlaması sonuçlarına ulaşılmıştır. Bundan dolayı, bu piyasa için gerek EGARCH gerekse GJR-GARCH sonuçlarına bağlı olarak ifade edilebilir ki; verilerin sahip olduğu özellikle leptokurtik yapının varlığı tahmin sonuçlarının farklılaşmasına yol açmıştır. Yukarıdaki sonuçlar ile GJR sonuçları karşılaştırıldığında, işaret etkisinin ve beklenen ile gerçekleşen şokların etkilerini dikkate alan EGARCH yaklaşımının tahmin sonuçları, finansal açıdan piyasa hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu piyasanın ileriye yönelik tahmini yapılmadığı sürece özellikle asimetrik durumu dikkate alan EGARCH yaklaşımının sonuçlarının kullanılabilirliği önerilmektedir¹⁵³.

¹⁵³Çalışmanın ana amacı, bir forecasting olmadığı için söz konusu sonuçları ortaya çıkaran faktörlere yönelik olarak ilave testler yapılmamıştır. Bu testler çalışmanın amacına yönelik değildir. Ancak,

Yapılan GJR GARCH analiz sonuçlarının tanı istatistikleri incelendiğinde, normal dağılıma göre elde edilen sonuçlar dışındaki elde edilen istatistikler Student t , GED ve Skewed Student t dağılımına dayalı tahminlerin gerekli olan özellikleri taşıdığı yönünde bilgi vermektedir. Söz konusu üç dağılıma göre Q istatistiklerine göre otokorelasyon, F istatistiklerine göre değişen varyans olmadığı görülmektedir. Şokların negatif ve pozitif olmasına bağlı olarak ortaya çıkan etkilerde hem bireysel olarak hem de ortak olarak etkisinin olmadığı işaret, negatif ve pozitif sapma istatistiklerinin anlamsız olmasından anlaşılmaktadır. Tsetest istatistikleri ise, kullanılan yaklaşım açısından bir model kurma hatasının olmadığını göstermektedir.

Tablo 19'da görüldüğü gibi normal dağılım özelliğine göre elde edilen β parametresi negatif çıkmıştır. Bu durumun negatif şokların pozitif şoklara göre etkisinin büyük olmasının ortaya çıkardığı bir etki olduğu düşünülmektedir. Bu durum diğer üç tahmin sonucunda elde edilen sonuçlarla da desteklenmektedir. Student t , Skewed Student t ve GED dağılımına göre elde edilen GJR-GARCH parametresi olan γ negatif çıkmış olmasına karşın varyans parametreleri gerekli olan pozitiflik koşulunu sağlamıştır. Ancak γ parametresi söz konusu piyasa için negatif şokların oynaklığı artırdığı yönündeki bulguyu desteklemede istatistiki olarak anlamsız çıkmıştır. Bu açıdan bir önceki yaklaşımla elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında, söz konusu piyasa için şokların büyüklük etkisinden daha fazla bu piyasadaki beklentiler ile haberlerin etkisinin olduğu anlaşılmaktadır. Genel olarak söz konusu serinin gelecek vadeli sözleşme verisi olması dikkate alındığında, bu durum finansal açıdan beklenen bir sonuçtur.

Diğer dağılım özelliklerine bağlı olarak elde edilen GJR-GARCH parametresinin negatif çıkmasının ana nedenlerinden biri, özellikle asimetrik bir dağılımın ve kalın uyruk özelliğinin olduğunu gösteren parametrelerin dikkate alınmasıdır. Söz konusu bilgiyi veren parametrelerin istatistiki olarak anlamlı çıkmış olması, kalın kuyruk özelliği ile birlikte leptokurtik yapının varlığını göstermiştir.

konunun başka çalışmalar için destekleyicisi olması amacıyla yapısal kırılmaları dikkate alan yaklaşımlarla da ele alınıp analiz edilmesi katkı sağlayabilecektir.

Tablo 19: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GJR-GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed Student t dağılımına göre katsayılar
Ortalama Denklemi	C	-0.0045 (-0.0722)	-0.0934 (-2.561)*	-0.0847 (-15.94)*	-0.0042 (-0.0898)
	θ_1	0.0209 (0.0254)	-0.3167 (-1.855)	0.0770 (12.86)*	-0.3635 (-1.469)
	θ_2	-0.0108 (-0.0234)	-0.2108 (-1.094)	-0.0351 (-5.089)*	-0.1406 (-0.5297)
	θ_3	-0.4117 (-1.306)	-0.8692 (-3.832)*	0.0319 (5.962)*	-0.8924 (-3.86)*
	θ_4	-0.0092 (-0.0309)	-0.3359 (-1.701)	-0.0594 (-9.745)*	-0.3561 (-2.65)*
	θ_5	0.2584 (0.8788)	0.0817 (0.4258)	-0.0095 (-1.585)	0.1494 (0.4448)
	θ_6	-0.0777 (-0.237)	-0.3581 (-1.211)	-0.1081 (-18.04)*	-0.4958 (-2.673)*
	ϕ_1	0.1116 (0.1368)	0.4037 (2.328)*	-0.0078 (-1.432)	0.4531 (1.809)
	ϕ_2	-0.0288 (-0.0726)	0.2258 (1.121)	0.0411 (7.467)*	0.1445 (0.5101)
	ϕ_3	0.4559 (1.485)	0.8312 (3.65)*	-0.0700 (-13.36)*	0.8423 (3.303)*
	ϕ_4	0.0901 (0.2627)	0.3693 (1.634)	0.0050 (0.8291)	0.4224 (3.015)*
	ϕ_5	-0.3004 (-1.028)	-0.0587 (-0.2787)	0.0987 (17.21)*	-0.1480 (-0.4277)
	ϕ_6	0.0088 (0.0243)	0.2603 (0.8457)	0.0452 (7.341)*	0.4149 (2.056)*
	ϕ_7	0.1197 (1.609)	0.0533 (1.356)	0.0703 (13.6)*	0.0726 (1.858)
	ϕ_8	0.0357 (0.3256)	0.0585 (1.502)	0.0193 (4.551)*	0.0637 (1.456)
Varyans Denklemi	ω	1.9356 (16.79)*	0.4790 (2.973)*	0.4118 (2.965)*	0.3892 (2.952)*
	α	0.2380 (5.235)*	0.4580 (2.78)*	0.3568 (3.02)*	0.4075 (3.034)*
	β	-0.1141 (-2.375)*	0.5447 (6.752)*	0.6038 (7.256)*	0.5826 (7.951)*
	γ (GJR)	0.3378 (4.065)*	-0.2408 (-1.308)	-0.2237 (-1.608)	-0.1857 (-1.195)
Dağılım Parametreleri	Student(DF)		3.1710 (7.58)*		
	GED (DF)			0.8772 (17.12)*	
	κ				0.1830 (2.721)*
	ν				3.4645 (7.126)*

Parantez içindeki değerler istatistiki değerlerdir. * %1, ** %5 anlamlılığı göstermektedir.

Yukarıdaki sonuçlara ait Tablo 20'de belirtilen istatistikleri dikkate alındığında, normal ve GED dağılımlarına göre elde edilen tanı istatistik sonuçlarına göre, otokorelasyonun varlığı görülmektedir. Bunun ana nedeni olarak piyasada bekleyişlerin etkisinin olmasının bir göstergesi olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Q^2 sonuçlarının istatistiki olarak anlamsız çıkmış olması bu bulguyu desteklemektedir. Tanı istatistiklerine göre elde edilen tahmin özellikleri değişen varyansın olmadığını gösteren F testi ve model kurma hatasının olmadığını gösteren Tsetest istatistikleri açısından gerekli ölçütlere sahiptir.

Tablo 20: İngiltere Gelecek Vadeli Sözleşme Fiyatlarının Getiri Serisinin GJR-GARCH Yaklaşımıyla Oynaklık Tahmini Tanı İstatistikleri

Açıklama	Parametreler	Normal dağılımına göre katsayılar	Student t dağılımına göre katsayılar	GED dağılımına göre katsayılar	Skewed student t dağılımına göre katsayılar
Otokorelasyon Testi	Q(20)	19.4231 (0.0035)*	6.4536 (0.3743)	13.5726 (0.0347)*	10.3810 (0.1094)
	Q(50)	46.1352 (0.1200)	34.0593 (0.5611)	43.4212 (0.1845)	37.2348 (0.4120)
	Q^2 (5)	0.2734 (0.9649)	0.2743 (0.9647)	0.2952 (0.9609)	0.2522 (0.9687)
	Q^2 (10)	0.5344 (0.9998)	0.5037 (0.9998)	0.5525 (0.9998)	0.4557 (0.9999)
	Q^2 (20)	1.3632 (1.0000)	1.0137 (1.0000)	1.0213 (1.0000)	0.8854 (1.0000)
	Q^2 (50)	4.6336 (1.0000)	2.4583 (1.0000)	2.5096 (1.0000)	2.3552 (1.0000)
Değişen Varyans Testi	F(2,828)	0.0185 (0.9816)	0.0793 (0.9238)	0.0828 (0.9205)	0.0723 (0.9302)
	F(5,822)	0.0556 (0.9980)	0.0552 (0.9981)	0.0591 (0.9977)	0.0509 (0.9984)
	F(10,812)	0.0538 (1.0000)	0.0520 (1.0000)	0.0567 (1.0000)	0.0472 (1.0000)
Model Uyum Geçerlilik Tse Testi	Q(2)	0.0046 (0.9976)	0.1000 (0.9512)	0.0840 (0.9588)	0.0742 (0.9635)
	Q(5)	0.2881 (0.9978)	0.1760 (0.9993)	0.1602 (0.9994)	0.1274 (0.9997)
	Q(10)	0.5336 (0.9999)	0.2941 (0.9999)	0.2540 (0.9999)	0.2003 (0.9999)

Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. Bu değer 0.05 den küçük ise boş hipotez red edilmektedir.

*%1 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir. H_0 : Otokorelasyon yoktur

**%5 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon olduğunu göstermektedir.

F dağılımına göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde değişen varyans olmadığını göstermektedir. H_0 : Değişen varyans yoktur.

Tse testine göre %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde Model Kurmanın doğruluğunun testini göstermektedir. H_0 Model kurma hatası yoktur.

GJR ve EGARCH yaklaşımlarına göre elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, söz konusu piyasa göstergesinin gelecek vadeli sözleşmelerin

taşıması gereken “beklenti” lere karşı duyarlılık özelliğine sahip olduğu söylenebilir. Bu çerçevede bu göstergenin bir korunma (hedge) aracı olarak kullanılıp kullanılmayacağının analizi yapılmalıdır. Bu kapsamda bu noktadan sonra ele alınacak iki değişken arasında çok değişkenli oynaklık yaklaşımlarına yönelik tahminler yapılmıştır. Böylece Türkiye Elektrik Piyasası ile uluslararası piyasalarda işlem gören bir Gelecek Vadeli Sözleşme işlemiyle olası risklerin azaltılıp azaltılamayacağı analiz edilmiş olacaktır.

Bu durumda iki piyasa arasında oynaklık geçişgenliğinin ve yayılmasının analizi gerekli olmaktadır. Bu amaçla ilk olarak iki piyasa arasında oynaklık yayılmasının nedenselliğinin hangi yönde olduğunun görülebilmesi için, Hafner ve Herwartz (2006) tarafından geliştirilen varyans nedensellik testinden yararlanılmıştır. Testin uygulanmasından elde edilen test sonucu aşağıda açıklanmaktadır.

İngiltere Elektrik Piyasasının önemli özelliklerinden biri, elektrik üretiminde %50 doğal gaz ve %28 oranında da kömür kullanımına dayanmasıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, bu iki enerji kaynağının fiyatında meydana gelen değişimler bu ülkedeki elektrik fiyatları üzerinde piyasa yapısı ve kurulmuş bulunan yapıya bağlı olarak piyasa fiyatlarını etkilemektedir. Buna göre söz konusu ülkenin üretim yapısına benzerlik gösteren ülkelerin üreticileri için dayanak varlığı elektrik ürünleri olan finansal araçlar bir risk yönetim aracı, başka bir ifadeyle, riskten korunma aracı özelliğine sahip olabilmektedir. Bu araçlardan birine ait uluslararası piyasalarda işlem gören ve genel kabul görmüş olan gelecek vadeli işlem sözleşmesinin analizleri yapılmış ve bu analiz sonuçlarına ait bulgular açıklanmıştır. Elde edilen bulgulardan hareketle, söz konusu araca ait getiriler asimetric özelliklere sahip olmakla birlikte, bu etkilerin istatistiki anlamlılığa sahip olmadığı görülmektedir. Bu açıdan getiriler nadir olarak tanımlanacak şoklardan etkilenmektedir. Bunun ana nedeni olarak yukarıda belirtilen elektrik üretiminin içinde doğal gazın payının yüksek olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Çünkü kış aylarında ya da yaz aylarında hava durumlarına bağlı olarak doğal gaz fiyatlarındaki değişimler elektrik fiyatlarında değişime neden olabilmektedir. EGARCH yaklaşımı ile ele alınan asimetrisinin varlığı ile kuyruk özelliğinin birlikte dikkate alındığı analiz sonucuna göre elde edilen gerçekleşen şokların beklenen şoklara göre belirleyiciliği bu konuda bilgi

sağlamaktadır. Genel olarak gelecek vadeli işlem için kullanılacak bir finansal aracın gerçekleşen etkilere sahip olması beklenmektedir. Söz konusu araç, elde edilen bulgulara göre bu özelliği taşımaktadır.

4.2.2. Hafner ve Herwartz Yaklaşımına Dayalı Varyans Nedensellik Testi

Çok değişkenli varyans modellerinin oynaklık yayılımında değişkenler arası en az bir varyans nedensellik olması gereklidir. Bu amaçla çalışmanın bu kısmında var olan nedenselliğin analizine yönelik olarak Hafner ve Herwartz yaklaşımına dayalı Varyans Nedensellik Testi uygulanmış olup test sonuçları Tablo 21'deki gibidir.

Tablo 21: Hafner ve Herwartz Yaklaşımına Dayalı Varyans Nedensellik Test Sonuçları

Hafner ve Herwartz Yaklaşımı	Hipotez	Varyans Nedensellik Test Sonucu
Türkiye'den (Spot Piyasa) İngiltere'ye (Gelecek Vadeli İşlem Piyasası) Varyans Nedensellik	$DSMF \neq DUKEF$	0.356178 (0.836868)
İngiltere'den (Gelecek Vadeli İşlem Piyasası) Türkiye'ye (Spot Piyasa) Varyans Nedensellik	$DUKEF \neq DSMF$	13.4035 (0.001229)*

Parantez içi olasılık değerlerini tanımlamaktadır. (*) %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Elde edilen sonuca göre, İngiltere Elektrik Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesi (DUKEF) ile Türkiye Elektrik Fiyatları (DSMF) arasında bir finansal korunma stratejisinin uygulanmasına yönelik nedensellik ve oynaklık nedeni olduğu görülmüştür. Ancak bu nedensellik ilişkisinin bir oynaklık yayılımı olarak mı, yoksa oynaklık bulaşması olarak mı ele alınması gerekliliğinin analizine ihtiyaç vardır. Bu aynı zamanda etkin ve optimal korunma oranının hesaplanmasında oynaklık yayılımının mı, yoksa bulaşma etkisinin mi kullanılması konusunda bilgi verecektir. Engle, Ito ve Lin (1990) yaklaşımı çerçevesinde bu çalışmada bulaşma etkisi “meteor yağmuru” olarak ele alınmaktadır.

Hafner ve Herwartz Yaklaşımına Dayalı Varyans Nedensellik test sonucu uluslararası piyasada işlem gören söz konusu elektrik vadeli işlem sözleşmesinin fiyatlarının Türkiye Elektrik Fiyatları için bir öncü gösterge niteliğinde olduğu

yönündedir. Buradaki önemli ilişki, elektrik fiyatlarını belirleyen temel değişkenlerin aynı olmasıdır. Başka bir ifadeyle, dünya enerji fiyatlarını belirleyen temel enerji kaynaklarının fiyatlarıdır. Hafner ve Herwartz Yaklaşımına Dayalı Varyans Nedensellik Test sonuçları aynı zamanda ele alınan vadeli işlem sözleşmesinden Türkiye Elektrik Fiyatlarına yönelik bir oynaklık yayılımının yönünü göstermektedir. Bir oynaklık yayılımının sürekliliği ve büyüklüğü hakkında bilgi vermemektedir. Bu açıdan oynaklık yayılımlarının analizinde, yayılımının yönü hakkında kullanılan bir analiz aracıdır. Bu aracın kullanılmasıyla ulaştığımız önemli bir bulgu, risk transferinin vadeli piyasadan spot piyasaya doğru olduğu yönündedir. Başka bir ifadeyle, vadeli işlem piyasasında kısa pozisyonda kalınabilir. Ancak spot piyasada kısa pozisyon almak, riski yükseltmekte ve kayıp riskini artırmaktadır. Buna göre etkin ve optimal korunma (hedge) oranı farklı durumlara göre belirlenecek stratejilere bağlıdır. Genel olarak piyasalar arası ilişkilere dayalı bir portföy oluşturma veya bir riske karşı kendinizi korumak amaçlı strateji oluşturma yönünde karar alınır, piyasalar arasındaki oynaklık yayılması belirleyici bir faktör olmaktadır. Bundan dolayı, optimal ve etkin korunmayı İngiltere Elektrik Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesinin sağlayıp sağlayamayacağını araştırılması için iki piyasa arasında oynaklık yayılımının analizi yapılmıştır.

4.2.3. Moon ve Yu Yaklaşımına Dayalı Varyans Yayılma Etkisi Testi

Üçüncü bölümde açıklanan Moon ve Yu'nun (2010) yaklaşımı kullanılarak elde edilen tahmin sonuçları ve bu sonuçlara ilişkin tanı testleri Tablo 22'de verilmiştir. Bu yaklaşımın önemli bir özelliği, parametrik olmasıdır. Bundan dolayı iki değişken arasındaki oynaklığın yönü hakkında nedenselliği gösterirken, aynı zamanda oynaklık bulaşmasının olup olmadığı konusunda da bilgi sağlanabilmektedir. Burada "yayılma" yerine "bulaşma" kavramının kullanılmasının nedeni, değişkenlerin ortak dağılımdan gelmeden analizinin yapılmış olmasıdır. Ancak varyans geçişgenliğine bağlı etkilerin literatürde yayılma olarak kullanılmasından dolayı, elde edilen bulguların yorumlanmasında buna bağlı kalınmıştır.

Tablo 22'de U^2_{DUKEF} parametresine ait katsayının anlamlı olması, gelecek vadeli sözleşme piyasası olarak alınan İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Piyasası'ndan

Spot Piyasa olan Türkiye Elektrik Piyasası'na yönelik bir oynaklık yayılımı olduğunu göstermektedir. Katsayının çok yüksek olması, geleceğe yönelik beklentilerin spot elektrik piyasalarındaki fiyatlarda çok yüksek oynaklığa neden olduğu yönündeki bulgularla aynı yöndedir. Bu bilgi aynı zamanda bu piyasalarda risk yönetiminin ne kadar gerekli olduğunu göstermektedir.

Elde edilen tahmine ait tanı istatistikleri için gereklilik ve yeterlilik koşulu olan otokorelasyonun olmadığını gösteren Q ve Q^2 istatistikleri ile değişen varyansın olup olmadığını gösteren F istatistiği % 5 anlamlılık düzeyinde söz konusu özelliklerin olmadığı yönünde bilgi sağlamaktadır.

Türkiye'nin Avrupa Elektrik Piyasasına yönelik artan entegrasyon derecesine bağlı olarak bu oynaklık yayılımına ait parametrenin düşeceği ifade edilebilir. Bununla birlikte, yüksek oynaklık yayılımının olmasına bağlı olarak özellikle elektriğe dayalı opsiyon araçlarının kullanılması daha da önem kazanacaktır.

Tablo 22: Moon ve Yu Yaklaşımı ile İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Piyasasından Türkiye Elektrik Piyasasına Oynaklık Yayılımı

Parametreler	Katsayılar
Ortalama Eşitliği	
C	0.075984 (6.6188)*
DSMF _{t-1}	-0.163106 (-3.5781)*
DUKEF _{t-1}	-0.683419 (-0.6822)
DSMF _{t-2}	-0.131397 (-2.7158)*
DUKEF _{t-2}	0.224756 (0.2804)
Varyans Eşitliği	
w	0.010686 (5.4939)*
α	0.160142 (8.3903)*
β	0.771471 (36.6392)*
U ² _{DUKEF}	14.34460 (4.0612)*
Tanı İstatistikleri	
Q(5)	9.4656 (0.092)
Q(10)	13.768 (0.184)
Q(20)	23.094 (0.284)
Q ² (5)	0.6808 (0.984)
Q ² (10)	2.1839 (0.995)
Q ² (20)	7.9775 (0.992)
F(5,822)	0.1361 (0.9840)
F(10,812)	0.2232 (-0.9941)
F(20,792)	0.3777 (-0.9942)

*%1 anlamlılık ** % 5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Değerler z istatistik değerleridir. F değerlerinin karşısında yer alan tahmin sonuçları olasılık değerleridir. %5'den büyük olup, değişen varyans yoktur. Q istatistikleri Ki-kare değerleri olup tablo değerlerinden küçüktür. Bu da otokorelasyon olmadığını ifade eder.

Oynaklık yayılımına ait parametrenin yüksek çıkmasına yol açan önemli bir etkenin, elektrik piyasalarında fiyatlama üzerinde temel enerji kaynaklarının fiyatlarının etkisinin olmasıdır. Örneğin doğal gaz ve petrol gibi temel enerji

kaynaklarının fiyatları, özellikle gelecek vadeli işlem piyasalarında etkisini ilk olarak göstermektedir. Tablo 22'de verilen Moon ve Yu yaklaşımıyla elde edilen bulgu Hafner ve Herwartz yaklaşımıyla elde edilen sonucu desteklemektedir. Elde edilen bulgu gelecek vadeli işlem piyasasındaki oynaklık değişiminin spot piyasada kendinden (14) kat daha fazla bir oynaklık değişimine yol açtığı biçiminde yorumlanabilir.

Moon ve Yu yaklaşımı kullanılarak Türkiye Elektrik Piyasasından İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Piyasasına Oynaklık Yayılımına yönelik nedensellik analiz sonuçları Tablo 23'de görülmektedir. U^2_{DSMF} parametresine ait katsayının istatiki olarak anlamsız çıkmış olması, söz konusu ilişkinin olmadığını göstermektedir. Bu beklentiler açısından beklenen bir sonuç olup genel olarak oynaklık yayılımının nedensellik yönünü gelecek vadeli işlem piyasalarından spot piyasalara doğru olması sonucuyla uyumludur. Bununla birlikte, elde edilen tahmin sonuçları varyansın taşınması gereken pozitif olma koşulunu sağlamamıştır. w ve α parametresinin negatif olması bu koşulun olmadığını göstermektedir.

Tablo 23: Moon ve Yu Yaklaşımı ile Türkiye Elektrik Piyasasından İngiltere Gelecek Vadeli İşlem Piyasasına Oynaklık Yayılımı

Parametreler	Katsayılar
Ortalama Eşitliği	
C	0.000462 (27.6421)*
DSMF _{t-1}	0.00000126 (-0.2510)
DUKEF _{t-1}	0.001965 (1.0923)
Varyans Eşitliği	
w	-0.000000000388 (-0.0505)
α	-0.191643 (-2.6057)*
β	0.197379 (1.0176)
U ² _{DSMF}	0.975061 (1.6609)
Tanı İstatistikleri	
Q(5)	5.1573 (0.397)
Q(10)	20.793* (0.023)
Q(20)	28.457 (0.009)*
Q ² (5)	2.4299 (0.787)
Q ² (10)	3.9413 (0.950)
Q ² (20)	4.7135 (1.000)
F(5,823)	0.4812 (0.7904)
F(10,813)	0.3222 (0.9754)
F(20,793)	0.2096 (0.999)

*%1 anlamlılık ** % 5 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Değerler z istatistik değerleridir. F değerlerinin karşısında yer alan tahmin sonuçları olasılık değerleridir. %5'den büyük olup, değişen varyans yoktur. Q istatistikleri Ki-kare değerleri olup tablo değerlerinden küçüktür. Bu da otokorelasyon olmadığını ifade eder.

Tablo 23'deki sonuçlar Hafner ve Herwartz yaklaşımıyla elde edilen sonucu desteklemektedir. Hafner ve Herwartz ile Moon ve Yu yaklaşımları oynaklık yayılımının nedensellik yönünü göstermesi açısından önemlidir. Genel olarak oynaklık yayılımının analizine yönelik araçlar simetrik ve karşılıklı yayılma

etkisini göstermektedir. Bu tekniklerle söz konusu yayılma etkilerinin hangi piyasadan hangi piyasaya yönelik olduğu görülebilmektedir.

4.2.4. Çok Değişkenli Oynaklık Teknikleriyle Optimal Korunma Oranının Analizi

Bu çalışmada temel amaç, optimal korunma (hedge) oranının analizi olduğundan dolayı, iki dağılıma dayalı Çok Değişkenli GARCH yaklaşımları kullanılmıştır. Bunlardan ilki normal dağılım ve ikincisi ise Student t dağılımıdır. Bu çalışmada stokastik oynaklık veya buna dayalı olarak tahmin edilen ima edilen oynaklığın ve riske maruz değerin hesaplanması amaçlanmadığı için, Skewed Student t dağılımına dayalı oynaklık hesaplanmamıştır. Kullanılan programın içsel özelliğine bağlı olarak iki değişkenin oynaklık tahmin sonuçları ortak dağılımından çekildiği için Student t dağılımına göre hesaplanacak sonuçlar raporlanmıştır.

Çok değişkenli oynaklığın tahminine yönelik uygulanan teknikler sonucunda; gerek istatistiki gerekse tanı istatistiği açısından gerekli özelliğe sahip katsayılar Diagonal VECM yaklaşımıyla elde edilmiştir. Diagonal VECM yaklaşımına göre elde edilen katsayılar Tablo 24'de görülmektedir. Buradaki ilk önemli bilgi, gerekli koşulun ($0 \leq w_{ii} + \beta_{ii} < 1$) olmasıdır. Bununla birlikte, ($\alpha > 0$) koşulu sağlanmalıdır. Bu iki koşul, varyansın pozitif olma koşuludur. Diğer katsayılar ise, genel olarak finansal bilgi açısından önemlidir. Bu katsayıların yorumlanabilir olması için gerekli olan istatistiki geçerlilik %1 anlamlılık düzeyinde sağlanmaktadır. Elde edilen tahmin sonucuna göre otokorelasyonun olmaması, sonucun yorumlanabilir olmasını sağlamaktadır. Q istatistikleri bunu göstermektedir. Bu istatistiklere göre otokorelasyonun olmadığı şeklinde tanımlanan H_0 boş hipotezi red edilememektedir. Q istatistiğiyle birlikte, uygulama için kullanılan bilgisayar programının değişen varyans sonucu vermemesine rağmen 5, 20 ve 50 gecikme değerlerinde ARCH testi tarafımızdan yapılmış ve söz konusu gecikme uzunluklarında değişen varyansın olmadığını ifade eden H_0 boş hipotezi red edilememiştir. Bu açıdan, söz konusu tahmin sonuçları istatistiki yeterlilik ve gereklilik koşullarını sağlamaktadır.

Tahmin sonuçları finansal açıdan yorumlanırken, söz konusu katsayıların ortak dağılımdan gelen sonuçlar olduğu dikkate alınmalıdır. Finansal açıdan önemli bir bulgu, iki piyasa arasında şokların geçişgenliğine sahip olmasına karşın, şokların sürekliliği açısından iki piyasa arasında simetrik bir ilişkinin olduğu, parametrelerin katsayılarının pozitif çıkmasından görülmektedir. Bu katsayıya göre İngiltere Vadeli İşlem Piyasasında elektrik fiyatlarındaki oynaklık artışı, Türkiye’de elektrik fiyatlarında oynaklık artışına neden olmaktadır. Bunun ana nedeni, finansal piyasalarda oynaklık artışları fiyatların artması yönünde bir eğilim ortaya çıkarmaktadır. Genel olarak opsiyon fiyatlarındaima edilen oynaklık artışları fiyat artışları anlamına gelmektedir. Söz konusu fiyat artışları, Avrupa enterkonnekte sistemine bağlanmış Türkiye elektrik üreticilerinin bu piyasaya da elektrik arz etmesine yol açmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu katsayıların pozitif çıkmış olması, bu aracın önemli bir portföy çeşitlendirme aracı olarak kullanabileceği yönünde bilgi sağlamaktadır. Bu iki piyasa arasında oynaklık yayılımı yaklaşık olarak (12.26) gün sürmektedir¹⁵⁴.

Gelecek vadeli sözleşme aracı olarak kabul ettiğimiz aracın varyansının düşük olması, bir hedge aracı olma özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Ancak aşağıdaki grafikte de yer aldığı gibi, koşullu varyansın zamana göre değişken bir özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni, özellikle enerji sektörüne ait finansal araçların işlem gördüğü piyasaların tatil olmasına karşın elektrik fiyatlarının her an değişmesi ve genel olarak bu piyasada işlemlerin tam zamanlı yapılmış olmasıdır.

¹⁵⁴ Half-Life (şokların sürekliliği konusundaki ölçü): $\ln(0.5)/\ln((w_{12})^2 + (\beta_{(1,2)})^2)$ formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır. Detaylı bilgi için bkz. Chang Shuai Li, "Common persistence in conditional variance: A reconsideration", College of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, 200093, China, **Economic Modelling**, Cilt: 29, Sayı:5, 2012, ss. 1809–1819.

Tablo 24: Spot ile Gelecek Vadeli İşlem Arasındaki Oynaklık Analizi- Diagonal VECM Tahmin Sonucu

Parametreler	Diagonal VECM Katsayıları
$\alpha_{(1,1)}$	0.00000444 (1.730)***
$\alpha_{(2,2)}$	0.012504 (3.64629)*
$w1_{(1,1)}$	0.067785 (3.235705)*
$w1_{(1,2)}$	0.134752 (4.732675)*
$w1_{(2,2)}$	0.26788 (4.606725)*
$\beta1_{(1,1)}$	0.925419 (39.32929)*
$\beta1_{(1,2)}$	0.810290 (31.80802)*
$\beta1_{(2,2)}$	0.709483 (17.30373)*
Q(10)	45.80 (0.24244)
Q(20)	82.00 (0.4169)
Q(50)	175.55 (0.8929)

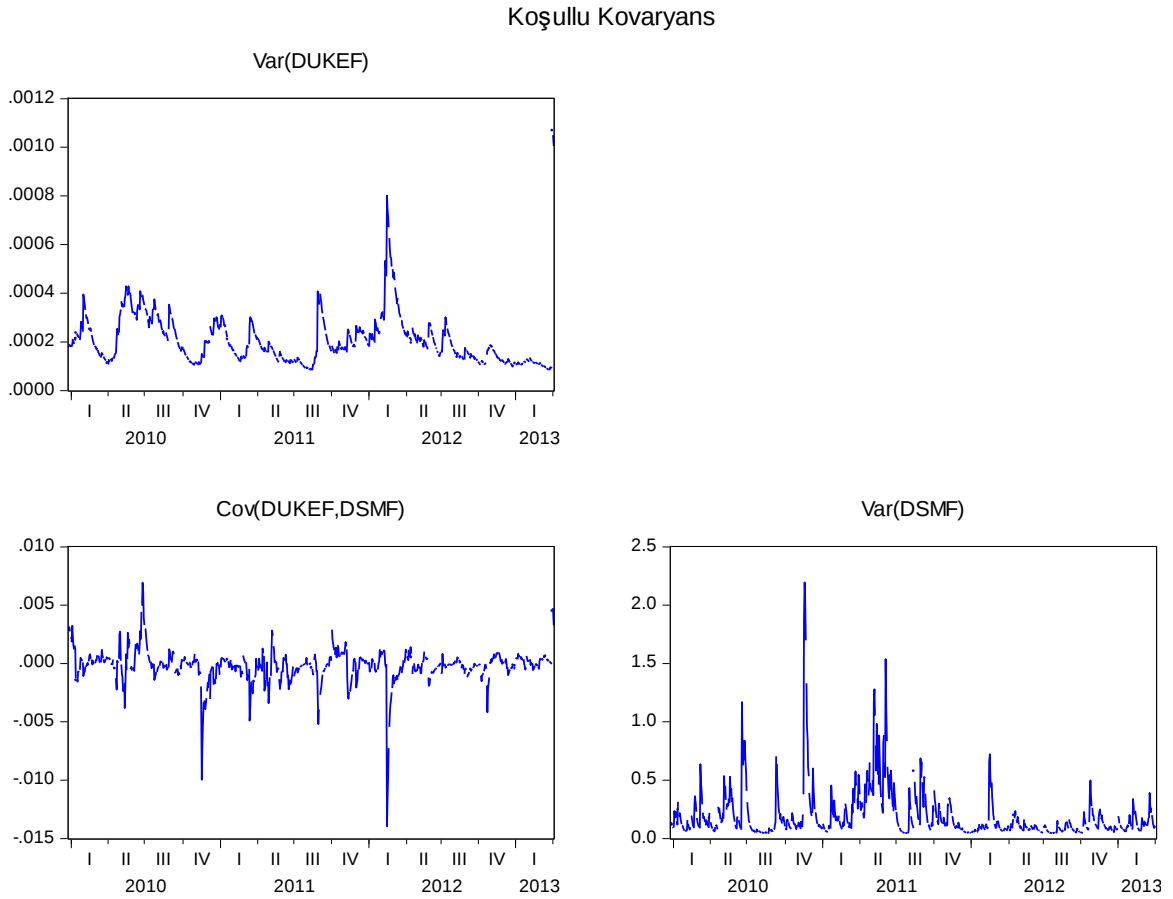
Parantez içindeki değerler t istatistiklerini göstermektedir. * %1, **%5, ***%10 anlamlılık düzeyinde katsayıların istatistiki olarak geçerli olan göstermektedir.

Diagonal VECM analizimizin sonucuna göre, spot ve vadeli işlemi olarak kabul edilen ve bu açıdan korunma aracı olarak düşünülen aracın koşullu oynaklık düzeyi ($h_f = w1_{(1,1)} + \beta1_{(1,1)} = 0.993204$)'dür. Bu aynı zamanda vadeli işlem sözleşmelerinin varyansıdır. Buna karşın, spot ve vadeli işlemin ortak varyansı ($h_{fs} = w1_{(1,2)} + \beta1_{(1,2)} = 0.945042$)'dir. Optimal korunma oranı, bu iki değer birbirine oranıdır ($H_o = h_{fs}/h_f$)'dir. Buna göre, optimal riskten korunma oranı ($0.945042/0.993204 = 0.95151$)'dir. Bu değer “1”e ne kadar yakınsa, korunma oranı o kadar yüksek demektir. Ancak, literatürde vadeli işlem sözleşmelerinin optimal riskten korunma oranı (optimal hedge rasyosu) 0,96'yı geçmesi beklenmemektedir. Yapılan çalışmalarda uzun dönemli ve endekse dayalı kontratlar için ortalama optimal riskten korunma oranı ise 0,82 düzeyinde olması beklenmektedir¹⁵⁵. Bu

¹⁵⁵ Chris Brooks, Introduction to Econometrics for Finance, Cambridge University Press, 2014, ss.477-478

bilgiyle birlikte, ele aldığımız elektrik fiyatlarında ortaya çıkan dalgalanmaların oluşturacağı riskler azaltılabilir.

Grafik 6: Türkiye Elektrik Fiyatları ile İngiltere Gelecek Vadeli Elektrik Fiyatları Serileri Arasındaki Oynaklık Yayılımı- Koşullu Kovaryans



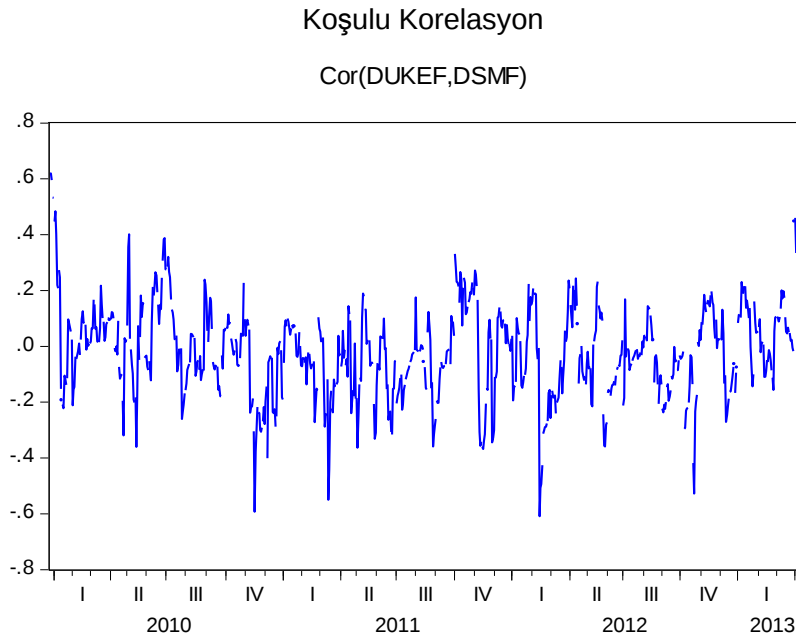
Ele alınan seriler, temel enerji fiyatlarının göstergesidir. Bu iki serinin enerji fiyatlarını etkileyen başta küresel şoklar olmak üzere, etkileneceği ifade edilebilir. Bu açıdan piyasaları temsil eden getiri serileri arasında oynaklık geçişgenliğinin olması şokların yayıldığını göstermektedir. Genel olarak temel enerji fiyatlarındaki şokların geçişgenliği vadeli piyasalardan spot piyasalara doğru olmaktadır. Hafner ve Herwartz Yaklaşımına dayalı varyans nedensellik test sonuçlarına göre bu bulgu desteklenmiştir.

CCC ve DCC yaklaşımlarından yararlanılmış ve böylece iki piyasa arasında oynaklık geçişgenliği açısından sabit koşullu korelasyonun (CCC) ve dinamik

koşullu korelasyonun (DCC) olup olmadığı araştırılmıştır. Genel olarak Tse testi sonucunda CCC yaklaşımının DCC yaklaşımına göre daha iyi olduğu bulunmuştur. Ancak, elde edilen katsayıların istatistiki olarak anlamsız olmasından dolayı bu yaklaşıma dayalı sonuçlara yer verilememiştir. Buna göre ifade edilebilir ki, uygulama sonuçlarına göre iki piyasa arasında dinamik ve sabit bir korelasyon yoktur. Bu açıdan, sadece şokların geçişgenliğine ve yayılımına bağlı bir süreç vardır. Nedensellik analiz bulguları söz konusu açıklamaları desteklemektedir.

Oynaklık yayılımının (spillover) olması yönündeki bulgulara göre bu konuda Diagonal VEC ve BEKK yaklaşımları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda rapor edilmiştir. Bu sürecin ortalamaya dönme eğiliminde olduğu Diagonal VEC modeli sonucunda da görülmektedir. Genel olarak Diagonal VEC için gerekli koşul olan $w+\beta$ toplamının birden küçük olması, bunu göstermektedir. Buna göre, dünyadaki temel enerji fiyatlarının artışı ülkelerin finansallaşmış enerji göstergeleri arasında bir oynaklık yayılımına etki edeceği sonucuna ulaşılmıştır. Enerji piyasalarının entegrasyonunun artmasına bağlı olarak, bu yayılma etkisi farklı ilişkilerin ve fiyatlama davranışlarının ortaya çıkmasına yol açabilecektir. Bu konudaki piyasalaşma eğilimleri önemli bir göstergedir.

Grafik 7: Türkiye Elektrik Fiyatları ile İngiltere Gelecek Vadeli Elektrik Fiyatları Serileri Arasındaki Oynaklık Yayılımı- Koşullu Korelasyon



Yukarıdaki tablolar her iki piyasa için zamana göre değişen bir varyansın olduğunu göstermektedir. Bu aynı zamanda bu piyasada tek taraflı bir pozisyon almanın riskli olması anlamına gelmektedir. Bundan dolayı, bu tür piyasalarda piyasa oynaklığından ortaya çıkabilecek risklerin yönetilmesine yönelik araçlardan da yararlanılmalıdır. Başka bir ifadeyle, opsiyon türü araçlarla korunma etkinliği de artırılabilir.

Oynaklık yayılımının varlığına yönelik olarak BEKK diagonal yaklaşımı da kullanılmıştır. Elde edilen tahmin sonuçları aşağıda rapor edilmiştir. Elde edilen tahmin sonucu varyansın pozitiflik koşulunu sağlamadığını göstermektedir. Literatürde böyle bir kabul olmasına karşın, getiri serilerinin e tabanına göre fark serilerinden elde edilmesinden dolayı parametre katsayılarının negatiflik koşulunun dikkate alınmaması yönünde bir eğilim de vardır. Genel olarak çok değişkenli oynaklık modellerindeki işaret negatifliğinin varyans değişkenlerinin aralarındaki asimetriden de kaynaklanabileceği yönündeki bulgular bu konuda destek oluşturmaktadır. Gerçekte olumsuz ve olumlu şokların ayrımı yapıldığında, olumsuz şokların oynaklığı artıracağı kabul edilirse, bir piyasadaki olumsuz şokun diğer piyasadaki oynaklığı artırması beklenmelidir. Bu açıdan düşünüldüğünde, iki piyasa arasındaki oynaklık geçişgenliğini veren parametreye ait katsayının negatif işaretli olması beklenebilir¹⁵⁶. Ancak Tablo 25'de veriler incelendiğinde, piyasaların kendi içindeki oynaklık parametrelerine ait katsayıların mutlak toplamı biri aşmaktadır. $(w_{1(11)} + |\beta_{1(11)}| > 1)$ Bu sistemin ortalamaya dönme eğiliminde olmadığını, bu açıdan söz konusu tahmin yönteminin optimal hedge rasyosunun hesaplanmasında kullanılmasının uygun olmayacağı belirtilebilir. Buradaki önemli nokta, diagonal BEKK yaklaşımının iki piyasa arasında oynaklık geçişgenliğinin hesaplanmasında aynı dağılımdan gelen oynaklık parametresini vermemesidir. Finansal açıdan, portföy çeşitlendirmesinin veya opsiyonlara dayalı bir korunma stratejisinin belirlenmesine dönük olarak kullanılabilecek bir araçtır.

¹⁵⁶ Annastiina Silvennoinen ve Timo Terasvirta, Multivariate GARCH Models, **SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance**, No 669, 2008, ss.1-25, <http://swopec.hhs.se/hastef/papers/hastef0669.pdf>. (18.04.2013)

Tablo 25: Spot ile Gelecek Vadeli İşlem Arasındaki Oynaklık Analizi- BEKK Tahmin Sonucu

Parametreler	BEKK Katsayıları
$\alpha_{(11)}$	0.0000435 (3.09981)*
$\alpha_{(22)}$	0.010787 (2.94267)*
$w1_{(11)}$	0.506831 (6.62578)*
$w1_{(22)}$	0.307564 (6.50228)*
$\beta1_{(11)}$	-0.834258 (-21.4497)*
$\beta1_{(22)}$	0.923799 (51.90486)*

Parantez içindeki değerler t istatistiklerini göstermektedir.* %1, **%5 anlamlılık düzeyinde katsayıların istatistiki olarak geçerli olanlarını göstermektedir.

4.2.4. Optimal Riskten Korunma Oranına Göre Riskten Korunma Etkinliği

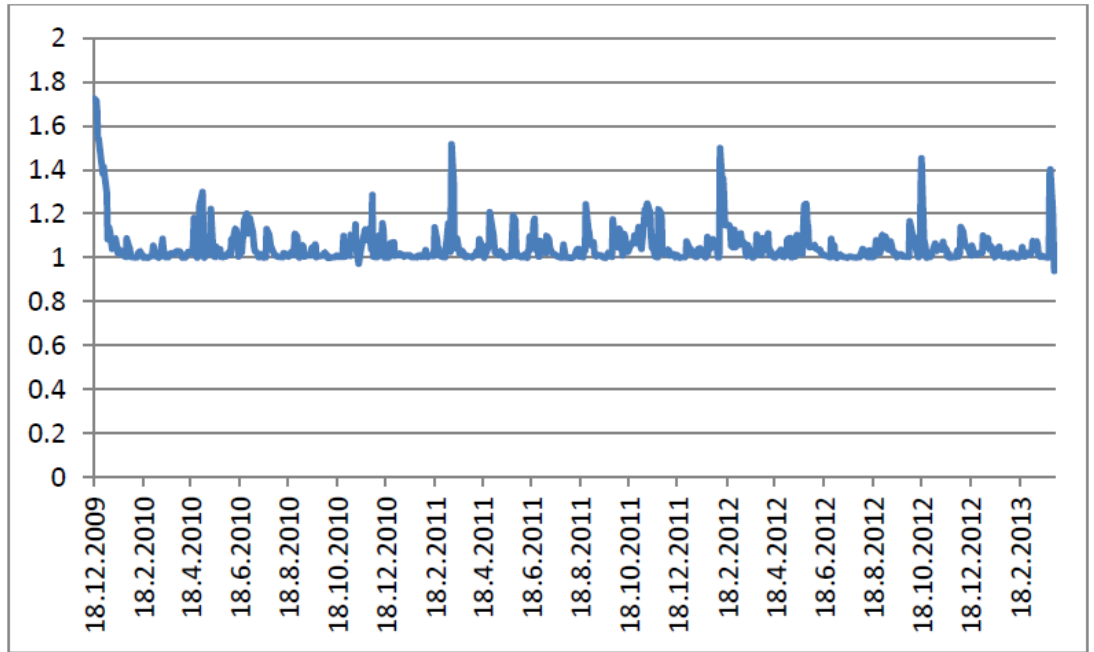
Spot piyasalarda ortaya çıkan fiyat hareketlerinin neden olduğu finansal risklerden korunmak amacıyla alınan geleceğe yönelik pozisyonlar için kullanılan temel araçlar opsiyon ve gelecek vadeli işlem sözleşmeleri (future) olmaktadır. Bu iki kontrat tipi teknik olarak bir birinden farklı olmakla birlikte, kullanımı ve risk yönetimi açısından aynı özelliğe sahiptir. Bu araçların çeşitliliği risk yönetiminde portföy çeşitlendirmesi yapılmasına imkan vermektedir. Bu amaçla ele alınan pozisyonlara göre belirlenen bir optimal riskten korunma (hedge) oranı hesaplanmaktadır. Bu konuda 1979 yılından beri önemli bir literatür oluşmuştur. Finansal piyasalarda özellikle serbestleşme yönündeki eğilimler ile farklı piyasalarda farklı pozisyonların alınmasına yönelik olanakların artması, gerek bilimsel gerekse pratik çalışmaların da artmasına yol açmıştır. Bu açıdan sadece riskten korunma oranının değil, riskten korunma oranının etkinliğinin de hesaplanmasına dönük bir literatür oluşmaya başlamıştır¹⁵⁷.

Bir önceki bölümde açıklanan $V(h) = \sigma_s^2 + h^2 \sigma_f^2 - 2 h \sigma_{sf}$ formülünden yararlanarak hesaplanan etkin korunma oranı Grafik 8'de görülmektedir. Uluslararası

¹⁵⁷ Louis H. Ederington, "The Hedging Performance of the New Future Markets", **The Journal of Finance**, Cilt: 34, Sayı: 1, 1979, ss. 157-170.

muhasabe ve uluslararası finansal raporlama standartları açısından bu hesaplanan oranın 0.80 ile 1.25 aralığında olması beklenmektedir¹⁵⁸. Grafik 8'de görülen zamana göre değişken olan (time varying) etkin korunma oranının ortalaması 1.046'dır. Bu değer, uluslararası ölçüt kabul edilen ortalamadeğerlerin arasındadır. Genel olarak bu oranın (1)'e yakın olması, büyük oranda risk düzeyinin azaltılması anlamına gelmektedir. Bu söz konusu risk düzeyinin azaltılması istenen bir varlığın, portföyün veya bir göstergeye dayalı finansal aracın varyansının, gelecek vadeli işlem sözleşmesine dayalı finansal araçlar kullanılarak varyansının azaltılabilecek olması anlamına gelmektedir¹⁵⁹.

Grafik 8: Riskten Korunmanın Etkinliği



Grafik 8'deki değerlerin ortalaması açısından yorumu; Türkiye Elektrik Piyasasının fiyatlarındaki getiri değişimlerine bağlı ortaya çıkabilecek fiyat riskinin,

¹⁵⁸ KPMG, “Basic of Hedge Effectiveness Testing And Measurement”, **FINCAD**, 2011,s.3.<https://www.cmegroup.com/education/files/basics-of-hedge-effectiveness.pdf>, EY, Hedge accounting under IFRS 9 — a closer look at the changes and challenges.(18.04.2013)[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Hedge_accounting_under_IFRS_9_-_a_closer_look_at_the_changes_and_challenges/\\$FILE/Hedge_accounting_under_IFRS_9_GL_IFRS.pdf,s.4.\(18.04.2013\)](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Hedge_accounting_under_IFRS_9_-_a_closer_look_at_the_changes_and_challenges/$FILE/Hedge_accounting_under_IFRS_9_GL_IFRS.pdf,s.4.(18.04.2013))

¹⁵⁹ Georgios Charalampous and Reinhard Madlener “Risk Management and Portfolio Optimization for Gas- and Coal-Fired Power Plants in Germany: A Multivariate GARCH Approach”, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, **Working Paper** No. 23/2013, 2013, ss.9-10. [http://www.eonerc.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaalfuqd.\(18.04.2013\)](http://www.eonerc.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaalfuqd.(18.04.2013))

uluslararası piyasalarda işlem gören ve genel olarak portföy çeşitlendirmesi uygulamalarında yer verilen bir finansal araç olan İngiliz Elektrik Gelecek Vadeli İşlem Sözleşmesinin kullanılması yoluyla azaltma olanağının var olmasıdır. Grafik 8'de görülen ve ortalamaya göre yüksek olan ve (1.25) ölçütünden büyük olan değerlere karşılık gelen değerler, elektrik piyasasının önemli bir özelliği olan fiyatlardaki en yüksek değerler ile fiyatların negatif yada 0'a çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Bu duruma karşı da optimal ve etkin korunma oranının hesaplanmasına yönelik yaklaşımlarda var olmakla birlikte, bu analizler bu tezin kapsamı dışındadır.

SONUÇ

Dünya ekonomisinde en önemli gelişmelerden birisi, enerji piyasalarının ve enerji mallarının finansallaşma sürecidir. Bu süreç içinde özellikle elektrik enerjisi piyasasındaki gelişmeler dünya ekonomisinde yeni bir gelişimi ve eğilimi ortaya çıkarmaktadır. Elektrik enerjisinin depolanamaz olması ve bu malın sürekli olarak anında alım satıma konu olması, diğer finansal ürünlerden ayrılan bir temel özellik olmaktadır. Finansallaşma ve piyasalaşma süreci fiyat hareketlerinden ortaya çıkan risk yönetim uygulamalarını bu piyasalarda da ön plana çıkarmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, standart finansal risk yönetimi araçlarının gerek üretilmesi ve gerekse aralarındaki ilişkinin analizi önem kazanmaktadır.

Finansallaşma ve piyasalaşma sürecinde enerji spot piyasalarının büyüklüğü, hacim olarak dünyadaki en önemli piyasalardan biridir. Bu piyasaların temel malı olan enerjinin özelliği, talebinin fiyat elastikiyetinin oldukça düşük olmasıdır. Bu özelliğe sahip en önemli enerji malı, elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisinin fiyatını belirleyen temel unsur, söz konusu enerjinin üretilmesinde kullanılan temel enerji malı girdilerinden oluşmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, kıtlaşan ve tüketimi ile birlikte azalan enerji temel girdilerinin fiyatları artmaktadır. Buna yönelik alternatif arayışlar bulunmaktadır. Bu arayışların başında, yeni bulunan en önemli kaynak kaya gazıdır. Bununla birlikte, özellikle Rusya'nın Sibiry Bölgesinde bulunan gelecekteki enerji kaynağı olarak düşünülen element ve enerji kaynakları da mevcuttur.

Dünya ekonomisinde özellikle büyüme trendleri dikkate alındığında, fosil yakıtların üretimi artmakta ve bu malın artan üretimine karşı kaynak olarak miktarı azalmaktadır. Son yıllarda çevre maliyetlerinden dolayı doğalgaz önem kazanmakla birlikte, üretim aşamalarında sermaye stokunun bu enerji kaynağına yönelik olarak dönüştürülmesi maliyetli olduğundan, fosil yakıtlara yönelik talep hala yüksektir. Doğalgaz kaynakları artan talebe bağlı olarak da azalmaktadır. Ayrıca, doğalgaz kaynakları ABD ve Avrupa Kıtası dikkate alındığında, tekel yapısının hakim olduğu görülmektedir. Türkiye'de enerji piyasalarındaki yukarıda belirtilen unsurlardan etkilenen ve açıklanan süreçlerin içerisinde enerji piyasaları için piyasalaşma sürecini kabul etmiş bir ülkedir. Bu konuda elektrik piyasasındaki gelişmeler ve piyasalaşma

süreci 1 Aralık 2011 tarihinde tamamlanmıştır. Ayrıca, elektrik Türkiye için dış ticarete konu olan bir mal niteliği kazanmıştır.

Elektrik fiyatlarındaki dalgalanmalar, genel olarak günlük olarak arz talebe bağlı bir şekilde oluşmaktadır. Ancak, fiyatlarda ortaya çıkan dalgalanmalar ve sistemin kendi içindeki işleyişi, gerek üretici birimler için gerekse tüketici birimler için bir finansal risk unsuru olarak ön plana çıkmaktadır. Serbest tüketici birimlerinin sayısının artması bu konuda rekabetin artmasına yol açarak üreticilerin finansal risklerinin yönetilmesini zorunluluk olarak ön plana çıkaracaktır.

Türkiye’de elektrik piyasasının piyasalaşmasının son aşaması elektriğe dayalı gelecek vadeli işlem piyasasının oluşturulmasıdır. Ancak, bu piyasanın henüz oluşturulmamış olması, benzer piyasaların arasındaki ilişkiye dayalı olarak bir risk yönetimi stratejisinin uygulanmasını gerekli kılmaktadır.

Bununla birlikte, gelecek vadeli işlem piyasalarının oluşumu tamamlansa bile, etkin ve optimal bir riskten korunma stratejisi için piyasalar arası ilişkilerin analizi bir zorunluluktur. Bu çalışmada bu zorunluluktan hareketle Türkiye’deki elektrik piyasasında fiyat oynaklığından kaynaklanan riskin yönetilmesine yönelik bir strateji oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda uluslararası piyasalarda işlem gören İngiltere menşeli ve bu ülkenin elektrik piyasasında oluşan değerlere dayalı gelecek vadeli işlem sözleşmelerinin fiyatlarına dayanarak bir strateji oluşturulmuştur. Bu strateji, oynaklık etkisinin yayılma ve bulaşma süreçlerine dayanarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada ele alınan değişkenleri temsil eden zaman serileri analiz edilmeden önce, gerekli olan özelliklere sahip olduğu test edilerek görülmüştür. Analiz sonucunda ele alınan piyasalar arasında İngiltere Elektrik Gelecek Vadeli İşlem Piyasasından Türkiye Elektrik Piyasasına yönelik bir oynaklık yayılımının olduğu bulgusuna Hafner ve Herwartz yaklaşımı aracılığıyla ulaşılmıştır. Söz konusu nedesellik test sonucu Moon ve Yutarafından geliştirilen yaklaşımın kullanılmasıyla elde edilen tahmin sonucuyla da desteklenmiştir.

Litertürde Portföy teorisi kapsamında optimal korunma oranının hesaplanmasında bir dayanak varlık ile bu dayanak varlığın vadeli sözleşmeleri arasındaki oynaklık yayılımına yönelik analizler ele alınmıştır. Bu analizlerde genel olarak sabit koşullu varyans ve dinamik koşullu korelasyon yaklaşımları ile diğer

yöntemlerin tahmin sonuçları karşılaştırılmıştır. Oysa finans ve ekonomi teorisi açısından oynaklık yayılımında piyasalar arasındaki ilişkiyi dikkate alan yaklaşımlar daha etkin sonuçlar vermektedir. Bu farklı iki piyasaya ait finansal araçların göstergeleri arasındaki ilişkilerin etkileşim düzeyinde görülmesine imkan vermektedir. Böylece piyasalar arasındaki olası şok geçişgenliği ve yayılımında analiz edilmiş olmaktadır. Genel olarak varyansın bir yayılım ölçüsü olması, oynaklıkların tahmininde temel parametrenin varyans olmasından dolayı değişkenlere ait varyanslar arasındaki ilişkilerde yayılım kavramının kullanımı konusunda bir uzlaşma ortaya çıkmıştır. Ancak bu parametrenin kullanımı konusunda geliştirilen yaklaşımların çok sayıda olması, bu yaklaşımlardan hangisinin veya hangilerinin gerçeği yaklamada etkin olacağı sorununun ortaya çıkarmıştır. Yapılan çalışmalar basit ve az parametrelili yaklaşımların daha güvenilir ve etkin olduğu yönünde bilgi vermektedir. Buna göre basit ve temel eşitliklere dayalı yaklaşımların etkin ve optimal korunma oranlarının hesaplanmasında daha yararlanılabilir ve etkin araçlar olduğu söylenebilir. Karmaşık ekonometrik araçların piyasa dinamiğini yakalaması zor olmakla birlikte, temel istatistiki koşul ve kısıtları birlikte sağlamasının zorluğuda, basit ve temel yaklaşımları daha etkili kılmaktadır. Özellikle yayılma etkilerinin analizine yönelik araçların kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar bu bulguları desteklemektedir.

Buradan hareketle, Hafner ve Herwartz (2006) yaklaşımıyla bulunan oynaklık yayılma etkisinin bir bulaşma etkisi ile ortaya çıkıp çıkmadığı, Moon ve Yu'nun (2010) önerdiği yaklaşımla test edilmiştir. Söz konusu test sonucunda Hafner ve Herwartz yaklaşımından elde edilen bulgu desteklenmiştir. Bu açıdan bir değerlendirme yapılırsa, Türkiye Elektrik Piyasası ile İngiltere Elektrik Gelecek Vadeli İşlem Piyasası arasında bir bulaşma etkisi bulunduğu söylenebilir. Bu bulaşma etkisinin yönü, gelecek vadeli işlem piyasasından Türkiye Elektrik Piyasasına doğru olduğuna göre, İngiltere Elektrik Gelecek Vadeli İşlem Piyasasındaki bekleyişlere göre gerçekleşen vadeli fiyatların Türkiye Elektrik Piyasası için de önemli bir öngörü kaynağı olacaktır. Bu durumun temel sebebinin, İngiltere piyasasının temel enerji kaynaklarının fiyatlarını dikkate alarak bir bekleyişin oluşturulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Etkin ve optimal riskten korunmaya yönelik olarak, finansal ekonometrik teknikleri ortaya koyan geniş bir literatür bulunmaktadır. Bu konuda en temel yararlanılan teknikler çok değişkenli oynaklık yaklaşımlarıdır. Genel olarak, iki piyasa arasındaki şokların etkisi dikkate alınarak ve aynı zamanda diğer piyasanın şoklara verdiği tepki analiz edilmekte ise, BEKK, VAR-GARCH ve Diagonal VECM gibi yaklaşımların kullanılması gerekmektedir. Özellikle bu konuda BEKK'in sağladığı önemli bir avantaj vardır. Bu çalışmada söz konusu teknik kullanılmıştır. Ancak varyans parametrelerinin sahip olması gereken pozitiflik koşulu sağlanamadığından dolayı, sonrasında etki-tepki analizleri yapılmamıştır. Diğer şok etkilerine yönelik analiz araçları da benzer sonuçlar verdiği için, söz konusu bulgular finansal açıdan yorumlanmamıştır.

Moon ve Yu (2010) yaklaşımıyla oynaklığın bulaşma etkisi ortaya konmuştur. Diagonal VECM yaklaşımıyla bu sonuç değerlendirildiğinde, gelecek vadeli piyasalardan kaynaklanan şokların oynaklık üzerinde kalıcı etkisinin olduğu görülmüştür. Bunun nedeni gelecek vadeli işlem sözleşme piyasalarının beklentileri yansıtmasıdır. Ele alınan gelecek vadeli işlem sözleşmesinin uluslararası enerji fiyatlarıyla olan ilişkisi dikkate alındığında, bu sonucu destekleyen bir sonuca ulaşılmıştır.

Türkiye'de başta elektrik üreticileri olmak üzere, gelecek dönemde önemli bir büyüklüğe ulaşacak olan serbest tüketicilerin enerji fiyatlarındaki oynaklıklara karşı kendilerini risklerden korumaları gerekmektedir. Bununla birlikte, ileride kurulacak olan elektriğe dayalı gelecek vadeli işlem piyasalarına yatırımcı özelliği olanların alacakları pozisyonlar için de portföy teorisi yaklaşımı çerçevesinde bu çalışmadakine benzer stratejilerin oluşturulması gerekmektedir. Türkiye'de bu durum finansallaşan elektrik piyasasının hızlı bir şekilde derinlik kazanmasını sağlayacaktır. Türkiye bağlanmış olduğu Avrupa Elektrik Aktarım Sistemine yakın bir zaman içinde tam olarak bütünleşmiş olacaktır. Bu bütünleşme sonrasında bu çalışmada kullanılan analizler daha önemli hale gelecektir.

Türkiye'de EPDK tarafından belirlenen elektrik tarifelerindeki değişikliğin temel enerji kaynaklarındaki fiyatlara bağlı olarak belirlenmemesi, asimetriyi ortaya çıkarmaktadır. Bu konunun özellikle yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarını artırmak amacıyla, devletin dövizle endeksli alım garantisini vermesinden sonra daha

önemli olacağı düşünülmektedir. Enerji üreticilerine yönelik olarak da, enerji fiyatlarındaki dalgalanmadan ortaya çıkan riskleri için türev piyasalara dayalı strateji oluşturmaları, tüketiciler üzerine yüklenecek maliyeti azaltacak, ya da zaman boyutunda sabit bırakabilecektir. Optimal ve etkin korunmaya yönelik olarak basit tekniklere dayalı yaklaşımların seçilmesi finansal açıdan daha etkili sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. Bu durum özellikle muhasebe ve uluslararası finansal raporlama standartları açısından anlaşılabilir ve uygulanabilir tekniklerin kullanımını yaygınlaştıracaktır. Bu konuda geliştirilecek tekniklerin bu durumu dikkate alması gerekmektedir. Bu çalışmanın uygulama sonuçlarına göre, ekonometrik açıdan piyasalar arasında optimal ve etkin korunma için seçilecek tekniğin öncelikli olarak diagonal ve VECM biçiminde olması önerilmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, söz konusu tekniğe dayalı olarak yeni yaklaşımların geliştirilmesi, riskten korunma (hedge) muhasebesi için kullanılacak araç zenginliğini ortaya çıkaracaktır. Sonuç olarak, istatistiki ve ekonometrik açıdan diagonal ve VECM türü yöntemlerin riskten korunma muhasebesi açısından daha üstün olduğu söylenebilir. Bu durum özellikle Avrupa Elektrik Piyasası ile bu piyasaya entegrasyon sonrası önemli bir parçası olacak Türkiye Elektrik Piyasasında fiyat riskinin korunma aracının seçiminde dikkate alınmalıdır.

KAYNAKÇA

Aaron D. Smallwood “Measuring the Persistence of Deviations from Purchasing Power Parity with a Fractionally Integrated STAR Model”, **Journal of International Money and Finance**, Cilt:27, 2008, ss.1161-1176.

Alberg Dima, Haim Shalit ve Rami Yosef, “Estimating Stock Market Volatility Using Asymmetric GARCH models”, **Applied Financial Economics**, Cilt:18, 2008, ss.1201-1208.

Annastiina Silvennoinen ve Timo Terasvirta, Multivariate GARCH Models, **SSE/EFI Working Paper Series in Economics and Finance**, 2008, s.669.<http://swopec.hhs.se/hastef/papers/hastef0669.pdf>.(18.04.2013)

BP, Statistical Review of World Energy, <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. (18.04.2013)

Brajesh Kumar, Priyanka Singh ve Ajay Pandey, "Hedging Effectiveness of Constant and Time Varying Hedge Ratio in Indian Stock and Commodity Futures Markets", **W.P.** No.2008-06-01, 2008, Indian Institute of Management, <http://vslir.iimahd.ernet.in:8080/xmlui/handle/123456789/121>(18.04.2013)

Clive W.J. Granger, "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross Spectral Methods", **Econometrica**, Cilt:37, 1969, ss.424–438.

Clive W.J. Granger, "Some Recent Developments in a Concept of Causality", **Journal of Econometrics**, Cilt:39, 1988, ss.199–211.

Carlos Blanco, Sue Choi ve David Soronow, “Energy Pricing”, **Financial Engineering Associates (FEA)**, 2011, http://www.fea.com/resources/pdf/a_energy_price_processes.pdf.(18.04.2013)

Christian Gouriéroux, **ARCH models and financial applications**, Springer (New York), 1997.

Chris Brooks, *Introduction to Econometrics for Finance*, Cambridge University Press, 2014.

Chris Brooks, Ólan T. Henry and Gita Persaud, “Effect of Asymmetries on Optimal Hedge Ratios”, **The Journal of Business**, Cilt: 75, Sayı: 2, 2002.

Christian M. Hafner and H. Herwartz, , 2006, “A Lagrange multiplier test for causality in variance”, **Economics Letters**, Cilt:93 (1), ss.137–141.

Daniel B. Nelson, “Conditional heteroscedasticity in asset returns: a new approach”, *Econometrica*, Cilt:59 (2), 1991, ss. 347-348.

Daniel B. Nelson, "ARCH Models as Diffusion Approximations," **Journal of Econometrics**, Cilt: 45, Sayı: 1–2, 1990, ss.7-38.

Emenike O. Kalu, "Modelling Stock Returns Volatility In Nigeria Using GARCH Models", Dept. of Banking and Finance, University of Nigeria Enugu Campus, Enugu State Nigeria, **MPRA Paper** No. 22723, posted 20. May 2010 07:03 UTC, http://mpa.ub.unimuenchen.de/22723/1/Modelling_Stock_Returns_Volatility_in_Nigeria_Using_GARCH_Models.pdf. (18.04.2013)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), *Elektrik Piyasası Uygulama El Kitabı*, 2003, http://www.epdk.gov.tr/documents/elektrik/rapor_yayin/EPD_UygulamaElkitabi_2003_Nisan.pdf. (18.04.2013)

EPDK, “Doğal Gaz Piyasası 2010 Yılı Sektör Raporu”, 2011, <http://www.epdk.gov.tr/documents/10157/5240dd6f-6c54-4096-89f1-dd91337259b6>. (18.04.2013)

Ernst R. Berndt, Hall, Robert ve Hausman, Jerry,” Estimation and inference in nonlinear structural models”, **Annals of Economic and Social Measurement**, Cilt:3,1974,ss.653-654,<http://elsa.berkeley.edu/~bhhall/papers/BerndtHallHallHausman74.pdf>.(18.04.2013)

European Commission, “Energy: Issues, Options and Technologies”, **Directorate Energy, European Union Research Group**, 2003, http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_169.pdf.(18.04.2013)

Evren Bolgün ve M. Barış Akçay, **Risk Yönetimi**, Scala Yayıncılık, 2009.

EY, Hedge accounting under IFRS 9 — a closer look at the changes and challenges, [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Hedge_accounting_under_IFRS_9_-_a_closer_look_at_the_changes_and_challenges/\\$FILE/Hedge_accounting_under_IFRS_9_GL_IFRS.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Hedge_accounting_under_IFRS_9_-_a_closer_look_at_the_changes_and_challenges/$FILE/Hedge_accounting_under_IFRS_9_GL_IFRS.pdf),s. (18.04.2013)

Fatih Macit ve Holly Rehm, ABD'deki Kaya Gazı Devrimi ve LNG İhracatının Geleceğine İlişkin Tahminler, **Hazar Strateji Enstitüsü (HASEN)**, 2014.

Fisher Black " Studies of stock price volatility changes", **Proceedings of the 1976 Meeting of the Business and Economic Statistics Section, American Statistical Association**, Washington, D.C. 1976, ss. 177-181.

Georgios Charalampous and Reinhard Madlener “Risk Management and Portfolio Optimization for Gas- and Coal-Fired Power Plants in Germany: A Multivariate GARCH Approach”, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, **Working Paper No. 23/2013**, 2013.

Gyu-Hyun Moon ve Wei-Choun Yu , “Volatility Spillovers between the US and China Stock Markets: Structural Break Test with Symmetric and Asymmetric GARCH Approaches”, **Global Economic Review**, Cilt: 39, Sayı:2, June 2010.

Harrold Hotelling, “The economics of exhaustible resources”, **The Journal of Energy and Development**, Cilt: 39, Sayı: 2, 1931, ss.137–175.

Halil Seyidoğlu, **Uluslararası İktisat, Teori Politika ve Uygulama**, Güzem Can Yayınları, İstanbul, 2009.

Henry M. Markowitz, “Portfolio Selection”, **Journal of Finance**, Cilt: 7,Mart 1952, ss. 77-91.

International Energy Agency, “Energy Statistics-Turkish”, **Enerji İstatistikleri El Kitabı**, 2011, http://www.iea.org/stats/docs/statistics_manual_turkish.pdf. (18.04.2013)

International Energy Agency, **World Energy Outlook OECD / IEA**, 2010, www.iea.org.(18.04.2013)

International Energy Agency (IEA), **World Energy Outlook**, 2009, <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/weo2009.pdf>.(18.04.2013)

International Energy Agency, **World Energy Outlook**, 2010, <http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2010sum.pdf> .(18.04.2013)

JeffFlemming ve Chris Kirby, “Long memory in volatility and trading volume”, **Journal of Banking and Finance**, Cilt: 35, Sayı: 7, 2011, ss. 1714-1726.

James D. Hamilton, “Historical Oil Shocks”, **NBER PapersNo. 16790**, 02.2011, <http://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/16790.html>.(18.04.2013)

James E. Wilen, "Bioeconomics of renewable resource use", **Handbook of Natural Resource and Energy Economics**, Cilt 1, 1985, <http://econpapers.repec.org/bookchap/eenathes/1.htm>.(18.04.2013)

Jean Michel Courtault, Yuri Kabanov ve Bernard Bru "Louis bachelier on the centenary of the'orie de la spe'culation", **Mathematical Finance**, Cilt:10, Sayı:3, Haziran 2000, ss. 341-353.

John Hull, Risk Management and Financial Institutions, Wiley Publications, Fourth Edition, 2015.

Johnson L. Lellian, "The theory of hedging and speculation in commodity futures", **Review of Financial Studies**, Cilt: 27, Sayı: 3, 1969, ss. 139–151.

Kim R. Sawyer ve Mohan Nandha, "How oil moves stock prices", **Social Science Research Network**, 2006, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=910427(18.04.2013)

KPMG, "Basic of Hedge Effectiveness Testing And Masurement", **FINCAD**, 2011. S.3 <https://www.cmegroup.com/education/files/basics-of-hedge-effectiveness.pdf>.(18.04.2013)

Louis H. Ederington, "The hedging performance of the new futures markets", **Journal of Finance**, Cilt:34, 1979, ss.157– 170.

Lawrence R. Glosten, Ravi Jagannathan, David E. Runkle, "On the Relationship Between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Returns on Stocks", **Journal of Finance**,Cilt:48, 1993, ss.1779-1801.

Louis H. Ederington, "The Hedging Performance of the New Future Markets", **The Journal of Finance**, Cilt:34, Sayı: 1, 1979, ss. 157-170.

Luc Bauwens, Christian Hafner and Sebastian Laurent, Handbook of Volatility Models and Their Application, Wiley Publications, 2012.

Luc Bauwens, Sebastian Laurent ve Jeroen V.K. Rombouts, “Multivariate GARCH Models: A Survey, **CORE Discussion Paper**, No. 2003/31, 2004.

Luc Bauwens, Christian Hafner and Sebastian Laurent, Handbook of Volatility Models and Their Application, Wiley Publications, 2012.

Luc Bauwens, Dagfinn Rime ve Genaro Sucarrat, “Exchange rate volatility and the mixture of distributions hypothesis”, **High Frequency Financial Econometrics**, (Ed. Luc Bauwens, Winfried Pohlmeier ve David Veredas), Springer Company, 2009, ss. 9-10.

Luo Dancheng and Yaqi Xue, "Research on the GARCH model of the Shanghai Securities Composite Index", **International Academic Workshop on Social Science** (IAW-SC 2013), School of Economics Shenyang University of Technology Shenyang, China, Published by Atlantis Press, [http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjABOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.atlantispress.com%2Fphp%2Fdownload_paper.php%3Fid%3D9319&ei=TeQXVYrdNNOXarrJguAN&usg=AFQjCNGPxHE2As2fZ146MiQJuMpqrKioq&sig2=IjK09QKHkA6Uy48AN6zPcw&bvm=bv.89381419,d.d24.\(18.04.2013\)](http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0CCUQFjABOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.atlantispress.com%2Fphp%2Fdownload_paper.php%3Fid%3D9319&ei=TeQXVYrdNNOXarrJguAN&usg=AFQjCNGPxHE2As2fZ146MiQJuMpqrKioq&sig2=IjK09QKHkA6Uy48AN6zPcw&bvm=bv.89381419,d.d24.(18.04.2013))

Michael D. Smith, “Lessons to be learned from California and Enron for restructuring electricity market”, **The Electricity Journal**, Cilt: 15, Sayı: 7, 2002.

Marion King Hubbert, “Energy Resources- A Report to the Committee on Natural Resources”, **National Academy of Science, Government Printing Office**, 1962, ss. 116-141.

M.King Hubbert, “Nuclear energy and the fossil fuels”, **Drilling and Production Practice**, American Petroleum Institute, 1956, ss. 7–25.

Martin L. Vance, A. S. Hurn ve D. Harris, Econometric Modelling with Time Series, Specification Estimation and Testing, Cambridge University Press, 2012, s.829; Bollerslev, 1990.

Paul Samuelson, "Mathematics of Speculative Price", **Society For Industrial and Applied Mathematics (SIAM) Review**, Cilt:15, Sayı:1, Ocak 1973.

Peter M Garber., "The Collapse of the Bretton Woods Fixed Exchange Rate System", University of Chicago Press by **the National Bureau of Economic Research**, 1993, ss.461-465. <http://www.nber.org/chapters/c6876.pdf>.(18.04.2013)

Poon Ser-Hunag ve Clive W. Granger, "Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review", **Journal of Economic Literature**, Cilt: 41, Haziran 2003.

Qin Duo ve Christopher L. Gilbert, "The Error Term in History of Time Series Econometrics", **Econometric Theory**, Cambridge University Press, Cilt: 17, Sayı: 2, 2001, ss. 424-450.

Robert J. Myers ve Thompson, Stanley R., "Generalized optimal hedge ratio estimation", **American Journal of Agricultural Economics**, 71, 1989, ss.858– 868.

Rachev T. Svetlozaert, John S. J. Hsu, Biliana S. Bagasheva ve Frank J. Fabozzi, **Bayesian Methods in Finance**, John Wiley, Mart 2008.

Ravindran Ramasamy and Shanmugam Munisamy, " Predictive Accuracy of GARCH, GJR and EGARCH Models Select Exchange Rates Application", **Global Journal of Management and Business Research**, Volume 12 Issue 15 Version 1.0 Year 2012, Online ISSN: 2249-4588 & Print ISSN: 0975-5853, ss.89-99.

Richard Haris ve Robert Sollis, **Applied Time Series Modelling and Forecasting**, Wiley&Sons Inc., 2003.

Richard L. Gordon, **The International Handbook on the Economics of Energy**, Edward Elgar Publishing Limited, 2009, Birleşik Krallık.

Richard T. Baillie and Robert J. MyersSource, “Bivariate Garch Estimation of the Optimal Commodity Futures”, **Journal of Applied Econometrics**, Cilt: 6, Sayı: 2 (Apr. - Jun., 1991), ss. 109-124.

Robert M. Solow, “The economics of resources or the resources of economics”, **American Economic Review**, Cilt: 64, Sayı: 2, Mayıs 1974.

Robert F. Engle., David M. Lilian ve Russell P. Robins, “Estimating time-varying risk premia in the term structure: the ARCH-M model”, **Econometrica**, Cilt:2, 1987, ss. 391-407.

Robert F. Engle, “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of UK Inflation “, **Econometrica**, Cilt:50,1982.

Robert F. Engle and Kenneth F. Kroner, “Multivariate Simultaneous Generalized ARCH”, **Discussion Paper**, No. 89-57R, 1993, ss.3-7. California University, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.27.1240&rep=rep1&type=pdf>. (18.04.2013)

Robert F. Engle, “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kindom Inflation”, **ARCH Selected Readings**, (Ed. Robert F. Engle), Oxford University Press, 1995.

Robert F. Engle, “New Frontiers for ARCH Models”, **Journal of Applied Econometrics**, 17: 425–446, 2002, ss.425-426 , <http://pages.stern.nyu.edu/~rengle/New%20Frontier.pdf>(18.04.2013)

Robert F. Engle, David M. Lilien ve Russell P. Robins, “Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The Arch-M Model”, **Econometrica**, Cilt: 55, Sayı: 2, 1987, ss. 391-400.

Robert F. Engle, Takatoshi Ito ve Wen-Ling Lin, “Meteor Showers or Heat Waves? Heteroscedastic Intra-Daily Volatility in Foreign Exchange Markets”, **Econometrica**, Cilt: 58, Sayı: 3, 1990, ss. 525-542.

Robert F. Engle ve Kevin Sheppard, “Theoretical and Empirical properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH”, Unpublished manuscript, **University of California San Diego**. 2001, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.196.3196&rep=rep1&type=pdf>(18.04.2013)

Ronald H. Coase, "The Problem of Social Cost", **Journal of Law and Economics**, Cilt: 3, 1960.

Rue Tsay, Analysis of Financial Time Series, 2010, Wiley Publications.

Shawkat Hammoudeh ve Yuan Yuan, “Metal volatility in presence of oil and interest rate shocks”, **Energy Economics**, Cilt: 30, 2008, s. 606–620.

Shuai Li Chang, "Common persistence in conditional variance: A reconsideration", College of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, 200093, China, **Economic Modelling**, Cilt: 29, Sayı: 5, September 2012, ss. 1809–1819.

Subhes C. Bhattacharyya, **Energy Economics, Concepts, Issues, Markets and Governance**, Springer, 2011.

Subhes C. Bhattacharyya, **Energy Economics, Concepts, Issues, Markets and Governance**, **Springer**, 2011,

<http://www.springer.com/engineering/energy+technology/book/978-0-85729-267-4>,(18.04.2013)

Takatoshi Ito, “The Intra-Daily Exchange Rate Dynamics And Monetary Policies After The 65 Agreement”, **NBER Working Paper Series**, Sayı: 2048.

Takatoshi Ito ve V. Vance Roley, “News from the U.S. And Japan: Which Moves The Yen/Dollar Exchange Rate?”,**NBER Working Paper Series**, Sayı:1853.

Tim Bollerslev, “Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity”, **ARCH Selected Readings**, (Ed. Robert F. Engle), Oxford University Pres, 1995, ss. 42-58.

Tim Bollerslev,” Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model”, **Review of Economics and Statistics**, 1990, 72, ss. 498-505, http://public.econ.duke.edu/~boller/Published_Papers/restat_90.pdf .(18.04.2013)

Tobias Rehl ve Rainer Friedrich, “Modelling long-term oil price and extraction with a Hubbert approach: The LOPEX model”, **Energy Policy**, Sayı: 34, ss. 2413–2428.

Torben G. Andersen, “Stochastic Autoregressive Volatility: A Framework for Volatility Modelling”, **Stochastic Volatility Selected Readings**, (Ed. Neil Shephard), Oxford University Pres, 2005, ss. 170-178.

Türkiye Petrolleri A.O Genel Müdürlüğü, “2010 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu”, 2011, <http://www.tpao.gov.tr/tpfiles/userfiles/files/sektor2011.pdf>.(18.04.2013)

Türkiye Cumhuriyet Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, “Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi”, 2009. http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Arz_Guvenligi_Strateji_Belgesi.pdf. (18.04.2013)

Türkiye Elektrik Üretim ve İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) İstatistikleri, <http://www.teias.gov.tr/AylikElektrikIstatistikleri/AylikElektrikIstatistikleri.xls>. (18.04.2013)

Tse Yiu Kuen and Albert K.C. Tsui, “A Multivariate GARCH Model with Time-Varying Correlations”, Journal of Business and Economic Statistics, Cilt:20, 2002, ss. 351-362, http://staff.mysmu.edu/yktse/VC_R2.pdf (18.04.2013).

Wenjing Su ve Yiyu Huang, "Comparison of Multivariate GARCH Models with Application to Zero-Coupon Bond Volatility", **Master Thesis**, Lund University, Department of Statistics, 2010. <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1619618&fileId=1619628> (18.04.2013)

William Sharpe, “Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk”, **Journal of Finance**, Cilt:19, Sayı: 3, Eylül 1964, ss. 425-442.

Wolfgang Dehen, “Entering a new age of electricity”, **21st World Energy Congress**, World Energy Council, 2010.

World Energy Council - Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, **Enerji Raporu**, 2010, http://www.dektmk.org.tr/upresimler/Enerji_Raporu_20106.pdf.(18.04.2013)

World Energy Council, “History”, 2011, http://www.worldenergy.org/about_wec/wec_history/360.asp.(18.04.2013)

World Energy Council, “Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050”, **Working Paper**, 2007, http://www.worldenergy.org/documents/scenarios_study_es_online.pdf.(07.2011)

World Energy Council, “Mission and Objects”, 2011, http://www.worldenergy.org/about_wec/22.asp. (18.04.2013)

World Energy Council, “Survey of Energy Resources”, 2011, <http://www.worldenergy.org/publications/3040.asp>.(18.04.2013)

Walter Enders, **Applied Econometric Time Series**, New York, John Wiley and Sons Inc. 2004.

Xekalaki Evdokia ve Stavros Degiannakis, **ARCH Models for Financial Applications**, Wiley Publications, 2010.

Yingjian Zhang, “Prediction Of Financial Time Series With Hidden Markov Models”, B.Eng. Shandong University, China, 2001, http://www.cs.sfu.ca/~anoop/students/rzhang/rzhang_msc_thesis.pdf .(18.04.2013)

Yiu Kuen Tse and Albert K.C. Tsui, “A Multivariate GARCH Model with Time-Varying Correlations”, **Journal of Business and Economic Statistics**, 20, 2002, ss. 351-362, http://staff.mysmu.edu/yktse/VC_R2.pdf(18.04.2013)
