

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
FİNANSAL İKTİSAT VE BANKACILIK PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YAPISAL KIRILMALARIN VARLIĞINDA DOĞALGAZ VE
PETROL FİYATLARININ OYNAKLIK MODELLEMESİ**

Merve MERT

**Danışman
Prof. Dr. Mert URAL**

İZMİR-2019

TEZ ONAY SAYFASI



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Yapısal Kırılmaların Varlığında Doğalgaz ve Petrol Fiyatlarının Oynaklık Modellemesi**” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

.../.../2019

Merve MERT

İmza

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
Yapısal Kırılmaların Varlığında Doğalgaz ve Petrol Fiyatlarının Oynaklık
Modellemesi
Merve MERT

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İktisat Anabilim Dalı
Finansal İktisat ve Bankacılık Programı

Günümüzde ham petrol ve doğalgaz fiyatlarındaki oynaklık, finansal piyasalarda ve enerji sektöründe her gün daha da artan merakla takip edilen en önemli gelişmelerden olmayı sürdürmektedir. Petrol ve doğalgaz fiyatlarında yaşanabilecek bir artış, tüketilen enerjinin %40'ını petrolden karşılayan, tükettiği petrolün %90'ını ve doğalgazın %98'ini ithal eden Türkiye ve benzer ekonomik istatistiklere sahip ülkeler için hayati öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı da ekonomiler açısından büyük öneme sahip ham petrol varil fiyatı ve doğalgaz fiyatı günlük getiri serilerine ait oynaklığın modellenerek, bu oynaklıkların yapısının, büyüklüğünün ve sürekliliğinin incelenerek risk ve belirsizliğin tahmin edilebilmesidir. Çalışma petrol ve doğal gaz fiyatlarının oynaklığını araştıran birçok araştırmanın yanısıra yapısal kırılmaların varlığı altında oynaklık sürekliliğinin tesadüfi olup olmadığı yani şokların model üzerindeki etkilerinin araştırılması bakımından önem taşımaktadır. Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH), Üstel Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (EGARCH) ve Genelleştirilmiş Asimetrik Üslü ARCH (APGARCH) modelleri kullanılarak ham petrol serisi ve doğal gaz serisi için Ocak 2006 - Aralık 2018 dönemi dikkate alınarak fiyatlardaki oynaklık tahmin edilmiştir. Söz konusu oynaklık modellerinde karşılaştırma yapılarak performansları değerlendirilmiş ve etkili olan etkenler incelenmiştir.

Bu inceleme sırasında oynaklık sürekliliği üzerinde yapısal kırılmaların etkilerini belirleyebilmek için ICSS (Iterative Cumulative Sums of Squares) algoritması ile varyanstaki kırılmalar belirlenmiş ve tespit edilen kırılma noktaları kukla (dummy) değişkenler olarak EGARCH modeline dâhil edilmiş ardından kırılmaların dikkate alan yeni bir EGARCH modeli kurulmuştur. Söz konusu

kırılmaların eşliğinde oynaklıkların modellenmesinde ve tahminlenmesinde hangi modellerin daha başarılı ve tutarlı sonuçlar verdiği tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, varyanstaki yapısal kırılmaların modellere eklenmesiyle oynaklık dinamiklerinin daha doğru ve tutarlı hesaplandığı ve oynaklık kalıcılığının azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonucu ise yatırımcılara riske karşı sergileyecekleri yaklaşım konusunda yön verebilecek önemli bir sonuçtur.

Anahtar Kelimeler: Ham Petrol, Doğalgaz, ICSS, Yapısal Kırılma, EGARCH.



ABSTRACT
Master's Thesis
Volatility Modeling of the Natural Gas and Oil Prices Under The Presence of
Structural Breaks
Merve MERT

Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Economics
Financial Economics and Banking Program

Today, the volatility in crude oil and natural gas prices continues to be one of the most important developments in the financial markets and energy sector, which are followed with increasing curiosity. A possible increases in oil and natural gas prices is vital for developing countries such as Turkey which meets 40% of the energy consumed from oil while importing 90% of oil and 98% natural gas that it consumes. The purpose of this study is to model the volatility of daily return series of crude oil barrel price and natural gas price, which is of great importance for economies, and to estimate the risk and uncertainty by examining the structure, size and continuity of these volatilities. The study is important in terms of investigating the volatility continuity under the presence of structural breaks as well as many studies investigating the volatility of oil and natural gas prices, ie the effects of shocks on the model. Volatility in crude oil series and natural gas series for January 2006 - December 2018 period is estimated by using Generalized Autoregressive Conditional Variant Variance (GARCH), Exponential Generalized Autoregressive Variable Variance (EGARCH) and Generalized Asymmetric Exponential ARCH (APGARCH).

In order to determine the effects of structural breaks on the persistency of volatility during this study, structural breaks in the variance were determined with the ICSS (Iterative Cumulative Sums of Squares) algorithm and a new EGARCH model was created which was added to the EGARCH model as dummy variables and then breaks were taken into consideration. In the context of these breakdowns, it has been tried to predict which models have more successful and consistent results in modeling and estimating volatility.

According to the results of the analysis, it was determined that the volatility dynamics were calculated more accurately and consistently and the retention of volatility decreased with the addition of structural breaks in the variance. The result of the analysis obtained is an important result that can give direction to investors about the approach to risk.

Keywords: Crude Oil, Natural Gas, ICSS, Structural Breaks, EGARCH.



YAPISAL KIRILMALARIN VARLIĞINDA DOĞALGAZ VE PETROL FİYATLARININ OYNAKLIK MODELLEMESİ

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR	xiii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ANA ENERJİ KAYNAKLARININ OLUŞTURDUĞU PİYASALAR

I. ENERJİ PİYASALARI	3
A. Petrol ve Doğalgaz Piyasasına Tarihsel Bir Bakış	4
B. Petrol Piyasasının Yapısı	13
C. Doğalgaz Piyasasının Yapısı	20
D. Petrol ve Doğalgaz Fiyatlarını Etkileyen Faktörler	31
II. PETROL VE DOĞALGAZ FİYATLARINA İLİŞKİN GÖSTERGELER	35
A. Uluslararası Piyasalar Açısından Değerlendirme	35
B. Türkiye Açısından Değerlendirme	36
C. Şokların Makroekonomik Etkileri	41

İKİNCİ BÖLÜM
FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ, DURAĞANLIK,
OYNAKLIK MODELLEMESİ VE YAPISAL KIRILMA

I. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ	44
A. Tanımlayıcı İstatistikler	44
B. Finansal Zaman Serilerinin Dağılım Özellikleri	47
1. Normal Dağılım	48
2. Student- <i>t</i> Dağılımı	50
3. Genelleştirilmiş Hata Dağılımı (GED)	50
II. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE DURAĞANLIK VE BİRİM KÖK TESTLERİ	51
A. DURAĞANLIK KAVRAMI	51
1. Ortalama Durağanlık	51
2. Varyans Durağanlık	51
3. Fark Durağanlık	52
4. Trend Durağanlık	52
B. BİRİM KÖK TESTLERİ	53
III. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE OYNAKLIK VE YAPISAL KIRILMA	58
A. Oynaklık ve Oynaklık Modellemesi	59
B. Yapısal Kırılma	61
C. Varyanstaki Kırılmaların Tespiti: Yinelenen Birikimli Kareler Metodu (Iterated Cumulative Sums of Squares Method – ICSS)	62
III. KOŞULLU DEĞİŞEN VARYANS MODELLERİ	65
A. ARCH Modeli	65
B. ARCH (q) Modelinin Kısıtları	67
C. Koşullu Değişen Varyansın Analizi: ARCH LM Testi	68
D. GARCH	69
E. EGARCH	70
G. APGARCH	71

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
HAM PETROL VE DOĞAL GAZ FİYATLARINDA OYNAKLIK MODELLEMESİ VE
YAPISAL KIRILMALARIN ETKİSİNİN ANALİZİ

I. HAM PETROL VE DOĞALGAZ OYNAKLIK MODELLEMESİ İLE İLGİLİ YAZIN TARAMASI	80
II. ANALİZDE KULLANILAN VERİ SETİ VE TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ	85
III.YAPISAL KIRILMA TESTİ ÖNCESİ MODEL TAHMİN SONUÇLARI	97
IV. YAPISAL KIRILMA TESTİ	107
V. YAPISAL KIRILMA TESTİ SONRASI MODEL TAHMİN SONUÇLARI	108
SONUÇ	114
KAYNAKÇA	118

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: Bazı Ülkelerin Doğalgaz Tüketimi (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri)	s.23
Tablo 2: Bazı Ülkelerin Doğal Gaz Üretimi (Milyon Ton Petrol)	s.25
Tablo 3: Dünya Piyasasında Yıllık Bazda Doğalgaz Fiyatları (\$/mmBtu)	s.29
Tablo 4: Dünya Doğal Gaz Üretim, İhracat, İthalatı İçindeki Ülkelerin Miktar ve Payları, 2017	s.37
Tablo 5: Dünya Ham Petrol Üretim, İhracat, İthalatı İçindeki Ülkelerin Miktar ve Payları, 2017	s.39
Tablo 6: Kullanılan Değişkenler ve Tanımları	s.79
Tablo 7: Doğal Gaz (RNATGAS) ve Ham Petrol (RBRENTÖİL) Getiri Serilerine İlişkin Betimsel İstatistikler	s.79
Tablo 8: ADF Birim Kök Testi Sonuçları	s.84
Tablo 9: PP Birim Kök Testi Sonuçları	s.84
Tablo 10: KPSS Birim Kök Testi Sonuçları	s.85
Tablo 11: Getiri Serilerinin Ljung-Box Q İstatistikleri	s.86
Tablo 12: ARCH-LM Değişen Varyans Testi	s.87
Tablo 13: RBRENTÖIL Getiri Serisi İçin GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları	s.88
Tablo 14: RBRENTÖIL Getiri Serisi İçin EGARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları	s.89
Tablo 15: RBRENTÖIL Getiri Serisi İçin APGARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları	s.90
Tablo 16: RNATGAS Getiri Serisi İçin GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları	s.91
Tablo 17: RNATGAS Getiri Serisi İçin EGARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları	s.92
Tablo 18: RNATGAS Getiri Serisi İçin APGARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları	s.93
Tablo 19: RBRENTÖIL ve RNATGAS Serilerinin Varyanslarındaki Kırılma Tarihleri	s.97
Tablo 20: Getiri Serileri İçin Kukla Değişkenli Model Tahmin Sonuçları	s.98
Tablo 21: Kuklalı ve Kuklasız Parametre Karşılaştırmaları	s.100

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: 1861-2017 Yılları Arası Petrol Fiyatları	s.6
Şekil 2: Petrol Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı	s.17
Şekil 3: 2008-2017 Dönemi Bölgelere Göre Dünya Petrol Üretimi	s.18
Şekil 4: 2008-2017 Bölgelere Göre Dünya Petrol Tüketimi	s.19
Şekil 5: Doğal Gaz Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı	s.22
Şekil 6: 2008-2017 Dünya Doğal Gaz Tüketimi	s.24
Şekil 7: 2008-2017 Arası Bölgelere Göre Dünya Doğal Gaz Üretimi	s.26
Şekil 8: Dünya Çapında Doğal Gaz Ticareti Haritası (Milyar m ³)	s.27
Şekil 9: Dünya Piyasalarında Doğal Gaz Fiyatlarına Ait Tarihsel Gelişim	s.28
Şekil 10: 2017 Yılı Türkiye'nin İthal Ettiği Petrolün Kaynak Ülkelere Göre Dağılımı	s.40
Şekil 11: 2017 Yılı Türkiye'nin İthal Ettiği Doğal Gazın Kaynak Ülkelere Göre Dağılımı	s.41
Şekil 12: Normal (Simetrik) Dağılım	s.49
Şekil 13: Sola ve Sağa Çarpık Dağılım Görünümleri	s.49
Şekil 14: Petrol Getiri Serisi Histogramı	s.81
Şekil 15: Doğal Gaz Getiri Serisi Histogramı	s.81
Şekil 16: Petrol Getiri Serisinin Zaman Yolu Grafiği	s.82
Şekil 17: Doğal Gaz Getiri Serisinin Zaman Yolu Grafiği	s.82

KISALTMALAR

AIC	Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion)
APARCH	Asimetrik Güç Otoregresif Koşullu Varyans (Asymmetric Power Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)
APGARCH	Genelleştirilmiş Asimetrik Üslü Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (Asymmetric Power Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)
ARCH	Otoregresif Değişen Varyans (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)
ARMA	Otoregresif Hareketli Ortalama (Autoregressive Moving Average)
BIC	Bayesian Bilgi Kriteri (Bayesian Information Criterion)
EGARCH	Üssel Genelleştirilmiş Otoregresif Değişen Varyans (Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)
EIA	Enerji Bilgilendirme Dairesi (Energy Information Administration)
EU	Avrupa Birliği (European Union)
GARCH	Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)
GED	Genelleştirilmiş Hata Dağılımı (Generalized Error Distribution)
GJRGARCH	Glosten-Jagannathan-Runkle GARCH
HQ	Hannan-Quinn Bilgi Kriteri (Hannan-Quinn Information Criteria)
ICSS	Yinelenen Birikimli Kareler Metodu (Iterated Cumulative Sum of Squares Method)
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
IEF	Uluslararası Enerji Forumu (International Energy Forum)
LNG	Liquified Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğal gaz)
mmBtu	Milyon British Thermal Unit
NYMEX	New York Menkul Kıymetler Borsası (New York Merchantile Exchange)
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Cooperation and Development)
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (Organisation of Petroleum Exporting Countries)
SIC	Schwarz Bilgi Kriteri (Schwarz Information Criterion)

GİRİŞ

Ekonomik büyüme ve kalkınmanın temel girdilerinden birisi olan enerji ve içinde bulunduğu sektör, toplumsal yaşam ve ekonomik gelişme üzerinde sebep olduğu etkilerinden dolayı bütün ülkelerin gündeminde yadsınamaz bir yerde konumlanmıştır. Dünyada meydana gelen hızlı nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme ve teknolojinin yaygınlaşması ile birlikte, doğal kaynaklara ve enerjiye olan talep peyderpey artış göstermektedir.

Petrol piyasaları, dünyanın enerji tüketiminin neredeyse üçte ikisinin doğal gaz ve petrolden karşılanması dolayısıyla son derece önem arz etmektedir. Buluşundan bu yana dünya ekonomisi açısından önemli bir emtia olan petrolün birçok araştırma ve raporda belirtildiği gibi yakın gelecekte de dünya enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılaması beklenmektedir. Bu sebepten petrol fiyatları global ekonomide dinamik rol oynamakta ve hükümetin planlarına, ticari faaliyet alanlarına etki eden önemli bir unsur olmaya geçmişten bugüne devam etmektedir. Petrol, uluslararası piyasalarda petrol üreten ülkeler, petrol şirketleri, petrol ithalatçıları, ihracatçıları ve spekülörler tarafından satılmakta ve satın alınmaktadır. Mevcut olan iktisadi ortamda küresel ekonomideki nüfus artışı, önemli ölçülerde büyüme, enerji yoğunluğunda azalış, gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketimlerinin önemli düzeylere ulaşarak artış göstermesi, dünya ekonomisi ve enerji arzına ilişkin belirsizlikler dikkat çekmektedir. Bu bağlamda petrol fiyatlarının makroekonomiyi nasıl etkilediği önem kazanırken aynı zamanda petrol fiyatlarındaki şokların düzeyi ve kalıcılığı da önemli araştırma konularından biri olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, gelecekte meydana gelecek dalgalanma ve oynaklıkların önsel bilgisi politika yapıcılarının daha etkin kararlar vermelerini sağlama yönünden önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı da ekonomiler açısından büyük öneme sahip ham petrol varil fiyatı ve doğal gaz fiyatı günlük getiri serilerine ait oynaklığın modellenerek, bu oynaklıkların yapısının, büyüklüğünün ve sürekliliğinin incelenerek risk ve belirsizliğin tahmin edilebilmesidir. Çalışma petrol ve doğal gaz fiyatlarının oynaklığını araştıran birçok araştırmanın yanısıra yapısal kırılmaların varlığı altında oynaklık sürekliliğinin tesadüfi olup olmadığı yani şokların model üzerindeki etkilerinin araştırılması bakımından önem ve farklılık taşımaktadır. Petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki oynaklık tahminlemesinde genelleştirilmiş koşullu değişen varyans (GARCH) modelleri kullanılarak ICSS (Iterated Cumulative Sums of Squares) metodu ile yapısal kırılma tarihleri belirlenerek, hem yapısal kırılmalar dikkate alınmadan hem de yapısal

kırımlar dikkate alınarak oynaklık modellemesi yapılmıştır. Böylece yapısal kırılmaların oynaklık üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Bu çalışmada, uluslararası olguların dünya petrol ve doğalgaz piyasasını etkilediği düşünüldüğü için ham petrol ve doğal gaz serisinde 2006-2018 dönemi dikkate alınmıştır. Devamında doğal gaz ve petrol fiyatlarının durağanlığı araştırılarak, sahip olduğu oynaklıklar yapısal kırılmalar dâhilinde Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) model ailesiyle tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, finansal zaman serilerine ait temel özellikler ele alınarak durağanlığın birim kök testleriyle analiz edilmesi ve yapısal kırılmaların oynaklık üzerinde mevcut olan etkisi incelenmiştir. Üçüncü bölümde ise konuya ilişkin daha önce yapılan araştırmalar yazın taraması olarak eklenirken, analizde kullanılan veri seti ve yöntemler hakkında bilgi verilmiş, petrol ve doğal gaz getiri serilerine ait tanımlayıcı istatistik sonuçlarına, model tahminlemelerine ve yapısal kırılmalar dahilinde oynaklık öngörülerine yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ANA ENERJİ KAYNAKLARININ OLUŞTURDUĞU PİYASALAR

Petrol ve doğal gaz enerji piyasaları içerisinde oldukça önemli bir konuma sahip olduğundan, enerji fiyatları dendiğinde akla ilk petrol ve doğal gaz gelmekte, birçok endüstri, ülke ve ekonomilerine ise yön vermektedir. Çalışmanın bu bölümünde petrol ve doğal gaz piyasalarının tarihine değindikten sonra piyasa yapısı irdelenip, bu piyasa fiyatlarına etki eden faktörlere değinilecek, küresel pazarda ve Türkiye’de mevcut olan petrol ve doğal gaz sektöründen bahsedildikten sonra fiyatlarda meydana gelen şokların piyasalarda, küresel çapta ve ülkelerde genellikle ne gibi makroekonomik sonuçlara yol açtığı incelenecektir.

I. ENERJİ PİYASALARI

Enerjinin sanayideki en temel girdilerin başında gelmesi ve günlük hayatın mecburi bir parçası haline gelmesi dikkate alındığında, ülkenin rekabet gücü ve tüketici refahı bakımından iyi işleyen bir enerji piyasasının önemi yadsınamaz.¹

Ülkelerin sürdürülebilir ekonomik kalkınmayı gerçekleştirebilmeleri için enerji kaynaklarını sadece bir ülkeye bağlı kalmadan güvenli bir şekilde ve en ucuz yoldan temin etmeleri ve arz güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Petrol ve doğalgaz lokomotif görevi görmekte olup fosil yakıtların rezerv ve üretim alanları ile bunların arz talep yapıları enerji jeopolitiğini ve politikalarına yön veren en temel unsurlardır. Günümüzde hızla ilerleyen teknolojik gelişme, sanayileşme ve modernleşmeyle beraber, başta petrol ve doğalgaz olmak üzere enerji talebinin çok büyük miktarlarda artış gösterdiği göz ardı edilemeyecek boyutlara ulaşmış durumdadır. Petrol ve doğalgaza olan talebin fazla olurken buna karşın talep esnekliklerinin kıyasla daha düşük olması, fiyatlardaki % 1’lik artışta talep edenlerin aynı oranda tepki veremediği, neredeyse kısa dönemde hiç tepki verememesi ya da çok az tepki vermesine yol açmaktadır. Bu sonucun ortaya çıkması ise petrol ve doğalgaz kaynaklarının ikamelerinin hala tam olarak bulunamamasından kaynaklanmaktadır.

Söz konusu enerji ve enerji üretimi olduğu zaman, bu üretimi sağlayan girdilerin alındığı ve satıldığı piyasanın koşullarının birden fazla dışsal değişkenden etkilendiğini söylemek mümkündür. Hassas dengeler üstüne kurulmuş olan söz konusu girdi

¹Cengiz Soysal, Cemal Ökmen Yücel, Tuğçe Koyuncu, Emine Tokgöz, Doğalgaz Sektör Araştırması, **Rekabet Kurumu**, Ankara, Temmuz 2012 <https://www.rekabet.gov.tr/Dosya/sector-raporlari/7-rekabet-kurumu-dogal?AspxAutoDetectCookieSupport=1> (20.03.2019), s. 1.

piyasalarının dinamikleri sürekli değişmekte olup bu değişimler ise beraberinde girdilerin fiyatlarında ciddi etkiler yaratmaktadır. Petrol ve türevlerinin alınıp satıldığı piyasaları ele aldığımızda bu dinamiklerin birbirlerini nasıl hızla etkilediği daha iyi göz önüne koyulabilmektedir. Bu piyasa koşullarına bağlı enerji girdilerinden birisi ise doğalgaz fiyatları olarak piyasada aktif rol oynamaktadır. Doğalgaz, enerji arz sistemlerinin çeşitlendirilmesinde güvenilir bir kaynak olmasının yanı sıra fiyat ayarlamasının kolay ve çevre açısından temiz olmasından dolayı enerji piyasalarında oldukça mühim bir yere sahiptir.

Doğalgaz ve petrol sektörleri endüstrileşmiş toplumun büyük bir kısmına üretimdeki vazgeçilmez rolü ve sağladığı avantajlar nedeniyle hâkim olmuş durumdadır. Dünyadaki ticari faaliyetler arasında alım satımı en fazla yapılan ürün konumunda olan petrol bu sektörü aynı zamanda hem fosil kaynak rezervlerinin tükenebilme ihtimali, hem de sınırlı olan bu kaynaklara erişimdeki rekabet ortamının çetinliği dolayısıyla endişe kaynağı haline de getirmektedir. Bu sebepten ekonomilerin sürekli olarak bu sektörde takipte kalmaları ve sektörü doğru bir şekilde analiz etmeleri gerekmektedir.²

Dünyada artan enerji ihtiyacı sebebiyle enerji sektörü üzerine yapılan nitel ve nicel çalışmaların sayısı gün geçtikçe artırmaktadır. Birincil enerji tüketiminde ise petrol ve petrol ürünleri ilk sırada gelmektedir. Önemli bir hammadde oluşunun yanı sıra yatırım aracı haline gelmesi nedeniyle de petrol fiyatlarını sadece arz-talep dengesi, jeopolitik konum, mevcut stoklar ya da atıl kapasite ile açıklamak yetersiz kalmaktadır. Finansal piyasalar ve spekülasyon faktörlerinin petrol fiyatları üzerine etkisi önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu sebepten petrol fiyatları ve fiyatlardaki değişim uluslararası ekonomi ve ticarete kilit değişkenlerden biridir.

A. Petrol ve Doğalgaz Piyasasına Tarihsel Bir Bakış

Global anlamda ekonomiler açısından ciddi öneme sahip petrol ve doğalgaz fiyatlarının zaman içerisindeki ilerlemesini gerçekleştirmiş olayları göz önüne alarak değerlendirmek çalışmayı daha net anlayabilmek adına faydalı olacaktır.

Petrolü enerji kaynağı olarak ele aldığımızda şunları söyleyebilmemiz mümkündür. İnsanoğlunun enerjiye olan gereksinimi avcılıktan döneminden kalıcı düzene geçtiği süreçte başlamış ve gitgide artış gösteren ölçekte sürmüştür. Tarım,

² Scott L. Montgomery, **Küresel Enerjiye Yön Veren Güçler-Yirmi Birinci Yüzyıl ve Sonrası**, çev. Evra Günhan Şenol, Ankara: TÜBİTAK Kitaplar Müdürlüğü, Salmat Basım Yayıncılık, 2014, s. 79.

hayvancılık ve el sanatlarıyla geçirilen ilk asırlarda su ya da rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları enerjiye olan ihtiyaçların karşılanmasına destek olabilmıştır. Ortaçağ'ın başlarına gelindiğinde, odun kullanımının yerini kömürün alması, daha sonralarda buhar makinelerinin icat edilmesi ise taşımacılık alanında demiryolu kullanımının artmasına yol açmış ve büyük ölçüde üretimler sayesinde tüketim ekonomisinin meydana gelmesi yakıta olan ihtiyacı gün yüzüne çıkarırken, 1848 yılına gelindiğinde kömürden gazyağı elde edilmesi mümkün olmuştur. 1859 yılına gelindiğinde ise Amerika'da Drake'in ilk ticari petrol kuyusundan ham petrol üretmesi ile kömürden elde edilen yağın yerini günden güne petrol kökenli yağlar almış ve kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Böylelikle petrol, tüm ekonomilerde ve tüketicilerin günlük hayatında yerini almış ve ekonomisine büyük ölçüde etki etmeye başlamıştır.³

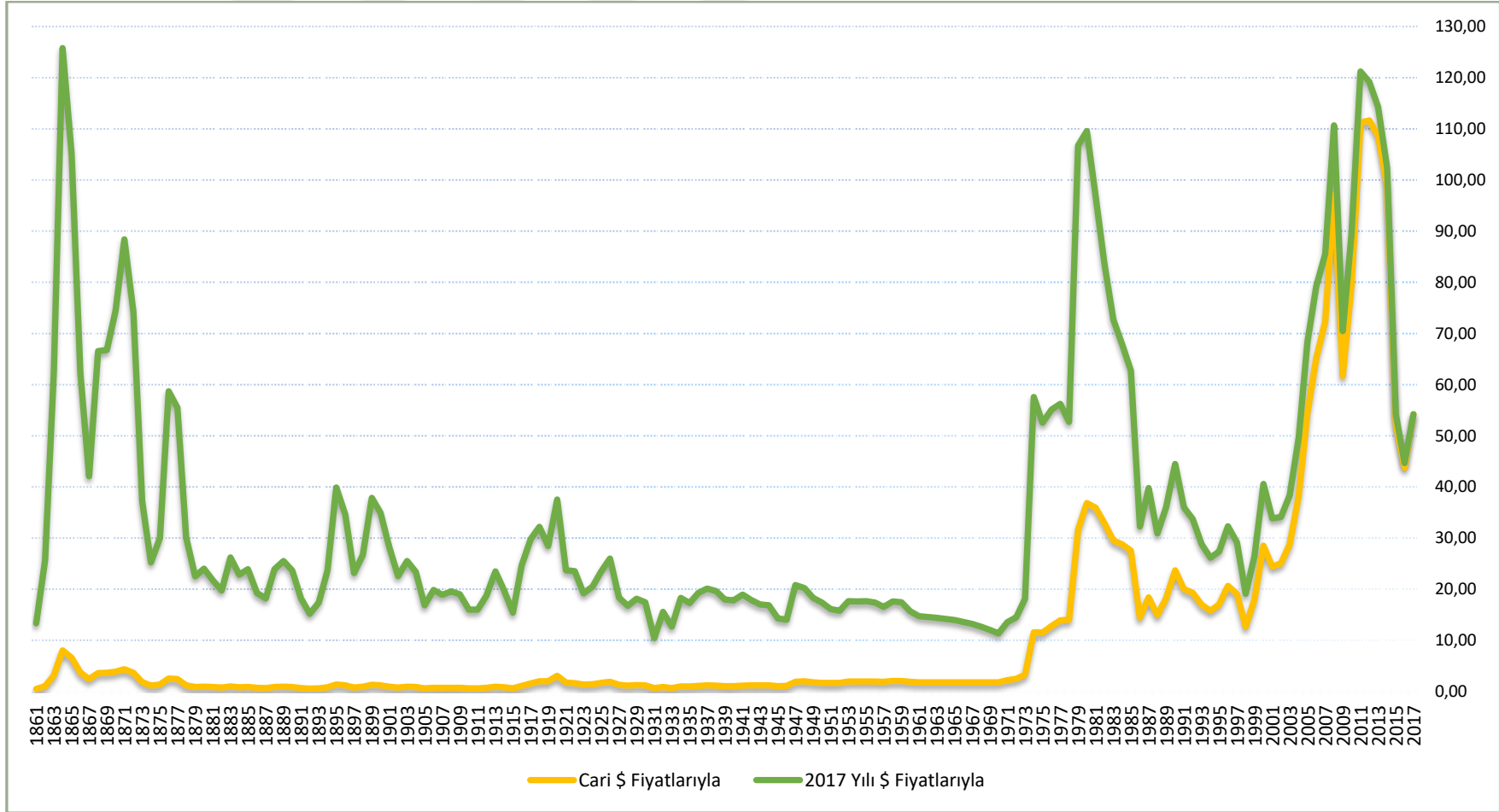
Endüstri devriminin hemen sonrasında elektriğin yaygınlaşması ve hemen sonrasında motorların gelişmesi ve üretilmeye başlanması 1900'lü yıllara gelindiğinde tüm endüstriler ve ülkeler açısından önemli bir dönüşüm olmuştur. Araçlarda benzin kullanımının yaygınlaşmasının sonrasında ise uçakların icad edilmesi rafinasyon teknolojisinin, yani ham petrolden birçok ayrı ürün meydana getirilmesini sağlamıştır. Bu dönemde ise dünyada British Petroleum, Shell, Exxon gibi en ünlü petrol şirketleri kurulmuştur. Petrol ve kömüre ait tüketim miktarı yıllar ilerledikçe artış gösterirken, tüketimle birlikte oluşan çevre kirliliği gibi birçok problemten ötürü gündeme gelen çare araştırmaları ise doğal gazı ait tüketimi arttırmıştır.⁴

Aşağıdaki şekilde (BP Dünya Enerji Görünümü 2018) petrol fiyatlarının 1861-2017 yılları arasında izlediği yol hem 2017 yılı sabit dolar fiyatları hem de nominal dolar fiyatları cinsinden gösterilmektedir. Veriler oluşturulurken 1861-1944 yılları arası için ABD ham petrol fiyat ortalaması, 1945-1983 yılları arası için Ras Tanura hafif petrol fiyatları, 1984-2012 yılları arası için Brent petrol fiyatları dikkate alınmıştır.

³ İbrahim Öztürk ve Sohbet Karbuz, "Türkiye'nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği", **MÜSİAD Araştırma Raporları**, Sayı: 49, Şubat 2006, s. 42.

⁴ Nazan Yalçın Erik ve Şerife Merve Koşaroğlu, "Tarihsel Süreç Boyunca Değişen Petrol Fiyatları: Şeyl Gazı Etkisi ve Bazı Öngörüler", **C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 17, Sayı: 2, 2016, s. 122.

Şekil 1: 1861-2017 Yılları Arası Petrol Fiyatları



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, June 2018.

Yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi 1950'li yıllardan 2010'lu yıllara kadar gelen süreçte petrol fiyatları çeşitli sebeplerden dalgalanmalar sergilemiştir. 1860'lı yıllara gelirken Pensilvanya'daki ham petrol üretiminin artmasının akabinde petrol fiyatlarında düşüş gözlenmiştir. Sondaj faaliyetlerinin artması sonucunda ham petrol üretiminde artış görülmüştür. Amerikan sivil savaşının başlaması sonucu emtia talebinde ve bununla birlikte fiyatlarda ortaya çıkan ani yükselişler 1862-1864 yıllarında yaşanan ilk petrol şokunun ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu petrol şoku sonucunda petrole ait arz ciddi ölçüde azalış yaşarken petrol talebinde büyük bir artış ortaya çıkmış ve petrol fiyatlarında kayda değer bir yükseliş meydana gelmiştir. Savaş sonrasında ise tüm emtiaların talebinde yaşanan düşüş ve Pensilvanya'da yeni petrol kuyularının açılması devamında Standard Oil Şirketinin ülkedeki rafinerilerin %95 civarını denetlemesi neticesinde petrol fiyatlarında bir azalış yaşanmıştır. Takip eden yıllarda ise yeni kuyular bulunmaya devam etmiş ve böylece petrol fiyatlarının düşük seyri devam etmiştir. Ek olarak diğer eyaletlerdeki üretimin önemli bir düzeye ulaşması, Rusya'nın ABD'deki üretim miktarına yakın düzeyde üretim gerçekleştirmesi ve tarihin en büyük resesyonu olan 1890 resesyonu petrol fiyatlarında yeniden bir düşüşe sebep olmuştur.

1881-1894 yılları arasında Titusville petrol alanının keşfi sayesinde Amerikan petrol sanayisi büyümeye başlamış ve 1895 yılında petrol fiyatları ortalama seviyelerde dengelenmiştir. 1894 yılında ise dünya çapında yaşanan kolera salgını dolayısıyla petrol üretiminde azalma yaşanmış ve Avrupa'ya yapılan petrol ihracatı büyük ölçüde etkilenmiştir.

20. yy. da ise petrol farklı bir iktisadi ürün haline dönüşmüş, elektrikli aydınlatma petrol ürünü aydınlatmanın yerin geçmiş, petrol ticari ve endüstriyel ısıtma, güç kaynağı olma ve ulaşım açısından gün geçtikçe önem kazanır hale gelmiştir. Bu dönemde petrol kendi başına değer ifade ederken otomotiv, imalat ve satış sektörlerinde de önemli bir parça haline gelmiştir. Bunun yanı sıra otomobil sektörünün de yaygınlaşması dolayısıyla büyük oranda benzin gereksinimi duyulmuştur.

1920 yılında ise ABD'nin batı sahilinde benzin piyasasında oluşan kıtlık sonucu başka bir şok vuku bulmuştur. Teksas, Oklahoma ve Kaliforniya' da meydana gelen petrol üretim artışı 1920'deki bölgesel kıtlıkların giderilmesine yardımcı olarak petrol fiyatlarının düşüşüne zemin hazırlamıştır.

1929'da meydana gelen Büyük Buhranın başlangıcı talebi azaltmış ve yeni kuyuların keşfinin etkisiyle petrol fiyat düşüşleri artmıştır. 1933-1935 yıllarında yapılan

düzenlemeler ile uzun dönemde kuyuların üretim hacminin korunması amaç edinilmiş, daha etkin petrol çıkartılmasına dair birçok düzenleme yapılmıştır.

İkinci Dünya Savaşının sonunda ise reklamlar yoluyla destek bulan ilanlar ve tanıtımlar, otomobil pazarında satışlar konusunda artışa neden olmuş neticesinde ise petrole dayalı ürünlerde talep artışı gözlenmiş ve buna bağlı olarak ham petrol fiyatlarında da artış gözlenmiş, ABD eyaletlerinde benzin sıkıntısı yaşanmıştır. 1947'de kıtlık ortaya çıkmış ve benzin tayınlaması yapılmıştır. Buna ek olarak konut ve inşaat sektöründeki ortaya çıkan daralma ABD'de resesyonun ortaya çıkmasına da neden olmuştur.

1952-1953 yılları arasında yaşanan petrol arzındaki aksaklıklar ve Kore ile ABD arasında meydana gelen anlaşmazlık neticesinde petrol fiyatları dondurulmuştur. Daha sonralarda fiyat kontrolleri yürürlükten kaldırılmış ve böylece petrol fiyatlarında artış yaşanmıştır. 1956'da Mısır'ın Süveyş Kanal'ını millileştirmesini takiben İsrail, Sina Yarımadasını istila etmiş ve kanal geçişini durdurmuştur. Ortaya çıkan Süveyş krizi sebebiyle de dünya petrol piyasasının büyük ölçüde engellenmesi söz konusu olmuş Ortadoğu dışında üretim gerçekleştiren ülkeler ise bu açığı kapatmaya çalışmışlardır. Aynı zamanda boru hatlarına sabotajlar da yapılmıştır. Bu nedenlere bağlı olarak Orta Doğu'da petrol üretimi ciddi ölçüde azalmış ve bu durum dünya genelinde etkiler doğurmuştur.

1951- 1954 yılları arasında İran sahalarının uluslaştırılması petrol arzında %5,3'lük düşüşe neden olmuştur. Buna benzer olarak 1956–1957 Süveyş Savaşı %11,4'lük düşüşe sebebiyet vermiştir. 1966– 1967 Suriye Geçiş Ücreti Anlaşmazlığı, 1967 yılındaki Altı Gün Savaşı, 1967–1968 yıllarındaki Nijerya İç Savaşı, 1970-1971'deki Libya Fiyat Münazarası, 1971'deki Cezayir Fransa arası uluslaştırma anlaşmazlığı ve 1973'teki Lübnan'daki politik huzursuzluklar küresel petrol arz kesintilerine neden olmuştur. Ekim 1973- Mart 1974 arası yaşanan Arap- İsrail Savaşı %7,4'lük arz kesintisini beraberinde getirmiştir. Kasım 1978- Nisan 1979'da İran Devrimiyle başlayan sıkıntılı süreçle birlikte, 1980–1981 İran- Irak Savaşı, 1989 yılındaki Exxon Valdez Kazası ve 1990–1991 yıllarında Irak'ın Kuveyt'i işgali gibi olaylar petrol piyasasını derinden sarsmıştır.⁵

1969 yılında ABD'nin doğu sahilinde fueloil dağıtıcıları greve gitmiş, söz konusu grev ülke geneline yayılmış ve yeni bir fiyat artışı daha ortaya çıkmıştır.

⁵ Barış Kablamacı, **Enerji Kaynaklarının Ekonomik Boyutu ve Dünya Enerji Kaynakları Piyasalarının Genel Durumu**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2004, s. 92.

1973 yılında Suriye ve Mısır İsrail'e saldırı düzenlemiştir. OPEC'e üye olan Arap ülkeleri, İsrail'e destek verdiği düşünülen belirli ülkelere karşı petrol ambargosu gerçekleştirmişlerdir. Söz konusu Yom Kippur Savaşı'nın son bulduğu Mart 1974 tarihinde ham petrol fiyatları 4 katına kadar artmıştır. Bu gelişmeleri takiben OPEC'in toplam petrol üretimini azaltması, arzda meydana gelen daralma petrol fiyatlarında muazzam bir artışın nedenleri olmuştur.

İran OPEC ülkelerinin uyguladığı ambargoya uymayarak 1973-1974 döneminde petrol üretimini arttırmaya devam etmiştir. Büyük çapta toplumsal protestolar ve grevler söz konusu olmuş, sonraki aşamada mevcut tepkiler petrol sektörüne sıçramış ve üretimin ve ihracatın 1978-1979 yılları arasında büyük oranda azalmasına neden olmuştur. İran Şahının ülkeden kaçması ve gücü Şeyh Humeyni'nin ele geçirmesiyle üretim kaybının yaklaşık üçte biri başka ülkelerden sağlanmaya çalışılmıştır. 1979 sonlarında İran petrol üretimi devrim öncesi düzeyinin yarısına ulaşmış fakat Irak ile savaşın patlak vermesi sonucu tekrar azalmıştır. İki ülkenin üretim kaybı dünya petrol fiyatları üzerine ciddi etki doğurmuştur. 1970' lerdeki fiyat artışlarına petrol tüketen ülkelerin uzun dönem talep tepkisinin etkili olduğu görülmüştür. 1980'de yaşanan İran-Irak Savaşı sonucunda Ortadoğu Bölgesi'nden yapılan petrol ihracı ciddi miktarda azalış göstermiştir.

1980'lerin başında dünyada tedarik çokluğu ham petrole ait fiyatları düşürmüş ve petrol tüketimi büyük ölçüde azalış göstermiştir. Suudi Arabistan 1981-1985 yılları arasında üretiminin %75'ini durdurmuştur. Fakat söz konusu bu durum nominal fiyat düşüşünü telafi edeceği yerde reel fiyatları daha fazla düşürmüştür. Bunun sonucunda 1986'da Suudi Arabistan fiyatların düşmesine aksiyon alarak üretimini büyük ölçüde arttırmış, dünya petrol piyasasındaki kendine ait payını bir daha kazanmak istemiş ve 1985'de var olan 3,8 milyon varillik günlük üretimini, 1986 yılına gelindiğinde 10 milyon varile arttırmıştır. 1988 yılı üçüncü çeyreğinde ise İran-Irak Savaşı son bulmuş ve iki ülke de üretime tekrar başlamıştır. Üretime tekrar başlanması petrol fiyatlarını üreticiler aleyhine şekillenirken tüketiciler lehine oldukça düşmüştür.

1990 yılında Irak'ın üretim düzeyi 1970'ler sonundaki düzeyine dönmüştür ancak aynı yıl içinde Saddam Hüseyin'in Irak'ın Pazar payını ele geçirmekle itham ettiği Kuveyt'i ele geçirmiş olmasından dolayı üretim düzeyi tekrar azalmıştır. Kuveyt 1994 yılına kadar petrol ihracını durdurmuştur. Dünya üretiminin yaklaşık %10'unu karşılayan iki ülkedeki problemlerin Suudi Arabistan'a yansıma endişesi ciddi fiyat artışlarını da beraberinde getirmiştir. Bu durumlarla birlikte 1997 öncesi Asya Kaplanları olarak adlandırılan ülkelerdeki muazzam ekonomik büyümenin süreceği beklentisi

petrol fiyatlarında yukarı ivmeli bir hareket oluşmasına neden olmuştur. 1997 yılında Tayland, Güney Kore ve diğer ülkelerde yaşanan finansal problemler ve büyümenin devam etmeyeceği telaşı ve OPEC'in kotasını yükseltmesi petrol fiyatlarının oldukça düşük düzeylere doğru inmesine neden olmuştur. 1998 yılında Asya Pasifik ülkeleri petrol tüketiminde ilk defa düşüş ortaya çıkmıştır. Tüm bu gelişmelerin sonucunda petrol fiyatları düşüş eğilimine girmiştir. Krizin kısa süreli olduğu algısının oluşmasını takiben 1999'un ortalarında dünya petrol tüketimi tekrar artışa geçmiştir. Yılları itibariyle petrol fiyatlarının düzeyi 1997 yılı başlarındaki düzeyine çıkmıştır.

Büyüyen Amerika ve Dünya ekonomileri nedeniyle 2000 yılı boyunca fiyat artışları devam etmiş, bu değerler 1981'den beri görülen en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Yıl sonuna yaklaşırken ise OPEC'in kota arttırması sonucu petrol fiyatları düşüş eğilimine girmiştir. 2001 yılında ABD ekonomisinin zayıflaması ve Rusya'nın başı çektiği OPEC harici ülkelerin petrol arzında yükselme meydana gelmesi sonucu petrol fiyatları üstünde aşağı yönlü baskı oluşmuş ve OPEC buna karşılık petrol üretimini azaltmıştır. 11 Eylül'de meydana gelen saldırılar sonucu Batı Teksas Petrol fiyatının yılsonu itibari ile oldukça düştüğü gözlenmiştir. 2002 yılında Venezuela'daki genel grev petrol üretiminde azalmaya neden olmuştur. Bunu takiben ABD'nin Irak'ı işgali, üretim azalmasını daha da tetiklemiştir. Ancak 2002-2003 yılları arasında petrol fiyatlarında meydana gelen artışlar kısa zamanlı ve makul düzeyde olmuştur.

2004-2005 yıllarında petrol tüketiminde ve fiyatlarında stabil bir artış beraberinde getiren önemli düzeyde küresel ekonomik büyüme görülmüştür. 2005 yılından sonra petrol üretimindeki artış sürdürülememiş, buna karşılık ekonomik büyüme dolayısıyla da petrol talebinde artış devam etmiştir. Özellikle Çin ve diğer gelişmekte olan ülke ekonomilerinin petrol talebinde önemli bir artış meydana gelmiştir.

2007 yılının ortalarında petrol fiyatlarının artarak zirve yaptığı gözlenmiştir. Küresel piyasalardaki petrol fiyatları 2008 yılına kadar bilhassa 2003-2007 yılları arasında (ham petrol fiyatlarında yaşanan %140'lık bir artış) artan bir eğilim seyretmiştir. Söz konusu durum artan petrol talebi ve ülkelerin artan büyüme oranları ile doğru orantıya sahiptir. Fakat 2008 yılı sonlarında finansal piyasalardaki dalgalanma ile başlayan küresel ekonomik kriz (mortgage krizi) söz konusu durumu tam tersine çevirmiştir. Bu kriz dolayısıyla petrol varil fiyatı 60 dolar seviyelerine kadar gerilemiştir. Krizden hemen sonra alınan önlemler sayesinde hızlı bir iyileşme kateden ekonomiler ve Arap yarımadasında meydana gelen değişimlerin de etkisiyle 2010 yılından itibaren

petrol varil fiyatları tekrar 100 doların üzerine çıkmıştır. Yani 2008 yılında ABD’de başlayan ve dünyaya yayılan finansal kriz sonucu petrol fiyatlarında ortaya çıkan düşüş; 2009 yılında OPEC’in üretimi azaltması ve Asya’da artan talep nedeniyle son bulmuş, ayrıca 2010 yılında dünya ekonomisinin toparlanma sürecine girmesi sonucu fiyatlar tekrar artma eğilimine girmiştir. 2011’de Libya’da patlak veren sivil savaş neticesinde fiyatlarda tekrar bir artış gündeme gelmiştir. Kuzey Denizi’nde, bazı Batı ülkelerinde ve Afrika’daki arz problemleri ve jeopolitik meseleler sebebiyle ortaya çıkan arzdan kaçınma ve ham petrol piyasalarındaki spekülasyon faaliyetleri nedeniyle 2012 yılında yukarı yönlü hareket meydana gelmiştir. Ancak 2012 yılında ekonomik görünümün olumsuz olması petrol fiyatlarını tekrar aşağıya çekmiş ve 2011 yılı düzeyinde seyretnmesine yol açmıştır.

Hamilton (2011)’in “Yeni Endüstriyel Çağ” olarak isimlendirdiği 1997–2010 dönemi; yalnızca yaşam standartlarının değil aynı zamanda dünya petrol piyasasında da devasa değişikliklerin yaşandığı bir dönem olarak adlandırılmıştır. Yeni yeni sanayileşen ülkeler dünya petrolünün 1998 yılında %17’sinin tüketicisi haline gelmiş olmakla beraber, aynı dönemde küresel petrol tüketim artışı %69 olarak kayıtlara geçmiştir. Özellikle Çin’de yaşanan petrol talep artış söz konusu durumu destekler niteliktedir. II. Dünya Savaşı sonrası yüzyılın ilk yarısında kısa dönemli petrol fiyat hareketlerinin Orta Doğu tarafından yönlendirildiği görüşü hâkim bulunurken; son 15 yılın en önemli konusu yeni sanayileşen ülkelerin küresel petrol talebine katkıları olmuştur. 1997 yılının ortasında baş gösteren Doğu Asya krizi ile petrol fiyatları 1998 yılı sonlarında 12 doların altına inmiştir. 1999–2000 yılları bölge ülkelerinin büyümeleri ve tekrar daha güçlü şekilde dünya petrol tüketimine katılmaları ile petrol fiyatları 1997 yılındaki seyrine geri dönmüştür.⁶

Petrol fiyatlarındaki yükseliş trendi talep açısından irdelendiğinde Avrupa ekonomilerinin bilhassa 2010-2014 yıllarında gösterdiği pek iyi olmayan ekonomik performans ve Japonya’nın büyüme verilerinin ekonominin resesyona girdiğinin bir ispatı sayılmasıyla petrol talebinin giderek azalmasına ve petrol fiyatlarının hızla düşmesine neden olmuştur. Arz açısından irdelediğimizde ise ABD’nin petrol üretimini artırması özellikle Kuzey Amerika’nın yakın gelecekte petrol ihracatçısı haline geleceği beklentisi petrol fiyatlarının düşmesi yönünde baskı yapmaktadır. Arz ve talep kanalıyla birlikte Rusya’nın izlediği gergin dış politika (Ukrayna’ya müdahalesi ile Kırım’ı işgali ve Ruble’nin değer kaybı üzerine kredi notunun düşürülmesi vb.) ve İran’ın nükleer enerji

⁶ James D. Hamilton, “Historical Oil Shocks”, **Nber Working Paper Series**, Working paper 16790, 2011, s. 19.

üretiminde ısrarcı olması gibi olumsuz politik gelişmeler petrol fiyatlarında aşağı yönlü bir baskıya neden olmuştur.

2014 yılında ABD şeyl gazı ve petrolüyle Rusya'nın bunu dengelemek için üretimi arttırmasının neden olması sonucu fiyatlarda büyük oranda aşağı yönlü ivme gerçekleşmiş ve OPEC'in almış olduğu 2015 kararları 2015 yılındaki pazar fiyatlarını etkilemiştir. ABD'de ihracat yaşanan son 100 yılın en yüksek düzeyine ulaşmıştır.

2011'de Ortadoğu ve Kuzey Afrika bölgesinde yaşananların da etkisiyle son derece önemli bir şekilde yükseliş gösteren fiyatlar, "Arap baharı" devamında ortaya çıkan siyasi sarsıntılar dolayısıyla çok yüksek seviyelere ulaşmıştır. 2014 Haziran ayında 100 doların çok üstünde meydana gelen petrol fiyatları ile en yüksek seviyeye ulaşılmış sonrasında ise genel itibariyle düşüşler izlenmiştir. Diğer taraftan, 2014 yılı süresince durmak bilmeyen çatışmalar sonucunda Irak ve Libya'da petrol üretiminin kesintiye uğraması söz konusu olurken, iki ülkede de üretimin yükseliş göstermesi, fiyatlardaki azalışa etki eden arz yönlü durumlardan biri haline gelmiştir. 2014 ilk yarısında ise 109 \$/varil olan Brent petrol, Haziran ayında 115 \$/varil seviyesine çıktıktan sonra hızlı bir şekilde düşüş sergilemiş, 2014 yıl sonunda 56 \$/varil civarına düşmüştür. OPEC, Kasım 2014'teki toplantısında petrol fiyatlarında devam eden sert düşüşe karşın üretim kotasında azaltmama kararına gitmiştir. EIA verilerine göre, Eylül 2014'ten sonra dünya günlük petrol üretiminin %39'unu sağlayan OPEC üyesi ülkelerin bu kararının hemen ardından petrol fiyatlarındaki düşüş hız kazanmıştır.⁷ Şubat 2015'te ise 50 dolar düzeylerinde meydana gelen fiyat düzeyleriyle söz konusu eğilim sürdürülmüştür. Petrol fiyatlarında kısa sürede yaklaşık %60 oranında yaşanan bu büyük azalma tüm dünya ekonomisi üzerine son derece etki eden ve yaşanan son yıllardaki en mühim makro durum olarak nitelendirilmiştir.

Petrol fiyatlarının 2014 yılındaki düşüşünde en temel faktör olan ABD kaynaklı petrol üretim artışı, 2014 - 2017 yılları arasında yaklaşık %12 oranında düştükten sonra, 2017 yılının ortalarında yeniden yükselişe geçmiştir. Petrol fiyatları 2016 yılının başında son 20 yılın en düşük seviyesi olan 27 \$/varil seviyesini gördükten sonra kademeli bir toparlanma sürecine girmiş ve 2017 yılına 40-50 \$/varil seviyelerinden başlamıştır. Piyasalar 2017 yılında önce 55 \$/varil seviyelerini zorlamış, ardından 40 \$/varil'in altını görmüş, yılsonuna doğru ise 70 \$/varil seviyelerine yükselmiştir.

Petrol fiyatı tarihindeki değişimlerden en çok dikkat çeken 1970'lerdeki petrol şoku olarak adlandırılmış ve bu global anlamda ekonominin stagflasyon (durgunluk

⁷ Kivılcım Eraydın, "Petrol Fiyatlarındaki Düşüşün Nedenleri ve Etkileri", **Türkiye İş Bankası İktisadi Araştırmalar Bölümü**, Ocak 2015, https://ekonomi.isbank.com.tr/ContentManagement/Documents/ar_01_2015.pdf, (02.04.2019), s. 4.

içinde enflasyon) kavramıyla tanışmasına neden olmuştur. Söz konusu dönemde petrole ait fiyatlarda ilk başta dörde sonrasında ise üç katına çıkarak ciddi artış yaşanmıştır. Bu şaşırtıcı artış enflasyonu yükseltmesinin yanı sıra gelişmiş ülkelerde de ekonominin duraklamasına neden olmuştur. Bu sebeple de petrol fiyatlarındaki meydana gelen yükseliş büyük bir kaygıyla izlenmektedir. Petrolün dünyadaki birçok politik, siyasi ve ekonomik olaydan etkilenmesi ise yapılan bazı öngörülerin de başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilmektedir.

B. Petrol Piyasasının Yapısı

Günümüzde ekonomik ve politik dengede önemli ölçüde etkileyici olan petrol fiyatı küresel petrol talebinin her yönüne, arz ve talebin esnekliğine, üretim kapasitesine, yatırım olanaklarına yön veriyor olup aynı zamanda da bir belirsizliğin içinde yer almaktadır.

Brent petrol fiyatı; İngiltere ve Norveç arasında yer alan Kuzey Deniz’inde üretilen az sülfürlü ve yüksek kaliteli ham petrolün İskoçya’nın Sullom Voe terminalindeki teslimat fiyatıdır. İsmi çıkartıldığı 5 ayrı tabakanın baş harflerinden almaktadır (Broom, Rannoch, Etieve, Ness, Tarbat). Petrol fiyatlarının yıllar boyunca ciddi dalgalanmalar sergilemesi önemli bir konu olmuştur. Küresel çapta öneme sahip olan petrolün fiyatında meydana gelen büyük miktardaki iniş ve çıkışlar, sektörün durumunun sorgulanması bakımından önem göstermekte, bunun yanı sıra birçok ülkenin etkilendiği enerji krizlerine neden olmaktadır.

Bilindiği gibi günümüzde de enerji kaynaklarının içinde en fazla kullanım oranına sahip olan enerji kaynağı petroldür. Bu sebeple ülkeler ve dünya için petrol fiyatı büyük bir önem arz etmekle birlikte fiyatlarda meydana gelen tahmin edilemeyen dalgalanmalar ve bu kaynağın ikamesinin güç oluşu ekonomik ve bunun yanı sıra siyasi problemler de ortaya çıkarmaktadır. Petrol fiyatlarında gözlenebilecek değişiklikler ve bu değişikliklerin yol açtığı ekonomik krizlerin küresel, ekonomik ve politik gelişmeler üzerinde birçok inceleme yapılmıştır.

Petrol, günümüzde bütün ülkelerin ekonomileri bakımından oldukça önemli bir yere sahiptir. Ekonomi açısından en temel girdilerden biri olduğu düşünülen petrol yönünden durum değerlendirildiğinde, petrol fiyatlarının da ekonomik performans açısından ciddi anlamda belirleyici bir rol oynayacağı düşünülebilir. Bu yönden bakıldığında, enerji girdilerinin en önemlilerinden birisi olarak petrol fiyatlarının da incelenmesi gerekmektedir. Ekonomiler doğrudan veya dolaylı olarak petrole

bağımlıdır. Birçok alanda kullanılan petrol, yenilenemeyen enerji kaynağı olması sebebiyle de çok daha fazla önemli hale gelmiştir. Bunun sonucunda petrol fiyatları, dünya ve ülkelerin ekonomik performansı hakkında ipuçları veren önemli göstergelerden birisidir. Doğrudan ya da dolaylı olarak ekonomide yer alan pek çok sektör petrole bağımlılığını sürdürmektedir. Petrol fiyatlarında meydana gelen değişiklikler birbirinden bağımsız ya da birbirini etkileyen birden çok değişkene bağlı olması sebebiyle ülkelerin ve dünyanın ekonomisi üzerinde göz ardı edilemeyecek derecede bir dizi etkileşimler meydana getirmektedir. Öyle ki ham petrol fiyatlarında yükselme yönünde bir farklılaşma meydana geldiğinde bunun etkilerini enflasyon, büyüme, işsizlik gibi birçok makroekonomik değişken üzerinde gösterdiği için fiyatların ve oynaklıkların tahminlenmesi de oldukça önemli bir konu olmuştur.

Sanayi Devrimi sayesinde üretimde makineleşme ve ardından ortaya çıkan küreselleşme, uluslararası ticaretin artmasıyla birlikte üretimin enerjiye fazlasıyla bağlı hale gelmesine neden olmuştur. Dünyadaki sınırlı enerji kaynaklarının homojen olmayan dağılımı ve artan talepleri, bütün önemi enerji üzerine yoğunlaştırmaktadır. Dünya ekonomisinde en fazla kullanım alanına sahip petrol kaynağı da ekonomik büyüme için son derece önemlidir. Buna bağlı olarak petrol fiyatlarındaki artış ve azalışlar, petrol şokları üretim maliyetlerini de etkilemektedir. Aynı zamanda petrole biçilen değer tek taraflı bir şekilde oluşturulması ve ikamesinin hiç de kolay olmaması gibi sebeplerin petrol fiyatları üzerinde etkenler oluşturması mikro ekonomik faktörler olarak değerlendirilir. Ayrıca hem petrol fiyatları hem de kurlardaki değişimlerin etkisi, ülkelerin istihdam, milli hasıla, ödemeler bilançosu, enflasyon (vb.) gibi makro ekonomik faktörlerini de etkilemektedir.

Ekonomik faaliyetler ve petrol fiyatları arasındaki bağ farklı işleyiş kanallarıyla meydana gelmektedir. Bunların birincisi reel balans kanalıdır. Bu kanal yolu ile petrol fiyatlarındaki artışla birlikte fiyatlar genel seviyesinde yükselme görülür ve daha sonrasında toplam talebi düşürerek enflasyonist bir süreç başlamasına sebep olur. Enflasyonist durumda ise reel varlıkların satın alma gücü azalır, buna bağlı olarak da bireylerin gelirleri üzerinde olumsuz etki oluşturur. Böylelikle de reel balans seviyesi düşmüş olur. Azalan reel balanslar da parasal aktarım mekanizması ile resesyonist etkilere neden olabilmektedir. Diğer bir kanal ise maliyet kanalıdır. Bu kanal, temel girdi olarak kullanılan petrol fiyatında görülen bir artışta üretim maliyetlerinde artış yarattığından reel üretimin azalmasına sebep olur. Bu kanallardan üçüncüsü ise talep yönlü kanaldır. Söz konusu kanal ise petrol fiyatlarında meydana gelen değişimin yatırım ve tüketim olguları üzerindeki etkilerini açıklamaktadır. Bu durum petrol

fiyatlarındaki ortaya çıkabilecek bir artışın tüketilebilir gelir tarafına yol açtığı olumsuz faktörlerle birlikte tüketim seviyesinin azalacağını ifade eder. Bunun sonucunda da ortaya çıkan petrol şokunun olumsuz etkileri de zamana paralel olarak şiddetlenecektir. Ayrıca, bu artışlar firmaların üretim maliyetlerini artırıp yatırımları üzerinde aksi etkilere sebep olacağı gibi, ithalatçı ve ihracatçı ülkeler arasında ise gelir aktarımına yol açarak refah seviyesinde tam tersi durumlar ortaya koyacağı söylenebilir.⁸

Mevcut tüm piyasalarda varolan tüm arz ve talep dengesi, nihayetinde fiyatı belirleyen iki temel unsurdur. Fakat petrolün içinde bulunduğu piyasa eksik rekabet koşulları içerisinde yer aldığından ve üretiminin başta Suudi Arabistan olmak üzere bazı hayati noktalardaki ülkelerde bulunmasının meydana getirdiği güç sebebiyle etkilenmektedir. Petrole ait pazarda çok miktarda alıcı ve satıcı olmasına rağmen, üretici sıfatındaki ülkelerin sayısı sınırlıdır ve bu üretici ülkeler arz miktarını ayarlama yöntemiyle petrol fiyatlarını etkileyebilme gücüne sahiptirler. Ekonomik literatürde dile getirdiğimizde ise petrol piyasası; önemli miktardaki üretici pozisyonundaki ihracatçıların elinde bulundurduğu, çoğunlukla istikrarsız olan ve arzı talepten çok daha değişken olan bir yapı sergilemektedir.⁹

Petrol fiyatlarındaki farklılaşma petrolü ithal eden ile ihraç eden ülkelerde birbirinden ayrı neticeler meydana getirmektedir. Örnek vermek gerekirse petrol fiyatlarında gözlenen bir artış petrol ihraç eden ülkelerde döviz gelirlerinde artışa sebep olurken, reel gelir düzeyini arttırmakta ve bu yolla cari işlemler fazlası meydana gelmektedir. Bu durum, petrol bağımlılığı yüksek ithalatçı ülkelerde ise girdi maliyetlerinde artışa yol açarak fiyatları yükseltmekte, döviz rezervlerinde düşüşe neden olmakta, cari açığı artırarak reel gelirleri azaltmaktadır. Özellikle Türkiye gibi cari açıklarını borçlanarak kapatan ülkelerde petrol fiyat artışı makroekonomik istikrarsızlık gibi sonuçlara neden olabilmektedir. Petrol fiyatları yükseliş gösterdiğinde petrol ihraç eden ülkelerin ise reel gelirleri artmaktadır. Dolayısıyla bu durum petrol ithal eden ülkelere petrol ihraç eden ülkelere doğru gelir transferine yol açarak uluslararası gelir dağılımı adaletsizliğinin artış göstermesine sebep olmaktadır.¹⁰

Coğrafi anlamda enerji kaynaklarının ülkeler arasında özdeş bir şekilde dağılmıyor oluşu ve bilhassa sanayi devrimi ile birlikte artmış olan enerji gereksinimi ülkelerin enerji kaynaklarına ve bu sebeple dinamik güce sahip olma isteğiyle güç

⁸ Merter Akıncı, Ergün Aktürk ve Ömer Yılmaz, "Petrol Fiyatları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Opec ve Petrol İthalatçısı Ülkeler İçin Zaman Serisi Analizi", **Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt: 17, Sayı: 1, s. 2.

⁹ Oystein Noreng, **Crude Power Politics and Oil Market**, Norwegian Institue Press, Norway, 2002, s. 21.

¹⁰ Akin Iwayemi ve Babajide Fowowe, "Impact of Oil Price Shocks on Selected Macroeconomic Variables in Nigeria", **Energy Policy**, 2011, Cilt: 39, Sayı: 2, s. 603.

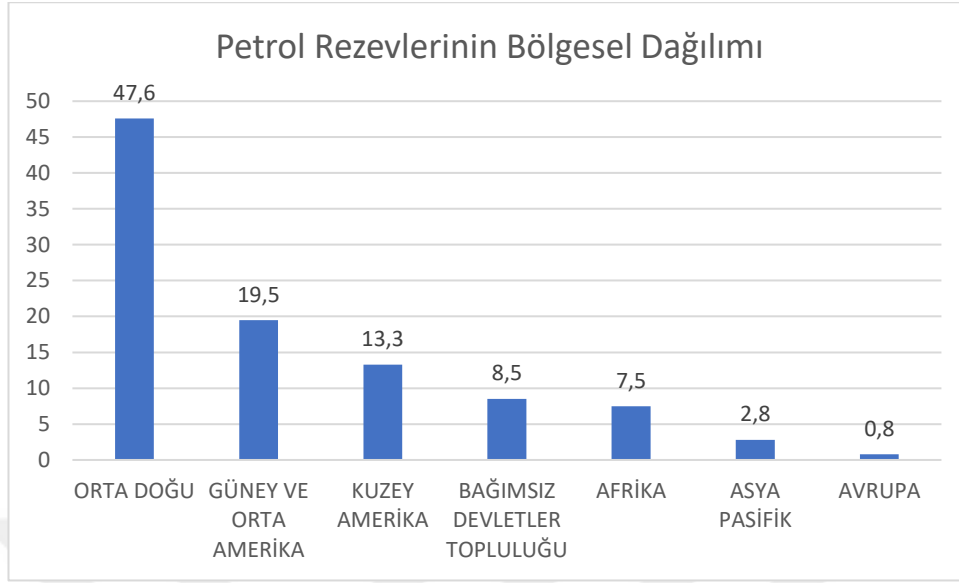
yarışına girme durumunu daha da bariz bir hale dönüştürmüştür. Sanayileşmesini tamamlamış olan ve henüz sanayileşen ülkelerde ise ortaya çıkan enerji talebi söz konusu ülkeleri enerji ithalatı yapmaya yönlendirmiştir. Çünkü sanayi anlamında gelişen ülkelerin sahip olduğu enerji rezervleri çoğunlukla az olurken, Ortadoğu ve Afrika'daki gibi hala sanayi konusunda gelişmemiş, gelişmekte olan çoğu ülke hayati enerji kaynaklarına sahip konumdadır.

“Petrol Rezerv Ömrü” var olan teknolojilerle ekonomik anlamda üretilebilen kanıtlanmış rezervlerin, mevcut üretime bölünmesi suretiyle (R/Ü) elde edilen değerdir. Dünyadaki petrole ait kaynak miktarı, teknolojik ilerlemeler sayesinde devamlı artış göstermektedir. 2016 yılında dünyadaki ham petrol rezerv miktarı 1,7 trilyon varil olarak kaydedilirken, 50,6 yıl olan rezerv ömrü, 2017 yılına gelindiğinde 50,2 yıl olarak hesaplanmıştır. Rezerv miktarları analiz edildiğinde Orta Doğu ilk sırada, Orta ve Güney Amerika bir sonraki sırada yer alırken Kuzey Amerika üçüncü sırada konumlanmaktadır.

Küresel petrol kaynakları dünyanın bazı bölgelerinde toplanmış bulunmaktadır. British Petroleum (2018) tarafından dünya enerji piyasasına dair oluşturulan ana rapor dikkate alındığında 2017 yılı verileriyle dünyada kanıtlanmış petrol rezervlerinin %47,6'sı Orta Doğu'da, %8,5'luk kısmı Bağımsız Devletler Topluluğu (CIS)¹¹'nda, %2,8'i Asya Pasifik bölgesinde, %7,5'i Afrika kıtasında, %13,3'ü Kuzey Amerika'da, %19,5'luk kısmı Güney ve Orta Amerika'da yer alırken %0,8 gibi bir düzeyi de Avrupa'da yer almaktadır. Önemli petrol kaynaklarına sahip olan ülkeler ve ispatlanmış bulunan kaynaklarının, toplam kaynak miktarına oranı aşağıdaki şekilde verilmektedir.

¹¹ Commonwealth of Independent States (CIS): Ermenistan, Azerbaycan, Beyaz Rusya, Kazakistan, Kırgızistan, Moldova, Rusya Federasyonu, Tacikistan, Türkmenistan, Ukrayna, Özbekistan.

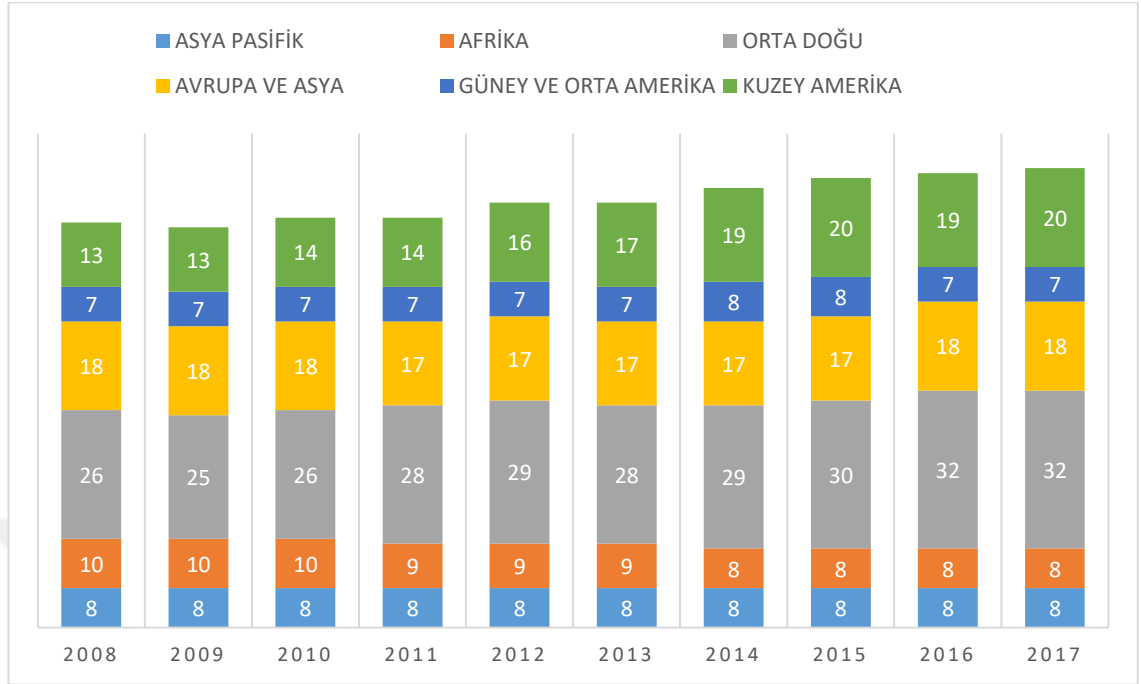
Şekil 2: Petrol Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı



Kaynak: Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018.

2016'da 92 milyon varil/gün olarak hesaplanan petrole ait üretim miktarı, 2017 yılına gelindiğinde %0,68 artış göstererek 92,6 milyon varil/gün'e yükselmiştir. Bu üretime ait %34,5'lik kısım, Orta Doğu'da meydana gelmiştir. Üretimdeki artış 2017 yılında bazı ülkelerde şöyle gerçekleşmiştir; Kanada (%8,1), Brezilya (%4,8), Kazakistan (%10,8), İran (%8,2). Üretim yükselişi oran olarak en çok iç karışıklıkların söz konusu olduğu Libya'da (%102,9) yaşanırken, miktar olarak ise en fazla ABD'de gerçekleşme olmuştur. ABD'de petrol üretimi 12,3 milyon v/g'den %5,6 artarak 13 milyon v/g seviyesine ulaşmıştır. Dünyadaki en büyük üreticilerden Suudi Arabistan ve Rusya'da ise OPEC anlaşması akabinde üretim artışı gerçekleşmemiştir.

Şekil 3: 2008-2017 Dönemi Bölgelere Göre Dünya Petrol Üretimi (Milyon varil/gün)

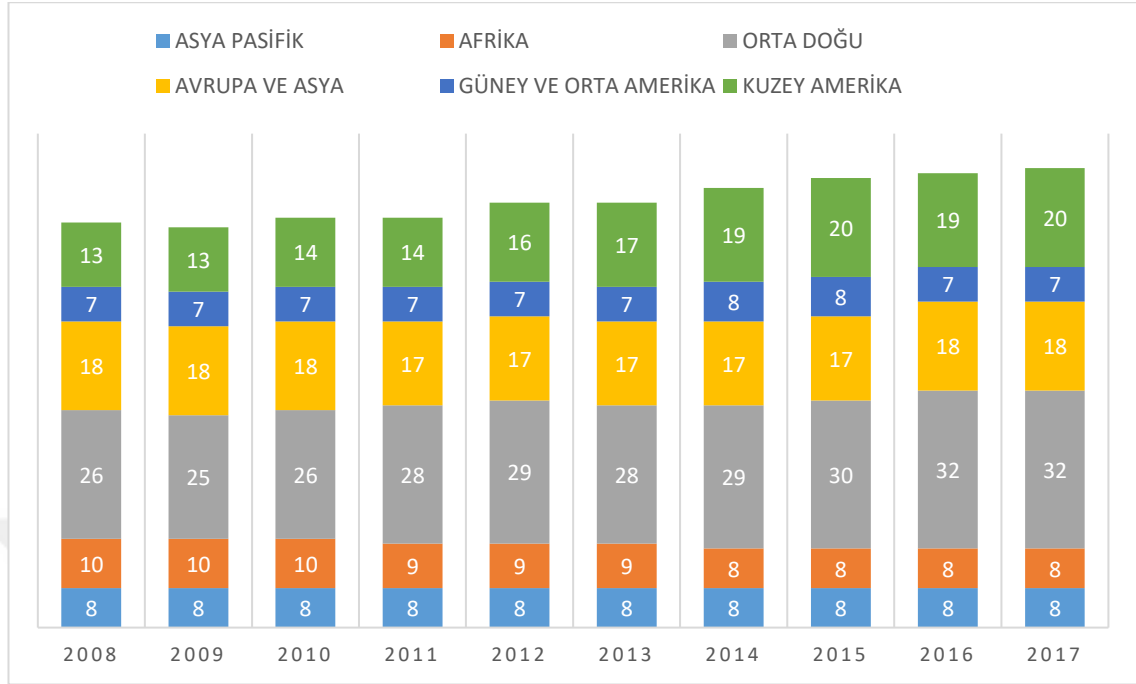


Kaynak: Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın, "Petrol 2018" raporuna göre, üretim kapasitesinin 2017-2023 döneminde 6,4 milyon artması, ilk etapta artışın ABD'den kaynaklanması beklenmektedir. Raporda, ABD ile birlikte artışın yaşanacağı diğer ülkelerin Brezilya ve Kanada olacağı, bu dönemde OPEC dışı üretim artışının 5,2 milyon v/gün'e ve toplam üretimin 63,3 milyon varil/gün'e ulaşacağı öngörülmektedir.

2016 yılında 96,5 milyon varil/gün olan toplam petrole ait tüketim, 2017 yılına gelindiğinde %1,8'lik bir yükselme ile yaklaşık 98 milyon v/g olarak kaydedilmiştir. Bölgeler değerlendirildiğinde ise en ciddi yaşanan yükselişler, Asya Pasifik (%3,3) ile Avrupa ve Avrasya'da (%1,9) kaydedilmiştir.

Şekil 4: 2008-2017 Bölgelere Göre Dünya Petrol Tüketimi (Milyon varil/gün)



Kaynak: Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018.

Petrol fiyatları küresel ekonomide ciddi bir rol oynamakta, hükümetlerin planlarını ve ticari sektörlere etki eden önemli bir faktörü oluşturmaktadır. Bu sebepten gelecekteki dalgalanmaların önsel bilgisi politika yapımcıların daha etkin bir şekilde karar vermesini sağlamak açısından son derece önemlidir. Petrol fiyatına ait tahminler için kullanılan birçok istatistiksel yöntemlere rağmen, petrol fiyatını tahminlemede başarı yüksek bir oran sergilememektedir. Küresel ekonomide petrole ait payın büyük olması sebebiyle, petrol fiyatlarında meydana gelen oynaklıklar politika yapımcıların kararlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Petrol piyasasındaki beklentiler fiyatlarda dalgalanmalara yol açsalar bile bu fiyatlardaki oynaklıkların tahmini son derece önemlidir.

Söz konusu kriz modelleri olduğunda literatürde kullanılan birden fazla değişken ve kriz dönemlerini tahminlemede kullanılan birçok yöntem mevcuttur. Bununla birlikte ise petrol fiyatlarındaki oynaklık değerleri kriz öncesi ve sonrası dönemleri için önemli bir uyarı sistemi olarak nitelendirilmektedir. Bu doğrultuda petrol fiyatlarındaki oynaklık değerlerini öngörebilmek ve alınması gereken önlemlerin hayata geçirilmesi adına önemlidir. Petrol piyasasının analizi, yatırımcılar ile politika yapımcılar açısından son derece önem taşımaktadır ve yatırım kararları ve uygulanacak politikalar bakımından önemli etkileri mevcuttur.

C. Doğalgaz Piyasasının Yapısı

Bir petrol türevi olan doğal gaz; yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Metan (CH_4) ve etan (C_2H_6) olmak üzere türlü hidrokarbonlardan oluşur. Yer altında, çoğunlukla petrol ile birlikte ya da gaz rezervuarlarında bulunmaktadır. Kaynağından çıkarıldığı haliyle herhangi bir işleminden geçirilmeden kullanılabilen doğal gaz, boru hatları yoluyla ya da sıvılaştırılarak tankerler ile taşınır.

Doğal gaz rezervlerinin 79,1 trilyon metreküpü (%40,9) Orta Doğu ülkelerinde, 62,2 trilyon metreküpü (%32,1) Avrupa ve Avrasya ülkelerinde, 33,1 trilyon metreküpü (%17,1) Afrika/Asya Pasifik ülkelerinde bulunmaktadır.¹²

Günümüzde enerji, çevre ve ülkelerin ekonomileri arasında var olan karşılıklı bağımlılık, enerjinin çeşitli boyutlara bürünmesine neden olmuştur. Çevre politikalarında önemi her geçen gün artan enerji kullanımının yol açtığı küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin azaltılması gibi amaçlar, diğer fosil yakıtlara oranla daha az kirlilik yaratan doğalgazın tercih edilmesinde önemli derecede rol oynamaktadır. Bir başka etken ise araştırmacıların dünya üzerindeki petrol rezervlerinin büyük olasılıkla önümüzdeki yarım yüzyıl içerisinde tükeneyeceğini ortaya koyan çalışmalar yapması sonucu, dünya genelinde petrolün alternatifi yerine kullanılabilecek bir enerji kaynağı arayışı içine girilmiş olmasıdır. Çünkü enerji kaynaklarının rezerv yapısı, üretimi, çeşitliliği ve erişilebilirlik durumu ülkelerin enerji politikalarına yön veren unsur olmayı sürdürmektedir. Dünya ekonomisinde 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizlerinin devamında uluslararası enerji sektörü alternatif enerji kaynakları arayışına girmiştir. Enerji sektörünün doğalgazla olan bağlantılarını her basamakta arttırmasının ardından, doğalgazın uluslararası piyasalardaki ehemmiyeti giderek artmıştır. Her geçen gün yaptırımı daha da artan uluslararası ekolojik düzenlemeler doğrultusunda diğer fosil yakıtlarla kıyaslandığında emisyon oranının düşük olması, doğal gazın tercih edilmesinde büyük paya sahip olmaktadır. Bununla birlikte son zamanlarda kayda değer bir enerji kaynağı olan doğalgaza ait üretimde, proje yatırımları, tüketimi, teknoloji imkânlarının geliştirilmesi çalışmaları ve uluslararası ticaretinde önemli ölçüde artış yaşanmıştır.

Dünya çapında doğal gaz fiyatları için çeşitli mekanizmalar vardır. Bunlardan en sık kullanılan üç farklı fiyatlandırma mekanizması mevcuttur. Bunların ilki "Oil-Linked" fiyatlamada ticareti yapılan uzun vadeli kontraktlarda ham petrol veya petrol ürünleri ile doğal gazın fiyatı bazı indirim faktörleriyle ilişkilendirilmektedir. İkincisi, ayarlanan

¹² Mart 20, 2019 tarihinde <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz> adresinden alındı.

fiyatlarda devlet üretim ve diğer maliyetleri halka yansıtılmakta iken, üçüncü uygulamada ise rekabetçi piyasa fiyatlamasında ticaret noktaları ile piyasa noktaları oluşturulup arz ve talep edenler arasında fiyat belirlenmektedir. Daha öncede belirtildiği üzere henüz uluslararası düzeyde bütünleşik bir global piyasa yokken farklı fiyat mekanizmaları yerel piyasalara hakimdir. Yukarıda da değinildiği gibi piyasa değişim halinde olup ve bu tür işlemlerin zamanı belirsiz olmakla birlikte yakın zamanda etkin piyasaya ağ ve iletişim teknolojileriyle mümkün kılınacaktır. Tarihsel olarak doğal gaz fiyatları üretim maliyeti ile oluşturulurken boru firmaları gazı satın alır düzenlenmiş bir fiyattan depolar kendi imkânı ile taşır ve satar fiyata bu maliyetleri yükler ve tek fiyat sunardı. 1993'te köken fiyatlama kamuca belirlenmeye başlanmıştır. Bugün ise en etkin ve en çok takip edilen fiyatlar Louisiana Henry Hub fiyatlarıdır¹³.

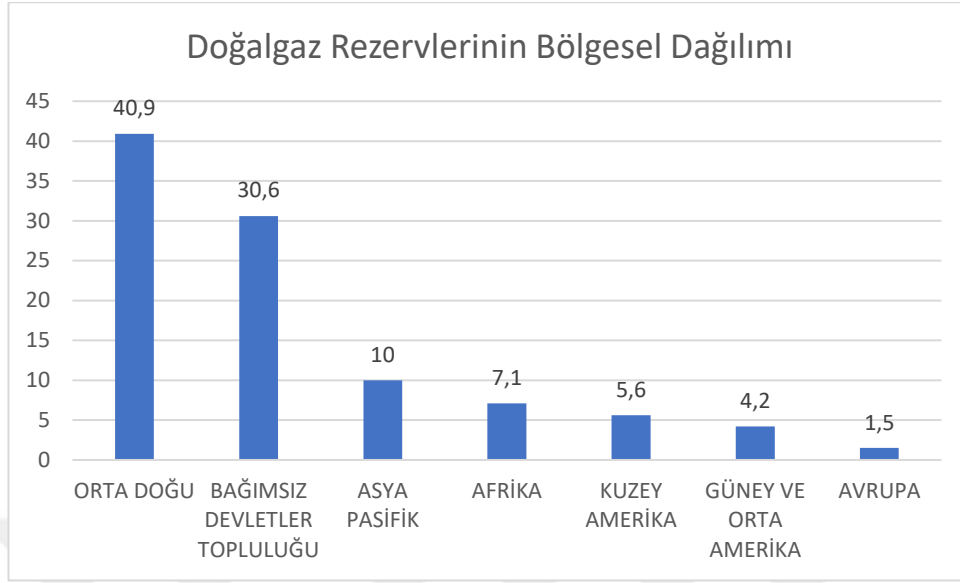
Henry Hub piyasası 1988 Mart ayında çalışmalara başlamıştır. Henry Hub'ta doğal gaza dayalı vadeli işlem sözleşmeleri ve opsiyonlar 1990 Nisan ayında New York Mercantile Exchange (NYMEX)'de işlem görmeye başlamıştır. NYMEX'te düzenlenen sözleşmeler 10 milyon Btu'ya denk doğal gazın vade tarihinde Henry Hub piyasasındaki fiyat esas alınarak sözleşme sahibine teslim edilmesine yöneliktir. NYMEX vadeli işlem araçları ile hâlen ABD'de günlük fiziksel teslimi yapılan doğal gaz miktarının takribi yirmi katı kadar doğal gaz ticareti yapılmaktadır. NYMEX'te aracı şirket pozisyonunda hizmet veren CME Group, doğal gaz vadeli işlem sözleşmelerinin günümüz itibariyle dünyada en fazla işlem hacmine sahip üçüncü büyük emtia türü olduğunu belirtmektedir.¹⁴

Küresel doğal gaz rezervleri dünyanın bazı bölgelerinde kümelenmiş bulunmaktadır. British Petroleum (2018) tarafından dünyadaki enerji piyasasına dair oluşturulan ana rapora göre 2017 yılı verileriyle dünyada kanıtlanmış doğal gaz kaynaklarının %40,9'u Orta Doğu'da, %30,6'sı Bağımsız Devletler Topluluğu (CIS)'nda, %10'u Asya Pasifik bölgesinde, %7,1'i Afrika kıtasında, %5,6'lık kısmı Kuzey Amerika'da bulunmakta, %4,2'si Güney ve Orta Amerika'da yer alırken %1,5 gibi bir düzeyi de Avrupa'da yer almaktadır. Önemli doğal gaz kaynaklarına sahip olan ülkeler ve ispatlanmış bulunan kaynaklarının, toplam kaynak miktarına oranı aşağıdaki şekilde verilmektedir.

¹³USA Energy Information Administration, **World Oil Outlook 2013**, [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf), (03.03.2019), s. 45.

¹⁴Howard Rogers, **The Impact of a Globalizing Market on Future European Gas Supply and Pricing: the Importance of Asian Demand and North American Supply**, Oxford Institute for Energy Studies, Oxford, 2012, s.15.

Şekil 5: Doğalgaz Rezervlerinin Bölgesel Dağılımı



Kaynak: Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018.

British Petroleum (2018) tarafından açıklanan istatistiki verilere göre global doğal gaz verilerinde 2017 yılında %3'lük (96 bcm) tüketim ve %4'lük (131 bcm) üretim oranı finansal krizlerin hemen ardındaki artıştan beri en hızlı artışlarını kaydettiler. Tüketimdeki artış, Ortadoğu (İran% 6,8, 13 bcm) ve Avrupa'daki artışlarla desteklenirken özellikle Çin'deki (% 15,1, 31 bcm) güçlü büyüme ile büyük ölçüde Asya tarafından yönlendirildi.

Tablo 1: Bazı Ülkelerin Doğal Gaz Tüketimi (Milyon Ton Petrol Eşdeğeri)

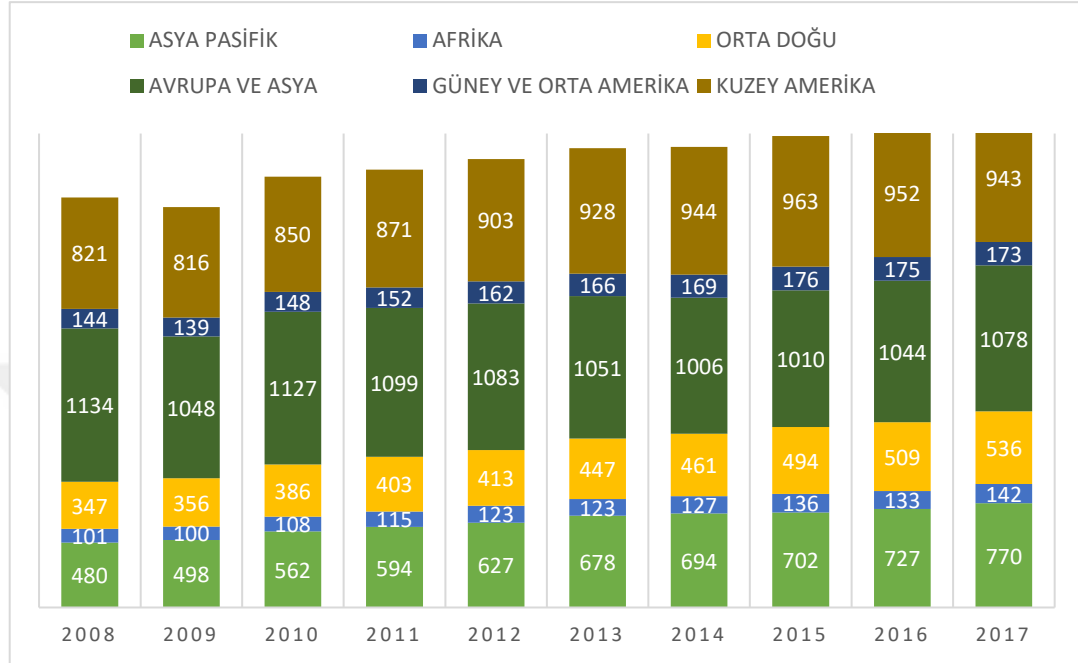
Ülkeler	Doğalgaz		Değişim	Toplamdaki Payı
	2016	2017		
ABD	645.1	635.8	-1.5%	20.1%
KANADA	94.1	99.5	5.4%	3.2%
MEKSİKA	79.0	75.3	-4.8%	2.4%
TOPLAM KUZEY AMERİKA	818.2	810.7	-0.9%	25.7%
ARJANTİN	41.6	41.7	0.3%	1.3%
BREZİLYA	32.4	33.0	1.6%	1.0%
KOLOMBİYA	9.2	8.6	-6.4%	0.3%
VENEZUELA	33.0	32.4	-1.8%	1.0%
TOPLAM ORTA VE GÜNEY AMERİKA	150.6	149.1	-1.0%	4.7%
NORVEÇ	3.8	3.9	3.4%	0.1%
İNGİLTERE	69.6	67.7	-2.8%	2.1%
TOPLAM AVRUPA	434.7	457.2	4.9%	14.5%
KAZAKİSTAN	13.6	14.0	3.0%	0.4%
RUSYA	361.3	365.2	1.1%	11.6%
TOPLAM CIS	492.6	494.1	0.3%	15.7%
İRAN	173.1	184.4	6.1%	5.8%
IRAK	8.5	10.3	17.3%	0.3%
KUVEYT	18.1	19.0	4.9%	0.6%
KATAR	37.1	40.8	9.1%	1.3%
SUUDİ ARABİSTAN	90.6	95.8	5.5%	3.0%
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ	62.3	62.1	-0.4%	2.0%
TOPLAM ORTA DOĞU	437.6	461.3	5.1%	14.6%
CEZAYİR	33.2	33.4	0.7%	1.1%
TOPLAM AFRİKA	114.5	121.9	6.1%	3.9%
ÇİN	180.1	206.7	12.9%	6.6%
HİNDİSTAN	43.7	46.6	6.2%	1.5%
JAPONYA	100.1	100.7	0.6%	3.2%
KUZEY KORE	41.0	42.4	3.5%	1.3%
ENDONEZYA	32.9	33.7	2.3%	1.1%
TOPLAM ASYA PASİFİK	1556.1	1598.0	2.6%	21.0%
TOPLAM	4408.6	4469.7	1.4%	100.0%

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, June 2018

2017’de dünya çapında doğal gaz talebi, evvelsi yıla göre %3 artış göstererek, 3,6 trilyon m³ olarak hesaplanmıştır. Talep artışı, son zamanlarda Afrika (% 6,8), Asya Pasifik (%6,2), Orta Doğu (%5,7), Avrupa (%5,5) ve Avrasya’dan (%0,6)

kaynaklanmıştır. Buna ek olarak, Kuzey Amerika (%0,7) ve Orta ve Güney Amerika'da daralma (%0,7) gözlenmiştir.

Şekil 6: 2008-2017 Dünya Doğal Gaz Tüketimi



Kaynak: Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018.

IEA'ya göre Dünya gaz talebinin 2023 yılına kadar her yıl %1,6 oranında artacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda en yüksek talep artışının Asya Pasifik ve Orta Doğu'da yaşanması beklenmektedir.

British Petroleum (2018) tarafından açıklanan istatistiki bilgilere göre küresel doğalgaz üretim miktarı %4'e karşılık gelen 131 milyon metreküp (bcm) kadar artış gösterdi ve bu artış 10 yıllık ortalama büyüme oranının neredeyse iki katına denk gelmektedir. Üretim miktarında en büyük artışı 46 milyon metreküp (bcm) ile Rusya gösterirken peşinden 21 milyon metreküp (bcm) ile İran takip etmektedir.

Aşağıdaki tabloyu incelediğimizde, dünya doğal gaz üretiminin büyük çoğunluğu ABD, Rusya ve Suudi Arabistan tarafından gerçekleştirilmektedir.

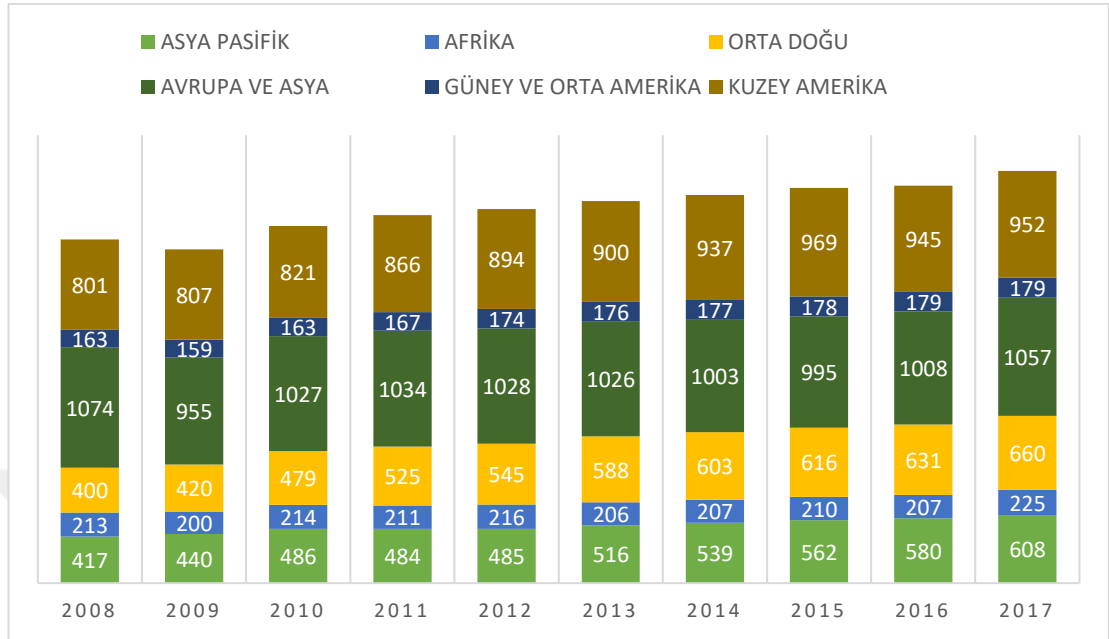
Tablo 2: Bazı Ülkelerin Doğal Gaz Üretimi (Milyon Ton Petrol)

Ülkeler	Doğalgaz		Değişim	Toplamdaki Payı
	2016	2017		
ABD	627.1	631.6	0.7%	20.0%
KANADA	147.6	151.6	2.7%	4.8%
MEKSİKA	37.5	35.0	-7.3%	1.1%
TOPLAM KUZEY AMERİKA	812.2	818.2	0.7%	25.9%
ARJANTİN	32.1	31.9	-0.4%	1.0%
BREZİLYA	21.1	23.7	10.8%	0.7%
KOLOMBİYA	9.4	8.7	-7.3%	0.3%
VENEZUELA	32.7	32.2	-1.6%	1.0%
TOPLAM ORTA VE GÜNEY AMERİKA	153.7	153.9	0.1%	4.9%
NORVEÇ	99.6	106.0	6.0%	3.3%
İNGİLTERE	35.9	36.0	0.3%	1.1%
TOPLAM AVRUPA	205.1	208.0	1.4%	6.6%
KAZAKİSTAN	19.7	23.3	15.4%	0.7%
RUSYA	506.7	546.5	7.3%	17.3%
TOPLAM CIS	661.9	701.2	5.6%	22.2%
İRAN	174.7	192.5	9.3%	6.1%
IRAK	8.5	8.9	4.8%	0.3%
KUVEYT	14.1	14.9	5.4%	0.5%
KATAR	152.2	151.1	-0.7%	4.8%
SUUDİ ARABİSTAN	90.6	95.8	5.5%	3.0%
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ	51.2	52.0	1.5%	1.6%
TOPLAM ORTA DOĞU	542.4	567.4	4.4%	17.9%
CEZAYİR	78.6	78.5	-0.2%	2.5%
NİJERYA	36.7	40.6	9.7%	1.3%
TOPLAM AFRİKA	178.0	193.5	8.0%	6.1%
ÇİN	118.6	128.3	7.5%	4.1%
HİNDİSTAN	23.5	24.5	4.1%	0.8%
ENDONEZYA	60.8	58.4	-4.1%	1.8%
TOPLAM ASYA PASİFİK	498.9	522.4	4.5%	16.5%
TOPLAM	3052.3	3164.6	4.0%	100.0%

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, June 2018

Aşağıdaki şekli incelediğimizde 2016'da, dünya çapında 3,55 trilyon m³ olarak meydana gelen doğal gaza ait üretim, 2017'de, %0,3 artışla 3,68 trilyon m³ olarak hesaplanmıştır. Bilhassa Avrasya (%6,2) ve Orta Doğu (%4,9) ortaya çıkan oransal üretim artışları, 2017'de dikkatleri üzerine toplamaktadır.

Şekil 7: 2008-2017 Arası Bölgelere Göre Dünya Doğal Gaz Üretimi



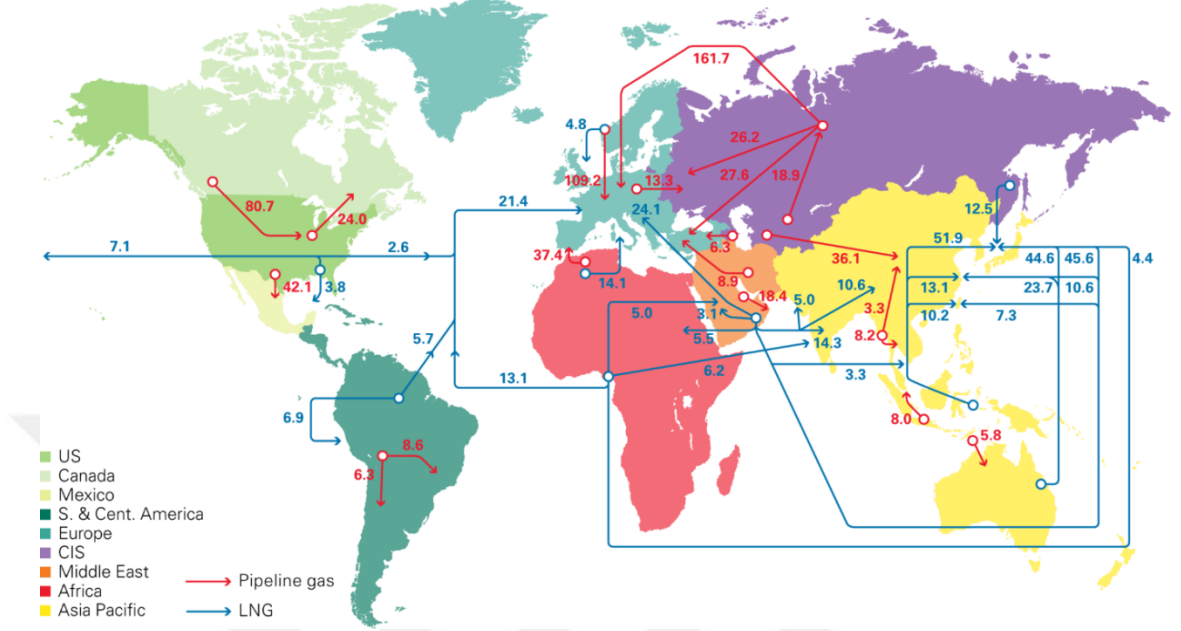
Kaynak: Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018.

IEA'ya göre doğal gaz ticaretinin 2017 yılından itibaren artmaya devam etmesi beklenmektedir. Bölgeler arası doğal gaz ticaretinin toplam doğal gaz ticaretinin %31'ine gelmesi beklenirken, özellikle LNG'nin payının %40'a hacim olarak ise 505 milyar m³'e ulaşması beklenmektedir. Bu durum üzerinde etkili olan husus büyük ölçüde LNG'nin enerji portföyü konusunda esneklik ve enerji arz güvenliği boyutunda farklı ülkelerin tedarik sağlaması hususunda avantajlar getirmesi beklenmektedir. Yine doğal gaz fiyatlaması konusunda petrole endeksli sözleşmelerin ağırlığının giderek azalması ve spot fiyatlamasının artması beklenmektedir.¹⁵

BP raporuna göre doğal gaz ticareti, boru hattı ticaretinde LNG'nin üzerinde bir büyüme kaydederek %6,2 (63 bcm) civarında bir artış göstermiştir.

¹⁵ Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018, http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektor_rapor_2017.pdf, (20.04.2019), s.24.

Şekil 8: Dünya Çapında Doğal Gaz Ticareti Haritası (Milyar m³)



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, June 2018.

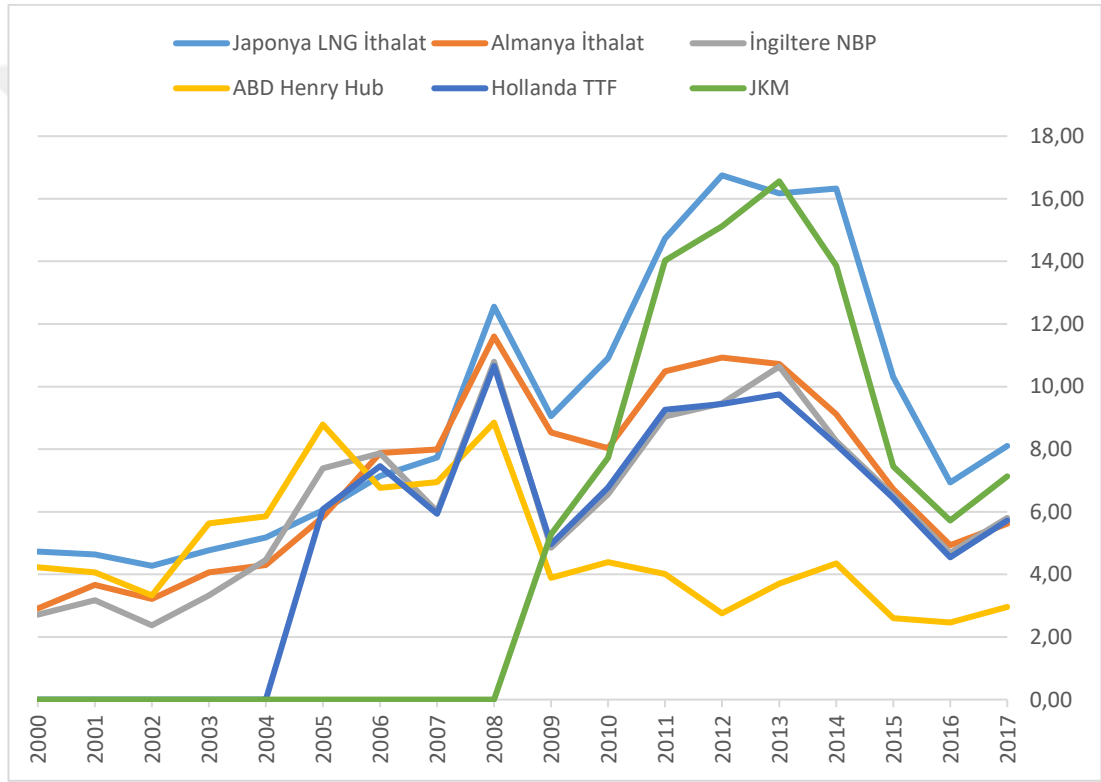
Yeryüzünde her türlü kaynaktan üretilen enerjinin dörtte üçlük kısmının üretildiği bölgelerde tüketimi sağlanırken, kalan %25'lik kısmı ise uluslararası enerji ticaretine kaynaklık etmektedir. Dünyada doğal gaz tüketimi ve kullanımına olan ilginin artış göstermesi, yeni kaynakların keşfedilmesi ve üretime ait teknolojilerin gelişmesi yoluyla doğal gazın üretildiği ve bunun yanı sıra tüketildiği bölgeler de gitgide yaygınlaşmaktadır. Bu durum ise doğal gazı değerli bir dış ticaret ürünü durumuna dönüştürmüştür. Doğal gaz ticareti kapsamında pek çok sayıda uluslararası anlaşmalar yapılmakta ve doğal gaz dünya borsalarında alınıp satılmaktadır.

Günümüzde global anlamda entegre olmuş doğal gaz piyasası mevcut değildir. Bazı ekonomik ve tarihî deneyimlerin yanı sıra doğal gaz rezervlerinin bölgelerde birbirinden farklı dağılımı sebebiyle başka bölgesel piyasalarda mevcut olan birbirinden farklı fiyatlandırma mekanizmaları çalışmaktadır.

Doğal gaz piyasalarına ait serbestleşme aksiyonları Kanada, ABD ve İngiltere'de farklı bölgelere göre daha önce başlamıştır. Avrupa'da doğal gaz piyasalarının serbestleşme süreci devam ederken Asya'da ise Pasifik'e kıyısı olan ülkeler öncelikli olmak üzere boru hattıyla ithalatın mümkün kılınamaması nedeniyle LNG'ye olan bağıllık devam etmektedir. Bu durumda da Kuzey Amerika, Asya, Avrupa ve İngiltere olarak dört tane ana doğal gaz piyasasının varlığından söz etmek mümkün

olabilmektedir. Her bir bölgesel doğal gaz piyasası ise hususi tedarik fiyatları, doğal gaz talep miktarları, rekabetin şekil ve şartları ile oluşturulmaktadır. Söz konusu piyasalarda doğal gaz fiyatlarına ait gelişim aşağıdaki tablo ve şekilde belirtilmektedir. 2017 sonunda ABD Henry Hub borsasında 1 mmBtu doğal gaz 2,96 ABD dolarından işleme alınırken, söz konusu fiyat İngiltere NBP'de 5,80 \$/mmBtu düzeylerindedir. Japonya'nın sahip olduğu doğal gaza ait ithalat maliyeti mmBtu başına 8,10 ABD dolar hesaplanırken, Kıta Avrupası'nın en yüksek payına sahip doğal gaz tüketicisi olan Almanya'da ise 5,62 \$/mmBtu olarak ortaya çıkmıştır.

Şekil 9: Dünya Piyasalarında Doğal Gaz Fiyatlarına Ait Tarihsel Gelişim



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, June 2018.

Tablo 3: Dünya Piyasasında Yıllık Bazda Doğalgaz Fiyatları (\$/mmBtu)

Yıllar	Japonya LNG İthalat	Almanya İthalat	İngiltere NBP	ABD Henry Hub
1984	5,10	4,00	-	-
1985	5,23	4,25	-	-
1986	4,10	3,93	-	-
1987	3,35	2,55	-	-
1988	3,34	2,22	-	-
1989	3,28	2,00	-	1,70
1990	3,64	2,78	-	1,64
1991	3,99	3,23	-	1,49
1992	3,62	2,70	-	1,77
1993	3,52	2,51	-	2,12
1994	3,18	2,35	-	1,92
1995	3,46	2,43	-	1,69
1996	3,66	2,50	1,87	2,76
1997	3,91	2,66	1,96	2,53
1998	3,05	2,33	1,86	2,08
1999	3,14	1,86	1,58	2,27
2000	4,72	2,91	2,71	4,23
2001	4,64	3,67	3,17	4,07
2002	4,27	3,21	2,37	3,33
2003	4,77	4,06	3,33	5,63
2004	5,18	4,30	4,46	5,85
2005	6,05	5,83	7,38	8,79
2006	7,14	7,87	7,87	6,76
2007	7,73	7,99	6,01	6,95
2008	12,55	11,60	10,79	8,85
2009	9,06	8,53	4,85	3,89
2010	10,91	8,03	6,56	4,39
2011	14,73	10,49	9,04	4,01
2012	16,75	10,93	9,46	2,76
2013	16,17	10,73	10,64	3,71
2014	16,33	9,11	8,25	4,35
2015	10,31	6,72	6,53	2,60
2016	6,94	4,93	4,69	2,46
2017	8,10	5,62	5,80	2,96

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, June 2018.

Doğalgaz fiyat hareketleri değerlendirildiğinde, kış aylarında doğal gaz fiyatlarının bütün coğrafyalarda yükselişe geçtiği görülmektedir. Önümüzdeki dönemde, Japonya LNG fiyatlarında giderek petrol fiyatlarının etkisinin azalması, fiyat

formülasyonunda petrolün daha az tercih edilmesi beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı, 2040 yılına kadar olan projeksiyonunda, Asya piyasalarında doğal gaz fiyatlarının diğer piyasaların üzerinde seyretmesini beklemektedir. Ayrıca, ABD'nin Henry Hub fiyatlarına bağlı LNG ihraç fiyat formülasyonu kullanması nedeniyle, dünyanın diğer bölgelerinde de Henry Hub doğal gaz fiyatı ile ilişkili fiyat hareketlerinin oluşması beklenmektedir.

Doğal gaz arzının çeşitli kaynaklardan, farklı alım koşulları ile elde edilebilmesi, talebin ise çok değişik niteliklerde olması nedeniyle doğalgaz piyasası oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Dünyanın önde gelen doğalgaz rezervleri ve üretim alanlarının Orta Asya-Hazar ve Ortadoğu gibi belirli bölgelerde yoğunlaşması, bu enerji kaynağının siyasi bir araç haline gelmesine neden olmuştur. Doğalgaz rezervlerine sahip ülkeler konumlarını, sahip olmayanlar üzerinde bir üstünlük olarak ve siyasi alanda kendi lehleri doğrultusunda kullanabilmektedirler. Bazı güçler tarafından hem ulusal güvenliğin sağlanması hem de ekonomik zenginliğin artırılmasında kullanılmakta olan doğalgaz kaynağının rezerv, üretim ve iletim güvenliğinin sağlanması hususunda, uluslararası bazı anlaşmalar yapılmakta ve bazen de çatışma-savaşlar meydana gelebilmektedir.

Doğal gaz, çevre dostu bir kaynak olması dolayısıyla ve kuyu başı fiyatları bakımından da kendisinden başka birincil enerji kaynaklarına kıyasla daha az maliyetli olması sebebiyle oldukça avantajlı bir enerji kaynağı olarak sektörde yerini almaktadır. Bunun yanı sıra, dünya enerji tarihçesinde ana enerji kaynağı yönünden yaşanan dönemsel geçişlerde odun, kömür ve petrol gibi kaynakların yer aldığı kümeye doğal gazın dâhil olamadığı, fakat günümüzde petrolün yerini alıp alamayacağının düşünüldüğü ve tartışıldığı gözlemlenmektedir. Fakat buradaki en önemli etken şüphesiz doğal gazın taşınmasında ortaya çıkan kısıtlayıcı unsurlardır.

Doğal gaz piyasasının petrole göre daha fazla sermaye yoğun özelliği, doğalgaz fiyatının küresel enerji piyasasını doğrudan yönlendirici bir fiyat olmamasına yol açmaktadır. Bu nedenle küresel doğalgaz piyasası, dar ve bölünmüş bir yapıya sahiptir. Bununla birlikte, doğalgaz fiyatları %80 oranında petrol fiyatlarına bağımlıdır. Doğalgaz fiyatlarının belirlenmesinde henüz OPEC gibi bir kuruluş mevcut olmadığından, OPEC doğalgaz ihraç eden ülkeler için önemli bir konuma sahiptir. Petrol fiyatlarında ortaya çıkan bir artış, gaz fiyatlarına da alım anlaşmalarındaki sürelerle bağlı bir şekilde 3 ila 6 ay gecikmeli olarak yansımaktadır.¹⁶

¹⁶ Bircan Dokuzlar, **Dünya Güç Dengesinde Yeni Silah Doğalgaz Orta Asya'dan Avrupa'ya**, IQ Kültür Sanat Yayıncılık, 2006, s. 36.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2012 raporuna göre "Doğal Gazın Altın Çağı" başlamıştır. Bu belirlemeye etken en büyük sebep ise geleneksel olmayan doğal gaz kaynakları olarak nitelendirilen kaya gazı, kömür yataklı metan gibi üretime ait girdi-çıktı maliyetlerini daha ucuz hale getiren teknolojilerin ortaya çıkması yoluyla, Amerika Birleşik Devletleri'nde doğal gaz üretiminde meydana gelen kayda değer artış ve fiyatlarda ortaya çıkan azalışın doğal gaz piyasalarına aksettireceği pozitif beklentilerdir.

D. Petrol ve Doğalgaz Fiyatlarını Etkileyen Faktörler

Enerji piyasası pastasından büyük dilime sahip olan petrol piyasasında ortaya çıkan değişimlere bağlı durumda olan birçok risk mevcuttur. Petrol fiyatlarında meydana gelebilecek değişimler ithalatçı ve ihracatçı ülkeleri ekonomik alanın yanı sıra birçok alanda etki etme gücüne sahiptir. Petrol fiyatlarında oluşan ani iniş ve çıkışlar, tüm paydaşlarını etkilediği gibi dünya ekonomisi tarafında da yüksek risk meydana getirmektedir.

Günümüzde petrolü dünyada var olan en önemli ticari mal olarak tanımlamak mümkündür. Fiyat hareketlerini göz önünde bulundurduğumuz zaman zincirleme olarak birçok ekonomik etkiye sebep olan tek hammaddedir. Petrole ait arz ve talebin kısa dönem içerisindeki düşük fiyat esnekliği, fiyat değişimlerinin, miktar değişimlerinden daha çok ticari alanda dengeleri ve enflasyon oranını etkileyeceği söylenebilir.

Petrol fiyatlarındaki ciddi değişiklikler 1970 yılından beri talepte meydana gelen değişikliklerden değil, arz miktarlarındaki beklenmedik değişimler dolayısıyla ortaya çıkmıştır. Petrole ait arz ve fiyatlar, petrol piyasasını ekonomik ve politik güçlerin bir araya geldiği önemli ve tek alan haline getiren OPEC bünyesinde olan sınırlı sayıdaki üretici tarafında yer alan Orta Doğu ülkeleri tarafından belirlenmektedir. Önde gelen üretici konumunda olan ülkelerin Orta Doğu'da yer almasından kaynaklanan bölgedeki politikaların piyasa üzerindeki etkisi de petrol pazarında dikkate alınması gereken en önemli maddelerdendir. Bununla birlikte petrol talebi ise günlük tüketimlere ilaveten, dünya üzerinde ortaya çıkan jeopolitik faktörlere karşılık mevsimsel değişimlerden de etkilenen spekülasyon hareketleriyle de belirlenen piyasa yapısının birleşiminden

oluşmaktadır.¹⁷ Bu etkenler petrol piyasasını diğer mal ve hizmet piyasalarından ayıran önemli özelliklerdir. Petrol fiyatlarının oluşumu, arz ve talep dengesinde var olan ve olması beklenen değişikliklerden büyük ölçüde etkilenmektedir. Petrol fiyatlarındaki stabilizasyon, petrol arzındaki duyarlı bir dengeye gereksinim duymaktadır. Bu doğrultuda petrol mevcudunu kontrol altına alarak arz miktarına yön verilebilmektedir. Petrol fiyatlarının oluşumundaki etkisi fazla hissedilmeyen üretici ülkelerin birçoğu, farklı maliyetlere göre değişen fiyatlara adapte olabilmektedir.

Doğal gaz ve petrolü diğer kaynaklardan ayıran bazı özellikler bulunmaktadır. Bunlar;

- Enerji kaynağı tespit edildikten sonra üretime kadar geçen süre zarfında yüksek bir risk ve hesaplanamayan belirsizliğe sahip olması,
 - Üretimden tüketime gerçekleştirilecek her kademe de diğer ürün piyasalarına kıyasla daha yüksek miktarda sermaye gerektirmesi,
 - Petrol ve doğal gazın üretildiği alanların gerekli özellikleri ve ürün kalitesindeki farklılıkları sebebiyle maliyetlerinin değişiklik göstermesi,
 - Kaynaklarının sınırlı olması,
 - Dünya üzerinde belli ülke ve bölgelerde toplanmış olması,
 - Üretim sürecine kaynak sahibi olan ülke yöneticisi ile üretimi yapan şirketin de müdahil olması,
 - Enerji ürünlerine olan rağbetin esnek olmaması,
 - Üretim kapasitesinin kısıtlı olması nedeniyle arzın sınırlı olması,
 - Arz piyasasının menfaatçi yapıda olması,
 - Engellenemeyen dış nedenlerin piyasada ki etkinliğinin sağlanamaması
- örnek olarak verilebilir.¹⁸

Son yıllarda petrol ve doğal gaz fiyatları toplam talebin yeniden canlanması ve kârı kısıtlayan olguların gündeme gelmesi ile birlikte keskin bir şekilde artış göstermeye başlamıştır. Doğal gaz piyasası analizcileri genellikle hava koşullarının ve depolama

¹⁷ Khalid Al-Rodhan ve Anthony Cordesman, "The Changing Risks in Global Oil Supply and Demand: Crisis or Evolving Solutions?", **Centre for Strategic and International Studies**, Sayı: 1, 2005, s. 7

¹⁸ Ralf Dickel, Gürbüz Gönül, Tim Gould, Miharu Kanai, Andrei Konoplyanik, Putting a Price on Energy International Pricing Mechanisms for Oil and Gas, **Energy Charter Secretariat**, Brüksel, 2007, https://energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Thematic/Oil_and_Gas_Pricing_2007_en.pdf, (13.03.2019), s. 46.

maliyetlerinin doğal gaz fiyatlarında ki temel belirleyiciler olduğunu kabul etmektedirler¹⁹.

Petrol fiyatları konusunda etkili olan bazı temel ve ikincil faktörler vardır. Temel faktörleri kapsayan arz-talep dengesi genelde uzun dönemde etkili olurken, ikincil faktörler de kısa dönemde etkisini göstermektedir. Bununla beraber, kısa dönemde etkisini gösteren faktörler toplamının, uzun dönemde etkili oldukları da görmezden gelinmemelidir. Çünkü, herhangi bir kısa dönemli etkiyi diğer bir kısa dönemli etki takip etmekte, böylelikle de kalıcı olmaktadır. Başka bir deyişle, petrol fiyatlarının belirli bir miktarını kısa dönemli etkiler oluşturur.

Doğal gaz fiyatları piyasada arz ve talebi dengelemektedir. Kısa dönemde arz ve talepte yaşananacak belirgin değişimler genellikle daha geniş fiyat hareketlerine neden olmakta, bu durum arz ve talebi dengeye getirmektedir. Fiyatları ve oynaklıkları etkileyebilecek arz yönlü faktörler içerisinde doğal gaz stokları, üretim ithalat ve taşıma kısıtları yer almaktadır. Depolama seviyesi yüksek talep dönemlerinde fiziksel bir korunma sunması dolayısıyla daha fazla önemli olmaktadır. Depolardaki seviyelerin ortalamanın altına düşmesi durumunda arz yönlü kısıntılar olacağına dair algılayışlar yaratmakta ve bu durum fiyatlar üzerine baskı oluşturmaktadır. Benzer olarak stoklarda ki net değişim o dönemde tüketim ile arz arasında ki göreceli dengeyi ifade etmektedir. Bu nedenle stoklardan normalin üzerinde bir kullanım gerçekleştirmek veya normal değerlerin altında bir ekleme yapmak geçmiş dönemlerde eş zamanlı fiyatlarla analiz edildiğinde kısa dönem fiyatlarında ani yükselişlere neden olmaktadır. Talep tarafında, sıcaklık değişimleri kısa dönemli etkiler arasında en önemli etmenlerden birisidir. Soğuk aylar boyunca hanehalkı ve ticari işletmeler son tüketici olarak ısınma ihtiyaçlarına yönelik olarak daha fazla doğal gaz tüketme eğilimi içerisinde oldukları ve bu durum doğal gaz fiyatları üzerinde baskı yaratmaktadır. Birçok enerji üretim tesisinin hava soğutma sistemlerine gerekli yakıtı sağlamak üzere doğal gazı ihtiyaç olduğu mevsimlerde de fiyatlar üzerinde baskılar olacaktır.

2000 ve 2001 yıllarında meydana gelen oldukça yüksek bir seyir izleyen petrol fiyatları, tüketicileri oldukça zorlamış ve petrol fiyatlarını gündemin en önemli konusu haline getirmiştir. Bilhassa 2005 yılının ikinci yarısından sonra yükseliş gösteren ve günümüzde bile önemli bir noktada yer alan petrol fiyatları söz konusu olduğunda, birbirinden farklı senaryolar ve araştırmalar ile gelecek tahminleri gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda petrol arzı ve fiyatları sebebiyle ortaya çıkan

¹⁹Catherine Kyrtsoy, Anastasios G. Malliaris, Apostolos Serletis, "Energy Sector Pricing: On The Role of Neglected Nonlinearity", **Energy Economics**, Cilt: 31, Sayı: 3, May 2009, s. 494.

endişeler, enflasyon oranları, ticaret dengeleri ve hükümetlerin başarıları üzerindeki kaygılar artış göstermektedir.

Doğal gaz fiyatı, petroldeki gibi enerji güvenliği kapsamında değerlendirildiğinden stratejik bir öneme sahiptir. Piyasada fiyatlar arz-talep dengesiyle birlikte doğalgaz üreticisi olan ülkelerin ve hatta şirketlerin uyguladıkları politikalardan etkilenecek belirlenmektedir. Fiyat konusunda, Avrupa ve Japonya pazarları ön plana çıkarken, Avrupa gaz fiyatlarının, Japonya'nın doğalgaz naklinde çok büyük ölçüde tanker taşımacılığına bağımlı olması nedeniyle daha ucuz olduğunu söylemek mümkündür.

Küresel petrol ticareti, bugün büyük ölçüde rekabetçi yapıdaki serbest piyasalarda gerçekleştirilmektedir. Buna karşılık, doğal gaz pazarında bölgesel piyasaların sahip oldukları kendine has özellikleri, giderek serbest piyasalara doğru dönüşmektedir. Kuzey Amerika ve İngiltere'de serbest doğalgaz piyasaları olgunluğa erişmiş olduğundan, vadeli işlemler kapsamlı olarak kullanılmaktadır. Buna karşılık Asya ve Avrupa piyasalarında, petrol fiyatlarına endeksli uzun dönemli sözleşmelerin yerini kısa dönemli sözleşmelerin alması ve serbest piyasaların meydana getireceği terminallerin (hub) kurulması yönünde adımlar atılmaktadır.²⁰

Hub ise birden fazla noktadan gelen arzın bir noktada toplanıp yine birden fazla alıcıya dağıtılması yoluyla yapılan ticari faaliyetin merkezi alanı olarak tanımlanmaktadır. Hub'ların önemi; ikili anlaşmalarla gizli belirlenen fiyatlar yerine çok sayıda oyuncu ile sağlıklı ve rekabetçi fiyatların oluşmasını sağlayarak verimlilik, esneklik, şeffaflık, finansal ticaret ve risk yönetimine katkı sağlaması noktasında ortaya çıkmaktadır.²¹

²⁰Hüseyin Naci Bayraç, "Uluslararası Doğalgaz Piyasasının Ekonomik Yapısı ve Uygulanan Politikalar", **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt: 13, Sayı: 3, 2018, s. 22.

²¹ Soysal vd., s. 56.

II. PETROL VE DOĞALGAZ FİYATLARINA İLİŞKİN GÖSTERGELER

A. Uluslararası Piyasalar Açısından Değerlendirme

Doğalgaz pazarının küresel piyasalarda ortaya çıkan en önemli özelliği; üretim ve tüketim bölgelerinin birbirlerine uzak olmasıdır. Doğalgaz bu uzak bölgeler arasında tanker veya boru hatları ile taşınabilmektedir. Doğalgaz rezervlerine sahip olan devletler, bazen söz konusu bu zenginliklerini dış politikada araç olarak kullanabilmektedir. Ayrıca doğalgazın üretimi ile tüketiminin yapıldığı bölgeler arasında yer alan ve köprü konumundaki ülkeler de, pazarda stratejik öneme haiz oyuncular haline gelebilmektedir.²² Bu nitelikler, doğalgazın uluslararası jeopolitik önemini açıkça gözler önüne sermektedir. Doğalgaz ihracatçısı ülkelerle ithal eden ülkeler arasındaki ilişkide, bir taraf için avantaj olan durumun diğer taraf için dezavantaj olduğu, en uygun risk paylaşımının oldukça zor olduğu ve bu ilişkinin, al ya da öde yükümlülükleri, petrole fiyat endeksleme, ulusal pazarların fiilen bölünmesi gibi ihracat yasağı gibi bazı temeller üzerine kurulduğu gözlemlenmektedir. Söz konusu sebepler doğalgazın uluslararası ticaret alanında problemlere yol açarken; doğalgaz sektörünün bir ağa ihtiyaç duymasından kaynaklanan zorluklar da, ulusal ölçekte çekişmeli bir pazar yapısının oluşmasını sınırlandıran sebepler arasında karşımıza çıkmaktadır.

Dünyada doğal gazın birincil enerji kaynağı olarak ön planda yer aldığını 2010 yılı itibarıyla dünyada üretilen birincil enerjinin %21,10'unu oluşturması ve tüketimin ise %23,8'ini oluşturmasıyla söylemek mümkündür.

2017 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi ise 1.696,6 milyar varil olarak hesaplanmıştır. Petrole ait kaynakların 807,7 milyar varili (%47,6) Orta Doğu bölgesinde, 330,1 milyar varili (%19,5) Güney ve Orta Amerika bölgelerinde, 226,1 milyar varili Kuzey Amerika ülkelerinde (%13,3) mevcuttur. 2017 yılında ise dünyada petrole ait üretim 97,4 milyon varil/gün'e çıkmıştır. Ana enerji kaynaklarına kıyasla stratejik bir pozisyona sahip olan ham petrol 2017 yılı itibarıyla dünya enerji talebinin %33,7'sini karşılamıştır.

²² Peter Duncanson Cameron, **Competition in Energy Markets: Law and Regulation in the European Union**, Oxford University Press, 2002, s. 21.

B. Türkiye Açısından Değerlendirme

Yeryüzünde üretilebilecek doğal gaz ve petrol rezervlerinin yaklaşık %70'i ülkemizin yakın coğrafyasında bulunmaktadır. Türkiye, jeopolitik konumu nedeniyle dünya kanıtlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin %75'ine sahip bölge ülkeleriyle komşu olup enerji zengini Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'daki tüketici pazarları arasında doğal bir "Enerji Merkezi" olmak üzere pek çok kayda değer projede yer alırken söz konusu projelere destek olmaktadır. 2030 yılına kadar %40 oranında artması beklenen dünya birincil enerji talebinin büyük bir bölümünün içinde bulunduğumuz bölgenin kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir.²³

Ortadoğu, Orta Asya, Rusya ve Hazar gibi kanıtlanmış doğal gaz ve petrol rezervleri bakımından zengin bölgeler ile, başta AB ülkeleri olmak üzere, petrol ve doğal gaz ithalat bağımlılığı yüksek olan ülkeler arasındaki coğrafi konumu nedeniyle Türkiye, enerji kaynaklarının arz ve talep edilen bölgeler arasında köprü görevi görerek stratejik öneme sahip olmaktadır. Bilhassa Azerbaycan gazını Türkiye üzerinden Avrupa'ya taşıyacak TANAP Projesi, Türkiye'nin stratejik öneminin daha da artmasına neden olmuştur. OECD ülkeleri arasında, 2010 yılından beri en fazla enerji talep artış yüzdesine sahip olan Türkiye'nin ciddi ölçüde enerji ithalatına bağımlı olması, enerji güvenliği bakımından ele alınması gereken bir husustur. Petrol fiyatlarının düşük bir seyir izlemesi, diğer petrol ve doğal gazı ithal eden ülkelerde olduğu gibi Türkiye'nin de petrol ve doğal gaz ithalat maliyetinin düşmesine neden olmuştur. Petrol fiyatlarının düşmeye başladığı 2014'de 43,6 milyar \$ olan cari açık, petrol fiyatlarının düşük seyir izlediği 2015 ve 2016 yıllarında sırasıyla 32,1 milyar \$ ve 32,6 milyar \$ olarak kaydedilmiştir. 2017'de petrol fiyatlarında önceki iki yıla göre artış yaşanmış, söz konusu yılda ise Türkiye'nin cari açığı 47,1 milyar \$ olarak açıklanmıştır.²⁴

Genelde ham petrol söz konusu olduğunda ikame bir enerji kaynağı bulunamadığı için Türkiye gibi petrolü üretmekten çok tüketen ülkeler için ciddi bir gider yaratırken, petrolü üreten ülkeler için ise önemli bir gelir kaynağı yaratmaktadır. 2014 yılında petrol fiyatlarında yaklaşık olarak %50 oranında bir gerileme yaşanmış ve bu gerileme petrol gelirine duyarlı olan ülkeler açısından negatif sonuçlar doğurmuştur. Türkiye gibi enerji ithalatı yapan ülkeler için ise pozitif etki yaratırken, ekonomik büyümesini destekleyici ve dış ticaret açıklarını azaltıcı doğrultuda etki yaratması beklenmiştir.

²³ Mart 20, 2019 tarihinde <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol> adresinden alındı.

²⁴Türkiye Petrolleri, **2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu**, Mayıs, 2018, http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektor_rapor_2017.pdf, (20.04.2019), s. 30.

Tablo 4: Dünya Doğal Gaz Üretim, İhracat, İthalatı İçindeki Ülkelerin Miktar ve Payları, 2017

Doğal Gaz Üretimi			Doğal Gaz İhracatı			Doğal Gaz İthalatı		
Ülke	Milyar m ³	Pay (%)	Ülke	Milyar m ³	Pay (%)	Ülke	Milyar m ³	Pay (%)
ABD	760	20,2	Rusya	217	23,4	Japonya	115	12,6
Rusya	694	18,4	Norveç	123	13,3	Çin	86	9,4
İran	214	5,7	Katar	121	13,0	Almanya	85	9,3
Kanada	184	4,9	Avustralya	62	6,7	İtalya	69	7,5
Katar	169	4,5	Kanada	61	6,6	Türkiye	54	5,9
Çin	142	3,8	Türkmenistan	55	5,9	Meksika	50	5,5
Norveç	128	3,4	Cezayir	54	5,8	Kore	49	5,3
Avustralya	105	2,8	Endonezya	29	3,1	Fransa	43	4,7
Cezayir	94	2,5	Malezya	28	3,0	İngiltere	37	4,0
Suudi Arabistan	94	2,5	Nijerya	27	2,9	İspanya	32	3,5
Diğer	1.184	31,4	Diğer	151	16,3	Diğer	296	32,3
Dünya	3.768	100,0	Toplam	928	100,0	Toplam	916	100,0

Kaynak: IEA Key World Energy Statistics, 2018

Türkiye, dünyanın en hayati enerji kaynaklarının mevcut olduğu bir bölge olan Ortadoğu'ya komşu olmasına rağmen, tükettiği enerjinin büyük bir oranını (%97-98) ithal eden ve enerji kaynakları bakımından dışarıya bağımlı bir ülke konumundadır. Bu nedenle petrol fiyatlarındaki değişikliklerin Türkiye ekonomisine etkileri olarak büyüme, ödemeler dengesi, enflasyon ve bütçe olmak üzere bazı kanallar üzerinden gerçekleşmektedir. Bu nedenle petrol ithal fiyatlarındaki bir düşüş ya da yükseliş Türkiye için dış ticaret dengesi üzerinde olumlu ya da olumsuz etkilere neden olurken, buna paralel olarak da döviz finansman gereksiniminin de azalmasına sebep olmaktadır. Varil başına her 10 dolarlık artış ya da azalış Türkiye ekonomisine 4 ila 4,5 milyar dolar düzeylerinde avantaj ya da dezavantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte düşük düzeylerde hareket eden petrol fiyatlarının, ticaret yaptığımız petrol üreticisi ülkeler ile ihracatımızı olumsuz anlamda etkilemesi sebebiyle de ihracat rakamlarımızda belli oranda azalma riski oluşturabilecektir. Ülkemizdeki petrol ürünlerinde var olan yüksek vergi ve kur farkı sebebi ile petrol ürünlerinde yapılan düşüş oranı ham petrol fiyatlarındaki düşüş oranı ile paralel bir konum sergileyememektedir.

İthalata bağımlı olan ülkeleri dikkate aldığımızda, doğal gaza ait piyasalarda yaşanan küresel anlamdaki değişimler büyük önem arz etmektedir. Ulusal doğal gaz piyasalarında gelişmeye benzer şekilde uluslararası doğal gaz piyasalarında fiyat oluşumuna ilişkin de bir sürecin mevcut olduğunu söylemek mümkündür. Ticaret merkezlerinin oluşumu ve buna ek olarak likit toptan satış piyasalarının meydana

gelmesiyle beraber petrole endeksli fiyatlamaya ek olarak arz-talep koşullarına bağı belirlenen spot fiyatlama önem kazanmıştır. Tablo 1'den görüldüğü gibi dünya doğal gaz piyasaları arasında Türkiye net ithalatçı konumunda olup, en çok doğal gaz ithal eden ülkeler arasında bulunmakta ve dünya doğal gaz piyasalarındaki fiyat değişimlerinden direk olarak etkilenmektedir.

Dünya ekonomisinde doğalgaz rezervlerinin, üretiminin ve tüketiminin dengesiz bir coğrafi dağılım sergilediği bilinmektedir. Bu durum doğalgazın küresel ölçekte önemli bir ticari ürün haline gelmesinde etki eden başlıca faktör olma özelliğine sahiptir. Tablo 5'te de belirtildiği gibi ihracatta Rusya Federasyonu'nun belirgin bir üstünlüğü vardır. Bu ülkeyi Norveç, Katar, Avustralya ve Kanada takip etmektedir. İthalatta ise, Japonya, Çin, Almanya ve İtalya'nın önemli bir ağırlığı vardır. Türkiye de ithalatıyla ön plana çıkan kayda değer bir alıcıdır. Rezerv ve üretim açısından bölgesel olarak Rusya Federasyonu, Hazar Bölgesi, Ortadoğu ve Kuzey Afrika ön planda yer alırken, tüketimde ise ABD, AB ve Uzakdoğu önemli pazar alanlarına sahiptir. Fakat bu durum ise tüketici ülkelere üretici ülkelere doğru ciddi bir finansal ve politik güç akışına sebebiyet göstermektedir.

Tablo 5: Dünya Ham Petrol Üretim, İhracat, İthalatı İçindeki Ülkelerin Miktar ve Payları, 2017

Ham Petrol Üretimi			Ham Petrol İhracatı			Ham Petrol İthalatı		
Ülke	Milyon Ton	Pay (%)	Ülke	Milyon Ton	Pay (%)	Ülke	Milyon Ton	Pay (%)
ABD	563	12,9	Suudi Arabistan	373	17,9	Çin	378	17,9
Suudi Arabistan	560	12,8	Rusya	254	12,2	ABD	371	17,6
Rusya	548	12,6	Irak	187	9,0	Hindistan	214	10,1
Kanada	237	5,4	Birleşik Arap Emirlikleri	120	5,8	Japonya	162	7,7
İran	229	5,2	İran	119	5,7	Kore	146	6,9
Irak	225	5,2	Kanada	113	5,4	Almanya	91	4,3
Çin	192	4,4	Kuveyt	108	5,2	İtalya	65	3,1
Birleşik Arap Emirlikleri	178	4,1	Venezuela	90	4,3	İspanya	64	3,0
Kuveyt	149	3,4	Nijerya	87	4,2	Hollanda	61	2,9
Brezilya	137	3,1	Angora	82	3,9	Fransa	55	2,6
Diğer	1.347	30,9	Diğer	548	26,3	Diğer	506	23,9
Dünya	4.365	100,0	Toplam	2081	100,0	Toplam	2113	100,0

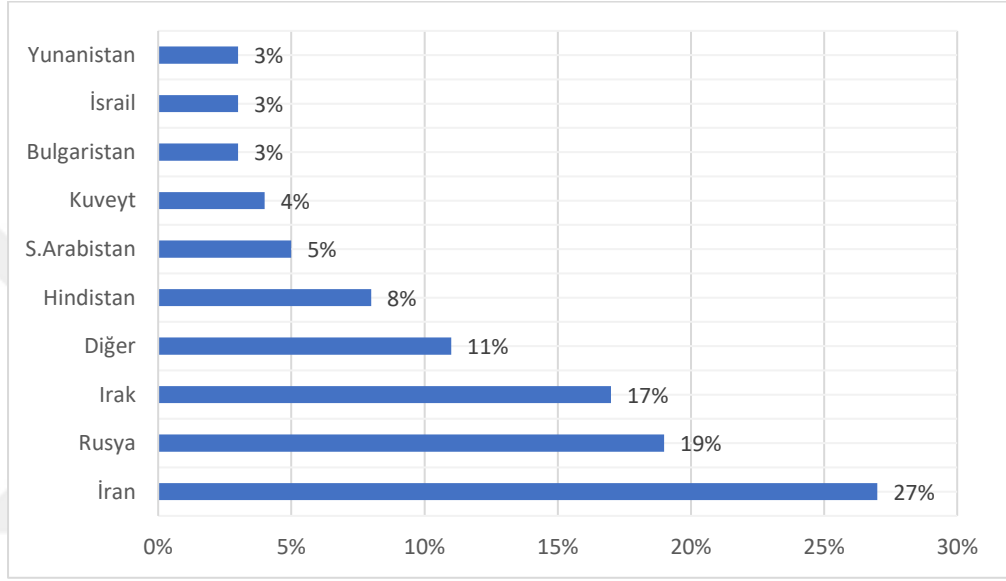
Kaynak: IEA Key World Energy Statistics, 2018

Net petrol ithalatçısı konumunda olan Türkiye'nin ithal ettiği petrolün değeri ve miktarı genel itibariyle uluslararası petrol fiyatlarına göre farklılaşmalar sergilemektedir. Petrol ve Gaz Dergisi'ne (Oil and Gas Journal –OGJ) göre, Türkiye, 2006 Ocak ayı itibariyle 300 milyon varil petrol kaynağına sahiptir. 2006 yılının Eylül ayına kadar gelen süreçte Türkiye, yaklaşık olarak günde 43.000 varil petrol üretmi sağlamış ve söz konusu üretimin %99'unu ham petrol oluşturmuştur. Türkiye'nin petrol üretimi ise üretimin günde 83.000 varile çıktığı sürece denk gelen 1991'den itibaren düşmeye başlamıştır. Son dönemlerde Türkiye'nin petrole olan talebi, ülkenin ekonomik performansına bağlı olarak değişim sergilemektedir. Her ne kadar ülke içerisindeki değişkenlerden etkilense de, daha yüksek oranda uluslararası gelişmelerden etkilendiği bariz bir şekilde görülmektedir. Günümüze kadar gerçekleştirilen araştırmaların bir çoğunda, ihraç edilen ürünlerin göreceli fiyatlarındaki artışa göre türlü türlü modeller oluşturulmuştur. Bu çalışmalardan elde edilen modeller ve sonuçlar ile ücretler ve fiyatların artışına neden olan petrol fiyat şokları etkisi analiz edilmeye çalışılmıştır.

2017'de Türkiye'nin ithal ettiği petrolün %89'luk bir kısmı farklı dokuz adet ülkeden sağlanmıştır. 2016'da Türkiye'nin petrol ithalat sıralamasında Irak'ın %23 pay ile ilk sırada yer aldığı, hemen sonrasında %19 pay oranıyla Rusya'nın ve %17'lik bir

pay ile İran'ın takip ettiği belirlenmiştir. 2017 yılına gelindiğinde ise İran'a ait pay gözle görülür miktarda artarak %27 olarak gerçekleşmiş ve petrol ithalatımızda ilk sıraya konumlanmıştır. Rusya'nın payı %19'da ikinci sırayı korumuş, Irak'ın oranı ise %17'ye düşerek üçüncü sıraya gerilemiştir. 2017'de ise Irak, Rusya ve İran ile birlikte Hindistan, Suudi Arabistan, Kuveyt petrol ithalatımızda önde yer alan ülkelerdir. Bu ülkeleri %3'lük bir oran ile Yunanistan, Bulgaristan ve İsrail takip etmektedir.

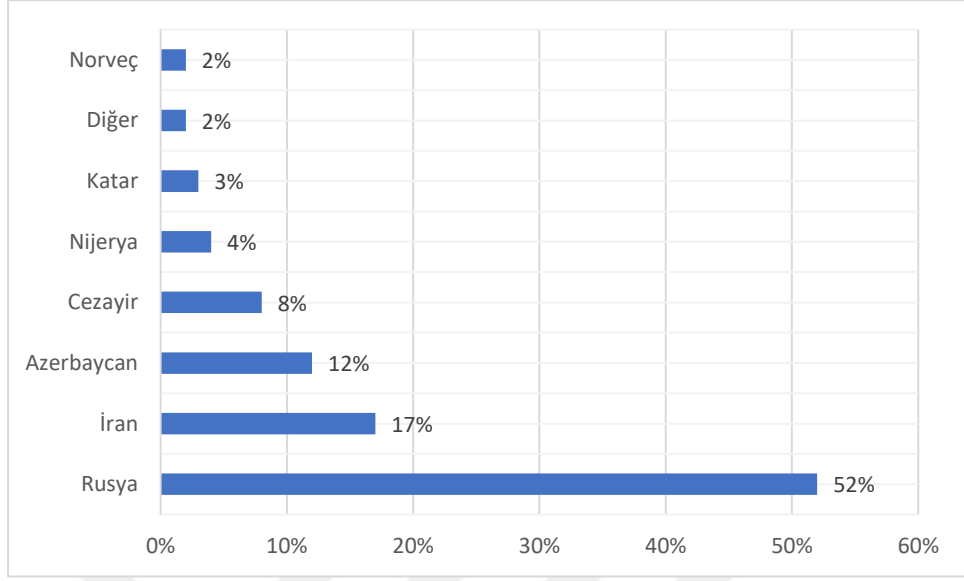
Şekil 10: 2017 Yılı Türkiye'nin İthal Ettiği Petrolün Kaynak Ülkelere Göre Dağılımı



Kaynak: Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018.

Doğal gaz tüketiminde ise mevcut dışa bağımlılık oranı, petrole kıyasla daha fazla olup, Türkiye gaza olan talebinin %99,3'ünü ithalat yoluyla karşılamaktadır. Türkiye'de, 2017 yılında yaklaşık 55 milyar m³ doğal gaz tüketilmiş ve bu rakamın %0,7'si (354 milyon m³) ülke içi üretim ile karşılanmıştır. 2017 yılı Türkiye doğal gaz ithalatının ülkelere göre dağılımında, Rusya %52'lik oran ile birinci sıradadır. Bu ülkeyi, İran (%17), Azerbaycan (%12) ve Cezayir (%8) takip etmektedir.

Şekil 11: 2017 Yılı Türkiye'nin İthal Ettiği Doğalgazın Kaynak Ülkelere Göre Dağılımı



Kaynak: Türkiye Petrolleri, 2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, Mayıs, 2018.

C. Şokların Makroekonomik Etkileri

Petrol, ekonomik yönden ülke dengelerini ciddi anlamda etkileme gücüne sahiptir. Petrol fiyatlarında ortaya çıkabilecek değişimler, ülkelerin piyasada oluşabilecek tüm hareketlerine etki etmektedir. Faiz oranları, altın ve borsa piyasaları dikkate alındığında; petrol fiyatlarının ekonomik anlamda istikrar ve ülkelerin siyasi politikaları üzerinde de, önemli ölçüde etkisi söz konusu olmaktadır. Günümüzde ham petrol fiyatları ile ekonomik ve politik ilişkilerin büyüklüğünü göz önüne aldığımızda 1970 yılından itibaren petrol pazarı ve dünya ekonomisi arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Özellikle petrolün kolaylıkla ikame edilememesi ve bir ölçüde diğer enerji kaynakları arasında fiyat açısından önemli konumda yer alması bu etkiyi ön plana tutmaktadır.²⁵

Petrol şokları önemlidir çünkü tüketicilerin ve belirli sektörlerde firmaların tüketim harcamalarında karışıklığa sebebiyet vermektedirler. Petrol fiyatlarındaki bir artış, bu artışın neden kaynaklandığını tahmin etmek zor olduğu için petrol fiyatlarındaki bir azalmadan daha önemlidir. Enerji arzında meydana gelecek içsel bir düşüşün direkt etkisi verimlilik ve çıktı oranında meydana gelecek bir azalma iken dolaylı etkisi düşük ücret ve emek arzında meydana gelecek bir azalmadır. Ayrıca reel GSYH oranı ve reel petrol fiyatları arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır. Petrol fiyatlarında meydana

²⁵ Noreng, s. 54.

gelen bir düşüş çıktı oranlarını artmaktadır. Eğer petrol fiyatları resesyona (ekonomik bir durgunluğa) neden olursa, petrol fiyatlarındaki bu düşüş aynı mekanizmanın tersine işlemesine neden olmakta ve ekonomik faaliyetlerin canlanarak zirve yapması beklenmektedir. Ayrıca resesyon talep yönlü değil arz çekişli bir ekonomik şoktur. Çünkü üretim maliyelerini artırmaktadır.²⁶ Bu maliyet artışları da ekonomideki dengelerin bozulmasına neden olduğu için önem teşkil etmektedir.

Gelecekteki küresel şoklar; ani ve hızlı bir şekilde meydana gelen en az iki kıta için yıkıcı sonuçları olan bir durum olarak tanımlanabilmekte ve yeni risklere neden olmaktadır. Bu gibi şoklar ile başa çıkmanın yolu vurucu etkilerini nasıl üretilip yaydıklarını tanımlamak ve anlamaktan geçmektedir. Dolayısıyla uluslararası işbirlikleri ve denetim mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Küresel şoklar bugüne kadar hep negatif etkileri bağlamında ele alınmıştır ancak şokların hepsi negatif etki doğurmamaktadır. Pozitif etkileri olan şoklar da mevcuttur. Örneğin; yeni teknolojilerin geliştirilmesi (ki makroekonomik bir modelde üretim fonksiyonunu tamamen değiştirmektedir) verimliliği yükselterek ekonomik büyüme oranını artırmaktadır. Küresel şokların ardında yatan etkenler; artan mobilite, üretim ve dağıtım sistemleri ile onların altyapılarında bağımsızlaşma, merkezileşme ve sistem konsantrasyonu, nüfusun yoğunluğu ve kentleşme, şirketler-meslekler-düzenleyiciler arasında sürü davranışı ile grup düşünme şeklinde özetlenebilmektedir. Bu etkilerin ekonomi üzerinde pozitif mi yoksa negatif mi etki doğuracağı şokun yönüne ve büyüklüğüne göre değişim göstermektedir.

Petrol şokları çoğunlukla fiyat dalgalanmaları ile ele alınmaktadır. Petrol fiyatları arz-talep dengesine bağlı olarak uluslararası piyasalarda değişim sergilemektedir. Petrole ait talep dünyanın büyük ekonomilerindeki ekonomik büyüme oranlarına bağlı olarak da değişiklik göstermektedir. Bilhassa Çin ve Hindistan'daki olağanüstü büyüme, dünya petrol talebinde ciddi artışlara neden olmuştur. Buna paralel olarak 2001-2006 yılları arasında ham petrol fiyatları 2,5 kat artmıştır. Söz konusu durum ise artan talepten kaynaklanmıştır. Arz cephesinde ise, OPEC üyesi olan ve olmayan petrol üreten ve ihraç eden ülkelerdeki ekonomik, politik ve jeolojik faktörlerde meydana gelen değişimlerin çıktıya etkisi sonucu ortaya çıkmaktadır. Uzun dönemde petrol arzı, petrol kaynaklarının bulunuşuna, çıkarılan petrol miktarına ve bu konudaki teknolojik

²⁶ Hamilton James, What Is an Oil Shock?, **Journal of econometrics**, Cilt: 113, Sayı: 2, 2003, s. 364.

gelişmelere; kısa vadede ise OPEC'in üretim kotalarına ve petrol üreten ülkelerin karşılaştığı politik, teknik faktörlere ve doğal felaketlere bağlıdır.²⁷

Küresel piyasalarda petrol fiyatları 2008 yılına kadar özellikle 2003-2007 yılları arasında (ham petrol fiyatlarında yaşanan %140'lık bir artış) artan bir trend izlemiştir. Bu durum artan petrol talebi ve ülkelerin artan büyüme oranları ile paralellik göstermektedir. Ancak 2008 yılı sonlarında finansal piyasalardaki çalkantı ile başlayan küresel ekonomik kriz (mortgage krizi) durumu tersine çevirmiştir. Bu krizle birlikte petrol varil fiyatı 60 dolara kadar gerilemiştir. Kriz sonrası alınan önlemler ile hızlı bir iyileşme yaşayan ekonomiler ve Arap yarımadasında meydana gelen değişimlerin de etkisiyle 2010 yılından itibaren petrol varil fiyatları yeniden 100 doların üzerinde seyretmiştir. Petrol fiyatlarındaki bu yükseliş trendi talep yönünden incelendiğinde Avrupa ekonomilerinin özellikle 2010-2014 yıllarında gösterdiği düşük ekonomik performans ve Japonya'nın büyüme verilerinin ekonominin resesyona girdiğinin bir ispatı sayılması ile birlikte petrol talebinin azalmasına ve petrol fiyatlarının düşmesine neden olmuştur. Arz yönlü bakıldığında ise ABD'nin petrol üretimini artırması özellikle Kuzey Amerika'nın yakın bir gelecekte petrol ihracatçısı haline geleceği beklentisi petrol fiyatlarının düşmesi yönünde baskı yapmaktadır. Arz ve talep kanalının yanı sıra Rusya'nın izlediği gergin dış politika (Ukrayna'ya müdahalesi ile Kırım'ı işgali ve Ruble'nin değer kaybı üzerine kredi notunun düşürülmesi vb.) ve İran'ın nükleer enerji üretiminde ısrarcı olması gibi olumsuz politik gelişmeler petrol fiyatlarında aşağı yönlü bir baskıya neden olmaktadır.

Son zamanlarda ortaya çıkan siyasi ve ekonomik gelişimler, petrol fiyatlarının tahminlenmesinin hiç de kolay olmadığını kanıtlayan Ağustos 2006'daki petrol fiyatı yaklaşık varil başına 68\$'a çıkarken, bir yıl sonra rekor bir seviye olan varil başına 90\$'a kadar artabilmektedir. Bu sebepten, petrol fiyatlarını daha öncesinden tahminlemek için çeşitli ekonometrik modellerin geliştirilmeye çalışılması da çok şaşırtıcı bir durum değildir.

²⁷ Birol Erkan ve diğerleri, "Uluslararası Ham Petrol Fiyatlarındaki Volatilitenin İşsizlik Göstergeleri Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği Üzerine Ampirik Bulgular", **Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt:10 Sayı:2, 2011, s. 717.

İKİNCİ BÖLÜM

FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ, DURAĞANLIK, OYNAKLIK MODELLEMESİ VE YAPISAL KIRILMA

İkinci bölümde finansal zaman serilerinin sahip olduğu temel özellikler ele alınırken tanımlayıcı istatistikler açıklanacak, birim kök testleri ve durağanlık kavramı irdelendikten sonra oynaklık modellemeleri ve yapısal kırılmalar incelenecektir.

Finansal zaman serileri birçok amaçla analiz edilirler. Bu amaçlar; serilerin geleceğe yönelik tahmini, serilerin belli başlı özelliklerini ortaya çıkarmak ya da seriler arasındaki ilişkileri tanımlamak gibi amaçlara yönelik analizler olabilir. Fakat zaman serisi analizlerinin ana amacı olan geleceğe yönelik tahmin yapma amacının gerçekleştirilebilir olabilmesi için, zaman serisinin çok iyi analiz edilmesi ve modellenmesi gerekmektedir. Bu analizlerin de gerçekleştirilebilmesi için en temel özelliklerini yansıtan betimleyici istatistiklerinin, dağılım özelliklerinin ve durağanlık kavramlarının irdelenmesi gerekmektedir. Betimleyici istatistikler incelenen seri, veri seti, değişkenler hakkında en temel bilgileri vermektedir. Bu nedenle analizlere devam etmeden önce mutlaka ele alınarak yorumlanması gerekmektedir.

I. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNİN TEMEL ÖZELLİKLERİ

İstatistiksel tahminleme yöntemleri arasında önemli bir alana sahip olan zaman serileri analizi, ele alınan değişkenin geçmiş dönem değerlerinin çeşitli yöntemler kullanılarak incelenmesiyle elde edilen bilgilerin, geleceğin tahmininde ihtiyaç duyulan birçok alanda kullanılmaktadır. Bilinmeyen geleceğin bilimsel metotlarla tahminlenmesi ve ona göre aksiyon alınması birçok alanda fark yaratabilecek şekilde büyük önem taşımaktadır. Kullanılan yöntemler bu bölümde ele alınacaktır.

A.Tanımlayıcı İstatistikler

Tanımlayıcı istatistikler analiz metotlarının en temelidir ve ekonometrik modellemeler yapılmadan önce hesaplanarak analiz edilmeleri gerekir. Çünkü bu istatistiklerin analiz edilen değişken ile ilgili en temel bilgileri vererek söz konusu değişkenle ilgili genel kanıya varılmasını sağlarlar. Finansal zaman serilerinin en temel tanımlayıcı istatistiksel özellikleri ise aritmetik ortalama, en küçük ve en büyük değerler, varyans ve standart sapma olarak incelenmektedir. Bunların yanı sıra risk algısında ele

alınması gereken basıklık (kurtosis) ve çarpıklık (skewness) değerleri serilerin yüksek oynaklığa sahip olduğu dönemlerde asimetrik (asymmetry) özellik taşıyıp taşımadıkları, standart sapma ya da varyans değerleri ise oynaklık kümelenmesi göstermeleri ve getiri oynaklıklarının zaman içinde değişim (heteroskedasticity) göstermesi ve bu değişimlerin düzeylerinin belirlenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir.

Tanımlayıcı istatistikler içerisinde en genel olan kavram aritmetik ortalama, bir seriyi oluşturan değerler toplamının seride var olan eleman sayısına bölünerek oranlanmasıyla bulunmaktadır. Serideki en küçük ve en büyük değerlerden yararlanarak incelenen değişkenin, değerlendirilen süreçte en küçük ve en büyük getiri değerleri ve bu değerlerin görüldüğü tarihler saptanarak ortaya konmaktadır. En büyük ve en küçük değerler arasındaki farkın fazla çıkması ise o değişkende oynaklığın yüksek olduğunu belirtmektedir.

Tanımlayıcı istatistiklerden en çok kullanılanları ise çarpıklık, basıklık, varyans ve standart sapmadır. Varyans ve standart sapma değerleri, finansal zaman serilerine ait oynaklık düzeyinin belirleyicisi olması bakımından diğer tanımlayıcı istatistiklerden daha önemli bir yere sahiptir. Çarpıklık ve basıklık değerleri ise seri dağılımının simetrik veya asimetrik olması ve kalın veya ince kuyruk olduğu hakkında bilgi vermektedir. Yapılan hesaplamalarla normal dağılımdan ne kadar uzaklaşıldığı veya normal dağılıma ne kadar yakınsandığı tespit edilir. Finansal varlık getiri serilerinin dağılımının asimetrik ve simetrik özellikleri çarpıklık katsayısı yoluyla belirlenmektedir. Normal dağılımda çarpıklık 0'dır. Bu durum ise normal dağılıma yakınsayan serinin simetrik olduğu anlamına gelir. Sıfır değerinden farklı pozitif değerler serinin sağa çarpıklığı, negatif değerler ise sola çarpıklığı göstermektedir. Çarpıklığın aldığı değer finansal getiri serileri için önemli bir anlam ifade etmektedir. Pozitif çarpıklık; küçük kayıplara karşın büyük kazançlar olabileceği anlamına gelirken, negatif çarpıklık için ise tam tersi geçerli olup büyük kayıplar ancak küçük kazançlar elde edildiği gözlemlenmektedir.²⁸

Normal dağılıma ait çarpıklık şu formül yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} p(X) * \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^3$$

²⁸ Chris Brooks, **Introductory Econometrics for Finance**, UK: Cambridge University Press, Cambridge, 2008, s. 163.

Bu formül, serinin ortalama etrafında gösterdiği üçüncü momentine denk gelmektedir ve normal dağılımın çarpıklığı olarak adlandırılmaktadır.²⁹

Basıklık değeri ise serinin normal dağılım özelliklerine kıyasla serinin yüksekliğinin normal serinin yüksekliğinden ne ölçüde uzaklaştığını gösteren en önemli hesaplama yöntemlerindendir. Finansal zaman serilerinde çoğunlukla şişman kuyruklu şeklinde adlandırılan sivri (leptokurtotik) dağılımlar gözlenmektedir. Bu tür dağılımları belirlemenin dalgalanma ve kriz zamanlarında meydana gelen uç gözlemlerin ayırt edilmesi bakımından önemli olduğunu söylemek mümkündür.

Basıklık değerinin hesaplanması şu şekildedir³⁰:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} p(X) * \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^4$$

Normal dağılım sergileyen bir seride hesaplanan basıklığa ait değer 3 olarak çıkmaktadır. Dağılımlara ait basıklık değeri hesaplanırken, normal bir eğriye kıyasla, eğer dikkate alınan eğrinin basıklık değeri 3'den büyük bir değere sahipse normale göre sivri, değilse basıktır ifadesi kullanılır.

Finansal dalgalanmalar ve oynaklık, bir finansal zaman serisinde, gözlemlerin ortalamadan sapmasına neden olmaktadır. Ortalamadan sapan gözlemler dağılımı sivri (leptokurtik) hale getirmektedir. Sivri dağılıma sahip seriler aynı zamanda şişman kuyruklu seriler olarak da tanımlanmaktadır. Normal dağılımda basıklık değeri 0 iken sivri dağılımda basıklık, normal dağılımdakinin çok daha üstünde seyretmekte ve bu durum aşırı basıklık (excess kurtosis) olarak adlandırılmaktadır. Sivri dağılım ya da başka bir deyişle şişman kuyruk özelliği gösteren serilerle çalışılması durumunda, sapan gözlemler kuyruk bölgesi dışında kalarak ölçümlere dâhil edilemediği için özellikle risk ölçümlerinde yanlış sonuçlara yol açmaktadır. Bu nedenle, şişman kuyrukları dikkate alan dağılımlarla modelleme yapılması daha tutarlı sonuçlar vermektedir³¹.

Finansal piyasaların sahip olduğu yapı birçok alan dâhil olmak üzere akademisyenlerin, yatırımcıların ve hatta politikaya yön verenlerin piyasalara farklı bir gözle yaklaşım sergilemelerine neden olmaktadır. Söz konusu sebepten para politikaları ve finansal yatırım kararları bakımından finansal piyasaya ait davranışların

²⁹Bedriye Saraçoğlu, Ferhan Çevik, **Matematiksel İstatistik - Olasılık ve Önemli Dağılımlar**, Gazi Büro Kitapevi, 2. Baskı, Ekim 1995, s. 481.

³⁰Saraçoğlu ve Çevik, s. 482.

³¹Mert Ural, **Yatırım Fonlarının Performans ve Risk Analizi**, Detay Yayıncılık, Ankara, 2010, s. 78.

doğrusal olup olmadığı hususu son derece önemli bir yere sahiptir. Finansal piyasalarda meydana gelen fiyat hareketlerinin doğrusal olmayan bir yapı sergilemesi sonucunda ise klasik istatistiksel analizler sağlıklı, tutarlı ya da doğru sonuçlar vermeyeceği için bu analizlerde kullanılacak yöntemleri doğru bir şekilde seçmek gerekmektedir.

B. Finansal Zaman Serilerinin Dağılım Özellikleri

Finansal ekonometri alanında analiz yaparken verilerin dağılımlarının incelenmesi ve en doğru dağılımın seçilmesi oldukça önemlidir. Finansal zaman serilerinde genellikle normal dağılım varsayımı ele alınırken, finansal zaman serilerinde normal dağılım varsayımı analiz sonuçlarını yanıltacak sonuçlar alınmasına sebep olur. Çünkü genellikle finansal zaman serileri normal dağılım varsayımını sağlayamamaktadır.

Veri aralığındaki küçük ve büyük değişimlere ait frekanslar yüksek ise bu durum verinin normal dağılım sergilemediğini tam tersine kalın kuyruk dağılımı sergileyen bir dağılımdan geldiği yönünde bir düşüncenin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Yapılan çalışmaların birçoğunda ortaya çıkan deneysel bulgular finansal zaman serisi gözlemlerinin normal dağılımdan çok kalın kuyruk dağılımına sahip olduğunu göstermektedir. Söz konusu durum ise finansal piyasalarda meydana gelen dalgalanmalar sebebiyle ortaya çıkan oynaklık seviyesinin yüksek olmasından ve uç değerli sapma sayısının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Durum böyle olduğunda, normal dağılım varsayımı halinde yapılan modellerde, dağılım sivri hale gelir. Normal dağılımda basıklık değeri 3'tür. Bu değerin 3'ten büyük olması durumunda sivrilik ortaya çıkmaktadır. Sivri dağılıma sahip olan seriler kalın kuyruk yapısına da sahip olurlar. Bu modellerde sapan gözlemler (outlier) kuyruk bölgesinin dışında kalarak analize dâhil edilemediğinden risk tutarı yanlış hesaplanacağı için kalın kuyruk (fat tail) yapısını göz ardı etmeyen dağılımlar ile tahminlemeye devam etmek daha doğru sonuçlar verecektir. Durum böyle olduğunda daha doğru sonuçlar elde edebilmek adına normal dağılımlar dışındaki diğer dağılımların da ele alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan kullanımı en çok tercih edilenler ise student-t, genelleştirilmiş hata dağılımı (generalized error distribution – GED)'dir.

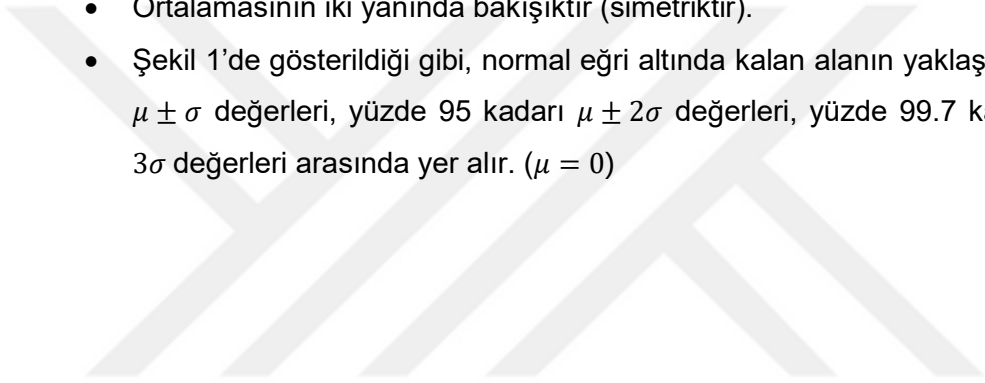
1. Normal Dağılım

Kuramsal olasılık dağılımlarından en iyi bilineni, çana benzeyen biçimiyle biraz istatistik bilenlere bile tanıdık gelen normal dağılımdır.³²

Rassal (sürekli) bir değişken, X , eğer olasılık yoğunluk fonksiyonu şu kalıba uyuyorsa normal dağılmaktadır denir:

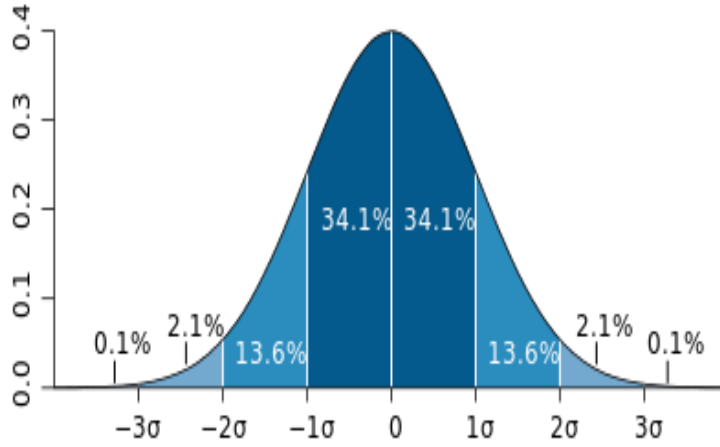
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{(x - \mu)^2}{\sigma^2}\right) \quad -\infty < x < \infty$$

Burada *dağılımın anakütle katsayıları* diye bilinen μ ile σ^2 , dağılımın sırasıyla ortalaması ve varyansdır. Bu dağılımın özellikleri şöyledir:

- Ortalamasının iki yanında bakışıktır (simetrik).
- Şekil 1'de gösterildiği gibi, normal eğri altında kalan alanın yaklaşık yüzde 68'i $\mu \pm \sigma$ değerleri, yüzde 95 kadarı $\mu \pm 2\sigma$ değerleri, yüzde 99.7 kadarı da $\mu \pm 3\sigma$ değerleri arasında yer alır. ($\mu = 0$)

³² Damodar N. Gujarati, **Temel Ekonometri**, çev. Ümit Şenesen ve Gülay Göktürk Şenesen, 4.baskı, Literatür Yayıncılık, Eylül 2006, s. 771.

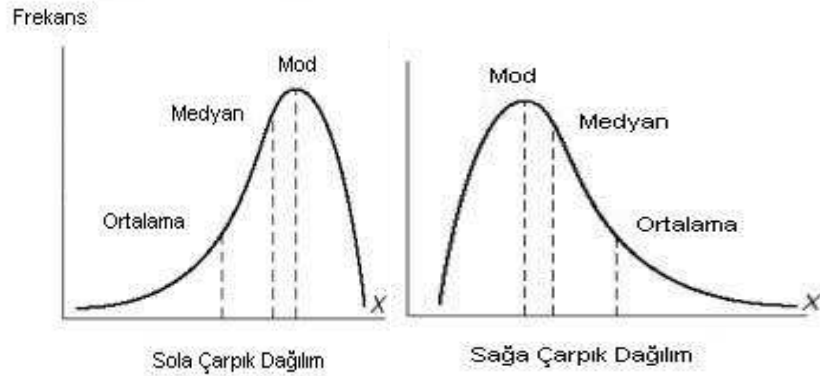
Şekil 12: Normal (Simetrik) Dağılım



- Normal bir olasılık yoğunluk fonksiyonunun çarpıklığı 0 basıklığı 3'tür, yani normal bir dağılım simetrik (bakışık) ve normal basıklıktadır.³³ Aksi durumda seri normal dağılıma yakınsamayıp sola veya sağa çarpık bir dağılım sergiler.

Asimetrik yapıya sahip dağılımlar ise aşağıdaki gibi gözükmektedir:

Şekil 13: Sola ve Sağa Çarpık Dağılım Görünümleri



Genellikle dağılımların belli bir örnek sayısını aştıktan sonra normal dağılıma yakınsaması sebebiyle finansal varlıkların getirilerine ait risk analizleri pek çok kez normal dağılım varsayımı kabul edilerek gerçekleştirilmektedir. Fakat finansal piyasalarda yaşanabilen küçük ve büyük çaplı iniş çıkışlar finansal varlık getirilerinde asimetrik yapı ve şişman kuyruk problemine neden olmaktadır. Bu nedenle, finansal varlıklara ait normal dağılım varsayımı altında yapılan risk analizleri, yanlış ve

³³ Gujarati, s. 772.

beklenenden uzak yorumlara sebep olabilmektedir. Daha tutarlı sonuçlar elde edilebilmesi için söz konusu serilerin asimetrik yapı ve şişman kuyruk sorunlarını da dikkate alan diğer olasılık dağılımları ile analiz edilmesi gerekmektedir.³⁴

2. Student-t Dağılımı

Student-*t* dağılımı, normal dağılım ve Z dağılımının da içerisinde bulunduğu sürekli olasılık dağılımları grubunda yer alan dağılımlardan bir diğeridir. Student-*t* dağılımı genel olarak örneklem sayısı küçük ise ve anakütle normal dağılım gösterdiği varsayılırsa çıkartımsal istatistik uygulaması için çok kullanılan bir sürekli olasılık dağılımıdır. Student-*t* dağılımı modelleme yapabilmek adına normal dağılıma bir alternatif olarak kullanılmaktadır. Gerçek veriler normal dağılımda olandan daha farklı olarak şişman-kuyruklu dağılım göstermektedir. Durum böyle olduğunda ayırı değerlerin de içinde olduğu bu türlü verileri modellemek için güçlü istatistikler için bir parametrik yaklaşım sağlayan *t*-dağılımının alternatif olarak kullanılması önerilmektedir. Zaman serileri ise çoğunlukla bahsi geçen fat tail yapısı sergilediği için Bollerslev (1987) Student-*t* dağılımının ARCH ve GARCH modellerinde kullanılabileceğini önermiştir.

3.Genelleştirilmiş Hata Dağılımı (GED)

Spekülatif veri hareketlerinin meydana geldiği zamanlarda şişman kuyruk problemi Student-*t* dağılımı kullanılarak çözümlenemeyebilir. Özellikle spekülatif veri hareketinde normal ve student-*t* dağılımının varyans sapmasında hata oranını arttırmaktadır. Nelson (1991) bu durumu göz ardı etmemiş ve Genelleştirilmiş Hata Dağılımı'nı geliştirmiştir. Getiri serisi, belirtilen denklemde serbestlik derecesi olan $\nu=2$ hesaplandığında simetrik, $\nu>2$ hesaplandığında ince kuyruk, $\nu<2$ hesaplandığında ise kalın kuyruk özelliğine sahip olmaktadır. GED dağılımının olasılığı şu şekilde ölçümlenmektedir:

$$L_{GED} = \sum_{t=1}^T \left[\ln \frac{\nu}{\lambda} - 0.5 \left| \frac{z_t}{\lambda} \right|^\nu - (1 + \nu^{-1}) \ln(2) - \ln \left[\Gamma \left(\frac{1}{\nu} \right) \right] - 0.5 \ln(\sigma_t^2) \right]$$

³⁴ Ural, s. 84.

II. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE DURAĞANLIK VE BİRİM KÖK TESTLERİ

A. DURAĞANLIK KAVRAMI

Durağanlık bir zaman serisinin ortalamasının, varyansının ve kovaryansının zamana göre değişmemesi olarak tanımlanabilir. Zaman serisi verilerinin belirli bir zaman sürecinde sürekli artma veya azalmanın olmadığı, verilerin zaman boyunca bir yatay eksenle saçılım gösterdiği biçimde ya da bu zaman serisi verilerinin sabit bir ortalama etrafında dalgalandığı ve dalgalanmanın varyansının zaman boyunca sabit kaldığı şeklinde ifade edilebilir.³⁶

Zaman serilerinde meydana gelen durağanlık kavramı birçok şekilde ortaya çıkmaktadır.

1. Ortalama Durağanlık

Bir zaman serisine ait zaman yolu grafiğinde zaman boyunca ortalama bir değişiklik meydana çıkmıyor ise bu seri ortalama durağan olarak tanımlanır. Bu durumda söz konusu zaman serisi zaman içinde belli bir noktada ortalamayı birçok kere keserek ortalama etrafında bir saçılım gösterecektir.

2. Varyans Durağanlık

Bir zaman serisine ait zaman yolu grafiği çizildiğinde zaman boyunca varyansta bir değişiklik meydana gelmiyor ise söz konusu bu seri varyans durağan olarak tanımlanır.

Bir zaman serisi için hem ortalamasında negatif yönlü bir azalış hem de varyansında artan bir saçılım söz konusu olduğunda hem ortalama hem de varyans durağan olmama durumu bir arada ortaya çıkabilmektedir. Yani bazı zaman serileri hem ortalama hem de varyansta durağan olmama durumu sergileyebilmektedir.

³⁶ Mustafa Sevüktekin ve Mehmet Çınar, **Ekonometrik Zaman Serileri Analizi EViews Uygulamalı**, Dora Yayıncılık, 5.Baskı, Bursa, 2017, s. 239.

3. Fark Durağanlık

Durağan olmayan zaman serilerinde bu durumun nedenlerinden biri de serilerin stokastik trend içermesidir. Stokastik trend ise rassal yürüyüş olarak adlandırılmaktadır. Zaman serisinin durağan olmaması serinin belli bir ortalama etrafında saçılım göstermediği ve sabit varyansa sahip olmaması anlamına geldiği için, bu zaman serisinde deterministik trendin varlığı gözüküyorsa stokastik trende sahip olması söz konusu olabilir. Bu stokastik trend ise dışlanarak seri durağanlaştırılmaktadır. Bu işlem ise fark alma olarak tanımlanmaktadır.

4. Trend Durağanlık

Fark durağanlıkta ele aldığımız gibi serilerin durağan olmamasının bir diğer nedeni serinin bir deterministik trende sahip olmasıdır. Aslında durağanlık özelliği gösteren bir zaman serisinde, serinin sahip olduğu deterministik trend etkisiyle birlikte ortalamasının değişmesi sonucunda zaman serisi durağan olmama gibi bir sonuca varabilir.

Trend durağan-dışı süreçlerin durağan hale dönüştürme işlemlerinin yapılması için iki temel yaklaşım kullanılmaktadır.³⁷ İlkinde durağan olmayan zaman serisi için oluşturulacak regresyon denkleminde, seri trend üzerine kurulur. Sonrasında bu regresyondan elde edilen artıklar üzerinde bazı analizler yapılır. İkinci yaklaşımdaysa zaman serisi modeline trend bir regresör olarak eklenerek analizlere devam edilir.

Seriye ait zaman yolu grafiğini çizdiğimizde durağanlık ve durağan dışılık için önemli noktalar yakalamak mümkündür. Zaman serisinin otokorelasyon katsayılarının gecikmelere karşı çizimi ortalamaya göre durağan olmama durumunu kolayca görebilmemizi sağlamaktadır. Durağan verilerin otokorelasyon katsayıları nispeten hızlı bir biçimde sıfıra doğru hareket ederken, durağan olmayan bir seri için en az bir ya da iki zaman gecikmesi dikkate alındığında anlamlı biçimde sıfırdan farklı oldukları gözlemlenmektedir. Grafiksel olarak ele alındıklarında durağan olmayan serilerin otokorelasyonları zaman gecikmelerin sayısı artarken anlamlılıkları bir süre sonra düşmektedir.

Ekonomik zaman serilerinde kayda değer ilişkileri göz önüne alabilmek için oluşturulan regresyon modellerinde, analiz edilen değişkenlerin durağan olması şartı

³⁷ Gangadharrao S. Maddala ve In-Moo Kim, **Unit Roots Cointegration and Structural Change**, Cambridge University Press, Cambridge, 1998, s. 4.

vardır. Eğer söz konusu durağanlık sağlanmazsa iktisadi denge söz konusu olmaz. Dışsal olaylar, zaman serilerinde dengeden uzaklaşmalara neden olur. Meydana gelen şoklar her zaman geçici olmayabilir. Şokların kalıcı olması durumunda zaman serileri dengeye dönme eğilimini izlemeyecek ve zaman içinde dengeden uzaklaşacaktır.

Durağanlık tespitinde kullanılan korelogram testi, zaman serilerinin kalıplarına (rassal, trendli, konjonktürel, otokorelasyonlu, mevsimsel, rassal yürüyüş) ya da modellerine (AR, MA, ARMA) göre grafikler yoluyla analiz yaparak durağanlığı incelemektedir. Durağanlığının sınanmasının başka bir alternatifi ise birim kök testleridir.

B. BİRİM KÖK TESTLERİ

Serilerin durağan olup olmadığının testinde kullanılan çok sayıda birim kök test yöntemi mevcuttur. Bunlar; Dickey-Fuller (DF) birim kök testi, Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök testi, ASF (GLS), KPSS birim kök testi, Phillips-Perron birim kök testi ve Ng-Perron birim kök testleridir. İlgili birim kök testlerinin her birinin kendine ait üstünlükleri olduğundan çoğu zaman uygulamada bir zaman serisinin birim kök testleri tek bir test kullanılarak gerçekleştirilmemekte olup söz konusu testlerden en az iki ya da üçü kullanılmaktadır.

Durağanlık kavramı zaman serisi çalışmalarında tutarlı tahminler yapabilmek açısından gerekli bir koşuldur. Bu sebepten ötürü incelenen zaman serilerinin model kurma ve tahminleme adımından daha evvel durağanlık testleri yapılır. Durağanlık ve birim kök incelemesi için birçok farklı test uygulanabilmektedir. Fakat bunlardan en yoğun kullanılanı Augmented Dickey Fuller (ADF) testleridir. Zaman serilerinin gecikmeli değerleri kullanılarak hata terimlerindeki otokorelasyon ortadan kaldırılabilir. Dickey-Fuller bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerini, bağımsız değişken olarak kullanılan modele ekleyen yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem ise Genişletilmiş Dickey-Fuller testidir. Burada gecikmeli değişkene ait uygun gecikme mertebesi belirlenirken Akaike ve Schwarz kriterlerinden faydalanılmaktadır. AIC ve SC hata terimlerinin karelerinin toplamını içerdiğinden bu kriterlerin değerlerini en küçük yapan gecikme sayısı en uygun gecikme sayısı olarak tercih edilmektedir.

Finansal zaman serilerinin durağanlığı incelenen serilerin ortalamasının ve varyansının zamana göre değişmemesi anlamına gelmektedir. Bu serilerde d (entegrasyon derecesi) sıfırdır. Bu durumda şokların etkisi çok hızlı bir şekilde ortadan

kalkar. Üssel bir azalma söz konusudur. Entegrasyon derecesi (d)'nin 1 olduğu durağan olmayan bir süreçte ise seriye yönelik şokun etkisi kalıcı olur.

Dickey- Fuller Birim Kök Testi Testi

Dickey-Fuller 1979 ve 1981 yıllarında yapmış oldukları çalışmalarda zaman serilerinde durağanlığı test etmek için birim kök testi geliştirilmişlerdir. Birim kök testleri içinde en fazla kullanılan Dickey-Fuller testi zaman serisi değişkenlerinin otoregresif (AR) süreçle ifade edilip edilmeyeceğini göstermektedir.

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \varepsilon_t \sim IID(0, \sigma^2)$$

Şeklinde gösterilir. ε_t Burada kalıntı terimidir.

$|\rho| < 1$ ise Y_t durağandır.

$|\rho| = 1$ ise Y_t durağan değildir. Varyansı ise zamana bağlı olarak değişir ve seri rassal yürüyüş sürecine sahiptir.

$|\rho| > 1$ ise Y_t durağan değildir. Varyansı ise zamana bağlı olarak üstel bir şekilde artmaktadır.

Dickey-Fuller testi, hata terimlerinin otokorelasyonlu olması durumunda kullanılamamaktadır. Hata terimlerinin otokorelasyonlu olması durumunda, zaman serileri birinci mertebeden otoregresif süreç ile ifade edilemez. Bu durum için Genişletilmiş Dickey-Fuller testi geliştirilmiştir.

Genişletilmiş Dickey-Fuller Birim Kök Testi (ADF)

Dickey Fuller testinde ε_t 'nin otokorelasyona sahip olması durumunda serinin birim köke sahip olup olmadığından emin olmak için ADF testi kullanılır. Bağımlı değişkenin gecikmeli değeri modele eklenerek serideki otokorelasyon ortadan kaldırılmaya çalışılır ve otokorelasyonsuz denklemle yani gecikmeli yapıyla devam edilir.³⁸ ADF testinde uygun gecikme sayısının belirlenmesi önemli bir adımdır. Hangi dereceden gecikmeli yapıda otokorelasyon ortadan kalkıyorsa o model kullanılarak analize devam edilir. Otoregresif süreçlerde uygun gecikme sayısının belirlenmesi

³⁸ David A. Dickey, Wayne A. Fuller, "Likelihood Ratio Statistics For Autoregressive Time Series With A Unit Root", **Econometrica**, Cilt: 49, Sayı: 4, 1981, s.1061.

maksadıyla kullanılan birden çok ölçüt vardır. Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Schwartz Kriteri (SC), Hannan-Quinn (HQ) ve bu kriterlerin düzeltilmiş formları bunlardan bazılarıdır.³⁹ Uygulamada daha çok, AIC ve SC bilgi kriterleri kullanılmaktadır. Uygun gecikme sayısının belirlenebilmesi ise analizlerde son derece önemlidir. Bu sebepten, AIC ve SC bilgi kriterlerinin minimum olması gerekmektedir. Gecikme sayısının büyük olması söz konusu iken sapmalı tahminler elde edilir.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \text{ (trend ve kesim noktasına sahip olmayan yapı)}$$

$$\Delta Y_t = \mu + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \text{ (kesim noktasına sahip olan yapı)}$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta_t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \beta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \text{ (trend ve kesim noktasına sahip olan yapı)}$$

Test istatistiği;

$$\tau = \frac{\hat{\delta}}{sh(\hat{\delta})} \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Dickey-Fuller (1981)'de katsayılar için F istatistikleri (ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3) geliştirmiştir. Söz konusu istatistiklerin seçimi ise modelin yapısına göre değişmektedir. Kesim noktası

olan denklemde sıfır hipotezi $\mu = \rho = 0$ testi için ϕ_1 , trend ve kesim noktası olan denklemde $\mu = \beta = \rho = 0$ için ϕ_2 , trend ve kesim noktası olmayan denklemde $\rho = 0$ için ϕ_3 test istatistiği ile karşılaştırılacaktır.

$$\phi_i = \frac{[RSS_R / RSS_{UR}] / r}{RSS_{UR} / (T - k)}$$

RSS_R : kısıtlı modele ait kalıntı kareler toplamı

RSS_{UR} : kısıt olmayan modele ait kalıntı kareler toplamı

r : kısıt sayısı

T : gözlem sayısı

k : kısıt olmayan modelde tahmin edilen parametre sayısı

³⁹ Elçin Aykaç Alp, "Türkiye'de Reel Ücretlerin Tar Modeli İle Analizi Ve Birim Kök Sınaması", **Türkiye Ekonomi Kurumu**, Temmuz 2008, s. 10.

$T - k$: kısıt olmayan modele ait serbestlik derecesi

Hesaplanan $\hat{\rho}_t$ değeri eğer kritik değerden daha küçükse sıfır hipotezi reddedilemez. ADF testi için seri durağan değildir temel hipotezi söz konusuysa birim kök testlerinin dağılımı Dickey-Fuller dağılımı olup, karar aşamasında Dickey-Fuller ya da Mackinnon kritik değerleri kullanılmaktadır.⁴⁰

Phillips-Perron Testi

Dickey-Fuller testine dayanmakta olup kalıntılara ait varsayımlar daha esnektir. Dickey-Fuller ve Genelleştirilmiş Dickey-Fuller testleri hata teriminin istatistiksel olarak bağımsız ve sabit varyansa sahip olduklarını varsaymaktadır. Yani rassal hatalar arasında otokorelasyon olmadığı varsayılmaktadır.

$$y_t = \alpha_0^* + \alpha_1^* y_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$y_t = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1 y_{t-1} + \hat{\alpha}_2 \left(t - \frac{T}{2} \right) + \varepsilon_t$$

T gözlem sayısını ε_t hata terimlerinin dağılımını göstermektedir. Hata teriminin beklenen ortalaması ($E(\varepsilon_t) = 0$) sıfıra eşittir. DF testinin bağımsızlık ve homojenlik varsayımları PP testinde göz ardı edilmiş, hata terimlerinin zayıf bağımlılığı ve heterojen dağılımı kabul edilmiştir. Bu nedenle Phillips-Perron, Dickey Fuller t istatistikleri geliştirilmesinde hata terimlerinin varsayımlarıyla ilgili kısıtlamaları dikkate almamıştır.

KPSS Birim Kök Testi

KPSS (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin) testinin amacı gözlenen seriyi deterministik trendden arındırma yoluyla seriyi durağanlaştırmaktır. Hipotezleri açısından ADF ve PP testlerinden farklı olarak sıfır hipotezi serinin durağan olduğunu buna karşın alternatif hipotez ise serinin birim köke sahip olduğunu gösterir.

Durağanlığı araştırılan Y_t serisi, durağan hata, rassal yürüyüş ve bir deterministik trendin toplamı içinde ayrıştırılmaktadır.

⁴⁰ Richard I. Harris and Richard I. D. Harris, **Using Cointegration Analysis In Econometric Modelling**, Harvester Wheatsheaf, Prentice Hall, 1995, s. 32-36.

$$Y_t = \beta_t + w_t + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, \dots, T$$

β_t deterministik trend, ε_t hata terimi ve w_t rassal yürüyüş sürecini göstermektedir.

$$w_t = w_{t-1} + u_t$$

u_t Bağımsız ve benzer dağılımlı ($IID(0, \sigma_u^2)$)'dır.

ε_t 'nin durağan olduğu varsayımı altında, temel hipotezde Y_t serisi trend durağandır.

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt & Shin yaptıkları analizde temel hipotezi test etmek için Lagrange Çarpanı istatistiğini önermiştir. e_t , $t=1,2,3,\dots, T$ sabit ve trende sahip Y 'nin regresyonundan elde edilen kalıntılar olup $\hat{\sigma}_k^2$, regresyondan elde edilen hata varyansının tahminidir. Kalıntıların süreç toplamı ise:

$$S_t = \sum_{t=1}^T \varepsilon_t \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

$$LM = \sum_{t=1}^T S_t^2 / \sigma_\varepsilon^2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

LM istatistiği, hataların $e_t \sim (IID(0, \sigma_u^2))$ olduğu varsayımına dayanarak türetilmiştir. Fakat bu varsayım, H_0 hipotezi altında gerçekçi olamamaktadır. Bunun nedeni ise, testlerin uygulandığı serilerin, zaman içerisinde yüksek derecede bağımlı olmalarıdır. Bundan dolayı, geçici bağımlılığa izin veren testlerin kullandığı σ^2 'nin tutarlı tahmin edicisi olan $s^2(l)$ hesaplanmaktadır.

$$S_l^2 = T^{-1}e_t^2 + 2T^{-1} \sum_{s=1}^1 \sum_{t=s+1}^T w(s, l)e_te_{t-s}$$

$s^2(l)$ tahmincisinin tutarlılığının sağlanabilmesi için kesme gecikme parametresinin (l) , $T \rightarrow \infty$ 'a giderken, $l \rightarrow \infty$ olması gerekmektedir. $l = o(t^{1/2})$ oranı, hem trend durağan hem de seviyede durağan temel hipotezleri için tatmin edici olacaktır. Temel hipotezlerin ikisinde de LM istatistiğinin paydası σ_ε^2 'dir. Hataların bağımsız ve benzer dağılıma sahip olmaması durumunda ise σ_ε^2 yerine σ^2 'nin tutarlı

tahmin edicisinin kullanılması daha doğru olur. Bunu sağlamak için payda normalleştirilir.

$$n_{\mu} = T^{-2} + \sum_{t=1}^T S_t^2 / S^2(l)$$

KPSS testine ait hipotezler:

$$H_0: \sigma_u^2 = 0 \text{ seri durağandır.}$$

$$H_1: \sigma_u^2 > 0 \text{ seri durağan değildir.}$$

III. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE OYNAKLIK VE YAPISAL KIRILMA

“Oynaklık (volatilite)” ile tam manasıyla anlatılmak istenen nedir? Oynaklık kelimesinin birçok sözlük anlamı bulunmaktadır. Bunlar “sık ve geniş düzeyde değişme eğilimi”, “aniden değişme”, “ani değişme özelliği veya eğilimi”, “istikrarsızlık”, “kararsızlık”, “tahminlenememe” vb. şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Oynaklığa ait bu sözlük tanımlarının ötesinde, asıl oynaklığa eş anlamlı kullanılan “kriz”, “risk”, “kırılmalık” gibi kavramların kullanılmasından kaynaklanan bir durum söz konusudur. Oynaklığın temelde iki anlamı bulunmakta olup, bunlar değişkenlik ve belirsizliktir. Değişkenlik tüm hareketlere işaret ederken, belirsizlik ise bilinmeyen hareketleri ifade etmektedir.⁴¹ Oynaklık yayılması ise bir piyasada meydana gelen bir şokun diğer piyasalardaki oynaklığı artırması olarak tanımlanmaktadır.

⁴¹ Holger Wolf, “Volatility: Definitions and Consequences”, **Managing Economic Volatility and crises: A practitioner’s Guide**, (Ed. J. Aizenman and B. Pinto), Cambridge University Press, 2005, s. 48.

A. Oynaklık ve Oynaklık Modellemesi

Ekonometride en aktif çalışılan konulardan bir tanesi de 1990'lardan bugüne kadar zaman serilerinin oynaklık analizleri üzerine olmuştur. Zaman serilerinin oynaklık ile ilgili analizlerine yönelik ekonometri sadece tahminlerle sınırlı kalmamakta buna ek olarak istatistiki çıkarsamalar ve model seçimlerini de ele almaktadır. Opsiyon fiyatlama, finansal ekonomi, portföy tahsisi, risk yönetimi vb. konular da sıklıkla oynaklık araştırmaları içerisinde yer almaktadır. Belirsizlik altında karar vermek durumunda kalan yöneticiler oynaklık üzerine odaklanmaktadır. Çünkü oynaklık belirsizliğin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Bugün teknolojinin ilerlemesi ile birlikte artan küreselleşme olgusu ile finansal piyasalar daha fazla entegre ve ilişkili hale gelmiştir.⁴²

Bir başka tanımda ise oynaklık, iktisadi alanda belirli bir dönem süresince yaşanması ihtimal dahilinde olan dalgalanmaların olasılığıdır. Bu dalgalanmalar mutlak terimler yardımıyla ya da trendlere bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Ele alınan birçok iktisadi değişken oynaklık özelliği sergilemektedir fakat bazı değişkenlerin sahip olduğu oynaklık seviyesi diğerlerinden daha çok olabilmektedir.

Finansal zaman serilerine ait en mühim özelliklerinden biri de klasik zaman serilerinden ayrılarak oynaklığın eşit şekilde dağılmayarak belirli süreli dönemlerde kümelenme göstermesidir. Bilhassa oynaklık araştırmalarında, volatilité kümelenmesini göz önünde bulunduran tahminleme yöntemlerinin tercih edilmesi son derece önemlidir. Oynaklık kümelenmesine göre, oynaklığa ait bugünkü seviye ve bir sonraki seviyesi arasında pozitif bir korelasyon söz konusudur. Bu ortamda getiri oranlarının birbirinden bağımsız olduğunu düşünmek yanıltıcı olacaktır. Yüksek getirilerin (düşük getirilerin), yüksek getirileri (düşük getirileri) takip etmeye meyillidir.⁴³ Finansal zaman serilerine ait oynaklığın tahminlenebilmesi için ise incelenen serilere ait basıklık, oynaklık kümelenmesi ve ilk olarak Black (1976) tarafından ortaya çıkarılan kaldıraç etkisi gibi etkilerin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kısa dönemde finansal piyasalarda alım ve satıma konu olan finansal araçların fiyatları veya bunların ortak göstergeleri olan endekslerin değerlerinde bir oynaklık artışı var ise bir istikrarsızlık göstergesi olarak nitelendirilmektedir.⁴⁴

⁴² Burçak Bulut, **Forecasting The Prices Of Non-Ferrous Metals With Garch Models & Volatility Spillover From World Oil Market To Non-Ferrous Metal Markets**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2010, s.13.

⁴³ Türker Adakale, **Finansal Piyasalarda oynaklığa Dayalı Risk Analizi ve Stres Testleri: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Örneği**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2009, s. 99.

⁴⁴ Ramazan Ekinci, Fatih Ceylan, Osman Tüzün, Hakan Kahyaoğlu, "TCMB Ağırlıklı Ortalama Fonlama Maliyeti'nin BİST100 Üzerindeki Etkisi", **Journal of Yaşar University**, Cilt: 11, Sayı: 44, 2016, s. 1

Finansal piyasalarda etkili olan oynaklığa sebep olan etkenlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin tetiklediği dalgalanma hareketlerinin daha öncesinden mümkün olduğunca gerçeğe yakın bir oranda tahminlenebilmesi, finansal başarı sağlayabilmek için önemli bir koşuldur. Bu bilinçle hareket edildiğinde çoğunlukla akademisyen ve araştırmacılar, bahsi geçen risklerin bertaraf veya minimize edilmesi amacıyla hizmet edecek bilgi ve çözüm üretme isteği ile finansal piyasalardaki oynaklıkların modellenenebilmesi üzerine pek çok analiz yapmışlardır. Söz konusu tüm analizler, finansal varlıkları daha iyi fiyatlama, etkin bir risk yönetimi oluşturabilme ve menkul kıymetlerde meydana gelen oynaklığı daha iyi modellemeye yardımcı olacak gelişimleri elde etmeye yöneliktir.⁴⁵

Finansal piyasalarda ortaya çıkabilecek bir oynaklıkta artış görülmesi risk artışına da etki ettiğinden oynaklığın modellenmesi oldukça elzem hale bürünmüştür. Riskin de bir ölçüsü olduğu için oynaklığın modellenenebilmesi, riske karşı yaklaşımları hususunda yatırımcılara ciddi faydalar sağlayacaktır. Oynaklık en sade anlamıyla finansal varlık fiyatlarında meydana gelen ani hareketlilikler veya değişimler olarak nitelendirilebilir. Faiz oranları, borsa endeksleri, döviz kurları vb. finansal parametrelere ait oynaklıklar, bu parametrelerin beklenen değerlerinden ne kadar saptıklarının bir ölçüsüdür. Ekonomide oluşan hızlı değişimler oynaklığın artmasına sebep olurken söz konusu değişimlerin meydana getireceği beklenmedik durumlara karşı korunmak maksadıyla oynaklığın iyi ve doğru tahmin edilmesi ciddi öneme sahiptir.

Nihayetinde, riskin ölçülebilmesi ve bunla birlikte yatırıma ait alınacak kararlar konusundaki gerekliliği de göz önüne alındığında oynaklığın modellenmesinde varyans kırılmalarının göz ardı edilmemesi yatırımcıların riske karşı yaklaşımları hususunda güvenli bir yol gösterici olabileceğini söylemek doğru olabilir. Çünkü yüksek oynaklık yüksek risk anlamına geldiğinden oynaklığın mevcut olduğundan daha yüksek tahmin edilmesi ise söz konusu yatırım aracına olan yaklaşımı da doğru bir şekilde yönlendirmeyecektir.

Oynaklığın ölçülmesinde kullanılan geleneksel bir yaklaşım olan standart sapma ve varyans ölçümlemesi, oynaklığın bir kriteri olan varyansın, zamandan bağımsız bir şekilde hareket ettiği varsayımına dayanmaktadır. Ancak finansal zaman serilerine ait varyanslar sabit olmadıkları gibi çoğunlukla zamana bağlı bir şekilde de değişkenlik (heteroskedasticity) izlemektedirler. Durum böyle olunca sabit varyans (homoskedasticity) varsayımına dayanan geleneksel zaman serisi modelleri

⁴⁵ Berk Yıldız, "Oynaklık Tahmininde Simetrik ve Asimetrik GARCH Modellerinin Kullanılması: Seçilmiş BİST Alt Sektör Endeksleri Üzerine Bir Uygulama", **The Journal of Accounting and Finance**, 2016, s. 84

kullanılarak yapılan araştırmalar pek başarılı olamamıştır. Bunun sonucunda, Engle (1982)'in finansal varlıkların dinamik yapılarını göz önünde bulundurarak zaman içerisinde değişen varyansın tahminlenebilmesi için otoregresif koşullu değişen varyans (autoregresif conditional heteroskedasticity-ARCH) modelini geliştirmesine neden olmuştur. Daha sonralarda ise hem ARCH modeline ait bazı kısıtlamaların var olması hem de negatif varyanslı değişken tahminleri gibi sakıncaların mevcut olması, Bollerslev (1986)'in geliştirdiği model ile dönüşüme uğramış ve ARCH modeli daha da geliştirilerek GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) modeli ortaya çıkmıştır. Bu sebepten, oynaklık ölçümü ile finansal serilerin kullanıldığı araştırmalarda, doğrusal zaman serisi modelleri yerine daha başarılı sonuçlar veren ARCH ve GARCH tipi doğrusal olmayan koşullu değişen varyans modellerinin kullanımının öncelik olarak tercih edilmesi daha avantajlı olmaktadır.

B. Yapısal Kırılma

Zaman serilerinde durağan olmama durumunun bir diğer nedeni ise ana kütlein regresyon denklemi süresince farklı örneklemler açısından değişiklikler (yapısal kırılma) göstermesidir. Çoğunlukla ekonomide yapısal kırılmaların ortaya çıkış sebebi olarak; ekonomik politikalarda meydana gelen değişmeler, ekonominin yapısındaki değişmeler ya da belirli bir endüstride ortaya çıkan önemli bir olayın ortaya çıkardığı değişmeler sayılabilir. Eğer ekonometride bu tür yapısal değişmeler veya “kırılmalar” belirgin bir biçimde ortaya çıkmış ancak buna rağmen bu değişmeleri bir regresyon modeli çerçevesinde ihmal edilerek öngörümlemelerde bulunulmuş ise elde edilen sonuçların ve bu sonuçlara bağlı olarak yapılan ön raporların sistematik sapmalı (eğilimli) olacağı kesindir.⁴⁶

Kırılmalar, başka bir tarihte ana kütle regresyon katsayılarında ortaya çıkan kesikli bir değişmeden veya uzun bir zaman dönemi içinde katsayıların kademeli bir biçimde değişim göstermesi kaynaklı ortaya çıkar. Zaman serilerinde yapısal kırılmaya yol açan durumlar doğal afetler, grevler, politik sebepler, savaşlar, hammadde krizleri, teknolojik değişiklikler gibi sebepler olabilir. Hatta küreselleşen ekonomilerde yatırım kuruluşlarının puanladığı kredi notlarındaki değişiklikler bile bazı durumlarda verilerin seyrinin değişmesinde etkin rol oynayabilmektedir.

⁴⁶ Mustafa Sevüktekin ve Mehmet Nargeleçekenler, **Ekonometrik Zaman Serileri Analizi – Eviews Uygulamalı**, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2010, s. 49.

Zaman serileri modellerinin ve analizlerinin uygulamasındaki temel varsayım olan durağanlık seride yapısal kırılma varsa sağlanamaz. Bu bağlamda zaman serisi analizleri yapılırken yapısal kırılmaların dikkate alınması gerekir. Serilerde yapısal kırılma meydana geldiğinde, yapılan tahminlerde sapmanın ortaya çıkması nedeni ile elde edilen sonuçlara güvenilmez. Yapısal kırılma serilerin durağanlık özelliğini bozduğu için önemli bir özellik olarak ortaya çıkmakta ve bu problemi ortadan kaldırmak için, uygulamalarda sıklıkla veri setinin homojen alt gruplara ayrılması veya kukla değişkenlerin kullanılması söz konusu olmaktadır. Ancak, veri setini iki veya daha çok sayıda ayrı döneme ayırmak, etkinlik kaybına neden olmaktadır. Etkinlik kaybını gidermek içinse kukla değişkenler kullanarak, tüm veri seti aynı regresyon denklemi ile tahmin edilmektedir.⁴⁷

C. Varyanstaki Kırılmaların Tespiti: Yinelenen Birikimli Kareler Metodu (Iterated Cumulative Sums of Squares Method – ICSS)

Inclan ve Tiao (1994), zaman serilerine ait koşulsuz varyanslarda meydana gelen kırılmaları ortaya çıkarmak amacıyla Yinelenen Birikimli Kareler Metodu'nu (Iterated Cumulative Sums of Squares Method - ICSS) açıklamışlardır. Getiri serilerinin varyansında yapısal kırılmaların varlığını konu edinen çalışmalar Inclan ve Tiao (1994) tarafından önerilen yöntemle dayanmaktadır. Inclan ve Tiao Yinelemeli Kümülatif Kareler Toplamına (ICSS-Iterated Cumulative Sums of Squares) dayanan ve serilerin varyansında çoklu kırılmayı ortaya çıkaran yöntemde serinin dağılımının bağımsız ve türdeş olduğu varsayımaktadır. ICSS algoritması hata terimine ait koşulsuz varyansta içsel bir şekilde belirlenen kırılma noktalarının oynaklık modellerine kukla değişkenler kullanılarak eklenmesi sonucu, mevcut şokların finansal zaman serilerinin volatilité sürekliliğine etkisini açıklamaktadır. Bu sayede, uluslararası veya ulusal iktisadi ve siyasi olayların finansal piyasalarda yol açtığı kırılmalar yani ani değişimler belirlenebilmektedir. Beklenti ise meydana gelen kırılmaların oynaklık sürekliliğini azalttığı şeklindedir.

⁴⁷ Hediye Aktan, **Yapısal Kırılma, Ortak Bütünleme Ve Nedensellik Analizi Dört Ülke Uygulaması: Türkiye, Yunanistan, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti ve Güney Kıbrıs Rum Kesimi**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007, s. 21.

T gözlem sayısı, N_T varyanstaki toplam değişim (kırılma) sayısı, $j = 0, 1, \dots, N_T$ olmak üzere σ_j^2 her aralık varyansı ve $1 < K_1 < K_2 < \dots < K_{N_T} < T$ varyanstaki kırılma noktaları olmak üzere varyans (σ_t^2) aşağıdaki şekilde belirlenebilir⁴⁸ :

$$\sigma_t^2 = \begin{cases} \sigma_0^2, & 1 < t < K_1 \\ \sigma_1^2, & K_1 < t < K_2 \\ \dots & \dots \\ \sigma_{N_T}^2, & K_{N_T} < t < T \end{cases}$$

Hata terimlerine ait birikimli toplam kırılma sayısını ve kırılma noktalarını belirlemek için kullanılır. ε_t , sıfır ortalama ve koşulsuz varyansa sahip bağımsız zaman serisi olmak üzere ilk gözlemden itibaren k kırılma noktasındaki gözleme kadar hata terimlerinin toplamı olan C_k şu şekilde ifade edilir:

$$C_k = \sum_{t=1}^k \varepsilon_t^2, \quad k = 1, 2, \dots, T$$

Hata terimlerinin karelerinin birimki toplamının merkezi değeri olan D_k test istatistiği ise şu şekilde hesaplanabilmektedir:

$$D_k = \left(\frac{C_k}{C_T} \right) - \frac{k}{T}, \quad k = 1, 2, \dots, T \text{ ve } D_0 = D_T = 0$$

Sabit varyans durumunda D_k istatistiği sıfıra yakın bir değer almakta ve farklı k değerlerine karşı çizilen D_k test istatistiğinin grafiği yatay bir doğru şeklinde gözükmektedir. Buna ek olarak varyansta bir ya da daha fazla ani değişiklik olması durumunda ise D_k istatistiği sıfırdan uzaklaşmakta ve grafik belirli güven aralığı içerisinde dalgalanmalar göstermektedir. Varyanstaki değişim sınırları ise, koşulsuz varyans varsayımı durumunda D_k istatistiğinin dağılımından elde edilen kritik değerlerce belirlenmektedir. D_k istatistiğinin mutlak değerinin en yüksek olduğu değerin ($\max_k |D_k|$) kritik değerden büyük olması söz konusu iken sabit varyans varsayımı olan sıfır hipotezi reddedilir ve varyansta değişim olduğu anlaşılır. $\max_k |D_k|$ noktasında k'nın değerinin k^* olduğu varsayılırsa ve eğer $\max_k \sqrt{(T/2)} |D_k|$ önceden belirlenen

⁴⁸ Farooq Malik ve Syed. A. Hassan, "Modeling Volatility in Sector Index Returns with GARCH Models Using an Iterated Algorithm", **Journal of Economics and Finance**, Cilt: 28, Sayı:2, 2004, s. 213

sınırları aşarsa varyanstaki değişim k^* 'a yakın bir noktada gerçekleşir ve bu durumda k^* kırılma zamanını gösterir. $\sqrt{(T/2)}$ ifadesi dağılımı standartlaştırmak için kullanılmaktadır. Aggarwal ve diğerlerine göre, $\max_k \sqrt{(T/2)} |D_k|$ değerinin asimtotik dağılımının %95'ini gösteren kritik değer 1,358 olup %99'unu gösteren kritik değer ise 1,628 olarak belirlenmiştir.⁴⁹ Söz konusu durumda $\pm 1,358$ ve $\pm 1,628$ D_k test istatistiğinin grafiğindeki alt ve üst sınırları göstermektedir. D_k istatistiğinin bu sınırlar dışına çıktığı durumda ise varyansta değişim ya da kırılma meydana geldiği söylenebilir. Çoklu kırılma olması durumunda "gizleme etkisi (masking effect)" problemi meydana geldiğinden, varyanstaki kırılma noktalarını belirlemek için getiri serisi farklı zaman dilimlerine bölünerek sorun giderilebilmektedir.⁵⁰ Kırılma zamanlarına ait kukla değişkenler söz konusu kırılma zamanına kadar sıfır, kırılma tarihi ve sonrası için ise bir değerini almaktadır.

Andreuo ve Ghysels (2002) ve Sanso vd., (2004) serinin koşullu değişen varyans özelliği sergilemesi halinde ise Inclan ve Tiao tarafından tavsiye edilen test yönteminin olması gerekenden çok daha fazla kırılma tespit ettiğini ortaya çıkarmışlardır.

Bu sebepten Sanso vd., (2004) Inclan ve Tiao (1994) tarafından geliştirilen yöntemi serilerin koşullu değişen varyans özelliğini göz önünde bulundurarak geliştirmişler ve Monte Carlo simülasyon çalışmaları doğrultusunda modifiye edilmiş test istatistiğinin daha sağlıklı sonuçlar ortaya çıkardığını ifade etmişlerdir. Sanso vd., varyansta kırılma noktalarını belirlerken Inclan ve Tiao tarafından oluşturulan yineleme algoritmasını kullanmışlar ve birlikte koşullu değişen varyans durumunu dikkate alan modifiye test istatistiğinin şu şekilde olması gerektiğini belirtmişlerdir:

$$\kappa_2 = \sup_k |T^{-1/2} G_k|$$

Burada $G_k = \hat{\omega}_4^{-1/2} \left(C_k - \frac{k}{T} C_T \right)$ şeklindedir ve $C_k = \sum_{t=1}^k r_t^2$ ortalaması sıfır varyansı σ_t^2 olan korelasyonsuz rastsal değişken olan r_t 'nin yani getiri serisinin birikimli kareler toplamını göstermektedir. $\hat{\omega}_4$, ω_4 'ün tutarlı tahmincisidir. ω_4 'ün parametrik olmayan tahmincisi şu şekildedir:

⁴⁹ Reena Aggarwal, Carla Inclan, Ricardo Leal, "Volatility in Emerging Stock Markets", **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, Cilt: 34, Sayı: 1, 1999, s. 43.

⁵⁰ Carla Inclan ve George Tiao, "Use of Cumulative Sums of Squares for Retrospective Detection of Changes of Variance", **Journal of the American Statistical Association**, Cilt: 89, Sayı: 427, 1994, s. 56

$$\hat{\omega}_4 = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\alpha_t^2 - \hat{\sigma}^2)^2 + \frac{2}{T} \sum_{l=1}^m \omega(l, m) \sum_{t=l+1}^T (\alpha_t^2 - \hat{\sigma}^2)(\alpha_{t-1}^2 - \hat{\sigma}^2)$$

Burada $\omega(l, m)$ Barlett gibi bir gecikme aralığıdır ve $\omega(l, m) = 1 - l/(m + 1)$ şeklinde veya kuadratik spektral olarak tanımlanır. Bu tahminci m band genişliğinin seçimine dayanmaktadır. Sanso vd., Newey ve West (1994) tarafından geliştirilen band genişliği yönteminin kullanılmasını tavsiye etmişlerdir. Böylece κ_2 istatistiği serinin dağılım özelliğine ve koşullu varyans göstermesine göre daha hassas sonuçlar vermektedir.

III. KOŞULLU DEĞİŞEN VARYANS MODELLERİ

Bir zaman serisi, belli bir dönem boyunca aynı seyri takip ettikten sonra, seride dalgalanma yükselir ve tekrar eski seyrine döner. Bu serilerin uzun dönemde varyansı sabit iken, yüksek veya aşırı dalgalanma sürecindeki varyansı değişiyor ise, bu seriler “koşullu değişen varyanslı seriler” olarak adlandırılır.⁵¹ Stokastik bir değişkenin varyansının dönem içinde değişmeden kaldığı durumu ifade eden sabit varyans, finansal zaman serilerinde önemli bir sorunu ortaya çıkarmaktadır. Özellikle yüksek frekanslı finansal zaman serilerinde oynaklık kümelenmesi sebebiyle daha tutarlı analizler gerçekleştirebilmek için sabit varyans yerine koşullu değişen varyansın göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

A. ARCH Modeli

Finansta en çok tercih edilen modellerden birisi de doğrusal olmayan değişen varyansı dikkate alan ARCH modelidir. Klasik bir regresyon modelinde hataların varyansı sabit (homoskedasticity) olduğu varsayılır. Eğer hatalara ait varyans değişen varyans ise (heteroskedasticity) klasik regresyon modeli sonuçları yanıltıcı olacaktır ve standart hata tahminlerini yanlış hesaplayacaktır. Engle (1982) hata teriminin varyansının sabit olmadığını belirterek koşullu değişen varyans ifadesini Otokoregresif Koşullu Değişen Varyans (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity – ARCH) modeliyle ortaya atmıştır. Engle’e göre (1982) geçmiş dönem hata terimlerinin fonksiyonu olan koşullu varyans zaman içerisinde farklılaşmaktadır.

⁵¹ Ural, s. 88.

Finansal varlık getirilerinin en önemli özelliklerinden birinin oynaklık kümelenmesi olduğu birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu sebepten varlık fiyatlarındaki büyük değişimleri büyük değişimler küçük değişimleri küçük değişimler izlemektedir. Bu durumdaki en iyi modelleyen klasik regresyon modelleri olmayıp ARCH modelleridir. Zaman serileri analizlerinde genelde hata teriminin varyansı sabit değildir.

ARCH modelinde finansal piyasalardaki şok niteliğinde bir gelişme hata teriminin karesine, oynaklık seviyesi ise koşullu değişen varyansa karşılık gelmektedir. Böylece şokların oynaklık düzeyi üzerindeki etkisi tahmin edilebilmektedir. ARCH modelinde cari dönem getiri varyansı, geçmiş p dönemin varyanslarının bir fonksiyonudur. Böylece p dönem önce yaşanmış olan bir şok, söz konusu döneme ait varyans üzerinde artırıcı etkiye sebep olmaktadır.

ARCH modelinde tesadüfi bir değişkenin koşullu varyansının tanımlanabilmesi için gerekli olan bir hata terimi (u_t)dir. Tesadüfi bir değişkenin koşullu ve koşulsuz varyansları arasındaki fark ile hataların koşullu ve koşulsuz varyansları arasındaki fark birbirine eşittir. Modelde u_t 'nin koşullu varyansı (σ_t^2) aşağıdaki gibidir:

$$\sigma_t^2 = \text{var}(u_t | u_{t-1}, u_{t-2}, u_{t-3} \dots) = E[(u_t - E(u_t))^2 | u_{t-1}, u_{t-2}, u_{t-3} \dots]$$

Burada $E(u_t) = 0$ varsayıldığı için;

$$\sigma_t^2 = \text{var}(u_t | u_{t-1}, u_{t-2}, u_{t-3} \dots) = E[u_t^2 | u_{t-1}, u_{t-2}, u_{t-3} \dots]$$

Gibidir.

Bu formülasyona göre ortalaması 0 olan, normal dağılan u_t tesadüfi değişkenin koşullu varyansı, u_t nin koşullu beklenen değerinin karesine eşittir. Bundan dolayı ARCH modelinde σ_t^2 bir önceki dönemdeki hata karelerinin değerine bağlıdır. Eğer model sadece bir önceki gecikme değerine bağlıysa ARCH (1) diye belirtilmekte olup söz konusu durumda koşullu varyans sadece bir dönem önceki hata karesine bağlıdır denir. Buradan hareketle standart bir ekonometrik model şu şekilde bir denklemle gösterilebilir:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + u_t$$

$$u_t = z_t \sqrt{h_t}$$

z_t : beyaz gürültü parametresi

h_t : ε_t 'nin koşullu varyansıdır.

Bir ARCH (p) süreci, (p) adet gecikmeli hata terimini barındırmaktadır. Literatürde koşullu varyans çoğunlukla h_t ile belirtilmektedir. O halde ARCH modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$h_t = \omega_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \alpha_2 u_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p u_{t-p}^2$$

Bu model p dönem için genellediği zaman şöyle ifade edilebilir:

$$\sigma_t^2 = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 \quad (\omega_0 > 0 \text{ ve } \alpha_i \geq 0)$$

B. ARCH (q) Modelinin Kısıtları

ARCH modelleri finans alanında zaman serilerinde oynaklığın gelişimi ve analizi açısından bir çerçeve görevini görmektedir. Fakat son dönemlerde bazı kısıtlara sahip olması sebebiyle de tercih edilme düzeyi azalmış ve geliştirilmiş modellerinin kullanımı daha yaygın hale gelmiştir. Bu modelin kullanılmasındaki birtakım zorluklardan bahsetmek gerekirse:

- Gecikme sayısı modeldeki bağımlılığı gösterdiğinden çok yüksek q sayısı modelin verimliliğini azaltabilir.
- Modelde var olan katsayıların negatif olmama koşulunun göz ardı edilmesi
- Modelde hata karelerinin gecikme sayısının ne koşullarda belirleneceği
- Modelin pozitif ve negatif şoklara eşit derecede önem vererek asimetri etkisini dikkate almaması

olarak özetlenebilir.

C. Koşullu Değişen Varyansın Analizi: ARCH LM Testi

ARCH modellerinin tahmin edilebilmesi için öncelikle ARCH etkisinin varlığı incelenmelidir. Söz konusu yöntemle ARCH etkisinin varlığı teorik açıdan kanıtlanabilmektedir.

İlk olarak McLeod ve Li (1983) tarafından kullanılan Ljung-Box $Q(m)$ istatistiğidir. Ljung-Box yöntemi bir zaman serisi içinden radele seçilmiş grupların, bir dizi gecikmeye dayanarak otokorelasyonlarının sıfırdan farklı olup olmadığını analiz eder. Bu istatistikte sıfır hipotezi H_0 , hata terimlerinin karelerinin otokorelasyon fonksiyonundaki ilk m gecikmenin sıfıra eşit olduğu (otokorelasyon içermediği), H_1 hipotezi ise otokorelasyon içerdiği yönündedir. $Q(m)$ istatistiği m gecikme sayısı serbestlik derecesinde χ^2 dağılıma sahiptir. Bu değerler m serbestlik derecesinde esas alınan güven aralığında χ^2 tablosundaki değerden küçükse H_0 hipotezi kabul edilmekte, otokorelasyonun yani ARCH etkisinin olmadığına karar verilmektedir. Ters durumda ARCH etkisinin var olduğuna ve dolayısıyla hata terimlerinin durağan olmadığına karar verilmektedir.⁵²

Bir başka yaklaşım ise Engle tarafından geliştirilen ARCH-LM (Lagrange Multiplier) testidir. Hipotezler şu şekildedir:

H_0 : ARCH etkisi yoktur. ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots = \alpha_p = 0$)

H_1 : ARCH etkisi vardır. (En az bir $\alpha_i > 0$)

ARCH-LM Test istatistiğinde T gözlem sayısı ve R^2 modelin determinasyon katsayısı olup $T \cdot R^2$ sonucunda elde edilen test değeri, m serbestlik derecesinde χ^2 tablo değeri karşılaştırılır. Sonucunda $T \cdot R^2 < \chi^2$ olursa H_0 hipotezi reddedilir ve ARCH etkisinin olmadığına karar verilir. Ters durumda $T \cdot R^2 > \chi^2$ ise H_1 hipotezi kabul edilir ve ARCH etkisinin olduğuna karar verilir.⁵³ Tek değişkenli modellerde 1 serbestlik derecesi söz konusu iken %95 ve %99 güven düzeyinde χ^2 tablo değerleri 3,842 ve 6,635 olarak belirlenmektedir.

⁵²Chandan Mukherjee, Howard White ve Marc Wuyts, **Econometrics and Data Analysis for Developing Countries**, London and New York: Routledge, 1998, s. 351.

⁵³Walter Enders, **Applied Econometrics Time Series**, John Wiley&Sons, Inc.,1995, s. 148.

D. GARCH

Genelleştirilmiş ARCH (GARCH) modeli Bollerslev (1986) tarafından literatüre kazandırılmıştır. GARCH modeli sonsuz dereceli ARCH modeline dayanmaktadır ve parametreler üzerine doğrusal olmayan sınırlamalar koyarak tahminlenen parametrelerin sayısının azalmasına izin vermektedir. Bu modelde koşullu varyansın kendi gecikme değeri modele eklenmiştir. Standart GARCH(p,q) modeli aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2 \quad (\omega_0 > 0 \text{ ve } \alpha_i, \beta_j \geq 0)$$

GARCH modelinin katsayılarının koşullu varyansı pozitif elde etmek amacıyla pozitif olduğu varsayılmaktadır. Bu modeli ARCH modeline daha önemli kılan etken koşullu varyansın kendi gecikme değerinin koşul olarak modele dahil edildiği için oynaklığı daha iyi tahminlemesi ve hataların sonsuz sayıda karelerinin gecikmiş değerlerini modele eklemesi gibi artıları bulunmaktadır. Zivot(2009), koşullu varyans denkleminde üç parametreye sahip olan GARCH(1,1) modelinin finansal zaman serilerini modellemede yeterli olduğunu ifade etmektedir.

ARCH-GARCH modellerinde durağanlığın sağlanmış olması da önemli bir konudur. Bunun için birkaç kısıtlama mevcuttur:⁵⁴

ARCH modeli durağanlık kısıtı:

$$\sum_{i=1}^p \alpha_i < 1$$

GARCH modeli durağanlık kısıtı:

$$\left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \right) < 1$$

⁵⁴ Juan Rodriguez Poo, **Computer-Aided Introduction to Econometrics**, Springer, 2003, s. 267.

GARCH modelinde α_i kısa dönem β_j ise uzun hafıza etkisini yani seriye gelen şokların hafızada kalma süresini ifade etmektedir. Söz konusu durumda:⁵⁵

$$\left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \right) < 1$$

ise koşullu varyans üzerindeki şoklar sona ermiştir.

$$\left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \right) = 1$$

ise koşullu varyans üzerindeki şoklar süreklidir.

$$\left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \right) > 1$$

ise koşullu varyans üzerindeki şoklar her zaman hafızadadır.

GARCH modellerinin tahmin yaparken katsayıların negatif olmama şartlarını göz ardı etmesi, kalın kuyruk (leptokurtosis) ve oynaklık kümelenmesi gibi durumları göz önünde bulundurmasına rağmen kaldıraç etkisini ihmal etmesi, koşullu ortalama ile koşullu varyans arasında direk bir ilişki kuramaması ve oynaklıktaki asimetriyi dikkate almaması gibi kısıtları olduğundan bu modellerde bazı geliştirilmelere gereksinim duyulmuştur.

E. EGARCH

EGARCH modeli Nelson (1991) tarafından geliştirilmiştir. ARCH ve GARCH modellerinde hata terimlerinin gecikmeli değerlerinin kareleri kullanılarak analizler yapıldığından, iyi haber (pozitif) ve kötü haber (negatif) şoklarının koşullu varyans üzerine etkisi aynı olarak varsayılmıştır. Fakat karar mekanizmalarının pozitif şoklardan ziyade negatif şoklardan daha fazla etkilendikleri bilinmektedir. Durum böyle olduğunda

⁵⁵ Kerry Patterson, **An Introduction to Applied Econometrics-A Time Series Approach**, USA: St. Martin's Press, 2000, ss. 717-718.

pozitif ve negatif şokların koşullu varyans üzerine etkilerinin ayrıştırılması büyük önem arz etmektedir. Söz konusu ayrıştırma ise modele eklenen bir kaldıraç (asimetri katsayısı) parametresinin dahil edilmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir. Bu modelde, koşullu varyansın doğal logaritması hataların gecikmelerinin işareti ve büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak belirtilmektedir. Bu sebeple pozitif varyans elde etmek için parametreler üzerindeki kısıtlamalar kaldırılmaktadır. Söz konusu durum modelin, varlık getirisinin negatif ve pozitif gecikmeli değerleri için asimetrik olarak yanıt vermesine imkan tanımaktadır.

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \frac{|\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i \varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

Modelde asimetri katsayısı (γ_i) 0'dan farklı bir değere sahip olduğunda koşullu varyans üzerinde asimetri (kaldıraç) etkisinin var olduğundan bahsedilebilir. Söz konusu durumda ise $\gamma_i > 0$ ve istatistiksel açıdan anlamlıysa, geçmişte yaşanmış olan pozitif bir şok olarak değerlendirilen iyi haberlerin negatif bir şok yani alınan kötü haberlere kıyasla volatilitiyi daha çok arttırdığı, aksi durumda $\gamma_i < 0$ ve istatistiksel açıdan anlamlıysa, geçmişte yaşanmış olan negatif bir şokun (kötü haber) pozitif şoklara (iyi haber) kıyasla oynaklığı daha çok arttırdığını söylemek mümkündür. Durum böyle olduğunda, genel kanı finansal piyasalardaki ortamda negatif şokların volatilitiyi daha çok arttırdığı yönündedir.

Logaritmik koşullu varyans üzerinde pozitif şokların etkisi ($\alpha_i + \gamma_i$) ile belirlenirken, negatif şokların etkisi ($\alpha_i - \gamma_i$) ile belirlenmektedir. EGARCH modelinin GARCH modeline göre en önemli farklarından birisi ise varyansın logaritmasını aldığı için negatif olmama koşullarını yerine getirmiş bulunmaktadır. Diğer farklılığı ise EGARCH modelinin oynaklık üzerindeki pozitif ve negatif şokların etkisini ayırd etmesi GARCH modelinden olan farkını oluşturmaktadır.

G. APGARCH

1980'li yıllardan sonra koşullu değişen varyans analizleri hızla gelişimlerini sürdürmüşlerdir. Bu alanda ortaya çıkan önemli gelişme, Ding, Granger ve Engle tarafından ileri sürülerek Genelleştirilmiş Asimetrik Üslü ARCH (APGARCH – Generalized Asymmetric Power ARCH) modeli literatüre kazandırılmıştır. Bu modelle

ise asimetrik dağılımlı ve kuyruklu yapılara sahip seriler için analizlerin yapılmasında etkin bir tahminci olarak ileri sürülmüştür.

Ding, Granger ve Engle (1993), geleneksek ARCH modellerinde yüksek frekans içeren zaman serilerinin mutlak değeri ya da karesini almak yerine, verilerin dönüşümünün verilerin kaçınıcı kuvveti ile olduğunu incelemişlerdir. APGARCH (p,q) modeli için koşullu değişen varyans denklemi şu şekilde belirtilebilir:

$$\sigma_t^\delta = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^\delta \quad (\omega_0 > 0 \text{ ve } \alpha_i, \beta_j \geq 0)$$

Denklemden α_i ve β_j standart GARCH, γ_i kaldıraç etkisi ve δ ise kuvvet parametresidir. Kaldıraç etkisi -1 ve +1 arasında değerler alırken, kuvvet parametresi 0'dan büyüktür ve standart sapmanın (σ) Box-Cox dönüşümüdür. γ_i negatif (pozitif) değere sahip olduğunda, geçmişte yaşanan pozitif (negatif) şokların, serinin bugünkü koşullu varyansı üzerinde geçmişte yaşanan aynı büyüklükteki negatif (pozitif) şoklara göre daha önemli bir etkiye sebep olduğu anlamına gelmektedir.

APGARCH modelinde kuvvet parametresinin 2'ye yakın çıkması koşullu standart sapmanın yerine koşullu varyansın modellenmesi anlamına gelmektedir. APGARCH modeline ait durağanlık kısıtı şu şekildedir:

$$\alpha_i E(|z| - \gamma_i z)^2 + \beta_j < 1$$

Bu bölümde sadece tezin uygulamasında kullanılan ve anlamlı çıkan GARCH tipi modeller açıklanmıştır. Bunların haricinde GJRARCH, IGARCH, CGARCH, PGARCH, TGARCH, FIGARCH, FIAPARCH, FIEGARCH, HYGARCH tipi GARCH modeller de mevcuttur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HAM PETROL VE DOĞAL GAZ FİYATLARINDA

OYNAKLIK MODELLEMESİ VE YAPISAL KIRILMALARIN ETKİSİNİN ANALİZİ

Beklenen getiri ile ilgili risk ve belirsizlik terimleri finans literatüründe önemli bir yere sahiptir. Finansal piyasalara ait risk ve getiri seviyelerinin belirlenmesi yatırımcıların kararları yönünden önemlidir. Finansal piyasalara ait risk kavramı ise gerçekleşen getiri ile beklenen getiri arasındaki sapmayla ilgili olmaktadır. Son dönemlerde risk ve belirsizliğin öngörülebilirlik noktasında artan merak yüksek frekanslı finansal zaman serilerinin koşullu değişen varyans modelleri ile tahmin edilmesi ihtiyacını gündeme getirmiştir. Finansal piyasa getirilerinin en temel özelliklerinden biri de oynaklıkların dinamik yapısıdır. Piyasalara ait volatilité kümelenmesi olarak nitelendirilen dinamik yapının varlığı volatilitédeki değişimlerin tesadüfi olmadığını göstermektedir. Finansal piyasalara ait bu yapı yatırımcıların, akademisyenlerin ve politika yapıcıların piyasalara farklı bir bakış açısıyla yaklaşılmasına yol açmaktadır. Bu maksatla ARCH-GARCH ve türev modelleri finansal piyasa oynaklığı analizlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

I.HAM PETROL VE DOĞALGAZ OYNAKLIK MODELLEMESİ İLE İLGİLİ YAZIN TARAMASI

Yatırım araçlarının gelişiminde ekonomik, politik ve sosyal sebeplerle bazı değişkenlikler görülmektedir. Örneğin risk seviyesinin yüksekliğine bağlı olarak devamlı kazandıran bir yatırım aracına ait getiriler, piyasalara akseden olumsuz bir haberin etkisiyle kazanç etkisini yitirebilir ve yatırımcılar beklemediği durumlarla karşı karşıya kalabilirler. Finansal alanda oynaklık üzerine kazanç ve kayıp noktalarının belirlenmesi amacıyla birden çok çalışma ve araştırma yapılmıştır.

Petrol fiyatlarının stokastik yapısını modellemeye yönelik araştırmalar incelendiğinde, daha önceki dönemlerde genellikle petrol fiyatlarının analiz edilen dönem boyunca ısrarcı bir yapı ve trendlerin düzeltmelerle birlikte devamlılık sergilediği ayrıca birim kök içerdiklerini tespit edilmiştir. Buna ek olarak petrol getirileri ve fiyatlarının Gaussian dağılıma uygun olmadığı, negatif çarpıklık derecesine ve aşırı basırlı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Oynaklık ve getiri kümelerinin GARCH ailesi modelleri ile daha tutarlı sonuçlar sergilediği görülmüştür.

Finansal yatırım açısından bakıldığında, emtialara ait oynaklıklarının tahmin edilmesi değerlendirme, portföy oluşturma, risk yönetimi, optimum opsiyon ve vadeli işlem işlemlerinde korunma sağlanması için son derece önemlidir. McMillian ve Speight (2001) spekülasyon aktivitelerinin finansal piyasalardan emtia piyasalarına doğru kaydığını göstermektedir. Agnolucci (2009) WTI vadeli işlem sözleşmeleri ve spot fiyatları üzerinde GARCH tipi modellerin tahmin performansını zımnî oynaklık modelleri ile karşılaştırdığı çalışmada petrol vadeli işlemleri üzerinde asimetric etkilerin varlığını kanıtlamış ve hata terimlerinin dağılımının GARCH parametrelerine olan etkisini analiz etmiştir. Performans analizine ait testlere göre Bollerslev (1986)'in GARCH tipi modellerin zımnî oynaklık modellerine göre daha iyi performans sergilediği ifade edilmiştir.

Doğal gaz piyasası yüksek oynaklık seviyesine sahiptir. Bu durumun sebebi ise söz konusu emtianın kendine ait özellikleri, arz kapasitesindeki mevcut kısıtlar ve sıcaklıklara bağlı olarak talepte ortaya çıkan zirveler olmaktadır. Genel algı, oynaklığın yükseldiği dönemde fiyatların düştüğü, fiyatların yükseldiği dönemler ise oynaklığın daha az olduğu dönemler olma yönündedir. Doğal gazda arz ve talebin esnek olmayan yapısı söz konusu olduğundan soğuk hava gibi faktörler yüksek derecede fiyat dalgalanmaları yaşanmasına sebep olabilmektedir. Kasım, kış mevsiminde en sıcak ay olmasına karşın aynı zamanda ısınma sezonunun ilk ayı olmakta ve mevcut stoklar arz ve talebi karşılamakta yetersiz kalmakta çünkü depolardaki miktarın kışın sonuna kadar yetmesi gerekmektedir. Söz konusu bu nedenle fiyatlar daha değişken olabilmektedir. Ekim ayında ise oynaklığın fazla olduğu tespit edilmiştir. Çünkü Ekim ayında depoların yeniden doldurulmaya başladığı bir sezon olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dönemde depolama firmaları ve ısınma hizmeti sunan firmalar arasında rekabetin artmasında bağlı olarak hedeflerin tutturulması amacıyla fiyatlar üzerinde yukarı doğru baskı yaratılmaktadır.

Ekonomik faaliyetler doğal gaz piyasasını en çok etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Ekonomi gelişmeye başladığında endüstriyel ve ticari mal ve hizmetlere olan talebin artmasıyla doğal gaza yönelik bu sektörlerden artışlar gelmektedir. Doğal gaz birçok sektörde de yararlanılan bir yakıt türü haline gelmiştir. Doğal gaza yüksek derecede bağımlı olan endüstriyel kullanıcılar için doğal gaz fiyatları üzerinde meydana gelen oynaklıklar tesislerin maliyet ekonomilerini engellenemez ve tahmin edilemez bir şekilde arttırmaktadır.

Petrol ve doğalgaz fiyatlarındaki oynaklık ve bu fiyatların küresel ve ulusal ekonomilere etkisine dikkat edildiğinde, söz konusu fiyatların oynaklığını öngörme

olanağı üreticileri ile yatırımcıları açısından önem teşkil etmektedir. Bu doğrultuda, doğalgaz ve petrol fiyatlarının oynaklıklarının tahmini, aynı zamanda dünya ekonomisi de son derece önem arz etmektedir. Fiyatlardaki oynaklığın tahmini için çoğunlukla GARCH model ailesi kullanılmaktadır. Literatürde petrol piyasasının oynaklığını tahminlemek için GARCH modellerini ve türevlerini kullanmış olan birçok çalışma mevcuttur. Buna göre;

Ewing v.d. (2002), yaptıkları çalışmada petrol ve doğal gaz endeksi, 1 Nisan 1996 ile 29 Ekim 1999 arasında ki kapanış fiyatları analiz kapsamına alınmıştır. Getiri oynaklık grafikleri incelendiğinde yüksek oynaklıkların yüksek oynaklıkları, düşük oynaklıkların ise düşük oynaklıkları izlediği görülmüştür. Böylece, serilerin koşullu varyanslarının ardışık korelasyon sergilediğini söylenmiştir.

Sadorsky (2006) vadeli petrol fiyatlarının günlük getirilerinin oynaklık tahminlerini GARCH ile modellemiştir.

Narayan & Narayan (2007) ham petrol fiyat değişkenliğini 13.9.1991- 15.9.2006 dönemi için günlük veriler ile asimetri etkisini dikkate alarak oynaklık sürekliliğini incelemek adına EGARCH modeli kullanmışlardır. Bütün bir dönem itibarıyla alınan sonuçlar arasında seriye gelen şokların oynaklık üzerinde süreklilik etkisi ve asimetri etkisinin var olduğu ifade edilmiştir.

Regnier (2007), üretici fiyatlarını 1945 – 2005 yılları arasında incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre ham petrol ve doğal gaz fiyatları yurtiçi üreticiler tarafından satılan ürünlerin %95'inden daha çok oynak olarak gözlenmiştir. Hammaddeler fiyatları içerisinde ham petrolün fiyat oynaklığı cari oynaklık seviyesi olan % 60'tan daha yüksek olarak gözlenmiştir. Petrol fiyat oynaklıklarının emtiaları içerisinde ki medyan değerini ilk aştığı tarih olarak 1986'da petrol fiyatlarının düşmesiyle olduğu aktarılmıştır.

Cheong (2009) Batı Teksas (WTI) ve Avrupa Brent arasındaki petrol fiyatlarının zaman boyunca değişen oynaklığını ARCH modeli ile incelemeye çalışmışlardır.

Firuzan (2010), Ocak 1981–Aralık 2007 döneminde ham petrol varil fiyatı serisinin oynaklık gösterip göstermediğini incelenmiştir. Bununla birlikte oynaklığın yapısını belirleyen en uygun müdahale modeli elde edilmeye çalışılmıştır. Veriler değerlendirildiğinde, zaman serisinin durağan olmadığı sonucu yapılan birim kök testleri ile birlikte elde edilmiştir. Seride olası üç müdahale olduğu düşünülerek yapılan müdahale analizine göre sadece bir müdahale değişkeni anlamlı bulunmuştur. Anlamlı çıkan Irak-ABD kaosu müdahale değişkeni ile petrol fiyatları serisinin gecikmeli değerlerinden ekonometrik bir model oluşturulmuştur.

Aloui & Mabrouk (2010) petrol ve gaz fiyatlarını FIGARCH, FIAPARCH ve HYGARCH dahil olmak üzere üç ARCH / GARCH tipi model ile incelemişlerdir.

Mohammadi & Su (2010) 11 ade ülkenin uluslararası pazarın haftalık ham petrol spot fiyatlarını 1.2.1997-10.3.2009 dönemini esas alarak ARIMA-GARCH modeli ile incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre petrol getirilerinde koşullu ortalama üzerinde etkili olan bir şok bir dönem sonra kalkmaktadır yani seri MA (1) özelliği göstermektedir. Ek olarak petrol getiri serisinin koşullu varyansı zamana göre değişkenlik göstermektedir. Çalışmanın devamında ise koşullu ortalama ve varyansın örneklem dışı tahmin performansının değerlendirilmesi aşamasındaki bulgulara göre MA(1)-EGARCH (1,1) ve MA (1,1)-APARCH (1,1) modelleri daha güvenilir olarak ifade edilmiştir.

Ural, Adakale (2010) ise araştırmalarında özellikle küresel finansal krizde ekonometrik modellerin bakış açısıyla ham petrol fiyatlarının oynaklıklarına etki eden kalemleri araştırmışlardır. 01/02/2005 ve 20/06/2010 döneminde 1380 gözlem incelenerek GARCH, APGARCH, FIGARCH, FIAPGARCH modelleri Student-t ve Skewed student-t olasılık dağılımları kullanarak tahmin edilmiştir. Model seçim kriterleri, FIAPGARCH ve APGARCH student-t dağılımlı modellerinin en sağlıklı modeller olduklarını belirtmiştir. Oynaklık katsayısı model parametrelerinden ve ayrıca günlük kayıp fonksiyonları olan VaR ve CVaR üzerinden en uygun tahmin modelinden elde edilmiş ve petrol fiyatlarının finansal kriz sonrası son beş yıl içerisinde oldukça oynak olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Wei vd. (2010) Avrupa Brent ve West Texas (WTI) ham petrol piyasalarının oynaklarını tahmin etmek amacıyla doğrusal ve doğrusal olmayan GARCH kullanmışlardır.

Hou & Suardi (2012) Avrupa Brent ve Batı Texas (WTI)'ın petrol fiyatlarının getirilerinin oynaklığını modellemek ve tahmin etmek için, parametrik olmayan GARCH ve parametrik GARCH modellerini kullanmışlardır.

Liu & Wan (2012) 5 dakikalık yüksek frekanslı verileri kullanarak Şangay'ın petrol fiyatlarındaki oynaklığı GARCH modelleri ile tahmin etmişlerdir.

Wang & Wu (2012) enerji piyasasındaki oynaklığı tek değişkenli hem de çok değişkenli GARCH sınıfı modelleri kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara enerji fiyat oynaklıklarında uzun hafızanın varlığına işaret edilmiş ve GARCH sınıfı modeller zaman aralığının %70'inde oynaklık aşırı tahmin edilmiştir.

Alterman (2012), Kuzey Amerika ve Birleşik Krallık doğal gaz ve petrol fiyatları oynaklıkları 1997-2011 periyodu için analiz etmiştir. Henry Hub doğal gaz fiyatları

oynaklıkları üzerinde mevsimsellik etkisinin varlığına rastlanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre oynaklık yılın son dönemlerinde Ekim ve Kasım aylarında artış eğilimi göstermektedir.

Lv ve Shan (2013), 1997 - 2006 tarihleri arasında inceledikleri doğal gaz serisinde GARCH sınıfı modelleri kullanmışlar ve kalın kuyruk, uzun hafıza özelliklerinden faydalanarak doğal gazın fiyat oynaklıkları modellemeye çalışmışlardır. GJR ve EGARCH modellerinin baz oynaklığı tahminlemede altı kayıp fonksiyonu kriterinin üçünde daha üstün bir performans sergilediğini ortaya koymuşlardır ve elde ettikleri sonuca göre GARCH sınıfı modeller doğrusal modellere kıyasla doğal gaz fiyatlarında meydana gelen oynaklıkları daha iyi tahmin edebilmektedir.

Charles & Darné (2017) Avrupa Brent ve West Texas (WTI) ham petrol piyasalarının oynaklarını 6.01.1992-31.12.2014 tarihlerini esas alarak GARCH, GJR-GARCH ve EGARCH modelleri ile incelemişlerdir.

Finansal kırılmalıklar ve volatilité finansal sistemde önemli olduğu için literatürde birden fazla araştırmada yer almıştır. Bu bölümde oynaklık modellemesinde finansal kırılmalıkların belirlenmesine yönelik olarak çalışılan bazı araştırmalar ele alınmıştır.

Malik (2003), çalışmasında volatilitédeki beklenmedik değışimleri ve bunların meydana geldiği dönemlerdeki ekonomik olguları Ocak 1990 – Eylül 2000 döneminde ICSS algoritması yardımıyla analiz etmiştir. Çalışmada, GARCH modeli kullanılarak tahmin edilen oynaklıktaki beklenmedik değışimlerin süreğenliğinin azalma gösterdiği bulgusuna ulaşılmıştır.

Malik ve Hassan 2004'te yaptıkları araştırmalarında oynaklıkta meydana gelen beklenmedik değışimleri ICSS algoritması yardımıyla incelemişler ve Ocak 1992-Ağustos 2003 döneminde 5 önemli sektör endeksi verileri kullanılarak yapılan araştırmalarda, standart GARCH modelinin oynaklıkta tahminlenen süreğenlikte azalma meydana geldiği görülmüştür.

Malik vd. (2005), gerçekleştirdiği analizlerde standart GARCH modeli yerine ICSS modeli ile varyanstaki beklenmedik değışimleri analiz etmişlerdir. Çalışmada Kanada borsası için haftalık veriler kullanılarak 1992–1999 dönemi analiz edilmiştir. GARCH modeli kullanılarak hesaplanan oynaklık modelinde, varyanstaki değışkenliğin azaldığı ifade edilmiştir.

II. ANALİZDE KULLANILAN VERİ SETİ VE TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ

Ham petrol ve doğal gaz fiyatların birlikte ele alınmasındaki en önemli etken günümüzde sanayi, konut ve ulaşım gibi her ülkede ve bölgede ekonomik karar birimleri tarafından yoğun bir şekilde talep edilmesi ve gelişen teknoloji ile birlikte birbirlerine dönüşüm oranı ve fiyat belirleme mekanizmalarında pozitif korelasyona sahip olmalarıdır. Petrol piyasaları ve doğal gaz piyasaları için 03.01.2006 – 28.12.2018 dönem aralığı tercih edilmiştir. Söz konusu dönem tercihinde, dünya merkez bankalarının iktisadi anlamda genişlemeye yönelik para politikası, aynı dönemde 2008 küresel finansal krizinin etkilerinin atlatılmaya çalışıldığı bir süreç oluşu, ele alınan enerji emtialarının bilhassa 2000 yılı itibariyle finansal ürün yapısına dönüşmesi, yatırımcıların büyük pozisyonlarda önemli riskler ile karşı karşıya kalmaları gibi nedenler etkili olmuştur. Fiyatların tekrar artma eğilimine geçtiği ve ele alınan serilerde görülebileceği şekilde 2013 yılı sonlarından başlayarak göz ardı edilemez ölçüde oynak bir yapı sergilemeleri bu dönem aralığının incelenmesinde etken rol oynamıştır.

Çalışmada kullanılan kapanış fiyatları günlük getiri serisine;

$$R_t = \ln (P_t / P_{t-1}) \quad t=1, 2, 3, \dots, n.$$

Formülü (logaritmik birinci dereceden fark) kullanılarak dönüştürülmüştür.

Burada

R_t ; günlük getiriyi,

P_t ; t zamanındaki kapanış fiyatını,

P_{t-1} ; t-1 zamanındaki petrol ve doğal gaz kapanış fiyatlarını göstermektedir.

Analizlerde kullanılan değişkenler ve tanımları Tablo 6'da iken petrol ve doğal gaz getiri serilerine ilişkin betimsel istatistiklere Tablo 7'de yer verilmektedir.

Tablo 6: Kullanılan Değişkenler ve Tanımları

Kodu	Tanımı
RBRENTOL	Avrupa Brent Petrol Spot Fiyatı (Varil Başına Dolar)
RNATGAS	Henry Hub Doğalgaz Spot Fiyatı (mmBtu Başına Dolar)

Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Tablo 7: Doğal Gaz (RNATGAS) ve Ham Petrol (RBRENTOL) Getiri Serilerine İlişkin Betimsel İstatistikler

	RBRENTOL	RNATGAS
GÖZLEM SAYISI	3.291	3.291
ORTALAMA	-0,0000595	-0,000338
MEDYAN	0,0000776	0,000000
STANDART SAPMA	0,021325	0,041614
MİNİMUM	-0,168320	-0,475611
MAKSİMUM	0,181297	0,390069
ÇARPIKLIK	0,121388	0,258055
BASIKLIK	8,273411	20,82965
JB TESTİ (p-Değeri)	3.821,372 (0,0000)	43.628,06 (0,0000)

Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Not: Jarque -Bera istatistiği Boş Hipotezinde getiri örneklem dağılımının normalliğini test etmektedir.

Tablo 7’de değişkenlere ait temel betimsel istatistikler yer almaktadır. Her iki getiri serisi için elde ettiğimiz verileri yorumladığımızda ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir:

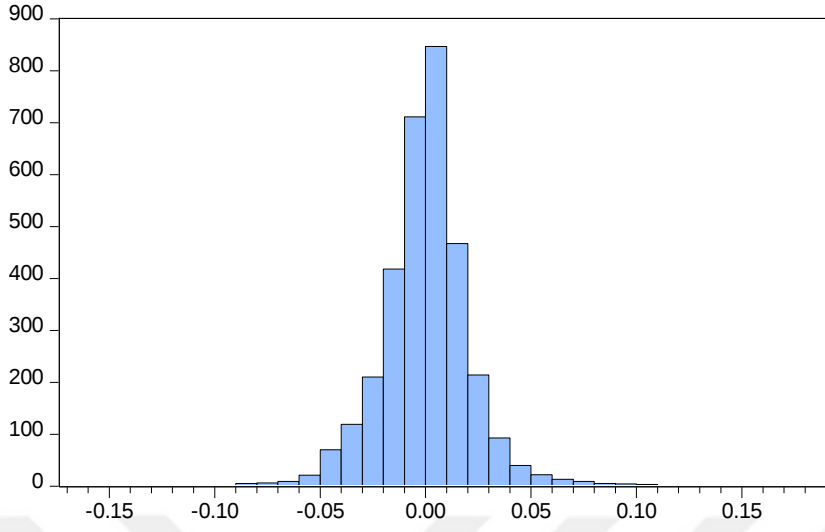
Doğal gaz getiri serisinin oynaklık seviyesini gösteren standart sapma değeri 0,041614 olarak, en büyük düşmeyi belirten minimum değeri -0,475611 iken en büyük artışı belirten maksimum değeri 0,390069 olarak hesaplanmıştır. Normal dağılım, simetrik özellik gösterdiğinden çarpıklık değerinin 0 basıklık değerinin ise 3 olması beklenmektedir. Burada ele aldığımız doğal gaz getiri serisi 0,258055 değeriyle pozitif (sağa) çarpık dolayısıyla asimetrik olup 43,62 aşırı basıklık değeriyle de sivri dağılıma

sahip olduğunu ortaya koyduğundan ele aldığımız seride şişman kuyruk (fat tail) problemi bulunmaktadır.

Petrol getiri serisinin oynaklık seviyesini gösteren standart sapma değeri 0,021325 olarak, en büyük düşmeyi belirten minimum değeri -0,1683 iken en büyük artışı belirten maksimum değeri 0,1812 olarak hesaplanmıştır. Burada ele aldığımız petrol getiri serisi 0,121388 değeriyle pozitif (sağa) çarpık dolayısıyla asimetric olup 8,27 aşırı basıklık değeriyle de sivri dağılıma sahip olduğunu ortaya koyduğundan ele aldığımız seride şişman kuyruk (fat tail) problem bulunmaktadır. Pozitif asimetrinin gözlemlenmesi yani şişman kuyruk problemiyle karşılaşılması dağılımın sağ taraftaki kuyruğunun daha uzun olduğunu, petrol ve doğal gaz getiri serileri için negatif getirilerin daha yüksek frekansa sahip olduğunu ifade etmektedir. Böylece her iki serinin de normal dağılımdan anlamlı derecede farklılaştığı görülmektedir.

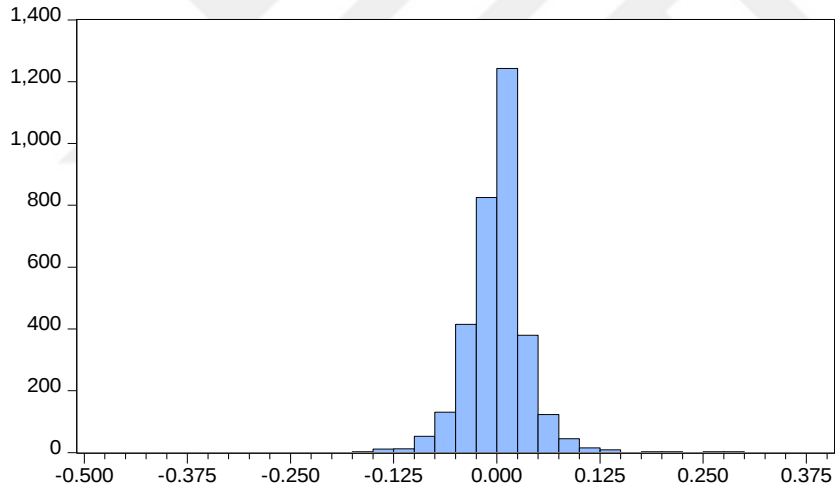
Serinin normal dağılım özelliği çarpıklık, basıklık katsayılarının yanısıra Jarque-Bera (JB) test istatistiği yardımı ile de ölçülebilmektedir. Elde ettiğimiz çarpıklık ve basıklık sonuçlarına paralel olarak tabloda yer alan Jarque-Bera normal dağılım testine göre değişkenlerin normal dağıldıklarını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmektedir. Böylece her iki değişkenin de normal dağılım göstermediğinin bir ifadesi olan Jarque-Bera İstatistiği de istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu durum Petrol getiri serisi için Şekil 14, Doğal gaz getiri serisi için ise Şekil 15 ile gösterilen histogram aracılığıyla da gözlemlenebilmektedir.

Şekil 14: Petrol Getiri Serisi Histogramı



Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

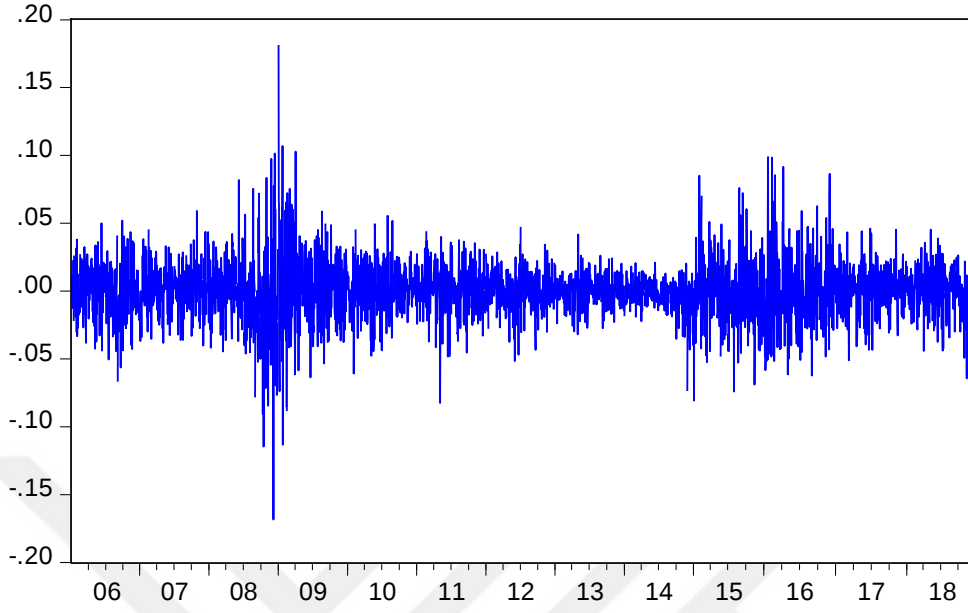
Şekil 15: Doğalgaz Getiri Serisi Histogramı



Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Şekil 16: Petrol Getiri Serisinin Zaman Yolu Grafiği

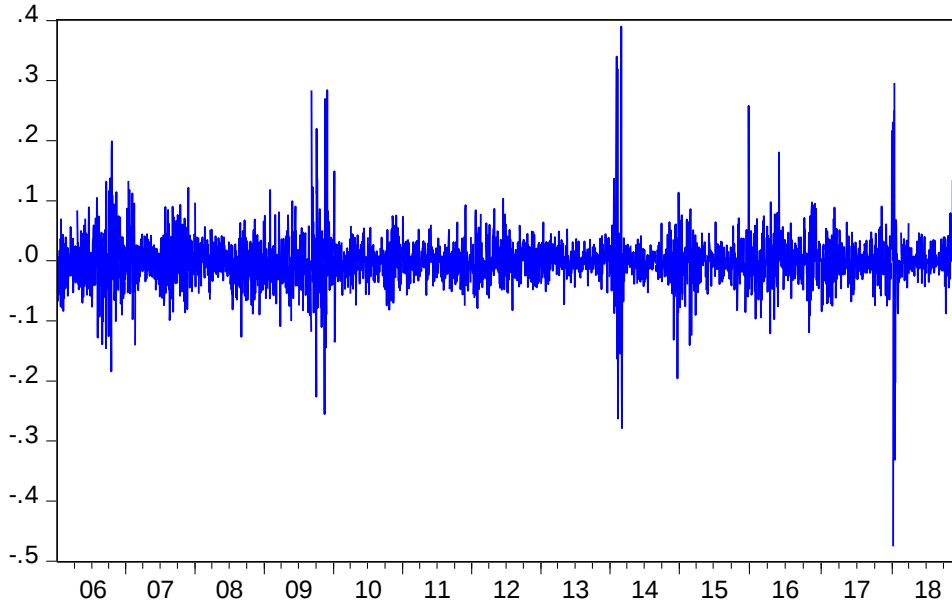
RBRENTOL



Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Şekil 17: Doğalgaz Getiri Serisinin Zaman Yolu Grafiği

RNATGAS



Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Zaman yolu grafiklerinden her iki değişkenin de normal dağılmadığı açıkça görülmektedir. Bu durum ise serilerin güçlü durağan olmadıkları şeklinde de bilgi vermektedir. Dolayısıyla ele alınan değişkenlerin finansal zaman serisi özelliklerini taşıdığını söylemek mümkündür.

Finans çalışmalarında zaman serilerinin durağan olması sahte regresyona ve yanıltıcı sonuçlara sebep olduğundan birim kök taşınamaması yani serilerin durağan olması gerekmektedir. Finansal zaman serilerinin zayıf durağanlık özelliğine sahip olmaları bu serilerin aynı zamanda güçlü durağan olduğu anlamına gelmemektedir. Güçlü durağanlık çoğunlukla serilerin dağılım özelliklerine ait varsayımları gerektirmektedir. Bu varsayımlar ise serinin üçüncü ve dördüncü momentine dayalı olarak belirlenen serinin dağılım özellikleridir. Bu varsayımın geçerliliği için kullanılan test ise Jarque-Bera normallik testidir.⁵⁷

Şekil 16 ve Şekil 17’ de verilerin getiri serilerinin zaman yolu grafikleri detaylı incelendiğinde ortalama etrafındaki eğilimi ve volatilité (oynaklık) kümelenmelerinin varlığı görsel olarak gözükmemektedir. Oynaklıkların çoğunlukla birbirini izlediği, yüksek oynaklıkları yüksek oynaklıkların düşük oynaklıkları ise düşük oynaklıkların izlediği anlaşılmaktadır. Volatilité kümelenmesi olarak bilinen söz konusu durum ise finansal zaman serilerinin en önemli özelliklerinden birisidir. Bu özelliğin ortaya çıkardığı en önemli sonuç ise varyansın zamana göre değişiklik göstermesidir.

Betimsel (Tanımlayıcı) istatistikler sonrasında, getiri serilerinin zayıf durağan olup olmadığı Augmented Dickey-Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP) ve Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, Shin (KPSS) birim kök testleri ile araştırılmıştır. Bu testler sıfır hipotezinin yazılımında birbirlerinden farklılık göstermektedirler.

ADF ve PP testleri için sıfır hipotezi zaman serisinde birim kökün varlığını, durağan olmama durumunu ya da $I(1)$ sürecini gösterirken, KPSS testinin sıfır hipotezi ise serilerde durağanlığı gösteren $I(0)$ sürecini ortaya koymakta yani zaman serisinin durağan olduğunu ifade etmektedir.

⁵⁷ Ekinci vd., s. 267.

Tablo 8: ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF Birim Kök Testi		
	Sabitli	Trend ve Sabitli	Durağanlık Düzeyi
RBRENTOL	-56,41887*** (0,0000)	-56,42187*** (0,0000)	I(0)
RNATGAS	-36,33213 (0,0000)	-36,33350 (0,0000)	I(0)
Kritik değerler	%1: -3,43 %5: -2,86 %10:-2,56	%1: -3,96 %5: -3,41 %10:-3,12	I(0)

Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyindeki anlamlılıkları göstermektedir.

Tablo 9: PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	PP Birim Kök Testi		
	Sabitli	Trend ve Sabitli	Durağanlık Düzeyi
RBRENTOL	-56,41881*** (0,0001)	-56,42180*** (0,000)	I(0)
RNATGAS	-52,20560*** (0,0001)	-52,20461*** (0,0000)	I(0)
Kritik değerler	%1: -3,43 %5: -2,86 %10:-2,56	%1: -3,96 %5: -3,41 %10:-3,12	I(0)

Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyindeki anlamlılıkları göstermektedir.

Tablo 10: KPSS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	KPSS Birim Kök Testi		
	Sabitli	Trend ve Sabitli	Durağanlık Düzeyi
<i>RBRENTOL</i>	0,127195*** (0,0000)	0,057721*** (0,0000)	I(0)
<i>RNATGAS</i>	0,060908*** (0,0000)	0,020832*** (0,0000)	I(0)
<i>Kritik değerler</i>	%1: 0,73 %5: 0,46 %10: 0,34	%1: 0,21 %5: 0,14 %10: 0,11	I(0)

Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyindeki anlamlılıkları göstermektedir.

Elde edilen ADF ve PP birim kök test sonuçlarına göre RBRENTOL ve RNATGAS serilerinin hem sabitli hem de trendli modele ait test istatistikleri %1 önem düzeyinde kritik değerlerden küçük olduğundan dolayı bu değişkenlerin zayıf durağan oldukları gözlemlenmiştir. Yani serinin birim köke sahip olduğunu belirten H_0 hipotezi %95 güven aralığında red edilmektedir. Boş hipotezin durağanlığı ifade ettiği KPSS testi için ise %95 güven aralığında H_0 hipotezi kabul edilmektedir. Nihai olarak tüm birim kök testi sonuçları için logaritmik getiri serilerinin ortalama durağanlıktan farklılık göstermediği, ortalama etrafında bir seyir izlediği görülmektedir yani getiri serileri durağandır.

Birim kök testleri ile beraber, getirilerin bağımsızlık yapısına ilişkin bilgi sahibi olabilmek için doğalgaz ve petrol getiri serilerine Ljung-Box Q testi de uygulanmıştır. Bu testin sıfır hipotezi getirilerin ilk p otokorelasyonlarının 0'a eşit olmasıdır. Bu ifade seride otokorelasyon olmadığı anlamına gelmektedir. H_0 hipotezinin kabulü, verinin otokorelasyon içermediği sonucuna ulaştırırken, H_0 hipotezinin red edilmesi ise getirilerdeki otokorelasyonu belirtmektedir. Getirilerin karelerine ait olan Q istatistiği otokorelasyonun varlığını işaret ederken serilerde farklı varyans özelliğinin var olduğunu ve dolayısıyla da serilerin modellenmesinde GARCH tipi modellerin kullanılmasının gerekliliğini belirtmektedir.

Ljung-Box Q testinin H_0 hipotezi aşağıdaki gibi yazılmaktadır:

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$$

Tablo 11, kareli ve mutlak getiri serileri için; $\rho = 5$, $\rho = 10$, $\rho = 20$, $\rho = 50$ 'de elde edilen sonuçları göstermektedir.

Tablo 11: Getiri Serilerinin Ljung-Box Q İstatistikleri

	RBRENT OIL	RNAT GAS
Q(5)	2,48833 [0,7782515]	89,865 [0,0000000]**
Q(10)	11,5358 [0,3173234]	121,32 [0,0000000]**
Q(20)	35,8112 [0,0161856]*	158,74 [0,0000000]**
Q(50)	91,2087 [0,0003338]**	230,42 [0,0000000]**
Q²(5)	297,654 [0,0000000]**	857,52 [0,0000000]**
Q²(10)	552,568 [0,0000000]**	1090,00 [0,0000000]**
Q²(20)	1482,91 [0,0000000]**	1333,1 [0,0000000]**
Q²(50)	3052,85 [0,0000000]**	1365,4 [0,0000000]**

Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

LB(Q) ve LB(Q²) sırasıyla modelde otokorelasyonun olup olmadığını gösteren Ljung-Box Q ve Ljung-Box Q² test istatistiklerini göstermektedir. F testi ise modelde değişen varyans olup olmadığını gösteren ARCH-LM test istatistiğidir. Her iki testin boş hipotezleri sırasıyla otokorelasyonun ve değişen varyansın olmadığını ifade etmektedir.

Sonuç olarak değişkenlerin durağanlık özelliklerinin incelenmesinde Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips ve Perron (PP) ile Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS) birim kök testlerinden yararlanılmıştır. Elde edilen birim kök testi sonuçları her iki değişkenin de düzey değerlerinde durağan olmadığını söylemektedir. Ancak serilerin birinci farkı alınıp birim kök testleri tekrar yapıldığında serilerin durağan duruma geldikleri görülmektedir. Bu durum da değişkenlerin birinci dereceden bütünleşik I(1) olduklarını söylemektedir. Getiri serilerine uygulanan Ljung-

Box Q ve Q^2 testleri ile Jarque-Bera testi sonuçları ise serilerin her üçünün de otokorelasyon ve değişen varyans sorununa sahip olduğunu ve standart normal dağılıma uymadığını göstermektedir.

Bununla birlikte ele aldığımız serilerde oynaklık analizine geçmeden önce serilerin zamana göre değişen varyans özelliğine sahip olup olmadıkları ARCH-LM testiyle de incelenmiştir.

Tablo 12: ARCH-LM Değişen Varyans Testi

RBRENTÖİL	Gözlem* R^2	79,20559	χ^2 (olasılık)	0,000
RNATGAS	Gözlem* R^2	246,3082	χ^2 (olasılık)	0,000

Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Yukarıdaki tabloda elde edilen ARCH-LM değişen varyans test istatistiği sonuçlarına göre her iki getiri serisi için serilerin eşit varyanslı olduklarını ifade eden sıfır hipotezleri reddedilmiş ve böylece serilerin zamana göre değişen varyans özelliğine sahip oldukları sonucuna varılmıştır. Yani ARCH etkisi mevcuttur, bu etki giderilmelidir.

ARCH etkisinin de varlığını kabul ettikten sonra ARCH tipi model seçimlerine geçilmiş, GARCH, EGARCH ve APGARCH modelleri denenmiştir.

III. YAPISAL KIRILMA TESTİ ÖNCESİ MODEL TAHMİN SONUÇLARI

Bu bölümde petrol ve doğalgaz fiyatları getiri serilerindeki volatiliteleri incelemek amacıyla Normal, Student- t ve GED dağılımları altında farklı (p, q) gecikme değerleri için, GARCH, EGARCH ve APGARCH modelleri tahmin edilmektedir. Finansal risk analizleri kapsamında doğru istatistiksel dağılımın kullanılması son derece önemlidir. Çünkü finansal zaman serileri normal dağılım varsayımını sağlayamamaktadır. Bu sebepten daha tutarlı sonuçlar elde edebilmek için normal dağılım dışındaki dağılımların da incelenmesi gerekmektedir. Dağılım özelliğine bağlı olarak seriler üzerindeki asimetric etkileri ortaya koymak amacıyla her bir oynaklık modeli GED dağılımına göre tahmin edilmiştir.

GED dağılımına ait katsayının 2'den küçük olması serinin kalın kuyruk özelliğine sahip olduğu anlamına geldiğinden bu durum kuyruk özelliğine bağlı olarak dağılımın asimetric etkiler de gösterebileceği yönünde bir bilgidir. v (kuyruk) parametresi ise dağılımın leptokurtik bir yapı sergilediği yönünde bilgi vermektedir. Tablolarda,

μ Ortalama denkleminin sabit parametresi, ω varyans denkleminin sabit parametresi, α ARCH katsayısı, β GARCH katsayısı, ν Kuyruk yapısı, γ Kaldıraç etki parametresi ve d uzun dönemli bellek parametresini ifade etmektedir.

Tablo 13: RBRENT OIL Getiri Serisi İçin GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

	GARCH		
p=1, q=1	Gauss	Student-t	GED
μ	0,000183 (0,000293) [0,5318]	0,000249 (0,000277) [0,3689]	0,000298 (0,000266) [0,2626]
ω	0,00000130 (0,000000436) [0,0028]	0,00000133 (0,000000599) [0,0262]	0,00000135 (0,000000645) [0,0363]
α	0,048987 (0,005157) [0,0000]	0,045640 (0,006582) [0,0000]	0,046727 (0,007186) [0,0000]
β	0,949819 (0,005101) [0,0000]	0,952976 (0,006566) [0,0000]	0,951790 (0,007206) [0,0000]
ν		7,547523 (1,010580) [0,0000]	1,357143 (0,044818) [0,0000]
Log-Olabilirlik	8424,404	8470,862	8482,208
AIC	-5,117231	-5,144857	-5,151752
SIC	-5,109818	-5,135591	-5,142486
HQ	-5,114577	-5,14154	-5,148435
Çarpıklık	-0,168947	-0,16611	-0,16626
Basıklık	4,16031	4,167062	4,162404
J-B	200,2698 [0,0000]	201,9038 [0,0000]	200,4429 [0,0000]
Q(5)	5,54400	5,4843	5,505
Q(10)	9,10960	9,0948	9,0928
Q ² (5)	4,1168	3,704	3,8477
Q ² (10)	6,0235	5,6649	5,7572
ARCH LM	0,209194 [0,6474]	0,085698 [0,7697]	0,115795 [0,7336]

(.) ile gösterilen değerler ele alınan parametrelere ilişkin standart hataları, [.] ile gösterilen değerler ise p olasılık değerlerini ifade etmektedir. Log-Olabilirlik maksimum Logaritmik Olabilirlik değerini, AIC Akaike bilgi kriterini, BIC Schwarz bilgi kriterini, JB Jarque-Bera test istatistiğini, Q(.) standartlaştırılmış hata terimlerini, Q²(.) kareli standartlaştırılmış hata terimleri için 5 ve 10 serbestlik derecesinde Ljung-Box test istatistiğini ifade etmektedir.

Tablo 14: RBRENT OIL Getiri Serisi İçin EGARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

	EGARCH		
p=1, q=1	Gauss	Student-t	GED
μ	-0,000310 (0,000286) [0,2789]	0,0000133 (0,000277) [0,9618]	0,0000949 (0,000268) [0,7229]
ω	-0,119027 (0,014112) [0,0000]	-0,105827 (0,018704) [0,0000]	-0,109546 (0,020139) [0,0000]
α	0,096346 (0,009665) [0,0000]	0,090276 (0,012482) [0,0000]	0,091691 (0,013504) [0,0000]
β	0,994103 (0,001402) [0,0000]	0,995265 (0,001803) [0,0000]	0,994960 (0,001944) [0,0000]
γ	-0,049774 (0,005184) [0,0000]	-0,044224 (0,006844) [0,0000]	-0,045364 (0,007227) [0,0000]
ν		8,477040 (1,226979) [0,0000]	1,391745 (0,046137) [0,0000]
Log-Olabilirlik	8447,868	8484,414	8495,745
AIC	-5,130883	-5,152485	-5,159371
SIC	-5,121617	-5,14137	-5,148252
HQ	-5,127566	-5,148504	-5,15539
Çarpıklık	-0,13653	0,138584	0,137212
Basıklık	4,02669	4,053608	4,048128
J-B	154,7673 [0,0000]	162,7551 [0,0000]	160,9684 [0,0000]
Q(5)	3,8041	3,6775	3,6195
Q(10)	6,4704	6,337	6,2125
Q ² (5)	4,5216	4,6776	4,7302
Q ² (10)	4,9626	5,1595	5,1835
ARCH LM	0,039708 [0,8421]	0,132550 [0,7158]	0,117402 [0,7319]

(.) ile gösterilen değerler ele alınan parametrelere ilişkin standart hataları, [.] ile gösterilen değerler ise p olasılık değerlerini ifade etmektedir. Log-Olabilirlik maksimum Logaritmik Olabilirlik değerini, AIC Akaike bilgi kriterini, BIC Schwarz bilgi kriterini, JB Jarque-Bera test istatistiğini, Q(.) standartlaştırılmış hata terimlerini, Q²(.) kareli standartlaştırılmış hata terimleri için 5 ve 10 serbestlik derecesinde Ljung-Box test istatistiğini ifade etmektedir.

Tablo 15: RBRENT OIL Getiri Serisi İçin APGARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

	APGARCH		
p=1, q=1	Gauss	Student-t	GED
μ	-0,000177 (0,000289) [0,5400]	0,0000425 (0,000278) [0,8735]	0,000132 (0,000269) [0,6231]
ω	0,00000602 (0,00000635) [0,3432]	0,00000765 (0,0000104) [0,4641]	0,00000589 (0,00000881) [0,5042]
α	0,043192 (0,006545) [0,0000]	0,041805 (0,007888) [0,0000]	0,041304 (0,008754) [0,0000]
β	0,956096 (0,004548) [0,0000]	0,959663 (0,005782) [0,0000]	0,958604 (0,006293) [0,0000]
γ	0,438694 (0,071301) [0,0000]	0,421643 (0,102097) [0,0000]	0,420869 (0,106595) [0,0001]
d	1,642307 (0,223469) [0,0000]	1,541358 (0,299814) [0,0000]	1,614610 (0,326195) [0,0000]
v		8,596318 (1,292247) [0,0000]	1,397309 (0,047771) [0,0000]
Log-Olabilirlik	8451,186	8485,664	8497,543
AIC	-5,132291	-5,152637	-5,159856
SIC	-5,121172	-5,139664	-5,146883
HQ	-5,128311	-5,147993	-5,155212
Çarpıklık	-0,129985	-0,131785	-0,130088
Basıklık	3,94857	3,978092	3,966903
J-B	132,6506 [0,0000]	140,7084 (0,0000)	137,4807
Q(5)	3,4591	3,4639	3,3653
Q(10)	5,9074	5,9787	5,7952
Q ² (5)	4,9078	4,6256	4,7727
Q ² (10)	5,5348	5,1602	5,326
ARCH LM	0,00000650 [0,9980]	0,026415 [0,8709]	0,016389 [0,8981]

(.) ile gösterilen değerler ele alınan parametrelere ilişkin standart hataları, [.] ile gösterilen değerler ise p olasılık değerlerini ifade etmektedir. Log-Olabilirlik maksimum Logaritmik Olabilirlik değerini, AIC Akaike bilgi kriterini, BIC Schwarz bilgi kriterini, JB Jarque-Bera test istatistiğini, Q(.) standartlaştırılmış hata terimlerini, Q²(.) kareli standartlaştırılmış hata terimleri için 5 ve 10 serbestlik derecesinde Ljung-Box test istatistiğini ifade etmektedir.

Tablo 16: RNATGAS Getiri Serisi İçin GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

	GARCH		
p=1, q=1	Gauss	Student-t	GED
μ	-0.000357 (0.000443) [0.4202]	-0.000472 (0.000453) [0.2976]	-1.84E-13 (0.000247) [1.0000]
ω	0.0000270 (0.00000391) [0.0000]	0.0000452 (0.00000890) [0.0000]	0.0000421 (0.00000105) [0.0001]
α	0.137234 (0.007641) [0.0000]	0.140445 (0.016689) [0.0000]	0.146161 (0.019729) [0.0000]
β	0.854109 (0.007470) [0.0000]	0.837575 (0.015434) [0.0000]	0.841736 (0.017800) [0.0000]
ν		4.719726 (0.437615) [0.0000]	0.943929 (0.032788) [0.0000]
Log-Olabilirlik	6551.88	6675.406	6727.166
AIC	-3.979264	-4.053726	-4.085182
SIC	-3.971852	-4.04446	-4.075915
HQ	-3.976611	-4.050408	-4.081864
Çarpıklık	0.120037	0.126676	0.123252
Basıklık	5.724707	5.918442	5.857966
J-B	1025.923 [0.0000]	1176.737 [0.0000]	1128.365 [0.0000]
Q(5)	33.129	33.591	33.411
Q(10)	39.428	40.153	39.868
Q ² (5)	6.0468	6.6063	6.5178
Q ² (10)	14.848	15.167	15.35
ARCH LM	0.008620 [0.9260]	0.269114 [0.6039]	0.152120 [0.6965]

(.) ile gösterilen değerler ele alınan parametrelere ilişkin standart hataları, [.] ile gösterilen değerler ise p olasılık değerlerini ifade etmektedir. Log-Olabilirlik maksimum Logaritmik Olabilirlik değerini, AIC Akaike bilgi kriterini, BIC Schwarz bilgi kriterini, JB Jarque-Bera test istatistiğini, Q(.) standartlaştırılmış hata terimlerini, Q²(.) kareli standartlaştırılmış hata terimleri için 5 ve 10 serbestlik derecesinde Ljung-Box test istatistiğini ifade etmektedir.

Tablo 17: RNATGAS Getiri Serisi İçin EGARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

	EGARCH		
p=1, q=1	Gauss	Student-t	GED
μ	-0.001175 (0.000466) [0.0117]	-0.000725 (0.000447) [0.1048]	-2.26E-12 (0.000203) [1.0000]
ω	-0.337697 (0.023955) [0.0000]	-0.357414 (0.046949) [0.0000]	-0.337091 (0.053359) [0.0000]
α	0.252986 (0.010383) [0.0000]	0.232215 (0.021739) [0.0000]	0.237132 (0.024918) [0.0000]
β	0.977193 (0.002927) [0.0000]	0.971559 (0.005679) [0.0000]	0.974425 (0.006592) [0.0000]
γ	-0.016660 (0.006511) [0.0000]	-0.020746 (0.014516) [0.1529]	-0.016615 (0.016506) [0.3141]
ν		4.562905 (0.401393) [0.0000]	0.926840 (0.031903) [0.0000]
Log-Olabilirlik	6546.349	6687.818	6737.244
AIC	-3.975296	-4.060661	-4.090698
SIC	-3.966029	-4.049542	-4.079579
HQ	-3.971978	-4.05668	-4.086717
Çarpıklık	0.105171	0.106566	0.105516
Basıklık	6.136885	6.373817	6.322855
J-B	1355.384 [0.0000]	1567.073 [0.0000]	1520.154 [0.0000]
Q(5)	33.555	34.761	34.551
Q(10)	40.509	42.077	41.696
Q ² (5)	22.844	42.418	37.508
Q ² (10)	29.154	49.135	44.26
ARCH LM	3.485759 [0.0619]	9.930116 [0.0016]	7.948951 [0.0048]

(.) ile gösterilen değerler ele alınan parametrelere ilişkin standart hataları, [...] ile gösterilen değerler ise p olasılık değerlerini ifade etmektedir. Log-Olabilirlik maksimum Logaritmik Olabilirlik değerini, AIC Akaike bilgi kriterini, BIC Schwarz bilgi kriterini, JB Jarque-Bera test istatistiğini, Q(.) standartlaştırılmış hata terimlerini, Q²(.) kareli standartlaştırılmış hata terimleri için 5 ve 10 serbestlik derecesinde Ljung-Box test istatistiğini ifade etmektedir.

Tablo 18: RNATGAS Getiri Serisi İçin APGARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

	APGARCH		
p=1, q=1	Gauss	Student-t	GED
μ	-0.000585 (0.000486) [0.2291]	-0.000637 (0.000453) [0.1596]	-5.37E-13 (0.000209) [1.0000]
ω	0.0000722 (0.0000307) [0.0187]	0.000422 (0.000235) [0.0729]	0.000412 (0.000267) [0.1235]
α	0.139789 (0.008279) [0.0000]	0.131339 (0.013431) [0.0000]	0.135183 (0.015604) [0.0000]
β	0.865165 (0.007266) [0.0000]	0.876583 (0.012593) [0.0000]	0.880106 (0.014315) [0.0000]
γ	0.056640 (0.022793) [0.0000]	0.084208 (0.059367) [0.1561]	0.070022 (0.066914) [0.2954]
d	1.691976 (0.114508) [0.0000]	1.253147 (0.149529) [0.0000]	1.230251 (0.169449) [0.0000]
ν		4.629579 (0.419842) [0.0000]	0.931511 (0.033000) [0.0000]
Log-Olabilirlik	6555.4	6683.702	6734.327
AIC	-3.980189	-4.057552	-4.088318
SIC	-3.969069	-4.04458	-4.075345
HQ	-3.976208	-4.052908	-4.083673
Çarpıklık	0.109116	0.141943	0.135124
Basıklık	5.763651	5.934249	5.919417
J-B	1053.859 [0.0000]	1101.147 [0.0000]	1089.188 [0.0000]
Q(5)	32.783	33.6400	39.631
Q(10)	39.081	40.488	45.706
Q ² (5)	10.326	35.061	2.9175
Q ² (10)	18.559	41.692	9.7791
ARCH LM	0.421008 [0.5164]	7.349993 [0.0067]	6.265555 [0.0123]

(.) ile gösterilen değerler ele alınan parametrelere ilişkin standart hataları, [...] ile gösterilen değerler ise p olasılık değerlerini ifade etmektedir. Log-Olabilirlik maksimum Logaritmik Olabilirlik değerini, AIC Akaike bilgi kriterini, BIC Schwarz bilgi kriterini, JB Jarque-Bera test istatistiğini, Q(.) standartlaştırılmış hata terimlerini, Q²(.) kareli standartlaştırılmış hata terimleri için 5 ve 10 serbestlik derecesinde Ljung-Box test istatistiğini ifade etmektedir.

Tablolar dikkatli bir şekilde incelendiğinde hem RBRENTÖİL hem de RNATGAS serilerinde ARCH (α) ve GARCH (β) parametrelerine ait katsayıların tüm modellerde pozitif ve anlamlı değerlere sahip olduğu söylenebilir. GARCH model tahmin sonuçlarında oynaklık sürecinin sürekliliğini gösteren α ve β 'nin tahmin değerlerinin toplamı 1'e oldukça yakındır. Ayrıca Ljung-Box istatistikleri getiri serisinin i.i.d. özelliği gösterdiğini ifade etmektedir. Student- t dağılımı, model tahmin hatalarının kalın kuyruk özelliğini yakalamaktadır. ν parametresi ise GARCH, EGARCH ve APGARCH modelleri için %5 önem düzeyinde anlamlı çıkmaktadır. Buna göre RBRENTÖİL ve RNATGAS getiri hataları kalın kuyruklu bir olasılık yoğunluğu göstermektedir.

RBRENTÖİL ve RNATGAS serilerinin GARCH (1,1) modellerinin katsayıları α ve β yüksek derecede anlamlı çıkmıştır. α ve β katsayılarının istatistiki olarak anlamlı çıkması da değişkenler arasındaki korelasyon değerinin zamanla değiştiği anlamına gelmektedir. α ve β toplamının ise 1'den küçük olduğu yani kararlılık kıstasının yerine getirildiği görülmektedir. Buna ek olarak $\alpha + \beta$ değeri 1'e oldukça yakın tahmin edilmiştir. Yani incelendiğinde varyans denklemindeki ARCH ve GARCH parametrelerinin her durumda pozitif ve istatistiki olarak anlamlı olduğu ve kovaryans durağanlık koşulunun da sağlandığı görülmektedir ($\text{ARCH} + \text{GARCH} < 1$). Söz konusu durum ise koşullu varyansın yüksek derecede oynaklık direnci gösterdiğinin ifadesidir. α katsayısının büyüklüğü oynaklığın piyasada oluşan hareketlere ilişkin tepkisini ifade ederken, β katsayısına ait büyüklük oynaklığın oynaklık direncine ilişkin tepkisini ifade etmektedir. Söz konusu durumda GARCH gecikmeli katsayısı olan β , GARCH hata katsayısı α dan daha büyük tahmin edilmiş, böyle olduğunda ise oynaklık direncine ilişkin etkinin, volatilitenin piyasadaki fiyat değişimlerine karşı anlık tepkisinden daha fazla olduğu anlamına gelmektedir. Student- t parametresi de geleneksel anlamlılık düzeylerinde istatistiki olarak anlamlı çıkmaktadır.

Kaldıraç etki parametresi olan γ ise koşullu varyans üzerinde pozitif ve negatif şokların etkisinin asimetrik olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca $\gamma = 0$ ise model simetrik olmakta, $\gamma < 0$ ise iyi haberler yani pozitif şoklar, kötü haber yani negatif şoklara göre daha az oynaklığa yol açmaktadır. Yani asimetri parametresinin negatif olması koşullu varyans üzerinde negatif oynaklıkların etkisinin daha fazla olduğunu, yani seride kaldıraç etkisinin var olduğunu gösterir. Bu durumda piyasalara yansıyan kötü haberlerin volatilité üzerindeki etkisi iyi haberlerin etkisinden daha fazla hissedilmektedir. $\gamma > 0$ durumunda ise pozitif şoklar negatif şoklara göre oynaklığı daha fazla etkileyebilme gücüne sahiptir.

d parametresi RBRENTÖİL ve RNATGAS serisinde de istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Kuvvet parametresi bire yakın olan modellerin getiri serilerinde koşullu varyans yerine koşullu standart sapmanın, kuvvet parametresi ikiye yakın olan modellerde ise koşullu varyansın modellenmesinin daha doğru olduğu belirtilmektedir. Standart GARCH modellerinin direk standart sapmayı modellemesine rağmen APGARCH modeli, dönüşümün verilerin kaçınıcı kuvveti ile olduğunu incelemeyi mümkün kılmaktadır.

Burada RBRENTÖİL ve RNATGAS serileri için EGARCH (1,1) modelinin tüm kombinasyonları Gauss, Student- t ve GED dağılımlı tahmin edilmiş en küçük Akaike (AIC) ve Schwarz (SIC) bilgi kriterlerine göre en uygun model tercih edilmiştir. Elde edilen RBRENTÖİL ve RNATGAS getiri serileri için EGARCH(1,1) tahmin sonuçlarına göre student- t ve GED dağılımları için tahmin edilen modelde %5 anlam düzeyinde istatistiksel anlamlı β parametresi petrol ve doğalgaz piyasasında meydana gelen anormal durumları yansıtmaktadır. β parametresi ne kadar büyük olursa piyasada meydana gelen krizin oynaklık üzerindeki etkisinin ortadan kalkması o kadar uzun zaman almaktadır. α ise kısa dönem etkisi olan ARCH etkisini göstermektedir. Kriterlere göre tercih edilen asimetrik kısa hafıza EGARCH (1,1) model sonuçları, şokların oynaklık üzerindeki etkilerinin asimetrik olduğunun ve negatif şokların pozitif şoklara kıyasla daha çok oynaklığa sebep olduğunun bir kanıtı olmaktadır. Bu durumda getiri oynaklığının modellenmesinde kullanılan modellerde karşılaştırma yaptığımızda şokların asimetri durumunu da göz önünde bulundurduğu için EGARCH (1,1) modeli daha uygun bir model olarak seçilebilir.

EGARCH modelinin sonuçlarına göre RBRENTÖİL getiri serisi için $\gamma < 0$ dır. Bu getiri serilerinde oynaklık üzerine negatif şokların etkisi pozitif şokların etkisinden daha fazla olmuştur ve şokların etkisi kısa dönemde ortadan kalkmaktadır. Asimetri parametresi negatif olduğundan koşullu varyans üzerinde negatif oynaklıkların etkisi daha fazladır yani kaldıraç etkisi mevcuttur. RNATGAS getiri serisi için ise γ parametresi negatif olarak hesaplanmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı çıkmamaktadır. Şokların oynaklık üzerine etkisi RNATGAS serisi için değerlendirilememektedir.

Elde edilen tahmin sonuçlarının tutarlılığına yönelik tanı istatistikleri incelendiğinde otokorelasyonun olup olmadığını gösteren Q ve Q^2 istatistikleri ile değişen varyansın olup olmadığını gösteren F istatistiğine ait olasılık değerleri %5 önem düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Bu sonuç modellerin otokorelasyon ve değişen varyans taşıması dolayısıyla model sonuçlarının yorumlanabilmesi için gereklilik

koşullarını yerine getirdikleri anlamına gelmektedir. ARCH etkisini gösteren ARCH LM istatistikleri ise %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı değildir yani ele alınan modeller ARCH etkisini gidermede başarılı olmaktadır.

Sonuç olarak yukarıda verilen tablolarda görüldüğü üzere GARCH, EGARCH ve APGARCH modellerinin tümünde en iyi olasılık dağılımının GED dağılımı olduğunu ve AIC, SIC, HQ seçim kriterlerine göre petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki en iyi model sonucunu veren EGARCH modeli benimsenmiş, buradan sonraki çalışmalara her iki seri için de EGARCH modeliyle devam edilmiştir.

IV. YAPISAL KIRILMA TESTİ

Örnekleme döneminde doğalgaz ve petrol fiyatlarında yapısal kırılmalara yol açabilecek birtakım önemli gelişmeler mevcut olduğundan yapılan testlerde yapısal kırılmaları dikkate almak son derece önemlidir. Çalışmada incelenen dönem 2006 ile 2018 yılları arasını kapsamakta ve söz konusu bu dönemde 2008 yılında başlayıp tüm dünyayı etkileyen mortgage krizi başta olmak üzere çok sayıda finansal ve ekonomik kriz meydana gelmiştir. Söz konusu bu krizlerin etkisi finansal piyasalar üzerinde hızlıca hissedilmiş ve bu dönemlerde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin finansal piyasalarında oynaklık ciddi ölçülerde artış göstermiştir. Krizlerin etkisine bağlı olarak ele alınan dönem içinde fiyatlara ait getiri serilerinin varyansında yapısal kırılmaların ortaya çıkması mümkündür. Bu amaçla, getiri serilerinin varyansında yapısal değişim olup olmadığı yani kırılmaların belirlenmesi için Sanso vd., (2004) tarafından geliştirilen Yinelenebilir Birikimli Kareler Metodu esas alınarak geliştirilen *IT* testi ile araştırılmış ve sonuçlar Tablo 19'da gösterilmiştir.

Tablo 19: RBRENTÖİL ve RNATGAS Serilerinin Varyanslarındaki Kırılma Tarihleri

RBRENTÖİL için		RNATGAS için	
Kırılma Noktası	Kırılma Tarihi	Kırılma Noktası	Kırılma Tarihi
661	20.08.2008	142	28.07.2006
816	2.04.2009	185	28.09.2006
1169	26.08.2010	200	19.10.2006
1733	19.11.2012	282	20.02.2007
1979	11.11.2013	387	20.07.2007
2202	1.10.2014	3040	28.12.2017
2426	20.08.2015	3053	19.01.2018
2761	1.12.2016	3063	2.02.2018
1106	27.05.2010		
1653	27.07.2012		
1889	5.07.2013		
937	24.09.2009		
2242	26.11.2014		

Tablo 19'daki sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; RBRENTÖİL serisine ait varyansta 13 ve RNATGAS serisine ait varyansta 8 kırılma noktası belirlenmiştir.

Görüldüğü gibi kırılma zamanları önemli küresel anlamda siyasi ve ekonomik olgulara denk gelmektedir. Bir kırılma dönemi olan 2008-2009 yılları ABD'de başlayan ve bütün küresel ekonomilere etki eden küresel finansal krizin etkisini göstermektedir.

V. YAPISAL KIRILMA TESTİ SONRASI MODEL TAHMİN SONUÇLARI

Oynaklıkta yapısal kırılmaların varlığını analiz etmek için ICSS Inclan Tiao, Kappa-1 ve Kappa-2 algoritmalarından faydalanılmış ancak en fazla kırılma tarihini veren IT algoritması yapısal kırılma tarihleri belirlenirken tercih edilmiştir. Modellemede anlamsız çıkan kırılma tarihleri ise elenmek suretiyle RBRENTÖİL ve RNATGAS serilerinde GED olasılık dağılımlı en iyi EGARCH modeline ulaşılmıştır.

Varyansa ait kırılma noktalarının ICSS algoritması ile tespit edilmesinin ardından, elde edilen kırılmalar EGARCH modeline kukla değişkenler olarak eklenmiş ve yeni bir EGARCH modeli oluşturulmuştur. Bu maksatla kırılma noktaları dikkate alınarak RBRENTÖİL serisi için 8 adet kukla değişken, RNATGAS serisi için anlamlı olan 1 kukla değişken EGARCH(1,1) modeline dâhil edilmiştir. Sonuçta RBRENTÖİL ve RNATGAS serilerine ait bulunan yeni EGARCH(1,1) modelleri tabloda verilmiştir.

Tablo 20: Getiri Serileri İçin Kukla Değişkenli Model Tahmin Sonuçları

EGARCH	RBRENTÖİL	RNATGAS
p=1, q=1	GED	GED
μ	0,000188 [0,4756]	-3,04E-11 [1,0000]
ω	-0,561873 [0,0000]	-0,329055 [0,0000]
α	0,044523 [0,0165]	0,234122 [0,0000]
β	0,932746 [0,0000]	0,969962 [0,0000]
γ	-0,070479 [0,0000]	-0,015732 [0,3439]
ν	1,465161 [0,0000]	0,918229 [0,0000]
DN282	--	-0,038793 [0,0652]
DO661	0,113018 [0,0004]	--
DO816	-0,098714 [0,0006]	--
DO1169	-0,045836 [0,0035]	--
DO1733	-0,050977 [0,0007]	--
DO1979	-0,037039 [0,0341]	--
DO2202	0,137299 [0,0001]	--
DO2426	0,026707 [0,0491]	--
DO2761	-0,064932 [0,0005]	--
Log-Olabilirlik	8530,7	6739,014
AIC	-5,177325	-4,09241
SIC	-5,151373	-4,079434
HQ	-5,168034	-4,087764
Çarpıklık	-0,088695	0,117077
Basıklık	3,694941	6,575356
J-B	70,51716 [0,000]	1759,875 [0,0000]
Q(5)	1,6558	34,199
Q(10)	2,9878	41,321
Q ² (5)	3,0847	42,163
Q ² (10)	5,0541	48,816
ARCH LM	0,182791 [0,6690]	9,521883 [0,0020]

[.] ile gösterilen değerler p olasılık değerlerini ifade etmektedir. Log-Olabilirlik maksimum Logaritmik Olabilirlik değerini, AIC Akaike bilgi kriterini, BIC Schwarz bilgi kriterini, JB Jarque-Bera test istatistiğini, Q(.) standartlaştırılmış hata terimlerini, Q²(.) kareli standartlaştırılmış hata terimleri için 5 ve 10 serbestlik derecesinde Ljung-Box test istatistiğini ifade etmektedir.

Anlamalı çıkan DO661 değışkeni 20.08.2008 tarihine karşılık gelmekte olup oynaklık üzerinde pozitif yönde bir etkisi vardır. Söz konusu tarihte yaşanan ABD Enerji Bakanlığına bağılı Enerji Enformasyon Dairesi`nin (EIA), ABD`de ham petrol stoklarının 9,4 milyon varil arttığı yönündeki açıklaması petrol fiyatında geriye çekilmeler meydana getirmiştir. Ancak hemen ertesi gün yaşanan ciddi artışın sebepleri arasında ise Rusya`nın ABD ve Polonya arasında imzalanan füze kalkanı anlaşmasına tepki göstermesinin yanı sıra jeopolitik etmenler, ABD dolarının zayıflaması ve fiyatların düşmesi halinde Suudi Arabistan`ın üretimde son zamanlarda yaptığı artışın kırsabileceğı endişeleri fiyatın artmasında etkili olmuştur.

Anlamalı olan ve negatif yönde oynaklığa etki eden değışken DO1733 değışkeni 19.11.2012 tarihine karşılık gelmektedir. Bu tarihte Brent petrolün varil fiyatı 110 dolar seviyelerine çıkmıştır. Petrol fiyatları, Ortadoğı`da yaşanan gerilimin stoklarda sıkıntıya yol açacağı endişesi ve ABD`nin ekonomiyi resesyona sürükleyebilecek mali uçurumu göz ardı edebileceğı söylentileriyle artış göstermiştir. Bu durumu ise International Energy Agency şef ekonomisti Fatih Birol, "Ortadoğı`daki jeopolitik tansiyon enerji piyasaları için iyi bir haber değıl. Herhangi jeopolitik bir olay fiyatlardaki yukarı yönlü baskıyı artırabilir." söylemleriyle doğrulamıştır.

Anlamalı olan ve pozitif yönde oynaklığa etki eden değışken DO2202 değışkeni 01.10.2014 tarihine karşılık gelmektedir. Bu tarihte Brent ham petrol`ün fiyatının 95 doların altına düştüğü gözlemlenmiştir. Ortadoğı`da artış gösteren jeopolitik risklere rağmen, küresel ekonomide oluşan zayıf görünüm ve arz fazlasına bağılı olarak petrol fiyatları o dönemin en düşük düzeylerine inmiştir. Rusya`nın sermaye kontrolü ile ilgili gerçeletirmiş olduğı, fon çıkışları hızlanması durumunda sermaye kontrollerini arttıracığı açıklaması sonrasında enerji fiyatları için piyasada negatif bir algı oluşmuştur. Analistlere göre küresel petrol arzının bol miktarda olması Brent petrolü fiyatları üzerinde baskı oluşturmaya devam etmiş ve bu gelişmelerde Avrupa ve Çin`deki zayıf talep etkili olmuştur.

Anlamalı olan ve pozitif yönde oynaklığa etki eden değışken DO2426 değışkeni 20.08.2015 tarihine karşılık gelmektedir. Bu tarihte Brent petrolün fiyatı, petrol arzında meydana gelen artışın yanı sıra küresel ekonomik büyüme ile ilgili endişelerle düşüş göstermiş ve son ayların en düşük seviyesine gerilemiştir. ABD`de açıklanan bazı verilerin net olmayan sinyaller vermesiyle petrol talebinde azalış beklentileri gündeme gelmiş ve arz fazlası sorununun kalıcı olması düşüncesiyle petrol fiyatının düşme eğilimine geçtiğı görülmüştür.

Anlamli olarak bulunan petrol fiyatlarına ait son değışken olan DO2761 ise 01.12.2016 tarihine karşılık gelmekte ve oynaklık üzerinde negatif yönde bir etkisi mevcuttur. Bu tarihte fiyatlar da ciddi yükselme gözlemlenmiştir. Bu tarihte Petrol İhraç Eden Devletler karteli OPEC'in 8 yıl sonra ilk kez üretimi günde 1 milyon 200 bin varil düşürme kararının fiyatlar üzerindeki arttırıcı etkisi meydana gelmiştir. Üretimin kısılmasıyla ilgili alınan kararla birlikte Suudi Arabistan günlük üretimini 486 bin varil, Rusya ile OPEC üyesi olmayan diğer ihracatçı ülkeler ise günlük üretimini 600 bin varil azaltmayı taahhüt etmişlerdir. Böylece fiyatlar 52,28 dolar olarak varil fiyatı beklenmedik bir şekilde yükselmiştir.

Anlamli olarak bulunan petrol serisine ait DO816, DO1169, DO1979 ve doğalgaz serisine ait DN282 değışkenleri oynaklığa negatif yönde bir etkide bulunurken karşılık geldikleri tarihlerde belirli bir haber ya da gelişmeye rastlanamamıştır. Bu kırılma tarihlerinin modellemede anlamli çıkmasında söz konusu tarihin öncesinde gerçekleşen haberler ve geleceğe yönelik beklentilerin etkisiyle oynaklıkların meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir.

Kırımlar göz önünde bulundurularak oluşturulan EGARCH (1,1) modeli ile kırılmaların dikkate alınmadan oluşturulan EGARCH (1,1) modeli arasındaki farkı daha net görebilmek için tablo oluşturulmuştur. Söz konusu tabloyu incelediğimizde, oynaklık modeline muhtemel varyans kırılmaları eklendiğinde oynaklık kalıcılığının RBRENTÖİL serisi için yaklaşık olarak %6 azaldığı, RNATGAS serisi için ise %0,4 azaldığı belirlenebilmektedir.

Tablo 21: Kuklalı ve Kuklasız Parametre Karşılaştırmaları

EGARCH(1,1) GED	Kuklasız β	Kuklalı β	Volatilitedeki Değişme
RBRENTÖİL	0,99496	0,932746	-0,062214
RNATGAS	0,979801	0,9759	-0,003901

Yukarıdaki tabloda verilen sonuçlara paralel olarak varyanstaki yapısal kırılmaları EGARCH modeli kapsamında değerlendirdiğimizde volatilitede kalıcılığın ölçüsü olan β parametrelerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Yani elde edilen kırılma noktaları serilerin oynaklık yapısında bununla paralel olarak da risklerinde son derece etkili olabilmektedir. Bu durum ise meydana gelen şokların kendilerini varyansta kırılmalar biçiminde gösterdiğini ve bu şokların getiri riskleri üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

SONUÇ

Teknolojik anlamda gelişmelerle birlikte finansal piyasalar arasındaki ilişkilerin daha yakın olması sonucu, bilhassa 2000 yılından sonraki yıllarda emtiaların türev araçlar gibi finansal ürünler yoluyla sisteme dâhil edilmesi söz konusu olmuştur. Bu varlıklar yoluyla işlem yapıp piyasaya dâhil olan yatırımcıların ve söz konusu emtiaları hammadde olarak kullanan ülkelerin, üretim tesislerinin ve hatta karar alıcıların gerçekleştirdikleri işlemlerin sonuçlarına katlanıyor olması, bu emtiaların işlem, önceden satış ve takas sözleşmelerinin hacimsel yönde derinleşmemesi buna rağmen büyük çapta işlemler gerçekleştiriliyor olması, söz konusu piyasalarda etkili ve güvenilir bir risk stratejisinin gelişimi için ciddi boyutta önem kazanmıştır.

Bu çalışmanın amacı da ekonomiler açısından büyük öneme sahip ham petrol varil fiyatı ve doğal gaz fiyatı günlük getiri serilerine ait oynaklığın modellenerek, bu oynaklıkların yapısının, büyüklüğünün ve sürekliliğinin incelenerek risk ve belirsizliğin tahmin edilebilmesidir. Çalışma petrol ve doğal gaz fiyatlarının oynaklığını araştıran birçok araştırmanın yanısıra yapısal kırılmaların varlığı altında oynaklık sürekliliğinin tesadüfi olup olmadığı yani şokların model üzerindeki etkilerinin araştırılması bakımından önem ve farklılık taşımaktadır. Petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki oynaklık tahminlemede genelleştirilmiş koşullu değişen varyans (GARCH) modelleri kullanılarak ICSS (Iterated Cumulative Sums of Squares) metodu ile yapısal kırılma tarihleri belirlenerek, hem yapısal kırılmalar dikkate alınmadan hem de yapısal kırılmalar dikkate alınarak oynaklık modellemesi yapılmıştır. Böylece yapısal kırılmaların oynaklık üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

Günümüzde finansal piyasalarda risk konusunun her geçen gün önemli hale gelmesi ve daha ölçülebilir konumda olması nedeniyle yatırımcılar, tasarruflarını değerlendirirken daha tutarlı veriler sayesinde daha dikkatli kararlar almaya çalışmaktadırlar. Finansal sınırların yok denecek kadar azalması ve yatırımcıların alternatif piyasalara kaymasıyla etkileşim çok daha fazla yaşanır hale gelmiştir. Son zamanlarda ise oluşan finansal krizlerin reel sektörlere ve kullanılan başka yatırım araçları yolu ile de emtialara etki ettiği göz ardı edilememektedir. Dünya ekonomisi üzerinde ise yüksek derecede etkili rolü olan petrol ve doğal gaz fiyatları çoğunlukla dalgalı bir fiyat sürecine sahip olmuşlardır. Gelişmekte olan ekonomilerde, gelişmiş finansal pazarda yaşanan her türlü haberlerin sosyal, ekonomik ve politik gelişmeden etkilenmekte olduğunu görmekteyiz. Buna en güzel örneği 2006 senesinde ABD

ekonomisinde başlayan daha sonra gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ekonomileri etkileyen mortgage krizini verebiliriz.

Finansal varlık fiyatlarında oluşan ani değişimler olarak adlandırılan volatilité (oynaklık) yatırım kararlarının alınması ve riskin belirlenebilmesi konusunda önemli bir konuma sahiptir. Zaman serilerine ait oynaklık modelleri; geçmiş standart sapmalara dayalı oynaklık modelleri, koşullu oynaklık modelleri ve stokastik oynaklık modelleri üç ayrı şekilde tahminlenebilmektedir. Koşullu oynaklık modelleri ARCH sınıfı olarak bilinir ve getirilerin koşullu varyanslarını kullanmaktadır. Ekonomik teoriler koşullu varyanstaki zamana bağlı değişimleri açıklama konusunda oldukça sınırlı olduğundan finansal piyasa oynaklığını tahminlemede ARCH sınıfı modelleri kullanmak daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

Petrol ve doğal gaz fiyatları ile ilgili mevcut analizlere bakıldığında, tahminleme için birçok yöntemin kullanıldığı görülmektedir. Oynaklık tahmini söz konusu olduğunda kullanılan yöntemlerden biri ise GARCH model ailesidir. Klasik ekonometrik ve zaman serileri yöntemleri çoğunlukla sabit varyans varsayımı altında tahmin gerçekleştirir. Fakat bu modeller doğrusal ilişkileri belirlemede başarılı olmalarına rağmen doğrusal olmayan ilişkileri belirlemede aynı başarıyı yakalayamamaktadırlar.

Bu çalışmada kullanılan GARCH, EGARCH ve APGARCH modelleri Gauss, Student-t ve GED olasılık dağılımları ile petrol ve doğal gaz için 01.2002-12.2018 dönemi kullanılarak oynaklık modellemesi gerçekleştirilmiştir. Modellere ait tahmin sonuçları tablolardan da görüleceği üzere petrol ve doğal gaz fiyatlarına GED olasılık dağılımlı EGARCH modeliyle öngörümlendiğini göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre beklenti yönünde petrol ve doğal gaz fiyatlarının yüksek derecede oynaklıklara sahip olduğu görülmüştür. Her iki seriyi de değerlendirdiğimizde finansal piyasalarda oluşan negatif şokların daha etkili olduğunu da dikkate aldığımızda Amerika, Orta Doğu ve Hazar bölgesindeki üreticiler tarafından gelecek arza yönelik kısıtlama yönündeki haberler ve siyasi durumlar, OECD ülkelerinden gelebilecek talebe yönelik dengesizlikler, büyüme değerlerindeki olumsuz durumlar şişman kuyruklu yapının etkisiyle fiyat ve getiri serilerinde ciddi oynaklıklara yol açmıştır.

Zaman serilerinde kırılma testleri arasında ortalamadaki kırılmaları analiz eden Bai ve Perron Çoklu kırılma testi, varyanstaki kırılmaları analiz eden ICSS ile Geweke-Porter-Hudak (GPH) Yarı Parametrik Yöntem testleri en çok kullanılanlardır. Serilerin varyansındaki kırılmalar içsel veya dışsal olarak belirlenebilir. ICSS algoritması ise hata teriminin koşulsuz varyansında içsel yöntemle belirlenen kırılma tarihlerinin kullanılan oynaklık modellerine dâhil edilmesi sonucunda şokların finansal zaman serilerinin

oynaklık sürekliliğine olan etkisini ortaya çıkarmaktadır. Böylelikle, ulusal ya da küresel ekonomik veya siyasi olayların finansal piyasalarda yarattığı şokların, finansal getiri serilerinin varyansında sebep olduğu beklenmedik değişimler yani kırılmalar belirlenebilmektedir. Beklenti, hesaplanan kırılmaların oynaklık sürekliliğini azalttığı şeklinde olmaktadır.

Finansal zaman serilerinde getirilere ait riski temsil eden oynaklık düzeyi, finansal piyasalarda meydana gelen dalgalanmalardan ciddi anlamda etkilenmektedir. GARCH modellerde β parametresi, uzun hafıza yani seriye gelen negatif veya pozitif şokların seride kalma zamanını ifade etmektedir. Şokların hafızada kalma zamanı ise oynaklık sürekliliği olarak tanımlanmaktadır. Şokların sebep olduğu varyansta kırılmalar meydana geldiğinde söz konusu modeller ile hesaplanan β katsayısı ve doğal olarak oynaklık aslında olduğundan daha yüksek tahmin edilmektedir. Bundan dolayı, varyanstaki yapısal kırılmaların modellere dahil edilmesiyle volatilité dinamiklerinin daha tutarlı hesaplandığı ve böylece volatilité sürekliliğinin fiilen azaldığı saptanmıştır.

Varyansta kırılma tarihleri ICSS algoritmasıyla %99 güven düzeyinde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bu tarihler önemli küresel dalgalanma zamanlarına denk gelmektedir. 2018 yılı için Dünya Bankası verilerine göre Brent tipi petrol başta olmak üzere enerji fiyatlarında önemli artışlar görülmüş ve enerji endeksi %28 artmıştır. Doğal gaz ve petrol fiyatları dikkate alındığında, 2008 küresel krizinin yılın son aylarından itibaren hissedildiği düşünülürse, tahmin edilen oynaklık değerleri kriz döneminden neredeyse altı ay öncesinde kriz sinyallerini hissettirmeye başlamıştır. Bu durum ise doğru bir şekilde tahmin edilmiş oynaklık değerlerinin olası bir kriz veya dalgalanma dönemi için ciddi öneme sahip bir gösterge olarak kullanılabileceğini ifade etmektedir. 2010 ve 2016 yılları arasında petrol ve doğal gaz fiyatları oynaklık seviyelerinde daha az dalgalanma meydana gelmiştir. Oldukça sivri bir dağılım gösteren doğal gaz getiri serisinin talepte meydana gelen dengesizlikler, arz kısıtları gibi olumsuz durumlardan ciddi boyutlarda etkilendiğini ifade ederken 2014 yılı ilk çeyrekte Kırım meselesinin netleşmesi ile fiyatların oldukça oynak bir yapı sergilediği görülmektedir.

Elde edilen sonuçlara paralel olarak varyanstaki yapısal kırılmaları EGARCH modeli kapsamında değerlendirdiğimizde volatilitéde kalıcılığın ölçüsü olan β parametrelerinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Yani elde edilen kırılma noktaları serilerin oynaklık yapısında bununla paralel olarak da risklerinde son derece etkili olabilmektedir. Bu durum ise meydana gelen şokların kendilerini varyansta kırılmalar

biçiminde gösterdiğini ve bu şokların getiri riskleri üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Sonuç olarak şokların oynaklık sürekliliğinde az da olsa sahte bir fazlalık yarattığını, modellere eklenen anlamlı yapısal kırılma tarihleriyle oynaklığın az miktarda da olsa azaldığını görmekteyiz. Elde edilen sonuçlar risk açısından değerlendirildiğinde ise varyansta oluşan ani şokların modelleme sürecinde de kırılmaların mümkün olabilecek etkilerinin hesap edilmesi daha gerçekçi risk ölçümlemesi bakımından oldukça önemli bir husus olduğu söylenebilmektedir.

Varyansta kırılma testi sonuçlarına göre her iki getiri serisinin varyansında birden fazla yapısal kırılmanın olduğu görülmektedir. Bu sebeple yapısal kırılmaları göz ardı ederek elde edilecek sonuçların sapmalı çıkma olasılığı epeyce yüksektir. Nedeni şu ki literatürde yapılmış olan çalışmalara göre, serilerin varyansında ortaya çıkan kırılmaların, GARCH model ailesinde yer alan volatilité parametrelerinin olması gerekenden daha büyük tahmin edilmesine neden olduğunu ifade etmektedir. Bu sebepten getiri oynaklığında yapısal kırılmaların etkisini dikkate alan modellerin daha iyi sonuçlar vermesi düşünülebilir. Bunları destekleyecek şekilde bu çalışmada da kırılma zamanları detaylı bir şekilde analiz edildiğinde birçoğunun Avrupa Enerji krizi ve Küresel Kriz gibi ciddi krizlere denk geldiği görülmüştür. Bu sonuç bir kez daha göstermiştir ki, oynaklık çalışmalarının güvenilirliği yönünden oynaklıktaki kırılma tarihlerinin doğru olarak saptanması, yatırımcılar ve risk yöneticileri açısından da son derece önem arz etmektedir. Çünkü bu çalışma sonucu göstermiştir ki doğru analiz edilen piyasalarda temel ve teknik analiz yapılarak olağanüstü getiriler sağlanması mümkün olabilecektir. Ayrıca yatırımcıların bölgesel ve küresel gelişmeleri yakından takip etmeleri kar fırsatlarını yakalayabilmelerine yardımcı olabilecektir.

KAYNAKÇA

Adakale, Türker. **Finansal Piyasalarda Oynaklığa Dayalı Risk Analizi ve Stres Testleri: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Örneği**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2009.

Al-Rodhan, Khalid ve Anthony Cordesman. The Changing Risks in Global Oil Supply and Demand: Crisis or Evolving Solutions? , **Centre for Strategic and International Studies**, 2005.

Akıncı, Aktürk ve Ömer Yılmaz. “Petrol Fiyatları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Opec ve Petrol İthalatçısı Ülkeler İçin Zaman Serisi Analizi”, **Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt: 17, Sayı: 1, ss. 349-361.

Aktan, Hediye. **Yapısal Kırılma, Ortak Bütünleme Ve Nedensellik Analizi Dört Ülke Uygulaması: Türkiye, Yunanistan, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti ve Güney Kıbrıs Rum Kesimi**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007.

Alp, Elçin A. “Türkiye’de Reel Ücretlerin Tar Modeli İle Analizi Ve Birim Kök Sınaması”, **Türkiye Ekonomi Kurumu**, 2008, <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/81699/1/578269562.pdf>, (02.03.2019).

Bayraç, Hüseyin Naci. “Uluslararası Doğalgaz Piyasasının Ekonomik Yapısı ve Uygulanan Politikalar”, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt: 13, Sayı: 3, 2018, ss.13-36.

BP Statistical Review of World Energy, 2018, <https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>, (11.04.2019).

Brooks, Chris. **Introductory Econometrics for Finance**, UK: Cambridge University Press, Cambridge, 2008.

Bulut, Burçak. **Forecasting The Prices Of Non-Ferrous Metals With Garch Models & Volatility Spillover From World Oil Market To Non-Ferrous Metal Markets**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2010.

Cameron, Peter Duncanson. **Competition in Energy Markets: Law and Regulation in the European Union**, Oxford University Press, 2002.

Çağlı, Mandacı ve Hakan Kahyaoğlu. "Volatility Shifts and Persistence in Variance: Evidence from the Sector Indices of Istanbul Stock Exchange", **International Journal of Economic Sciences and Applied Research**, Cilt: 4, Sayı: 3, pp. 119-140

Çevik, Emrah İsmail ve Gültekin Topaloğlu. "Volatilitede Uzun Hafıza ve Yapısal Kırılma: Borsa İstanbul Örneği" **Balkan Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt: 3, Sayı: 6, 2014, ss. 40-55.

Dickey, David A. ve Wayne A. Fuller. "Likelihood Ratio Statistics For Autoregressive Time Series With A Unit Root", **Econometrica**, Sayı: 49, Cilt: 4, 1981, pp. 1057-1072.

Demireli, Erhan ve Erdost Torun. "Alternatif Piyasa Oynaklıklarında Meydana Gelen Kırılmaların ICSS Algoritmasıyla Belirlenmesi ve Süreğenliğe Etkileri: Türkiye ve Londra Örneği", **Journal of Accounting & Finance**, Sayı:46, 2010, ss.129-145

Dickel, Gönül, Gould, Miharuru Kanai ve Andrei Konoplyanik. "Putting a Price on Energy International Pricing Mechanisms for Oil and Gas", **Energy Charter Secretariat**, Brüksel, 2007, https://energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Thematic/Oil_and_Gas_Pricing_2007_en.pdf, (13.03.2019).

Dokuzlar, Bircan. **Dünya Güç Dengesinde Yeni Silah Doğalgaz Orta Asya'dan Avrupa'ya**, IQ Kültür Sanat Yayıncılık, 2006.

Enders, Walter. **Applied Econometrics Time Series**, John Wiley&Sons, Inc.,1995.

Eraydın, Kıvılcım. "Petrol Fiyatlarındaki Düşüşün Nedenleri ve Etkileri", **Türkiye İş Bankası İktisadi Araştırmalar Bölümü**, 2015, https://ekonomi.isbank.com.tr/ContentManagement/Documents/ar_01_2015.pdf, (02.04.2019).

Erik, Nazan Y. ve Şerife Merve Koşaroğlu. "Tarihsel Süreç Boyunca Değişen Petrol Fiyatları: Şeyl Gazı Etkisi ve Bazı Öngörüler", **C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, Cilt: 17, Sayı: 2, 2016, ss. 119-143.

Erkan, Şentürk, Akbaş ve Tayfur Bayat. “Uluslararası Ham Petrol Fiyatlarındaki Volatilitenin İşsizlik Göstergeleri Üzerindeki Etkisi: Türkiye Örneği Üzerine Ampirik Bulgular”, **Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**. Cilt:10, Sayı: 2, 2011, ss. 715-730.

Firuzan, Esin. “Türkiye Petrol Fiyatları Oynaklığının Modellenmesi”, **Istanbul University Econometrics and Statistics e-Journal**, Cilt:12, Sayı:1, 2010, ss. 1-17

Göral, Fatih. **Doğal Gaz Fiyatlarını Etkileyen Faktörler: Panel Veri Analizi**, (Yayınlanmamış Doktora Tezi), Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2015.

Gujarati, Damodar N. , **Temel Ekonometri**, çev. Ümit Şenesen ve Gülay Göktürk Şenesen, Literatür Yayıncılık, 2006.

Gürsaka, Sevda. “GARCH Modelleri ve Varyans Kırılması: İMKB Örneği”, **Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt: 20, Sayı: 3, 2011, ss. 161-178.

Hamilton, James D. “What Is an Oil Shock?” , **Journal of econometrics**, Cilt: 113, Sayı: 2, 2003, pp.364-365.

Hamilton, James D. **Historical Oil Shocks**, Nber Working Paper Series, Working paper 16790, 2011.

Harris, Richard I. ve Richard I. D. Harris. **Using Cointegration Analysis In Econometric Modelling**, Harvester Wheatsheaf, Prentice Hall,1995.

Ilwayemi, Akin ve Babajide Fowowe. “Impact of Oil Price Shocks on Selected Macroeconomic Variables in Nigeria”, **Energy Policy**, Cilt: 39, Sayı: 2, 2011, pp. 603-612.

Inclan, Carla ve George Tiao. “Use of Cumulative Sums of Squares for Retrospective Detection of Changes of Variance”, **Journal of the American Statistical Association**, Cilt: 89, Sayı: 427, 1994, pp. 913-923.

Kablamacı, Barış. **Enerji Kaynaklarının Ekonomik Boyutu ve Dünya Enerji Kaynakları Piyasalarının Genel Durumu**, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2004.

Key World Energy Statistics 2018, **International Energy Agency**, <https://webstore.iea.org/key-world-energy-statistics-2018>, (20.03.2019).

Kyrtsou, Malliaris ve Apostolos Serletis. "Energy Sector Pricing: On The Role of Neglected Nonlinearity", **Energy Economics**, Vol: 31, Sayı: 3, 2009, pp. 492-502.

Maddala, G. S. ve I. M. KimMaddala, Gangadharrao S. ve In-Moo Kim. **Unit Roots Cointegration and Structural Change**, Cambridge: Cambridge University Press, Cambridge, 1998.

Malik, Farooq ve Syed. A. Hassan. "Modeling Volatility in Sector Index Returns with GARCH Models Using an Iterated Algorithm", **Journal of Economics and Finance**, Cilt: 28, Sayı: 2, 2004, pp. 211-225.

Mukherjee, Chandan, Howard White ve Marc Wuyts. **Econometrics and Data Analysis for Developing Countries**, London and New York: Routledge, 1998.

Noreng, Oystein. **Crude Power Politics and Oil Market**, Norwegian Institue Press, Norway, 2002.

Ekinci, Ceylan, Tüzün ve Hakan Kahyaoğlu. "TCMB Ağırlıklı Ortalama Fonlama Maliyeti'nin BİST100 Üzerindeki Etkisi", **Journal of Yaşar University**, Cilt: 11, Sayı: 44, 2016, ss. 263-277.

Wolf, Holger. "Volatility: Definitions and Consequences", **Managing Economic Volatility and crises: A practitioner's Guide**, (Ed. J. Aizenman and B. Pinto), Cambridge University Press, 2005, pp. 45-65.

Öztürk, İbrahim ve Sohbet Karbuz. "Türkiye'nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği", **MÜSİAD Araştırma Raporları**, Sayı: 49, 2006, <http://www.musiad.org.tr/download/Yayinlar/Ara%C5%9Ft%C4%B1rma%20Raporlar%C4%B1/T%C3%BCrkiye%E2%80%99nin%20Enerji%20Ekonomisi%20ve%20Petrol%C3%BCn%20Gelece%C4%9Fi/T%C3%BCrkiye%E2%80%99nin%20Enerji%20Ekonomisi%20ve%20Petrol%C3%BCn%20Gelece%C4%9Fi.pdf>, (24.04.2019).

Patterson, Kerry. **An Introduction to Applied Econometrics - A Time Series Approach**, USA: St. Martin's Press, 2000.

Poo, Juan Rodriguez. **Computer-Aided Introduction to Econometrics**, Springer, 2003.

Aggarwal, Inclan ve Ricardo Leal. "Volatility in Emerging Stock Markets", **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, Cilt: 34, Sayı: 1, 1999, pp. 33-55.

Rogers, Howard. **The Impact of a Globalizing Market on Future European Gas Supply and Pricing: the Importance of Asian Demand and North American Supply**, Oxford Institute for Energy Studies, Oxford, 2012.

Sağlam, Yağmur ve Gülçin Güreşçi. "Petrol Şoklarının Makroekonomik Göstergeler Üzerine Etkileri: OPEC İçin Yapısal VAR Analizi", **Finans Politik & Ekonomik Yorumlar**, Cilt: 55 Sayı: 640, ss. 27-47.

Sanso, Arago ve Josep Lluuis Carrion-i Silvestre. "Testing for Changes in the Unconditional Vaiance of Financial Time Series", **Revista de Economía Financiera**, Cilt:4, Sayı:1, 2004, pp. 32-53.

Saraçoğlu, Bedriye ve Ferhan Çevik. **Matematiksel İstatistik - Olasılık ve Önemli Dağılımlar**, Gazi Büro Kitapevi, 2. Baskı, 1995.

Scott L. Montgomery, **Küresel Enerjiye Yön Veren Güçler- Yirmi Birinci Yüzyıl ve Sonrası**, çev. Evra Günhan Şenol, Ankara: TÜBİTAK Kitaplar Müdürlüğü, Salmat Basım Yayıncılık, 2014.

Sevüktekin, Mustafa ve Mehmet Çınar. **Ekonometrik Zaman Serileri Analizi Eviews Uygulamalı**, Dora Yayıncılık, 2017.

Sevüktekin, Mustafa ve Mehmet Nargeleçekenler. **Ekonometrik Zaman Serileri Analizi – Eviews Uygulamalı**, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2010.

Soysal, Yücel, Koyuncu ve Emine Tokgöz. "Doğalgaz Sektör Araştırması", **Rekabet Kurumu**, Ankara, Temmuz 2012 <https://www.rekabet.gov.tr/Dosya/sector-raporlari/7-rekabet-kurumu-dogal?AspxAutoDetectCookieSupport=1> (20.03.2019).

Türkiye Petrolleri, **2017 Yılı Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu**, Mayıs, 2018, http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sector_rapor_2017.pdf, (20.04.2019).

Türkyılmaz, Serpil ve Mesut Balıbey. “Türkiye Hisse Senedi Piyasası Getiri ve Oynaklığındaki Uzun Dönem Bağımlılık İçin Ampirik Bir Analiz”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, Cilt:16, Sayı:2, 2014, ss.281-302.

Ural, Mert. “Modelling Crude Oil Price Volatility and the Effects of Global Financial Crisis”, **Sosyoekonomi**, Cilt: 24, Sayı:3, 2016, pp.167-181.

Ural, Mert. **Yatırım Fonlarının Performans ve Risk Analizi**, Detay Yayıncılık, Ankara, 2010.

USA Energy Information Administration, **World Oil Outlook 2013**, [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2013).pdf), (03.03.2019).

Yıldız, Berk. “Oynaklık Tahmininde Simetrik ve Asimetrik GARCH Modellerinin Kullanılması: Seçilmiş BİST Alt Sektör Endeksleri Üzerine Bir Uygulama”, **The Journal of Accounting and Finance**, 2016, ss. 83-106.