



ULUSLARARASI PETROL ÜRETİM REKABETİNİN OYUN TEORİSİ İLE ANALİZİ* ANALYSIS OF INTERNATIONAL OIL PRODUCTION COMPETITION USING GAME THEORY

Kayhan ÇELİK¹, Fatih KAPLAN²



1. Doktora Öğrenci, Ticaret Bakanlığı, Mersin Gümrük Muhafaza Kaçakçılık ve İstihbarat Müdürlüğü, K.Celik5@ticaret.gov.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9609-7702>
2. Doç. Dr., Tarsus Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, fkaplan@tarsus.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7417-1126>

Makale Türü Article Type
Araştırma Makalesi Research Article

Başvuru Tarihi Application Date
12.04.2021 04.12.2021

Yayına Kabul Tarihi Admission Date
25.03.2022 03.25.2022

DOI
<https://doi.org/10.30798/makuiibf.914942>

* Bu çalışma, 2019 yılında tamamlanan “Uluslararası Petrol Üretimini Oyun Teorisi ile Analizi” adlı yüksek lisans tezinden derlenerek hazırlanmıştır.

Öz

Uluslararası ham petrol piyasasında oyuncuların OPEC (Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü) üye ülkeleri ile OPEC’e üye olmayan petrol üreten ülkeler (non-OPEC) oldukları varsayımı yaygındır. Söz konusu oyuncuların kâr maksimizasyonu ve/veya petrol piyasalarını kontrol edebilme hedefiyle üretim seviyesi ve fiyat gibi çeşitli strateji kümeleri kullanarak rekabet eğilimine girmeleri söz konusu piyasaların oyun modelleri ile analiz edilebilirliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın amacı, OPEC ve non-OPEC ülkelerinin rekabete dayalı petrol üretim miktarlarını oyun teorisi temelinde analiz etmektir. Bu amaç doğrultusunda, oyunculara ait 1972-2019 dönemini kapsayan üretim miktarları ve ham petrol fiyat serileri kullanılmıştır. Petrol piyasalarındaki rekabetin varlığına işaret eden üretim fonksiyonlarına ait katsayılar Tam Bilgi En Küçük Kareler (FMOLS- Fully Modified Ordinary Least Square) yöntemi ile tahmin edilmiştir. Elde edilen modellerden Cournot-Nash ve Stackelberg denge çözümleri hesaplanmıştır. Cournot-Nash denge düzeyine göre Stackelberg denge düzeylerinde lider oyuncunun üretiminin arttığı, takipçi oyuncunun üretim düzeyinin ise azaldığı görülmüştür. Bulgular Cournot-Nash denge çıktılarının Stackelberg denge çıktılardan daha yüksek olduğu çalışmaları ile paralellik göstermiştir. Oyuncuların üretim miktarı ve fiyat stratejileri vasıtasıyla optimum üretim düzeyine ulaşmaları için Cournot-Nash dengesinde kalmaları önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Petrol Piyasası, OPEC, Cournot-Nash Dengesi, Stackelberg Dengesi, Oyun Teorisi.

Abstract

The assumption that the players in the international crude oil market are OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries) member countries and non-OPEC oil producing countries is common. The fact that the players enter into a competitive tendency by using various strategy sets such as production level and price with the aim of maximizing profit and / or controlling the oil markets reveals that the market in question can be analyzed with game theory models. The aim of this study is to analyze the competitive oil production amounts of OPEC and non-OPEC countries on the basis of game theory. For this purpose, the production amounts and crude oil price series of these players covering the period 1972-2019 were used. The coefficients of production functions that indicate the existence of competition in oil markets are estimated by the Fully Modified Ordinary Least Square (FMOLS) method. Cournot-Nash and Stackelberg equilibrium solutions are calculated based on the obtained models. According to the Cournot-Nash equilibrium, at the Stackelberg equilibrium, it was observed that the production level of the leader player increased and the production level of the follower player decreased. The findings are in line with studies in which Cournot-Nash equilibrium outputs are higher than Stackelberg equilibrium outputs. It is suggested that the players stay in the Cournot-Nash equilibrium in order to reach the optimal level of production through production quantity and price strategies

Keywords: Oil Market, OPEC, Cournot-Nash Equilibrium, Stackelberg Equilibrium, Game Theory.

EXTENDED SUMMARY

Research Problem

Oil is an important input factor both as a raw material and as an energy in the production process of many industries today. That crude oil reserves are not distributed equally among countries makes some countries to be source countries and some countries to oil-dependent countries. That the source countries are the borders increases the intensity of competition in crude oil production. Especially in the early 1960s, when many countries came together and established the Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC), the competition in the oil markets reached gigantic proportions. Competition in these markets has also sped up academic studies, such as modeling the crude oil market and testing OPEC behavior. This study focuses on the competition problem with the production volume and price strategy clusters of the players in the crude oil market (OPEC / non-OPEC) using competition models based on game theory.

Research Questions

This study focused on seeking answers to the following research questions. Under the assumption that the players in the oil markets are OPEC and non-OPEC, can competitive production volume models be established with volume and price strategy clusters? What is the relationship between the production amount and price strategies of the players according to the production models got? Under the assumption that oil markets are duopoly and firm costs are similar, can Cournot-Nash and Stackelberg equilibria be reached through competitive production models? What balance should players stay at in terms of resource efficiency and productivity?

Literature Review

Interest in the modeling of oil markets has increased after the 1960s with many empirical studies in order to examine the structure of the market and analyze OPEC behavior. In the last decade, many studies on modeling, testing and analyzing OPEC behavior in oil markets, especially in the type of simulation and optimization, have been encountered. Especially Griffin (1985) 's work is the source of inspiration for many studies dealing with OPEC behaviors. Griffin (1985) was the first to systematically test the existing competition hypothesis such as cartel, competitive, target revenue and property rights models of OPEC market behavior. Many studies have tested a changed version of Griffin (1985) 's econometric model to determine the economic and organizational variables that affect the production decisions of OPEC countries (Geroski, Ulph and Ulph, 1987; Dahl and Yucel, 1991; Smith, 2005). We based this study on studies that examine oil markets within a duopoly structure with Cournot-Nash and Stackelberg competition models (Daughety, 1990; Huck, Müller, & Normann, 2001; Ino & Matsumura, 2012; Ino & Matsumura, 2013; Chang, Yi, Yan, Yang, Zhang, Gao, & Wang, 2014; Cumbul, 2021).

Methodology

We grouped the players in the oil market under the assumption of oil-producing countries that are members of OPEC and oil-producing countries that are not members of OPEC (non-OPEC). We

investigated it whether the production amount and oil price time series of the groups formed between 1972-2019 are stable with the help of the Fourier approximation (ADF, LM, GLS, KPSS) unit root tests. We created competitive models between OPEC and non-OPEC based on the models used in the studies in which competitive oil market models and OPEC behaviors were tested. We got the coefficients of the competition models constructed by estimating the mentioned models with the FMOLS method. Cournot-Nash and Stackelberg equilibrium points have been reached through competitive production models estimated under the assumption that oil markets have a duopoly structure and firm costs are similar. We discussed rational behaviors for crude oil markets through Cournot Nash and Stackelberg equilibrium points.

Results and Conclusions

In this paper, we discuss the Cournot-Nash and Stackelberg equilibrium point of OPEC and non-OPEC production units competitively. Cournot-Nash and Stackelberg equilibrium points have been reached through competitive production functions estimated under the assumption that oil markets have a duopoly structure and firm costs are similar. The Stackelberg competition model causes a higher market concentration than the Cournot-Nash model. Thus, although the Stackelberg competitive model generates high profits on behalf of the leading player, it creates less prosperity because of concentration. Comparison of total well-being between these models helps us understand whether it is beneficial for society. In this respect, based on the results achieved, it is likely that there will be more welfare loss in the OPEC-led market structure than the non-OPEC-led market structure. In the non-cooperative games played in oligopoly markets, considering the interdependencies of the players through the duopoly models, the players must be in the Cournot-Nash equilibrium in order to reach the most optimal results they can achieve with the production amount or price strategies.

1. GİRİŞ

1950'li yıllarda dünya genelinde meydana gelen siyasi ve ekonomik bunalımlar (Orta Doğu'da yaşanan Süveyş Krizi, petrol üreten firmaların ardı sıra fiyat düşürmesi, Venezuela'da askeri diktanın yıkılması, Irak'ta yaşanan askeri darbe vb.) petrol ihraç eden ülkelerin bir birlik çatısı altında toplanması gerektiği fikrini ortaya çıkarmıştır (Parra, 2010). Venezuela 1959 yılında Orta Doğu'daki petrol üreticisi ülkelere ortak bir girişim başlatmak üzere yakınlaşmış, İran, Suudi Arabistan, Kuveyt ve Irak ile bir danışma komitesi kurulmasını sağlamıştır (Hirst, 1966). 10-14 Eylül 1960 yılında Bağdat'ta yapılan konferans sonucunda Irak, İran, Kuveyt, Suudi Arabistan ve Venezüella devlet başkanları Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü'nün (Organization of Petroleum Exporting Countries-OPEC) kurulduğunu ilan etmişlerdir. 2020 yılı itibari ile OPEC, on üç üyesi ve günlük 35 milyon varili aşan arz miktarı ile dünyada günlük üretilen ham petrolün yaklaşık %37'sini üretmekte, dünyada kanıtlanmış petrol rezervlerinin %70,1'ini kontrol etmektedir (OPEC, 2020).

Petrol fiyatlarının makroekonomik veriler üzerindeki etkileri göz önüne alındığında petrol piyasası ile ilgili her bir gösterge karar birimleri için büyük bir anlam taşımaktadır. Karar birimleri karşılıklı yarışım ya da karşılıklı çatışma durumlarında büyük çaptaki kararları, bir takım stratejileri de göz önünde bulundurarak almaktadırlar. Bu gibi karşılıklı yarışım ya da çatışma durumları içerisinde en ideal şekilde (minimum kayıp ve/veya maksimum kazanç) ayrılmayı hedefleyen oyun teorisi yaklaşımı tarihi süreçlerde, birçok savaşta, stratejik ve ekonomik kararlarda, karar süreçlerine pozitif etkisi ile önemli bir yaklaşım olduğunu göstermiştir. Nitekim rekabetin ve güç yarışımın olanca hızıyla yaşandığı petrol piyasalarında karar birimleri kimi zaman karşılıklı yarışım, kimi zamanda karşılıklı çatışma halindedir. Petrol piyasalarının gidişatının ve geleceğinin anlaşılması ve bu süreçlerde karar birimlerinin alacakları pozisyonlarda onlara yol gösterme açısından oyun teorisi yaklaşımı piyasalardaki rekabetin modellenmesinde kullanılabilecek en ideal yaklaşımlardan birisidir (Yalçıntaş, 2015). Literatürde oyun teorisi yaklaşımını kullanarak petrol piyasalarını modelleyen çalışmalara (Shenoy, 1980a; Shenoy, 1980b; Griffin, 1985; Lotfi ve Navidi, 2012; Chang, Yi, Yan, Yang, Zhang, Gao ve Wang, 2014; Kaplan ve Çelik, 2017) sıklıkla rastlanmaktadır.

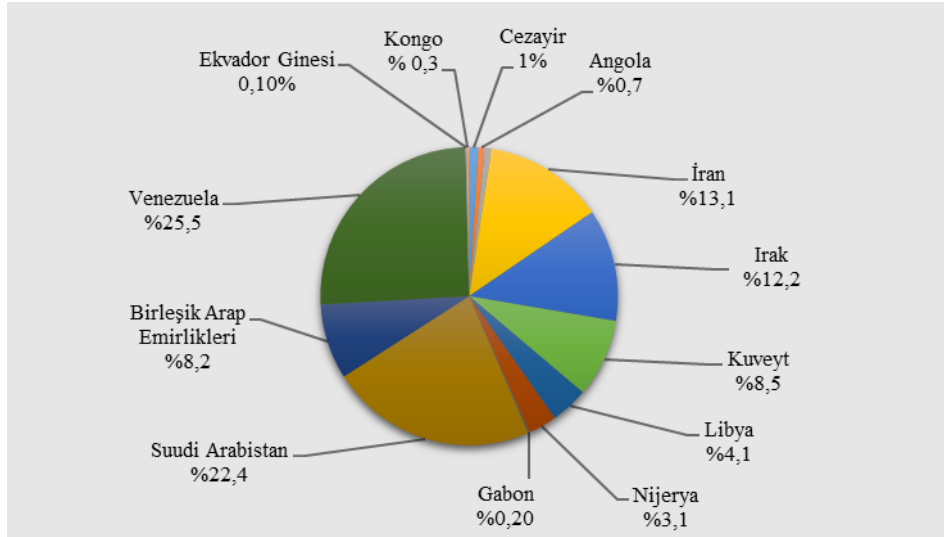
Ham petrol ile ilgili birçok bülten (OPEC, 2020), sektör raporu (BP, 2020) ve akademik çalışma (Ramcharran, 2002; Almoguera, Douglas ve Herrera, 2011; Ratti ve Vespignani, 2015) petrol piyasalarındaki oyuncuları iki gruba ayırmaktadır. Bunların ilki OPEC'in oluşturduğu birlik, ikincisi ise birlik dışında kalan ve OPEC dışı petrol üreten ülkelerin (bu kısımdan sonra non-OPEC olarak isimlendirilecektir) oluşturduğu yapıdır. Bu çalışmanın amacı dünya ham petrol piyasalarındaki oyuncu ülkeleri iki gruba ayırıp rekabet modelleri (Cournot-Nash, Stackelberg) çerçevesinde oyuncular için en ideal üretim miktarını oyun teorisi yaklaşımı ile ortaya koymaktır. Söz konusu amaç doğrultusunda çalışma beş bölüme ayrılmıştır. Çalışmanın birinci bölümü giriş niteliğindedir. İkinci bölümde ham petrol piyasası ile ilgili bilgilere değinilmiştir. Üçüncü bölümde literatürdeki çalışmalar incelenmiş,

dördüncü bölümünde analizlerde kullanılan veri seti, model ve yöntemler tanıtılarak kurgulanan oyun modeli ve buna bağlı yapılan analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında ulaşılan bulguların kısa bir özeti yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

2. HAM PETROL REZERVİ VE ULUSLARARASI FİYATLARI

Eni World Oil Review (2020) istatistiklerine göre 2019 yılsonu itibariyle dünya üzerindeki toplam ham petrol rezervi 1.713 milyar varil civarındadır. Toplam ham petrol rezervinin %49'u Orta Doğu'da, %20'si Orta ve Güney Amerika'da, %13'ü Kuzey Amerika'da, %7'si Afrika'da, %7'si Rusya ve Orta Asya'da, %3'ü Asya Pasifik Bölgesinde ve %1'i Avrupa'dadır. BP Statistical Review of World Energy (2020) raporuna göre ise OPEC üyesi ülkeler toplam ham petrol rezervinin %70,1'ine sahipken, geri kalan %29,9'luk kısma non-OPEC ülkeleri sahiptir. Şekil 1'de OPEC ülkelerinin toplam ham petrol rezervi içerisindeki dağılımları gösterilmiştir.

Şekil 1. Kanıtlanmış Ham Petrol Rezervlerinin OPEC ülkelerinde Dağılımları

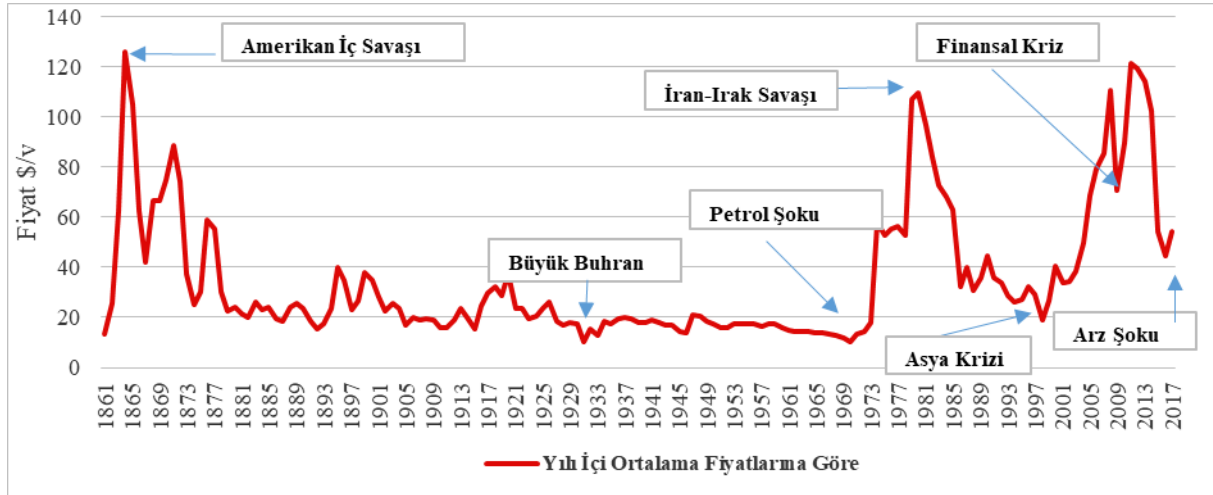


Kaynak: OPEC Annual Statistical Bulletin (2020)'deki Veriler Kullanılarak Yazar Tarafında Oluşturulmuştur.

Şekil 1'e göre rezerv bakımından en önemli ülkeler %25,5 oranı ile Venezuela ve %22,4 oranı ile Suudi Arabistan olduğu görülmektedir. OPEC'e üye ülkeler ham petrol satışlarında çıkardıkları petrolün kalitesine göre bir fiyat politikası belirlemektedir. OPEC ayrıca üye ülkelerin petrol satış fiyatlarına göre bir sepet fiyat endeksi yani referans fiyat oluşturmaktadır. Bu referans fiyat OPEC ülkeleri tarafından üretilen ham petrol fiyatlarının ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmaktadır.

Ham petrol fiyatlarının tarihsel süreç içerisinde zamana göre değişimine baktığımızda OPEC öncesi dönemde fiyat hareketlerinin de ele alınması önem arz etmektedir. Bu nedenle zaman olarak en uzun seriyi dikkate almak amacıyla ABD Enerji Bilgi İdaresi tarafından yayımlanan ham petrol fiyatlarının tarihsel süreç içerisinde hareketi Şekil 2' de görülmektedir.

Şekil 2. Tarihsel Süreç İçerisinde Petrol Fiyatlarının Seyri



Kaynak: ABD Enerji Bilgi İdaresi (U.S. Energy Information Administration Data).

Büyük Buhran olarak adlandırılan ekonomik kriz döneminde (1929) petrol varil fiyatı ortalama 18,16 ABD doları seviyesinde iken krizin derinleştiği 1931 yılında ortalama varil fiyatları 10,46 ABD doları seviyesine kadar düşmüştür. 1973 yılında ortalama varil fiyatları 18,15 ABD doları seviyesindeyken Arap ülkeleri ve İsrail arasında yapılan Yom Kippur Savaşı'nda, İsrail'i destekleyen ülkelere ambargo uygulayan OPEC ülkeleri, petrol arzına müdahale ederek 1974 yılında ortalama varil fiyatlarının 57,59 ABD doları seviyesine yükselmesine neden olmuştur. OPEC kararı sonrası petrol fiyatlarında gözlemlenen hızlı yükseliş literatürde Petrol Şoku olarak adlandırılmıştır. Irak-İran savaşının başladığı dönemde ise ortalama varil fiyatları 109,56 ABD doları seviyesine çıkması son yüzyılın en yüksek seviyesidir. 1998 yılı Asya Krizi döneminde ise ortalama varil fiyatları 19,12 ABD doları seviyesine kadar düşmüş, 2008 yılı finansal krizi öncesi ortalama varil fiyatları 110,72 ABD dolarından 70,46 ABD doları seviyesine kadar düşmüştür. 2014 yılında başta Çin olmak üzere ülkelerin ekonomik büyümelerinde bir yavaşlamanın gözlemlenmesi, ABD ve Rusya'nın petrol üretimlerini artırması, 2015 yılının aralık ayında OPEC üyelerini üretim konusunun tekrardan ele alınması için toplamaya zorlamıştır. Bu dönemde ortalama varil petrol fiyatları 49,49 ABD doları seviyesine kadar düşmüştür. Ancak yapılan toplantı sonucunda herhangi bir karar alınamamış ve OPEC resmi olarak üretim kotası belirleyememiştir (Retuer, 2019). OPEC üyeleri, uzun bir süreden sonra ilk defa ortak hareket edememiştir.

3. LİTERATÜR TARAMASI

1970'li yıllarda ham petrol fiyatındaki hızlı yükseliş sonrası petrol piyasasının yapısını incelemek ve OPEC'in davranışlarını analiz etmek için çok sayıda ampirik çalışma yürütülmüştür. OPEC davranışları üzerine yapılan çoğu çalışmada OPEC'in pazar gücü test edilmiştir. Birçok modelleme çalışmasında (Griffin ve Teece, 1982; Geroski, Ulph ve Ulph, 1987; Dahl ve Yucel, 1991; Smith, 2005) OPEC'in üretim davranışı analiz edilmiştir. Analiz bulgularında OPEC üyesi ülkeler,

rekabetçi olmayan üreticiler olarak hareket eden, koordine edilmiş, fiyat seviyesini yükseltmek amacıyla üretimlerini gerçekleştirdiği ve böylece kârlarını artırmak için kısıtladıkları sonucuna varılmıştır. Ayrıca, OPEC'in iki ve daha çok bölümden oluşan bir kartel gibi hareket ettiğine ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Aperjis, 1982; Griffin, 1985; Griffin ve Steele, 1986; Gulen, 1996; Molchanov, 2003; Bockem, 2004).

OPEC üzerine yapılan bazı çalışmalarda ise “Baskın Firma Davranışı” yaklaşımı kullanılmıştır. OPEC'in nihai tekel gücünün, büyük bir çoğunluğunun Suudi Arabistan gibi büyük bir üreticiye ait olduğunu, buna karşın diğer OPEC üyelerinin ve OPEC dışı üreticilerin daha sınırlı rekabetçi gibi hareket ettiği ileri sürülmüştür (Singer, 1983; Alhajji ve Huettner, 2000; De Santis, 2003). Literatürde ayrıca OPEC üyesi devletlerin kendi hükümetlerinin iç bütçe yükümlülüklerini yerine getirmek için belirli gelir seviyeleri aradıkları varsayımına dayanan “Hedef Davranış Modellerine” de rastlanmıştır. Bu model OPEC'in üretiminin belirli bir kapasite kullanım seviyesinde oluşturulduğu ve OPEC üyelerinin üretim seviyelerini buna göre ayarladıkları ve OPEC'in petrol fiyatını belirli bir seviyede veya belirli bir fiyat bandında tutması için üretimi ayarladığını öne sürmektedir (Adelman, 1982; Tussing, 1989; Hammoudeh, 1997). OPEC'in pazar gücünün sınanması birçok çalışmanın kaynağı olmasına rağmen politik faktörlerin (Arap ambargosu, Süveyş Krizi, İran-İrak Savaş vb.) OPEC davranışı ile yakından ilgisi olduğu sonucuna varan çalışmalara da rastlanmıştır (Ezzati, 1976; MacAvoy, 1982).

Griffin (1985) çalışmasında bir yandan OPEC'in fiyatları değiştirebileceği ve dolayısıyla pazar gücüne sahip olabileceği anlamına gelen kotaların OPEC üretiminin önemli bir belirleyicisi olduğunu göstermiş, diğer taraftan ise reel fiyatların üretimi etkilediğini ve bu etkinin OPEC kapasitesine bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Lotfi ve Navidi (2012) OPEC'in petrol üretim seviyeleri üzerindeki kararlarının petrol fiyatlarını doğrudan etkilediğini tespit etmiştir. Chang vd. (2014) çalışmalarında OPEC ve OPEC dışı üreticiler arasındaki oyun ilişkisine dayanarak yapılan analiz sonucunda OPEC ve OPEC dışı üreticilerin tedariklerin yüksek fiyat senaryosuna yol açabileceğini göstermiştir.

4. VERİ SETİ, MODEL

Çalışmada kullanılan veri seti 1972-2019 dönemini kapsamaktadır. Veri setine ait değişkenlerin isimleri, kısa tanımları, değişkenleri oluşturan birimler ve değişkenlerin elde edildikleri kaynaklar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Modelde Kullanılan Değişkenler

Değişken Adı	Değişkenin Tanımı	Oluştugu Yapı	Kaynak
OPEC Üretim Miktarı	OPEC’i oluşturan ülkelerin günlük ürettikleri toplam petrol miktarının varil cinsinden değeridir.	Cezayir, Angola, İran, Irak, Kuveyt, Libya, Nijerya, Gabon, Suudi Arabistan, Birleşik Arap Emirlikleri, Venezuela, Ekvador Ginesi, Kongo	OPEC
non-OPEC Üretim Miktarı	non-OPEC’i oluşturan ülkelerin günlük ürettikleri toplam petrol miktarının varil cinsinden değeridir.	ABD, Rusya, Kanada, Çin, Brezilya, Meksika, Norveç, Kazakistan, Umman, Birleşik Krallık, Endonezya, Kolombiya, Hindistan, Azerbaycan, Malezya	EIA
OPEC Sepet Fiyatı	OPEC’e dâhil ülkelerin uyguladığı fiyatlandırma mekanizması ile belirlenmiş olan ortalama bir fiyatı temsil eder.	Iran Heavy Petrolü (İran), Basra Light Petrolü (Irak), Qatar Marine Petrolü (Katar), Murban Petrolü (Birleşik Arap Emirlikleri), Girassol Petrolü (Angola), Kuwait Export Petrolü (Kuveyt), Mery Petrolü (Venezuela)	OPEC
non-OPEC Fiyatı	non- OPEC’e dâhil edilen ülkelerin çoğunda fiyat belirleyicisi olarak kullanılan Brent Petrol fiyatı.	15 farklı petrol çeşidinin Doğu Shetland ve Kuzey Denizi petrol sahalarından çıkan karışımı olarak tanımlanmaktadır.	BP

Çalışma, oligopolist bir yapıya sahip petrol piyasalarını klasik düopol modelleri yardımı ile rekabet temelinde modellenmesini içermektedir. Rekabet özünde karşılıklı bağımlılığa dayanmakta, ortaya çıkması için mutlak bir bağımlılık olması ve her bir taraf arasında bir çıkar çatışmasının meydana gelmiş olması gerekmektedir (Moorthy, 1985). Uluslararası petrol piyasalarının OPEC ve non-OPEC olmak üzere düopol bir yapıya sahip olduğu varsayımında, üretim miktarı karşılıklı bağımlılık esasında (diğer durumlar ihmal edilerek) OPEC oyuncusu için Model 1 ve non-OPEC oyuncusu için Model 2 şeklinde kurgulanmıştır.

$$q_{OPEC} = C + aP_{OPEC} + bq_{non-OPEC} \quad (1)$$

$$q_{non-OPEC} = C + aP_{non-OPEC} + bq_{OPEC} \quad (2)$$

Model 1 ve Model 2 petrol piyasalarındaki oyuncuların rekabete dayalı üretim fonksiyonlarıdır (Griffin, 1985; Ramcharran, 2002; Almoguera vd., 2011; Ratti ve Vespignani, 2015). Model 1 ve Model 2’ de yer alan q_{OPEC} OPEC’in üretim miktarını, P_{OPEC} OPEC’in ham petrol sepet birim fiyatını, $q_{non-OPEC}$ non-OPEC’in üretim miktarını, $P_{non-OPEC}$ ise non-OPEC ülkelerin petrol fiyatlarını temsil etmektedir. Model 1 ve Model 2 çerçevesinde düopol bir piyasada her oyuncunun uygun bir üretim düzeyi belirleyerek kârını artırmayı amaçladığı varsayılmıştır. Bundan dolayı petrol fiyatı toplam üretim seviyesine bağlıdır. P piyasa fiyatı, $Q(q_1 + q_2)$ ise toplam üretim seviyesi olarak gösterilirse P , Q ’nun bir fonksiyonu olarak ifade edilebilmektedir. Bir oyuncunun geliri ($P \cdot q_i$) sadece q_i üretimine bağlı olmayıp q_j ‘ye (rakibin üretim seviyesi) de bağlıdır (Giz, 2003). Kısaca özetlemek gerekirse söz konusu modeller karşılıklı bağımlılık esas alınarak oluşturulmuştur.

5. YÖNTEM VE ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmanın amacı, OPEC ve non-OPEC ülkelerinin düopol bir piyasada rekabete dayalı petrol üretim kararlarını oyun teorisi temelinde analiz etmektir. Bu amaç doğrultusunda birinci aşamada, petrol üretim miktarları ve ham petrol fiyat serileri kullanılmak sureti ile üretim modeli için FMOLS tahmini yapılmış, üretim ve fiyat aksiyomları için katsayılar elde edilmiştir. İkinci aşamada ise OPEC ve non-OPEC ülkelerinin rekabete dayalı petrol üretim kararları Cournot-Nash ve Stackelberg rekabet oyunları özelinde analiz edilmiştir.

5.1. Birim Kök Testi ve Sonuçları

Birim kök testi literatüründe, yapısal kırılmaların biçimi ve sayısının yanlış belirlenmesinin test sonuçlarında önemli bozulmalara neden olduğu görülmüştür (Enders ve Lee, 2012a). Özellikle geleneksel birim kök testleri (Dickey ve Fuller, 1981; Phillips ve Perron, 1988; Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin, 1992; Elliot ve Harackiewicz, 1996; Ng ve Perron, 2001) mevcut serinin trendinde meydana gelen yapısal değişimleri göz ardı etmektedir. Perron (1989) çalışmasında, serinin trendinde meydana gelen değişimin serinin birim kök testi sonucunu değiştirebileceğini öne sürmüştür. Perron (1989)'a göre, yapısal kırılmaya sahip olan bir serinin geleneksel birim kök ile tahmin edilmesi durumunda, temel hipotezin reddedilmesi olasılığı azalmaktadır. Diğer bir deyişle, durağan olan bir zaman serisinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Böyle bir durumda serideki kırılma sayısı, ne zaman veya nasıl gerçekleştiği bilinmediği için oluşturulan hatalı bir model, bu kırılmanın göz ardı edilmesine ve yanlış sonuçların ortaya çıkmasına neden olacaktır. Bu problemin azaltılması için, modelin deterministik bileşenlerine yakın bir fourier fonksiyonun frekans bileşenini kullanan birim kök testi geliştirilmiştir (Becker, vd., 2006; Enders ve Lee, 2012a; Enders ve Lee, 2012b).

Becker vd. (2006)'in çalışmasıyla literatürde yerini alan Fourier yaklaşımı, yapısal kırılmanın biçiminin bilinmediği durumlarda, yapısal kırılmaların doğru bir şekilde modellenmesine imkân sağlamaktadır. Fourier yaklaşımının kullanılmasıyla kırılma sayısının ve tarihinin belirlenmesi problemi ortadan kalkmaktadır. Zaman serisi alanında bu yaklaşım ile geliştirilen ilk test Becker vd. (2006) tarafından önerilen Fourier KPSS testidir. Ardından Enders ve Lee (2012a) Fourier LM, Enders ve Lee (2012b) Fourier ADF ve Rodrigues ve Taylor (2012) Fourier GLS birim kök testlerini geliştirmişlerdir.

Becker vd. (2006) önerdiği Fourier KPSS durağanlık testi sadece ani değişimleri değil aynı zamanda yavaş değişimleri de tespit edebilmekte ve yapısal değişim ya da değişimlerin konumu, sayısı ve biçimi testin gücünü etkilememektedir (Yılcı, 2017). Becker vd. (2006)'in çalışması KPSS tipi birim kök testi olup aşağıdaki gibi veri yaratma sürecini takip etmektedir:

$$y_t = X_t \hat{\beta} + Z_t \hat{\gamma} + r_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$r_t = r_{t-1} + u_t \quad (4)$$

Model 3'de ε_t durağanlık hata terimini, u_t ise σ_u^2 varyansla bağımsız benzer dağılan hata terimini göstermektedir. $Z_t = [\sin(\frac{2\pi kt}{T}), \cos(\frac{2\pi kt}{T})]'$ şeklindeki trigonometrik terimleri içeren deterministik vektörde k frekans sayısını, t trend terimini, T örneklem büyüklüğünü göstermektedir. y_t 'nin sabit terimde durağan olup olmadığının testi için $X_t = [1]$ şeklinde, trend durağanlık sürecine uyup uymadığının test edilmesi için ise süreç, $X_t = [1, t]'$ şeklinde tanımlanmaktadır. Durağanlık temel hipotezinin ($H_0: \sigma_u^2 = 0$) sınanması için gerekli olan test istatistiğini hesaplamak amacıyla Model 5 ve Model 6'dan birisi tahmin edilerek hata terimleri elde edilmektedir.

$$y_t = \alpha_0 + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + e_t \quad (5)$$

$$y_t = \alpha_0 + \beta_t + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + e_t \quad (6)$$

Model 5 ile sabit terim model durağanlığı temel hipotezi sınanırken Model 6 ile sabitli ve trendli model durağanlığı hipotezi sınanmaktadır. Test için gerekli olan kritik değerler Becker vd. (2006)'in çalışmasında tablolaştırılmıştır. Fourier KPSS durağanlık testi sonucuna göre temel hipotezin reddedilmesi serinin birim köklü olduğunu göstermektedir.

Çalışmada kullanılan $P_{non-OPEC}$, P_{OPEC} , $q_{non-OPEC}$ ve q_{OPEC} değişkenlerine ait serilerin birim kök testleri Fourier KPSS Test sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Değişkenlere Ait Serilerin Fourier Yaklaşımlı Birim Kök Test Sonuçları

	Sabitli Model			Sabitli ve Trendli Model		
	KPSS Test İst.	Fourier	Kritik Değer 1% 5% 10%	KPSS Test İst.	Fourier	Kritik Değer 1% 5% 10%
$P_{non-OPEC}$	2,0939*	2	0,6671 0,4152 0,3150	0,2499*	2	0,2022 0,1321 0,1034
P_{OPEC}	2,0854*	2	0,6671 0,4152 0,3150	0,2193*	2	0,2022 0,1321 0,1034
$q_{non-OPEC}$	1,1961*	1	0,2699 0,1720 0,1318	0,1156*	1	0,0716 0,0546 0,0471
q_{OPEC}	0,1564***	1	0,2699 0,1720 0,1318	0,1396*	1	0,0716 0,0546 0,0471

Yapılan analiz sonuçlarına göre tüm serilerin sadece Fourier KPSS Birim Kök Testi sonucunda seviye değerinde sabitli ve sabitli ve trendli model tahminleri sonucunda durağan olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle serinin birinci dereceden farkı alınarak tekrardan durağanlık analizleri yapılmamıştır.

5.2. FMOLS Yöntemi ve Modelin Tahmin Sonuçları

Durağan olan bütünlük serilerin doğrusal bileşimlerinin de durağan olması, eşbütünlük seriler olarak ifade edilmektedir (Enders, 2008). Çalışmada kullanılan serilere Maki (2012) eşbütünlük testi uygulanmış ve serilerin eşbütünlük oldukları tespit edilmiştir. Eşbütünlük değişkenlerin varlığında, uzun dönem ile kısa dönem dinamiklerini aynı anda modellemek mümkündür. FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Square) yöntemi, eşbütünlük regresyonların optimal tahminlerini elde etmek için Phillips ve Hansen (1990) tarafından oluşturulan Model 7 ve Model 8 şeklinde gösterilebilir:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + \mu_{it} \quad (7)$$

$$x_{it} = x_{it-1} + e_{it} \quad (8)$$

Modellerde y_{it} bağımlı değişkeni, x_{it} bağımsız değişkenleri ve α_i sabit etkileri göstermektedir. Söz konusu modellerde hata terimleri durağan bir süreç olması nedeniyle, y_{it} birinci dereceden bütünlükse y_{it} ve x_{it} arasında uzun dönem eşbütünlük ilişkisi söz konusudur (Yardımcıoğlu ve Gülmez, 2013). FMOLS yöntemi; değişkenlere ait modellerin hata terimleri arasındaki eş-anlı ilişkileri dikkate aldığından, ikinci derece sapmaları da gidermektedir (Phillips ve Hansen, 1990). FMOLS tahmin prosedürü tek bir eşbütünlük vektörün varlığını varsaymakta ve FMOLS tahmincisi, eşbütünlük denklem ve stokastik şoklar arasındaki uzun dönem korelasyonun neden olduğu tahmin problemlerinden kaçınmak için yarı parametrik bir düzeltme yöntemi kullanmaktadır (Phillips ve Hansen, 1990; Hansen, 1992).

FMOLS yöntemi kullanılarak OPEC oyuncusuna ait üretim miktarı tahmini (Model 1) ve non-OPEC oyuncusuna ait üretim miktarı tahmini (Model 2) yapılmıştır. Tablo 3 OPEC oyuncusuna ait üretim miktarı tahminini göstermektedir.

Tablo 3. OPEC Üretim Miktarı FMOLS Tahmin Sonuçları

	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	R2
Sabit	39132,34	4246,783	9,214584	0,0000	%75
$q_{non-OPEC}$	-0,985192	0,214054	-4,602546	0,0000	
P_{OPEC}	-29,98518	39,40445	-0,760959	0,0459	
Trend	1033,893	182,8122	5,655492	0,0000	

Tablo 3’de OPEC oyuncusunun üretim miktarı, non-OPEC oyuncusunun üretim miktarı ve trend değişkeninden pozitif yönde etkilenmektedir. $q_{non-OPEC}$ değişkeninde meydana gelecek %1’lik bir artış, OPEC oyuncusunun üretim miktarlarında %0,98’lik bir azalışa neden olacaktır. Bu durumun nedeni petrol piyasalarında artan üretim miktarına karşın fiyatlarda bir azalma meydana getirmesidir. OPEC oyuncusu petrol fiyatlarının düşmesine paralel olarak gelir kaybına uğramamak için üretimde kısıtlamasına gitmektedir. FMOLS tahmin sonuçlarına göre, OPEC oyuncusu üretim kararı P_{OPEC} değişkeninden etkilenmemektedir. Böyle bir sonucun ortaya çıkmasının en önemli nedeni OPEC

oyuncusunun üretime odakla hareket ettiği düşüncesidir. OPEC oyuncusuna ait üretimi modeli, Model 9 şeklinde gösterilmiştir.

$$q_{OPEC} = 39132 - 29,98P_{OPEC} - 0,98q_{non-OPEC} \quad (9)$$

FMOLS yöntemi kullanılarak non-OPEC oyuncusuna ait üretim miktarı tahmini (Model 2) Tablo 4’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Non-OPEC Üretim Miktarı FMOLS Tahmin Sonuçları

	Katsayı	Standart Hata	t İstatistiği	Olasılık	R2
Sabit	31622.85	2389.040	13.23664	0.0000	%93
q_{OPEC}	-0.600219	0.106716	-5.624445	0.0000	
$P_{non-OPEC}$	-44.32992	22.66896	-1.955534	0.0472	
Trend	915.9693	56.72386	16.14787	0.0000	

Tablo 4’e göre non-OPEC oyuncusunun üretim miktarı OPEC oyuncusunun üretim miktarı ve non-OPEC oyuncusunun petrol fiyatından negatif yönde, trend değişkeninden pozitif yönde etkilenmektedir. q_{OPEC} ve $P_{non-OPEC}$ değişkenlerinde sırasıyla meydana gelecek %1’lik bir artış, non-OPEC’in üretim miktarlarında (sırasıyla) %0,6’lık ve %44,32’lik bir azalışa neden olmaktadır. FMOLS sonucuna göre, non-OPEC oyuncusu üretim kararında OPEC oyuncusunun üretim miktarını (q_{OPEC}) ve kendi fiyatını ($P_{non-OPEC}$) dikkate almaktadır. Ayrıca non-OPEC oyuncusu üretim kararında kendi fiyatına ($P_{non-OPEC}$) aşırı duyarlı olduğu görülmektedir. Böyle bir sonucun ortaya çıkmasındaki en önemli neden, varsayımsal olarak non-OPEC oyuncusunun ortak hareket eden bir grup ülke olarak ele alınmasına rağmen non-OPEC’in birlikte hareket etmemesidir. FMOLS sonuçlarından hareketle piyasada artan üretime paralel olarak petrol fiyatlarının düşeceği endişesinden dolayı, non-OPEC oyuncusu düşen petrol fiyatlarını artırmak için üretimde kısıtlamalara yöneldiği düşünülmektedir. Non-OPEC oyuncusuna ait üretim modeli, Modeli 10 ile gösterilmiştir.

$$q_{non-OPEC} = 31622 - 0,6q_{OPEC} - 44,32P_{non-OPEC} \quad (10)$$

5.3. Cournot-Nash Rekabet Oyunu

Cournot (1838)’in rekabetçi iki firma arasındaki üretim dengesinin varlığına işaret ettiği modelinden yola çıkarak OPEC ve non-OPEC arasındaki üretim temelli kâr fonksiyonu Model 11 şeklinde ele alınmıştır (Gibbons, 1992).

$$\pi_i(q_1, \dots, q_n) = q_i P(q_1 + \dots + q_n) - C_i(q_i), \quad i = 1, 2 \quad (11)$$

Model 11’de homojen bir mal olarak kabul edilen ham petrol, n sayıda ülke tarafından üretilmektedir. Modelde herhangi bir i ülkesi için q_i kadar ham petrol üretmenin maliyeti $C_i(q_i)$ ’dir. Tüm çıktı miktarı tek bir fiyattan satılmakta, ham petrole olan talep ve ülkelerin üretim miktarı söz konusu fiyat tarafından belirlendiği varsayılmaktadır. Toplam ham petrol üretim düzeyi $Q = q_1 + \dots + q_n$ olmak üzere ham petrol fiyatı $p(q_1 + \dots + q_n)$ ise, her bir ülkenin geliri $q_i p(q_1 + \dots + q_n)$ şeklinde gerçekleşmektedir. OPEC ve non-OPEC olmak üzere iki oyuncunun var

olduğu ve oyuncuların maliyetlerinin sabit ve ters talep fonksiyonunun doğrusal olduğu varsayımı altında “Cournot-Nash Dengesi” hesaplanabilmesi için öncelikle oyuncuların en iyi tepki fonksiyonlarının bulunması gerekmektedir (Osborne, 2004). Yani non-OPEC oyuncusunun veri q_2 değeri için kendi q_1 üretim değerini belirleyecek en iyi tepki fonksiyonu belirlenmelidir. OPEC oyuncusunun en iyi tepki fonksiyonu kendi kâr fonksiyonunun (Model 11) q_1 'e göre birinci derece koşulundan (1.Türev) hesaplanmaktadır. OPEC oyuncusunun en iyi tepki fonksiyonu non-OPEC oyuncusunun q_2 değerine bağlıdır. non-OPEC oyuncusunun çıktı miktarı arttıkça OPEC oyuncusunun kârı azalmaktadır. Söz konusu durumun ortaya çıkması non-OPEC oyuncusunun daha fazla çıktı miktarı daha düşük fiyata karşılık geldiğinden kaynaklanmaktadır. non-OPEC oyuncusunun amacı OPEC oyuncusunun amacı ile (aynı maliyet ve talep fonksiyonuna sahip oldukları koşul altında, simetrik oyun) benzer olacağından non-OPEC oyuncusunun en iyi tepki fonksiyonu OPEC oyuncusu ile aynıdır. non-OPEC oyuncusunun en iyi tepki fonksiyonu da OPEC oyuncusunun veri q_1 üretim değerine verdiği en iyi tepkiyi göstermektedir. OPEC oyuncusunun q_1^* üretim düzeyi, non-OPEC oyuncusunun q_2^* üretim düzeyine verilen en iyi tepki (q_2^* düzeyi de q_1^* düzeyine verilen en iyi tepkidir) ise en iyi tepki fonksiyonlarının kesişim noktası $E(q_1^*, q_2^*)$ bir Nash Dengesi belirtir (Leonard, 1994). Nash Dengesi tepki fonksiyonlarının ($q_1^* = b_1(q_2^*)$ ve $q_2^* = b_2(q_1^*)$) kesiştikleri noktalardır ve bu fonksiyonların birlikte çözümünden elde edilmektedir.

Oyun teorisi işbirlikçi olmayan piyasalarda olduğu gibi piyasaya arz sağlayan karar birimlerinin kararlarının birbirlerine bağımlı olduğu durumlarda da serbest rekabet ortamını incelemektedir. Söz konusu rekabeti basit olarak karar birimlerinin eş anlı karar vermeleri şeklinde ifade edebiliriz. Bu durumda oyun modeli statik bir hal almaktadır. Daha önceden FMOLS yöntemi ile oyuncuların (OPEC, non-OPEC) üretim modelleri (Model 9 ve Model 10) tahmin edilmiştir. Söz konusu modellerden P değişkeninin çekilmesi ile oyunculara ait ters talep fonksiyonları aşağıdaki modeller şeklinde elde edilmiştir.

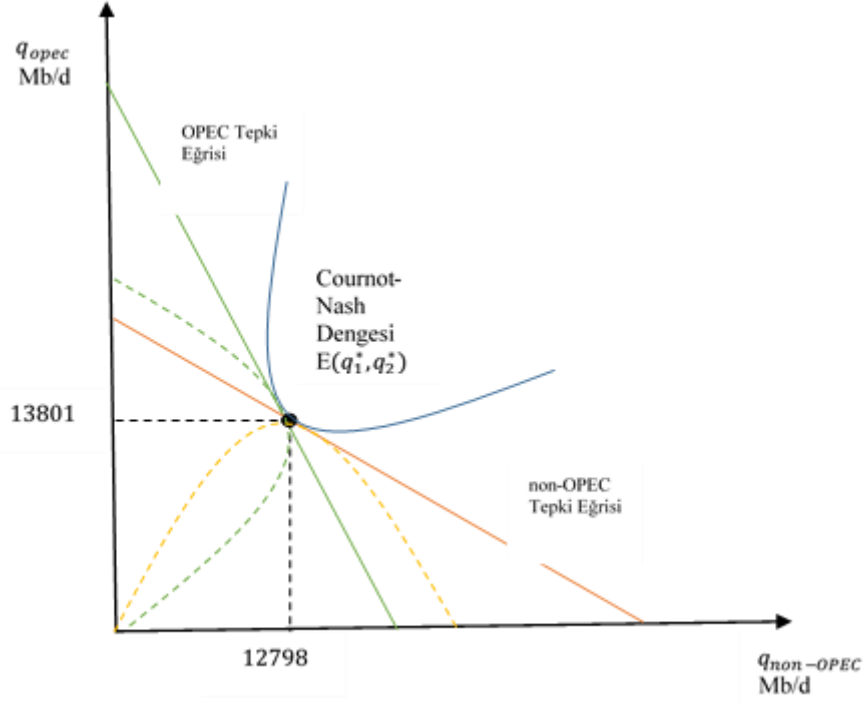
$$P_{OPEC} = 1305 - \frac{q_{OPEC}}{29,9} - 0,03q_{non-OPEC}$$
$$P_{non-OPEC} = 714 - \frac{q_{non-OPEC}}{44,32} - 0,01q_{OPEC}$$

Daha önceden de belirtildiği üzere her bir oyuncuya ait üretim maliyetleri sıfır kabul edilmiştir. Sonrasında oyunculara ait kâr fonksiyonları $\pi_i(q_1, q_2) = q_i P$ şeklinde karakterize edilerek oyunculara ait kâr fonksiyonunda üretim miktarı değerlerine ($q_{OPEC}, q_{non-OPEC}$) göre birinci derece koşulundan oyunculara ait tepki fonksiyonlarına aşağıdaki modeller şeklinde ulaşılmıştır.

$$q_{OPEC} = 19.561 - 0,45q_{non-OPEC}$$
$$q_{non-OPEC} = 15.822 - 0,22q_{OPEC}$$

Tepki fonksiyonlarının birlikte çözümlerinden $q_{opec} = 13.801$ Mb/d (Milyon Varil/Gün) ve $q_{non-OPEC} = 12.798$ Mb/d $E(q_1^*, q_2^*)$ denge noktası olan Cournot-Nash denge noktasına ulaşılmıştır. Söz konusu denge noktası Grafik 1 şeklinde gösterilmiştir.

Grafik 1. Cournot-Nash Dengesi



Oyunculara ait Cournot-Nash denge noktasında OPEC oyuncusunun üretim seviyesinin non-OPEC oyuncusuna göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

5.4. Stackelberg Rekabet Oyunu

Oyunun statik çözümü OPEC ve non-OPEC oyuncularının eş anlı hareket ettiği (oyuncuların birbirlerinin hareketlerini gözlemleyemediği durum) varsayımı altında gerçekleşmiştir. Cournot-Nash modelinde olduğu gibi her oyuncunun stratejik değişkeni çıktıdır ancak dinamik oyunlarda Cournot-Nash oyunundaki gibi oyuncular kararlarını eşzamanlı olarak değil ardışıl olarak verirler: birinci oyuncu kendi çıktısını seçer, daha sonra diğer oyuncu ilk oyuncu tarafından seçilen çıktıyı bilerek hamle yapar. Cournot-Nash rekabet modelinde OPEC ve non-OPEC oyuncularının birbirlerinin üretim kararlarını gözlemleyemedikleri varsayılırken Stackelberg (1934) rekabet oyununda gözlemleyebildikleri varsayılmaktadır (Peters, 2015). Stackelberg modelinde oyuncular Cournot modelinden farklı olarak üretim kararlarını birbirleri ardına vermektedirler. OPEC ve non-OPEC arasındaki üretim temelli rekabet oyununda her bir oyuncunun kâr fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$\pi_i = q_i P(q_1 + q_2) - C_i(q_i), \quad i = 1, 2 \quad (12)$$

OPEC başlangıçta q_1 çıktı düzeyi (ya da stratejisi) ile ilk hamle yaparsa non-OPEC oyuncusu OPEC oyuncusunun her çıktı düzeyi seçimi için kendi q_2 üretim düzeyini seçecektir. Bu durumda OPEC oyuncusunun denge konumundaki çıktı düzeyi Model 13 gibi olacaktır.

$$\pi_1 = q_1 P(q_1 + b_2(q_1)) - C_1(q_1) \quad (13)$$

Model 13’de OPEC oyuncusu çıktı düzeyini değiştirdiğinde sonuç non-OPEC oyuncusunun b_2 tepki fonksiyonuna göre değişir. Böylece denge noktası ($E(q_1^*, q_2^*)$) non-OPEC oyuncusunun en iyi tepki fonksiyonu üstünde OPEC oyuncusu kârını maksimize eden bir nokta belirtir. Stackelberg oyununda ilk hamle yapan OPEC oyuncusu altoyun mükemmel dengede Cournot-Nash dengesinden daha iyi durumdadır (Peters, 2015). Bu durumda ilk hamle yapan OPEC oyuncusu daha yüksek bir üretim düzeyine ulaşır fakat son hamleyi yapan non-OPEC oyuncusu daha düşük bir üretim düzeyinde kalmaktadır.

Petrol piyasalarındaki dinamik süreç Stackelberg rekabet oyunu olarak modellenmiştir. Stackelberg rekabet oyununda piyasada bir lider ve bir takipçi olmak üzere iki oyuncu vardır. OPEC oyuncusunun lider, non-OPEC oyuncusunun takipçi olduğu durumda her bir oyuncu için üretim maliyetlerinin sıfır olduğu varsayılmıştır. Öncelikle ters talep fonksiyonu Model 10’daki P değişkeninin çekilmesi ile oluşturulmuş ve non-OPEC oyuncusuna ait kâr fonksiyonu $\pi_i(q_1, q_2) = q_i P$ şeklinde karakterize edilerek non-OPEC’e ait kâr fonksiyonu elde edilmiştir.

$$\pi_{non-OPEC} = 714q_{non-OPEC} - \frac{q_{non-OPEC}^2}{44,32} - 0,01q_{OPEC}q_{non-OPEC}$$

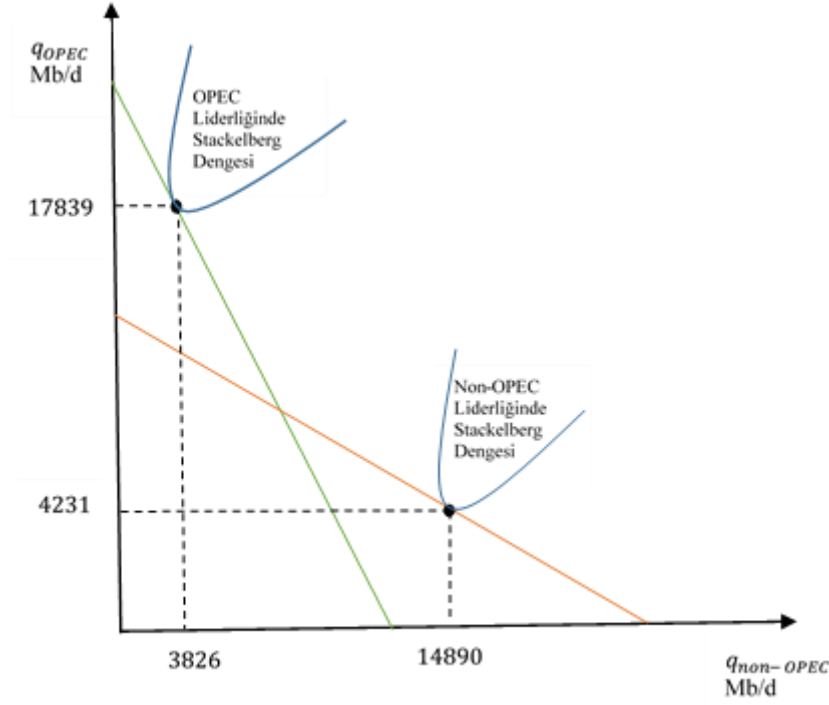
Stackelberg oyununda OPEC oyuncusu lider oyuncu gibi davranırsa non-OPEC oyuncusu kendi kâr fonksiyonunda OPEC oyuncusunun tepki fonksiyonunu ($q_{OPEC} = 19.561 - 0,45q_{non-OPEC}$) kullanır. Söz konusu kâr fonksiyonunun $q_{non-OPEC}$ ’e göre birinci derece koşulundan üretim miktarı OPEC için $q_{OPEC} = 17.839$ Mb/d olurken non-OPEC için $q_{non-OPEC} = 3.826$ Mb/d olarak gerçekleşir. Böylece OPEC liderliğindeki Stackelberg dengesi söz konusu üretim miktarlarında gerçekleşmiş olur. Yine oyuncular için üretim maliyetlerinin sıfır olduğu varsayımı altında non-OPEC oyuncusunun lider olduğu durumda OPEC oyuncusunun kâr fonksiyonu $\pi_i(q_1, q_2) = q_i P$ şeklinde karakterize edilerek OPEC’e ait kâr fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\pi_{OPEC} = 1305q_{OPEC} - \frac{q_{OPEC}^2}{29,98} - 0,03q_{OPEC}q_{non-OPEC}$$

Bu durumda da non-OPEC lider oyuncu gibi davranır ve OPEC oyuncusu kendi kâr fonksiyonunda non-OPEC oyuncusuna ait ($q_{non-OPEC} = 15.822 - 0,22q_{OPEC}$) tepki fonksiyonunu kullanır. Elde edilen yeni kâr fonksiyonunun q_{OPEC} ’e göre birinci derece koşulundan üretim miktarı non-OPEC için $q_{non-OPEC} = 14890$ Mb/d, OPEC için $q_{OPEC} = 4231$ Mb/d olarak gerçekleşir. Söz konusu üretim miktarları non-OPEC liderliğindeki Stackelberg dengesini göstermektedir. Her iki

oyuncunun lider olduğu ya da takipçi olduğu durumdaki Stackelberg denge durumu Grafik 2’de gösterilmiştir.

Grafik 2. Stackelberg Dengesi



Grafik 2’de görüldüğü üzere OPEC liderliğindeki Stackelberg denge noktasındaki üretim seviyesi non-OPEC liderliğindeki üretim seviyesinden daha yüksek bir noktada oluşmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Petrol piyasalarını oyun teorisi temelinde iki oyunculu bir rekabet oyunu olarak kurgulamayı amaçlayan bu çalışma, petrol piyasalarında varlığını sürdüren oyuncuların (OPEC/non-OPEC) üretim miktarı ve fiyat strateji kümelerine bağlı olarak davranışlarını ortaya koymaktadır. Çalışmada petrol piyasasındaki oyuncular OPEC’e üye olan petrol üreticisi ülkeler ve OPEC’e üye olmayan petrol üreticisi ülkeler (non-OPEC) olarak gruplandırılmıştır. 1972 yılı ve sonrasında oluşan, gruplara ait üretim miktarı ve petrol fiyatı zaman serilerinin Fourier yaklaşımlı KPSS birim kök testi yardımı ile durağan olup olmadıkları araştırılmış, analiz sonucunda serilerin durağan olduklarına karar verilmiştir. Çalışmada kurgulanan modeller (Griffin, 1985; , 2002; Almoquera vd., 2011; Ratti ve Vespignani, 2015) OPEC ve non-OPEC arasında rekabete dayalı üretim miktarı modelleri şeklinde oluşturulmuştur. Söz konusu modeller FMOLS yöntemi ile tahmin edilmiş, tahmin sonucu OPEC’in üretim miktarının; OPEC sepet fiyatları ile non-OPEC’in üretim miktarları arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Non-OPEC’in üretim modeli tahmininde ise non-OPEC üretim miktarının OPEC üretim miktarı ve non-OPEC fiyatları ile arasında ters yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Petrol piyasalarının düopol bir yapıda olduğu ve firma maliyetlerinin benzer olduğu varsayımı altında tahmin

edilen rekabetçi üretim fonksiyonları üzerinden Cournot-Nash ve “Lider-Takipçi” varyasyonunun yapıldığı Stackelberg denge noktalarına ulaşılmıştır.

Cournot-Nash ve OPEC liderliğindeki Stackelberg denge noktalarında OPEC oyuncusu non-OPEC oyuncusundan daha yüksek üretim seviyesindedir. Ayrıca Cournot-Nash denge noktasında ulaşılan toplam üretim miktarının her iki oyuncunun lider olduğu Stackelberg denge noktalarındaki toplam üretim miktarlarından daha yüksek olduğu da görülmektedir. Toplam üretim seviyeleri dikkate alındığında analiz sonuçlarının Stackelberg denge çıktılarından Cournot-Nash denge çıktılarından daha yüksek olduğu yönündeki çalışmaların (Daughety, 1990; Huck, Müller ve Normann, 2001; Ino ve Matsumura, 2012) aksine Cournot-Nash denge çıktılarından Stackelberg denge çıktılarından daha yüksek olduğu çalışmalar (Ino ve Matsumura, 2013; Cumbul, 2021) ile paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Stackelberg rekabet modeli Cournot-Nash modelinden daha yüksek bir piyasa yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, Stackelberg rekabet modeli lider oyuncu adına yüksek kârlara neden olsa da yoğunlaşmadan dolayı daha az refah yaratır. Bu modeller arasındaki toplam refah karşılaştırması, toplum için yararlı olup olmadığını anlamamıza yardımcı olur. Bu bakımdan ulaşılan sonuçlar itibari ile OPEC liderliğindeki piyasa yapısında non-OPEC liderliğindeki piyasa yapısından daha fazla refah kaybı yaşanması muhtemeldir.

Klasik düopol modelleri aracılığıyla oligopol piyasaları incelemede özellikle birincil (özellikle tükenebilir) kaynakları sağlayan kısmen kartelleşmiş endüstrilerde oyuncuların karşılıklı bağımlılıkları dikkate alınarak oynanan iş birliksiz oyunlarda, oyuncuların üretim miktarı veya fiyat stratejileri vasıtasıyla elde edebilecekleri en iyi kâr sonuçlarına ulaşmaları için Cournot-Nash dengesinde bulunmaları gerekmektedir. Bu durum kaynakların etkili ve verimli bir şekilde kullanılması için önemlidir. Söz konusu oyun ilişkilerinin dikkate alınması, piyasa üzerinde politika yapıcılara bir fikir verebileceği gibi özellikle uzun vadede petrol arz tahmininin daha güvenilir hale gelmesini sağlayabilir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda birlikleri (OPEC ya da non-OPEC) oluşturan ülkeler arasındaki rekabet genişletilmiş modeller şeklinde gerçekçi bir ortamda dikkate alınarak incelenebilir.

KAYNAKÇA

- Adelman, M. A. (1982). *OPEC as a Cartel in J. M. Griffin and D.J. Teece, OPEC Behavior and World Oil Prices*, London: George Allen and Unwin: 37-63.
- Alhajji, A. ve Huettner, D. (2000) “OPEC and World Crude Oil Markets From 1973 to 1994: Cartel, Oligopoly, or Competitive”, *Energy Journal*, 21(3): 31-60.
- Almoguera, P. A. ve Douglas, C. C., ve Herrera, A. M. (2011), Testing for the cartel in OPEC: non-cooperative collusion or just non-cooperative?. *Oxford Review of Economic Policy*, 27(1), 144-168.
- Aperjis, D. (1982). *The Oil Market in the 1980s, OPEC Oil Policy and Economic Development*. Cambridge, MA: Ballinger Publishing Company.

- Becker, R. ve Enders, W., ve Lee, J. (2006). A Stationarity Test in The Presence of an Unknown Number of Smooth Breaks. *Journal of Time Series Analysis* 27, 381–409.
- Bockem, S. (2004). Cartel formation and oligopoly structure: a new assessment of the crude oil market. *Applied Economics*, 36(12), 1355-1369.
- BP, (2020). *BP Statistical Review of World Energy Full Report*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> Erişim Tarihi 06.06.2020
- Chang, Y., Yi, J., Yan, W., Yang, X., Zhang, S., Gao, Y., & Wang, X. (2014), “Oil supply between OPEC and non-OPEC based on game theory”, *International Journal of Systems Science*, 45(10), 2127-2132.
- Cournot, A. A. (1838). *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses*. L. Hachette.
- Cumbul, E. (2021). Stackelberg versus Cournot oligopoly with private information. *International Journal of Industrial Organization*, 74, 102674.
- Dahl, C. Yucel, M. (1991). Testing alternative hypotheses of oil production behavior. *Energy Journal*, 12(4). 117-138.
- Daughety, A. F. (1990). Beneficial concentration. *The American Economic Review*, 80(5), 1231-1237.
- De Santis R. A. (2003). Crude Oil Price Fluctuations and Saudi Arabia's Behavior. *Energy Economics*, 25, 155-173
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1981) “ Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root”, *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1057-1072.
- EIA (2018). ABD Enerji Bilgi İdaresi (U.S. Energy Information Administration Data), https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm Erişim Tarihi: 03.04.2020.
- Elliot, A. J., ve Harackiewicz, J. M. (1996). Approach and avoidance achievement goals and intrinsic motivation: A mediational analysis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(3), 461
- Enders, W. (2008). *Applied Econometric Time Series*. John Wiley & Sons.
- Enders, W., & Lee, J. (2012a). A Unit Root Test Using A Fourier Series To Approximate Smooth Breaks. *Oxford Bulletin Of Economics and Statistics*, 74(4), 574-599
- Enders, W., & Lee, J. (2012b). The flexible Fourier form and Dickey–Fuller Type Unit Root Tests. *Economics Letters*, 117(1), 196-199.
- Eni World Oil Review (2020), O&GR Volume 1 World Oil Review 2020, <https://www.eni.com/assets/documents/eng/scenari-energetici/WORLD-OIL-REVIEW-2020-vol1.pdf> Erişim 09.08.2020
- Ezzati, A. (1976). Future OPEC price and production strategies as affected by its capacity to absorb. *European Economic Review*, 8(2), 107-138.
- Geroski, P. A. ve Ulph, A. M., ve Ulph, D. T. (1987). A Model of the crude oil market in which market conduct varies. *The Economic Journal*, 97, 77-86.
- Gibbons, R. S. (1992). *Game theory for applied economists*. Princeton University Press.
- Giz, D. (2003). *Oyun Teorisi ve İktisadi Uygulamaları*. Filiz Kitabevi, İstanbul, 11.
- Griffin G. M., ve Teece D. J. (1982). *OPEC behavior and world oil prices*. George Allen & Unwin Publishers Ltd, UK.

- Griffin, J. M. (1985). OPEC Behavior: A Test of Alternative Hypotheses, *American Economics Review*, 75(5). 954-963.
- Griffin, J., & Steele H. (1986). *Energy Economics and Policy*. New York: Academic Press.
- Gulen, S.G. (1996). "Is OPEC a Cartel? Evidence from Cointegration and Causality Tests", *The Energy Journal*, 17(2): 43-57.
- Hammoudeh, S. (1997). Oil pricing policies in a target zone model. *Research in Human Capital and Development*, 11-B, 497-513.
- Hansen, B. E. (1992). Tests for parameter instability in regressions with processes. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10(2), 321-35
- Hirst, D. (1966). *Oil and public opinion in the Middle East*. London Faber and Faber.
- Huck, S., Müller, W., & Normann, H. T. (2001). Stackelberg beats cournot: On collusion and efficiency in experimental markets. *The Economic Journal*, 111(474), 749-765.
- Ino, H., ve Matsumura, T. (2012). How many firms should be leaders? Beneficial concentration revisited. *International Economic Review*, 53(4), 1323-1340.
- Ino, H., ve Matsumura, T. (2013). *Asymmetric welfare implication between a small number of leaders and a small number of followers in Stackelberg models* (No. 098).
- Kaplan, F., ve Çelik, K. (2017). Uluslararası petrol piyasasında üretim dengesi: Bir oyun teorisi yaklaşımı. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 9(2), 29-42.
- Kwiatkowski, D. ve Phillips, P. C. ve Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992), Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178
- Leonard, R. J. (1994). Reading Cournot, reading Nash: The creation and stabilisation of the Nash equilibrium. *The Economic Journal*, 104(424), 492-511.
- Lotfi, E. ve Navidi, H. (2012). A decision support system for opec oil production level based on Game Theory and ANN. *Advances in Computational Mathematics and its Applications*, 2(1).
- MacAvoy, P. (1982). *Crude oil prices as determined by OPEC and market fundamentals*. Ballinger
- Maki, D. (2012). Tests for Cointegration Allowing for an Unknown Number of Breaks *Economic Modelling*, 29(5), 2013.
- Molchanov, P. (2003). A statistical analysis of OPEC quota violations. *Economics. Duke University, Durham, NC*, 1-31.
- Moorthy, K. S. (1985). Using game theory to model competition. *Journal of Marketing Research*. 22(3), 262-282
- Ng, S. ve Perron, P. (2001), Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power, *Econometrica*, 69(6), 1519-1554.
- OPEC, (2020). *Annual Statistical Bulletin*, https://asb.opec.org/ASB_PDFDownload.php Erişim Tarihi 03.04.2020
- Osborne, M. J. (2004). *An introduction to game theory*. New York: Oxford University Press.
- Parra, F. (2010). *Oil Politics: A Modern history of petroleum*. New York: I.B. Tauris, ISBN: 184-8-8512-94
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1361-1401.
- Peters, H. (2015). *Game theory: A Multi-leveled approach*. Springer.

- Phillips, P. C. ve Hansen, B. E. (1990). Statistical inference in instrumental variables regression with I (1) processes. *The Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125
- Phillips, P. C. ve Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Ramcharan, H. (2002). Oil production responses to price changes: An empirical application of the competitive model to OPEC and non-OPEC countries. *Energy Economics*, 24(2), 97-106.
- Ratti, R. A. ve Vespignani, J. L. (2015). OPEC and non-OPEC oil production and the global economy. *Energy Economics*, 50, 364-378.
- Reuters (2019). <https://www.reuters.com/article/oil-opec/timeline-opecs-oil-output-changes-since-the-1990s-idUSL8N28F31F> Erişim Tarihi 03.04.2020
- Rodrigues, P. M. ve Taylor, A. R. (2012). The flexible fourier form and local generalised least squares de-trended unit root tests. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 74(5), 736-759.
- Shenoy, P. P. (1980a). A three-person cooperative game formulation of the world oil market. *Applied Mathematical Modelling*, 4(4), 301-307.
- Shenoy, P. P. (1980b). A two-person non-zero-sum game model of the world oil market. *Applied Mathematical Modelling*, 4(4), 295-300.
- Singer, S. F. (1983). The price of world oil. *Annual Review of Energy*, 8, 97-116.
- Smith, J.L. (2005). Inscrutable OPEC? behavioral tests of the cartel hypothesis. *Energy Journal*, 26(1), 51-82.
- Tussing, A. R. ve Van Vactor, S. A. (1989). Prospective on World Energy Markets: Real Costs Will Continue to Fall, In Energy Supply in the 1990s and Beyond, *11th IAEE International Conference*, 1989. International Association for Energy Economics.
- Von Stackelberg, H. (1934). Marktform und Gleichgewicht. Vienna and Berlin: Springer Verlag
- Yalçıntaş, M. (2015). Ekonomik karar almada adalet ve oyun teorisi. *Maliye ve Finans Yazıları*, 1(103), 247-273.
- Yardımcıoğlu, F. ve Gülmez, A. (2013). "Türk cumhuriyetlerinde ihracat ve ekonomik büyüme ilişkisi: Panel eşbütünleşme ve panel nedensellik analizi," *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(1), 145-161.
- Yılancı, V. (2017). Petrol fiyatları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesi: Fourier yaklaşımı. *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, 27, 51-67.