

Doğal Gaz Piyasasında Fiyat Balonları

(Araştırma Makalesi)

Price Bubbles in Natural Gas Market

Doi: 10.29023/alanyaakademik.1109469

Berkan ATAŞ

Arş. Gör. Dr., İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Finans Bölümü

berkanatas@gmail.com

Orcid No: 0000-0003-3049-3195

Bu makaleye atıfta bulunmak için: Ataş, B. (2023). Doğal Gaz Piyasasında Fiyat Balonları. Alanya Akademik Bakış, 7(1), Sayfa No.277-290.

ÖZET

Anahtar kelimeler:

Doğal Gaz Piyasaları,
Fiyat Balonları,
GSADF

Makale Geliş Tarihi:

27.04.2022

Kabul Tarihi:

28.07.2022

Doğal gaz hem verimliliği hem de diğer fosil temelli enerji kaynaklarına göre daha çevreci bir alternatif olması nedeniyle günümüzde en çok kullanılan enerji kaynaklarından biridir. Covid-19 etkilerinin yavaş yavaş hafiflemeye başlaması ile birlikte toparlanan ekonomilerin enerji gereksinimlerinin artmasıyla birlikte gelişen arz talep dengesizlikleri sonucu fiyatlarda yukarı yönlü bir hareket gözlemlenmektedir. Çalışmanın amacı yurtiçi ve uluslararası doğalgaz piyasalarındaki fiyat balonlarını pandemi öncesi yakın dönemi de kapsar şekilde karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Fiyat balonlarının tespiti için Generalised Supremum Augmented Dickey Fuller (GSADF) yöntemi kullanılmıştır. Bulunan sonuçlara göre hem yurtiçi gaz referans fiyatında hem de uluslararası doğalgaz piyasasında çok dönemli fiyat balonu bulgularına rastlanmıştır. Bununla birlikte uluslararası ve yurtiçi piyasadaki balonların büyük ölçüde birbirine yakın dönemde gerçekleşmesi yurtiçi fiyat politikalarının uluslararası patlayıcı fiyat değişimlerini sönmündirmekte yetersiz olduğunu göstermektedir.

ABSTRACT

Keywords:

Natural Gas Markets,
Price Bubbles,
GSADF

Natural gas is one of the most used energy sources today, due to its efficiency and environmentally friendly feature to other fossil-based energy sources. An upward trend is observed in prices as a result of the supply-demand imbalances that have developed with the increase in the energy needs of the recovering economies as the effects of Covid-19 begin to fade. The study aims to investigate the price bubbles in the domestic and international natural gas markets, including the recent period before the pandemic. The Generalized Supremum Augmented Dickey Fuller (GSADF) method is employed to detect price bubbles. The results suggest multi-period price bubbles in both the domestic gas reference price and the international natural gas market. Besides, the fact that the bubble periods in the international and domestic markets are close to each other suggests that domestic price policies are insufficient to dampen international explosive price changes.

1. GİRİŞ

Fiyat balonları ekonomik krizlerin en büyük nedenlerinden biridir. Fiyat balonunun patlaması sonucu ilgili reel ve finansal sektör oluşan istikrarsızlıktan oldukça önemli derecede zarar görmekte, bununla birlikte bazı durumlarda etkilenen sektörün dışına da taşarak bir ekonomiyi

tümden resesyona sokabilmektedir. Nitekim yakın tarihin en büyük küresel krizlerinden biri olarak gösterilen 2008 krizi de ilk olarak konut piyasasında oluşan balonun patlaması neticesinde ortaya çıkmıştır (Yıldırım, 2020: 1-2). Bu nedenle fiyat balonları ile ilgili yapılan çalışmalar gerekli tedbirleri alma açısından ekonomi karar vericilerine bir yol gösterici olması nedeniyle önem arz etmektedir.

Doğal gaz piyasası en büyük enerji emtia piyasalarından biridir. Doğalgaz, petrol ve kömürden sonra enerji üretimi için kullanılan en büyük kaynaktır. Bu kaynak enerji üretimi için kullanımının yanında petrokimya sektöründe de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte doğal gaz petrol ve kömüre göre daha çevreci olduğu için bu enerji kaynaklarına çevreci bir alternatif olarak görülmektedir (Novikov vd., 2021: 2). Bu nedenle ulusal ve uluslararası arzı üretim maliyetleri ve fiyat istikrarı ve çevresel politikalar açısından da büyük önem taşımaktadır. Bunun yanında doğal gaz hane tüketimi açısından dünyada en yaygın kullanılan enerji kaynaklarından biridir. Bu nedenle doğalgaz fiyatlarında meydana gelecek istikrarsızlık sadece üretim maliyetlerini değil ayrıca fiyatları yansıtamayan nihai tüketicileri de oldukça olumsuz şekilde doğrudan etkileyebilmekte ve fiyatlar genel dengesindeki istikrarı bozabilecek sonuçlara yol açmaktadır. En büyük ekonomik girdilerden olan enerji maliyetleri özellikle Covid-19 pandemisinin kontrol altına alınmaya başlaması ile birlikte meydana gelen arz-talep yönlü dengesizlikler nedeniyle oldukça yüksek seviyelere ulaşmıştır.

Doğal gaz, yüksek birim ısı değeri, düşük karbon emisyonu ve ekonomik olarak sağladığı yüksek katma değer sayesinde temel transit enerjilerden biri olarak kabul edilmektedir (Siliverstovs vd., 2005: 604). Bununla birlikte dünya çapında düşük karbon salımlı ekonomik sisteme geçiş enerji kaynağı olarak görülen doğalgaz fiyatındaki düşüş bu kalemde net ithalatçı ekonomilerde üretim maliyetlerindeki azalma ve hane halkı alım gücünde artış olarak ekonomiye olumlu yansımaktadır (Sharma ve Escobari, 2018: 2-6). Son dönemde doğal gaz tüketimi ve ticaretindeki hızlı büyüme politika yapımcıların ve yatırımcıların dikkatini çekmiştir (Nick ve Thoenes, 2014; Zhang vd., 2018a, 2018b; Wang vd., 2019). Düşük karbon salınımına yönelik stratejik geçiş enerjilerinden ve alternatiflerine göre oldukça çevre dostu bir enerji kaynağı olan doğal gazın maliyet stabilizasyonu, bu enerjiyi dışardan tedarik eden veya kısıtlı kaynağa sahip ekonomiler için gelişme ve kalkınma açısından hayati derecede önemlidir.

Ekonomide bu derece önemli bir yeri olan doğalgazın fiyatının rasyonel bir şekilde mi oluştuğu veya bir fiyat balonunun mu söz konusu olduğu karar vericiler açısından önem arz eden bir konudur. Son yıllarda enerji emtia piyasaları menkul kıymetleştirme yolu ile finansallaştırılmasıyla birlikte oldukça hareketli bir piyasaya dönüştürülmüştür (Umar vd., 2021: 2). Bu nedenle enerji emtia piyasalarında piyasa dinamiklerinin yanında spekülasyon fiyat hareketleri de sık gözlemlenen bir olgudur (Ding vd., 2021: 8-9). Doğal gaz fiyatlarında son dönemlerde yaşanan büyük fiyat artışları ve artan volatilité neticesinde fiyatların piyasanın temel dinamiklerinden (fundamentals) uzaklaşmış olabileceği yönünde bulgular mevcuttur (Li vd., 2020; Zhang vd., 2018a).

Emtia piyasasındaki fiyat balonlarını derinlemesine anlamak ve sebeplerini araştırmak için vadeli işlem piyasalarını doğru bir şekilde konumlandırmak gerekmektedir. Literatürde vadeli piyasaların spot piyasalara olumlu veya olumsuz etkisi yönünde kesin bir kanaat bulunmamaktadır. Zhang ve Yao (2016), Ajmi vd., (2021) gibi çalışmalarda enerji piyasasındaki dalgalanmaların bu piyasaların temel değerlendirme süreçlerinin yanında finansal spekülasyon etkilerden kaynaklandığını gösteren bulgular yer almaktadır. Kawai (1983) emtia futures piyasalarının spot fiyatları stabilize edici etkilerinin olabileceğinden bahsetmiştir. Diğer taraftan Campbell ve Turnovsky (1985), vadeli işlemler piyasasının spot piyasaya

etkisinin olumlu olduğunu savunmaktadır. Bununla birlikte vadeli işlemler piyasalarının spekülâtif saiklerle reel piyasaları olumlu veya olumsuz bir biçimde şekillendirdiği yadsınamaz bir gerçekliktir. Enerji emtia piyasasındaki fiyatlar piyasanın temel değerlerinden (fundamentals) uzaklaştığında spekülâtif etki söz konusu olmaktadır. Bu nedenle fiyatların temel girdilerden uzaklaştığı ve balon söz konusu olduğu durumlarda piyasa yapıcılarının müdahaleleri gerekebilmektedir (Umar vd., 2021: 9).

Çalışmada yurtiçi ve uluslararası doğal gaz piyasalarında görülen fiyat hareketlerinin etkin bir şekilde mi oluştuğu veya fiyat balonu olarak değerlendirilebilecek hareketlerin mi söz konusu olduğu ampirik bir modelle test edilecektir. Petrolden sonra en yaygın enerji kaynağı olarak kullanılan bu maddenin fiyat dalgalanmalarında özellikle tedarikinde dışarıya bağımlı ekonomileri olumsuz olarak etkilemekte ve fiyatlar genel dengesini bozucu sonuçlara yol açmaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek için yasal otoritenin müdahalesi ve koruyucu fiyat politikaları gerekebilmektedir. Bu sayede fiyat balonlarının önüne geçilerek daha etkin bir enerji piyasası meydana getirilebilmektedir. Bu nedenle piyasadaki etkinliğin önüne geçen fiyat balonlarının tespiti önem kazanmaktadır. Çalışmanın temel motivasyonu; (a) yurtiçi ve uluslararası piyasalardaki fiyat balonlarının tespiti, (b) balon periyotlarının her iki piyasada karşılaştırmalı analiz edilerek yurtiçi fiyat politikalarının etkinliği hakkında fikir edinmek, (c) pandemi öncesi yakın dönem ve pandemi dönemini fiyat dengesi açısından karşılaştırarak krizin bu piyasadaki sonuçlarını gözlemlemektir.

2. LİTERATÜR

Teknik olarak fiyat balonları finansal varlıkların temel değerinden (fundamentals) uzaklaşarak oluşturduğu fiyat hareketleridir (Blanchard ve Watson, 1982). Stiglitz (1990) balonu bir varlığın temel değerinden koparak piyasada oluşturduğu anormal fiyat seviyesi olarak tanımlamaktadır. Kindleberger (1978) balonu yukarı olarak genişleyip sonrasında patlayan irrasyonel fiyat hareketi olarak açıklamaktadır. Blanchard ve Watson (1982), rasyonel balon kavramını ilk ortaya atan çalışma olmuştur. Rasyonel beklentiler teorisine göre bir varlığın fiyatı yüksek olmasına rağmen gelecekte fiyatı artacağı düşünülüyorsa temel değerinden sapmasına rağmen fiyatı artabilir. Çünkü yatırımcılar bu varlığın gelecekte daha da yükseleceğine inanmaktadır. Brunnermeier (2016), balonların çöküş dönemlerinin sonrasında tipik olarak ortaya çıktığına vurgu yapmaktadır. Garber (2006) balonların, varlıkların ekonomik değerleri ile açıklanan fiyattan sapması sonucu ortaya çıktığını ifade etmektedir. Fiyatların temel değerden sapması durumunda yatırımcılar piyasada oluşan fiyatın temel değerden uzaklaştığını kavramakta zorluk yaşayabilmektedir. Global enerji piyasası çok büyük hacimlere sahip olmasına rağmen bu piyasadaki ürünlerin finansallaştırılması, finansal piyasalardaki spekülâtif hareketlerin enerji piyasalarına sirayet etmesine neden olabilmektedir.

Varlıklardaki balon oluşumunu tespit ederken farklı yaklaşımlar söz konusudur. Birçok model varlıklardaki balon oluşumunu açıklamak için referans varlıklara veya varlık sepetlerine ihtiyaç duymaktadır. Bunun nedeni referans alınan varlıkların temel değeri daha iyi gösterdiği düşüncesidir. Diğer taraftan Froot ve Obstfeld (1991), periyodik olarak çökmekte olan fiyat balonlarının içsel dinamiklerin etkisiyle daha iyi açıklandığı için içsel balonlar kavramını ortaya atmıştır. Buna göre varlıklar ve temel değeri arasında doğrusal olarak açıklanamayan ilişkiler söz konusu olabilmektedir. Böyle durumlarda varlık fiyatları temel değerden kalıcı olarak sapma göstermektedir. Blanchard ve Watson (1982), bir varlığın güncel değeri ile temel değeri arasında ilişki azaldığında balon varlığını tespit eden çapraz kovaryans testini önermiştir. Campbell ve Shiller (1987), ve eşbütünlüşme ve durağanlık testlerini kullanarak fiyat balonu varlığını tespit etmişlerdir. Modele göre bir seride stokastik bir rasyonel balon oluşumu varsa,

varlık fiyatı birim kök içermektedir. Diğer taraftan bu varsayıma göre varlığın temel değeri durağan olmalıdır. Eğer temel değer durağan değilse uygulama bir paradoksa dönüşür. Phillips vd. (2015a) ise balonları içsel olarak açıklayan bir modeldir. Bu modele göre yinelenen ADF testleriyle hazırlanan simülasyonlar neticesinde bulunan kritik değerlere göre serilerde patlayıcı fiyat davranışları tespit edilir. Eğer serinin belli bir t dönem aralığı için GSADF test değeri kritik değeri aşıyorsa bu dönem için balon varlığı söz konusu olmaktadır. Bununla birlikte özellikle patlayıcı fiyat davranışı ve kırılmalar üzerindeki açıklayıcılığı nedeniyle çökmekte olan balonları da tespit etmeye olanak tanımaktadır. Diğer taraftan varlık fiyat balonu hakkında alınan bir referans bir değer karşılaştırma açısından kullanılabilir.

Doğal gaz piyasasına etki eden unsurlar fiyat oluşumu açısından oldukça önemlidir. Bu unsurların bir veya birkaçında meydana gelen kısa dönemli dengesizlikler, talep elastikiyeti oldukça sınırlı olan enerji piyasasında büyük fiyat değişimlerine neden olabilmektedir. Genel olarak doğalgaz piyasası fiyatları birçok unsurdan etkilenmekle birlikte dönemsel olarak bu etkenlerin türü ve boyutu farklılık gösterebilir veya kısa dönemde etkili olan uzun dönemde daha az baskın olabilir. Arora ve Lieskovsky (2014) enerji piyasalarının; hava durumu, arz-talep dengesi, altyapı, stok ve spekülasyon gibi faktörlerden etkilendiğini belirtmektedir. Benzer şekilde Nick ve Thoenes (2014) Almanya doğal gaz piyasasında yapmış olduğu çalışmada bu piyasanın özellikle stok durumu mevsim şartları ve arz-talepten etkilendiğini gözlemlemiştir. Ji vd., (2014) petrol fiyatlarının doğalgaz piyasası üzerindeki etkisinin asimetric olduğunu petrolün doğalgaz fiyatları üzerinde baskın olduğunu tespit etmiştir. Aynı şekilde Zhang vd. (2018b) da petrol piyasalarının doğalgaz fiyatlaması üzerinde baskın bir role sahip olduğunu beyan etmektedir. Chiou-Wei vd. (2014) ABD vadeli ve spot doğal gaz piyasası katılımcılarının fiyatlama davranışlarının büyük ölçüde temel değere dayandığını ifade etmektedir. Diğer taraftan Wang vd. (2019) enerji piyasalarındaki finansallaştırmaların bu piyasalardaki spekülatif etkileri üzerine dikkat çekmektedir. Kaufmann (2011) küresel krizin etkisiyle beraber 2007, 2008 yıllarındaki enerji piyasasında gerçekleşen dalgalı seyrin hem market temel değerinden (fundamentals) hem de spekülatif etkilerden kaynaklandığını ifade etmektedir. Nicolau ve Palomba (2015) enerji finansal araçlarının kriz dönemlerinde korunma ve spekülasyon güdüsüyle en fazla hacim oluşturan yatırımlar olduğunu ifade etmektedir. Brown ve Yücel (2008) doğalgaz ve petrol piyasalarının uzun dönemde eşbütünlük olduğunu tespit etmiştir. Bu iki piyasa kısa dönemde birbirinden ayrırsa bile uzun dönemde hata düzeltme mekanizması ile denge oluşturmaktadır. Hartley vd. (2008) aynı durumu daha uzun dönemde olarak teyit etmiştir. Asche vd. (2006) petrol, doğal gaz ve elektirik fiyatları arasında uzun dönemli eşbütünlük ilişki olduğunu tespit etmiştir. Regnard ve Zakoian (2011) eşbütünlük ilişkiyi teyit ederek bunun doğalgaz fiyatlarının tahmini için kullanılabileceğini öne sürmektedir.

Enerji piyasalarında fiyat balonları literatürde oldukça sık karşılaşılan bir durumdur. Enerji piyasalarında yaşanan finansallaştırma ve menkul kıymetleştirme çabalarının sonucunda bu piyasalar daha büyük derinlik kazanmakla beraber spekülatif etkilerin de tesiri altına girdiği söylenebilir. Balonların söz konusu olması durumunda fiyat temel değerden uzaklaşmaktadır. Lammerding vd. (2013) Markov değişen durum uzay modelini kullanarak petrol fiyatlarında güçlü fiyat balonlarının varlığını tespit etmişlerdir. Zhang ve Yao (2016) petrolde dinamik balon hareketlerinin varlığını tespit etmiş ve patlama noktasını tahmin etmiştir. Tsvetanov vd. (2016) SADF ve GSADF yöntemlerini kullanarak ABD petrol piyasası spot ve vadeli işlemlerinde balon varlığını tespit etmişlerdir. Gronwald (2016) 2008 küresel finans krizindeki enerji fiyat hareketlerinde patlayıcı fiyat davranışlarının olduğunu gözlemlemiştir. Su vd. (2017) 1986-2016 dönemi ABD petrol piyasasında 6 farklı fiyat balonu tespit etmiştir. Bohl vd. (2013) SDAF yöntemini kullandıkları çalışmalarında Almanya yenilenebilir enerji hisse

senedi piyasasında patlayıcı fiyat davranışının bulunduğunu tespit etmişlerdir. Zhang vd. (2018a) çoklu balon varlığında SADF yönteminin balonların tamamını tespit etmekte yetersiz olduğunu ifade etmektedir. Bu nedenle Phillips vd. (2015a) GSADF açılımı çoklu balonların tespiti açısından daha tutarlıdır. Umar vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada petrol piyasasında çoklu balon varlığı gözlemlenmiştir. Yu ve Zhang petrol fiyatlarında balon oluşmadığını fakat fiyatların tutarsız olduğunu ifade etmektedir. Gharib vd. (2021a) petrol ve altın piyasaları arasında bulaşıcı balon etkisi tespit etmişlerdir. Khan vd. (2021) kömür piyasasında çoklu balon varlığı tespit etmiştir. Bu balonların petrol piyasası, ekonomik krizler, enerji güvenliği gibi nedenlerden kaynaklandığı ifade edilmektedir. Ajmi vd. (2021) Amerikan, Avrupa ve Dubai petrol piyasaları üzerinde çoklu balonların varlığını ifade etmekle birlikte balonlardan en çok etkilenen piyasasının Dubai piyasası olduğunu gözlemlenmiştir. Bu durum jeopolitik ve küresel ekonomik nedenlere dayandırılmaktadır. Figuerola-Ferretti vd. (2020) Amerikan ve Avrupa petrol piyasasında hafif düzeyde patlayıcı fiyat davranışı bulunduğunu gözlemlenmiştir. Bu durumun OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries) politikaları, kaya gazı, spekülasyon ve finansal krizlerden kaynaklandığı ifade edilmektedir.

Petrol ve genel olarak emtia piyasaları üzerine oldukça zengin bir literatür bulunmasına rağmen doğalgaz piyasası hakkındaki çalışmalar oldukça sınırlı seviyededir. Li vd. (2020) Amerikan, Avrupa ve Aysa doğalgaz piyasalarında balon varlığını test etmiştir. Bulunan sonuçlara göre 1996-2017 yılları arasında Avrupa piyasasında iki, Asya piyasasında altı ve Amerikan doğalgaz piyasasında beş farklı balon varlığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte balonların süresi ve yoğunluğu her üç piyasada da farklı özellikler göstermektedir. Zhang vd. (2018a) doğalgaz fiyatlandırmasında kullanılan iki önemli sistem olan petrole endeksleme ve serbest piyasa fiyatlandırma mekanizmalarındaki balon varlığını karşılaştırmalı olarak test etmişlerdir. Bulunan sonuçlara göre serbest piyasa fiyatlandırma mekanizması petrole endeksleme sisteminden daha stabil ve balonlara karşı daha dirençli bir piyasa vadetmektedir. Yang vd. (2021) son yıllarda kullanımı oldukça artan kaya gazı piyasasındaki patlayıcı fiyat davranışlarını test etmişlerdir. Sonuçlar çoklu balon varlığını göstermektedir. Bununla birlikte balonların kendine has bir şekilde konvansiyonel petrol ve doğalgaz piyasasından bağımsız oluştukları gözlemlenmiştir. Zhang vd. (2018b) Asya doğal gaz piyasasının temel değerden uzaklaştığını ve bu nedenle Asya priminin* (Asian premium) oluştuğunu ifade etmektedir. Yıldırım (2020) emtia piyasaları genelinde günlük seriler kullanarak yaptığı çalışmada petrol ve doğal gazda 2015-2019 arası balon oluşmadığını ifade etmektedir. Sharma ve Escobari (2018) genel olarak enerji emtia piyasalarında yapmış oldukları çalışmada doğal gaz piyasasının da patlayıcı fiyat davranışı meydana getirdiğini gözlemlenmişlerdir.

Literatürde Türkiye yurtiçi doğalgaz fiyatları üzerinde yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Diğer taraftan yapılan uluslararası araştırmaların büyük bir çoğunluğunun ABD piyasası üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Ülkemiz ise büyük oranda Avrupa doğal gaz piyasasına entegredir. Bu nedenle çalışmanın literatürdeki boşluğu kapatarak fayda vermesi amaçlanmaktadır.

3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Çalışmada çok önemli balon oluşumunun tespit edilmesi için Phillips vd., (2011) tarafından geliştirilen ve daha sonra Phillips vd., (2015a) tarafından genişletilen Generalised Supremum Augmented Dickey Fuller GSADF yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem aslında sağ kuyruklu Augmented Dickey Fuller (ADF) testine dayanmaktadır. Evans (1991)'a göre tekrar eden

* Asya primi enerji fiyatlarının Asya piyasasında diğer piyasalara göre daha yüksek olması kavramını ifade etmektedir.

balonların varlığı konvansiyonel teknikleri tutarsızlaştırmaktadır. Bu nedenle Phillips vd. (2011) patlayıcı fiyat davranışlarının tespiti için Supremum Augmented Dickey Fuller SADF testini geliştirmiştir. Bu uygulama sıralı sağ taraflı birim kök testleriyle bağlantılı olan özyinelemeli regresyonlara dayanır. Patlayıcı davranışa karşı bulgular sıralı testler yoluyla elde edilmektedir. Hommand ve Breitung (2012) yöntemin konvansiyonel alternatiflere göre daha etkin olduğunu gözlemlemiştir. SADF yöntemi ileriye doğru devam eden örneklem üzerinde ADF testinin tekrarlı olarak tahminine dayanır.

Eğer y_t başlangıç ve bitiş noktası r_1 ve r_2 olan ve toplam gözlem sayısı T olan bir zaman serisinin pencere sayısı $r_2 - r_1 = r_w$ olacaktır. Bu durumda standart ADF eşitliği

$$\Delta y_t = \hat{c}_{r_1, r_2} + \hat{\beta}_{r_1, r_2} y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \hat{\phi}_{r_1, r_2}^i \Delta y_{t-i} + \hat{\varepsilon}_t \quad (1)$$

c , β ve ϕ tahmin parametreleri olmak üzere, hata parametresi $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$, ve k bilgi kriteri tarafından tercih edilen gecikmeyi ifade etmektedir. Standart ADF sürecinde boş hipotez y_t 'nin birim kök içerdiğini varsaymaktadır. Phillips vd. (2011) temel ADF prensiplerini genişleterek $\beta > 0$, ekstrem davranışların testine uyarlamıştır (Zhang vd., 2018a). Sağ kıvrımlı ADF testleriyle patlayıcı fiyat davranışları tespit edilerek tarih damgalama (date stamp) fonksiyonu kullanarak patlayıcı davranışın başlangıç ve bitişleri gösterilebilir. Phillips vd (2011) modelinde çoklu tekrarlı regresyon farklı alt örneklemeler üzerinden hesaplanmaktadır. r_1 ve r_2 başlangıç ve bitiş noktalarını temsil etmek üzere toplam gözlem sayısı ($0 < r_1 < r_2 < 1$) olarak sembolize edilmektedir. r_w ise pencere büyüklüğünü göstermektedir ($r_w = r_2 - r_1$). İleri doğru genişleyen pencereler kullanılarak hesaplanan SADF testleri için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.

$$SADF(r_0) = \sup_{r_2=[r_0, 1]} ADF_0^{r_2} \quad (2)$$

Phillips vd., (2015a, 2015b) SADF pratiğine dayanarak GSADF modelini geliştirmişlerdir. SADF tekniği, patlayıcı davranışları sırayla hesaplamak için genişleyen bir ileri pencere kullanırken, uzantısı GSADF, kullanıcı tarafından belirlenen bir minimum pencere boyutu ile sağlanan bir zaman serisinin tüm olası alt örneklemelerini kullanarak patlayıcı fiyat davranışlarını değerlendirmektedir. Liv vd., (2020), GSADF yaklaşımının çoklu balonların tespitine ayırt ediciliğinin daha olası olduğunu göstermektedir. Fiyat balonu tespiti için kullanılan klasik modeller olan temel model veya küme analizi gibi yöntemler diğer fiyat dinamiklerini refere ederek balonları tespit ederken, GSADF yöntemi serinin kendi dinamikleriyle balon varlığını test etmektedir. Bu yöntem düşük gözlem sayıları söz konusu olduğunda bile oldukça kullanışlı bir teknik olarak değerlendirilmektedir (Gharib vd., 2021b). GSADF yöntemi çoklu balonların tespiti açısından SADF'den daha iyi sonuçlar verdiği için çalışmada kullanılan serilerin yapısına daha uygun olacağı değerlendirilerek kullanılmasına karar verilmiştir. GSADF testini temsil etmek için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir.

$$GSADF(r_0) = \sup_{r_2=[r_0, 1], r_1=[0, r_2-r_0]} ADF_{r_1}^{r_2} \quad (3)$$

GSADF testi $r_2 \in [r_0, 1]$ her bir SADF için tamamlanana kadar tekrarlayarak hazırlanmaktadır. Tarih damgalama fonksiyonunu oluşturmak için birinci adımda boş hipotez $\rho = 0$ olmak üzere eşitlik (4)'ün tahmini yapılır.

$$\Delta y_t = \mu + \rho y_{t-1} + \sum_{j=1}^p \phi_j \Delta y_{t-j} + \gamma_t \quad (4)$$

Eşitlikte ρ tahmin katsayısını μ sabit terimi ve γ_t hatayı temsil etmektedir.

$$\Delta y_t^b = \sum_{j=1}^p \hat{\phi}_j \Delta y_{t-j}^b + \varepsilon_t^b \quad (5)$$

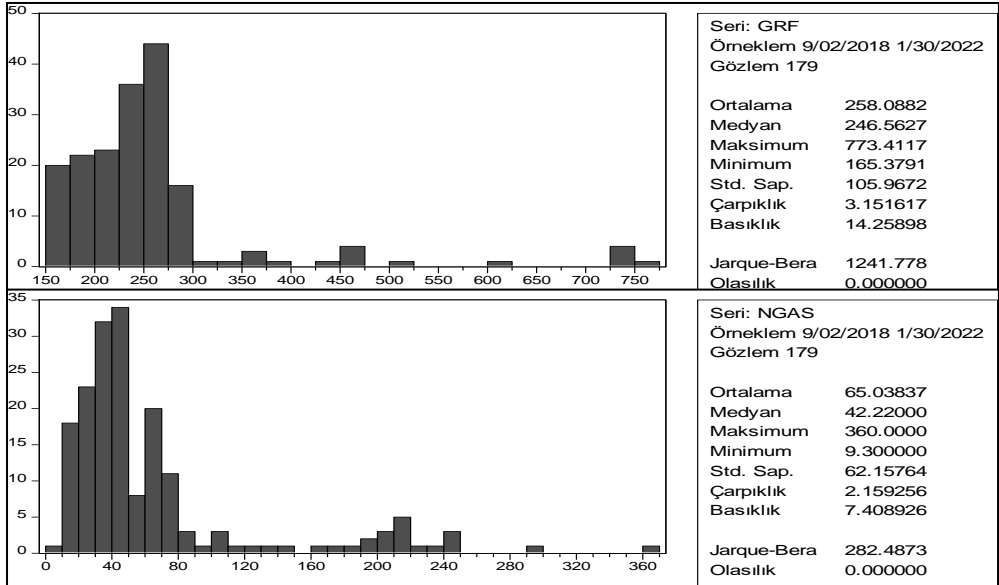
İkinci adımdaki yeniden örnekleme fonksiyonu eşitlik (5)'de gösterilmiştir. $\hat{\theta}_j$ birinci adımdaki en küçük kareler yöntemi ile oluşturulan tahmini gösterirken ε_t^b hata terimi temsil etmektedir. Bir sonraki adımda PSY (Phillips, Shi, You) değerleri bulunur.

$$M_t^b = \max_{t \in [\tau_0, \tau_0 + \tau b - 1]} (PSY_t^b) \quad (6)$$

Eşitlikteki τ_0 küme içindeki kesim noktasını τb ise küme içindeki toplam gözlem sayısını temsil etmektedir.

4. ÇALIŞMANIN VERİLERİ

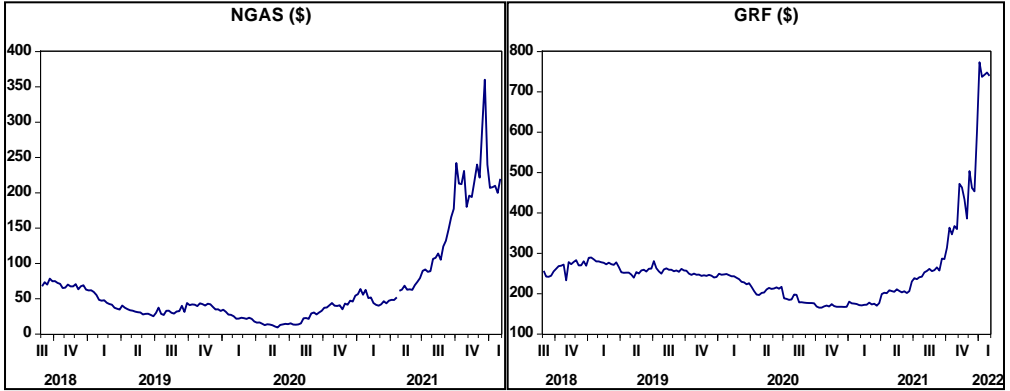
Çalışmada Avrupa tipi uluslararası doğalgaz piyasası verileri ve Enerji Piyasaları Anonim Şirketinin yayınlamış olduğu gaz referans fiyatı üzerinde patlayıcı fiyat davranışları test edilecektir. Uluslararası doğalgaz verileri (NGAS) olarak kısaltılırken yurtiçi doğalgaz referans fiyatı (GRF) kısaltmasıyla ifade edilmiştir. Uluslararası referans fiyatı olarak Avrupa tipi doğalgaz piyasası fiyatının referans alınması ülkemizin büyük oranda bu piyasaya entegre olmasından dolayı tercih edilmiştir. NGAS serisi 10,000 MMBTU[†] birimlik değerlerin fiyatını gösteren seriyi ifade etmektedir. GRF serisi ise 1,000 standart m³ biriminde bir büyüklüğün Amerikan Doları cinsinden değerini ifade etmektedir. Çalışmada 01.09.2018-01.02.2022 arası haftalık seriler kullanılmıştır. Bu dönemin tercih edilmesinin nedeni öncelikle pandemi öncesi ve pandemi dönemi piyasa fiyat davranışlarını karşılaştırmalı olarak gözlemlemek. Bunun yanında pandemi etkilerinin azalmasıyla beraber gelişen ekonomik toparlanmalar sonucu doğal gaz piyasasında oluşan arz talep dengesizlikleri nedeniyle yükselişe geçen piyasa fiyatlarındaki olası fiyat balonlarını incelemektir. Çalışmada patlayıcı fiyat hareketleri sonuçlar açısından belirleyici olduğu için, logaritmik serinin seriyi daha da pürüzsüzleştireceğinden dolayı, ham veriler tercih edilmiştir.



Şekil 1. Verilerin Tanımlayıcı İstatistiksel Gösterimi

[†] 10,000 MMBTU birimi yaklaşık 285 m³ birimlik bir değeri ifade etmektedir.

Şekil 1’de kullanılan seriler hakkında temel açıklayıcı istatistiksel değerler paylaşılmıştır. Serilerin Jarque-Bera test istatistik değerine göre normal bir şekilde dağılmadıkları görülmektedir. Ayrıca serilerin sağa çarpık ve leptokurtik bir yapıda olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 2’de serilerin tarihsel grafiği yer almaktadır. Her iki serinin de pandemi öncesi dönemde daha stabil ve yatay bir seyir izledikleri anlaşılmaktadır. Pandemi etkilerinin yavaş yavaş atlatılmasıyla toparlanmaya başlayan ekonomilerin etkisiyle oluşan arz talep yönlü dengesizlikler nedeniyle 2021’in son dönemlerinde oldukça yüksek değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Bununla birlikte her iki serinin de benzer bir seyir izledikleri anlaşılmaktadır.



Şekil 2. Serilerin Grafikselleştirilmesi

5. BULGULAR

Çalışmada uluslararası piyasalar ve Türkiye’de kullanılan doğal gaz fiyatındaki patlayıcı fiyat davranışları GSADF yöntemi ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Tablo 1’deki sonuçlara göre her iki piyasada çoklu balon varlığı istatistiksel olarak % 1 seviyesinde anlamlıdır. Ayrıca GSADF testinin tarih damgalama (date stamp) fonksiyonu özelliği kullanılarak balon periyotları ve süreleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Buna göre uluslararası doğalgaz piyasasında ilgili dönemler itibarıyla fiyat balonu olarak değerlendirilebilecek 3 dönem çoklu patlayıcı fiyat davranışı varlığı tespit edilirken Türkiye piyasasında 5 dönem çoklu patlayıcı fiyat davranışının varlığı tespit edilmiştir. Tespit edilen bu dengesiz fiyatlamaların süresi uluslararası piyasa için 36 hafta iken Türkiye için 30 hafta devam ettiği görülmüştür. Gerçekleşen patlayıcı fiyat davranışlarının pandemi öncesi dönemde oldukça sınırlı iken pandemi döneminde oldukça yükseldiği ve piyasanın giderek istikrarsız bir hale geldiği görülmektedir. Ayrıca pandemi öncesi dönemde kısa periyotlu birkaç dönemli ekstrem fiyat değişimi gözlemlenirken pandemi sonrası dönemde daha uzun dönemli dalgalanmalar gözlemlenmektedir. Bulunan sonuçlar Sharma ve Escobari (2018); Li vd. (2020); Yang vd. (2021) ile benzer doğrultuda gerçekleşerek, doğalgaz piyasalarındaki balon varlığını desteklemektedir.

Tablo 1. GSADF testi sonuçları

Test		NGAS	GRF
GSADF		7.398102***	4.772945***
GSADF Kritik Değer	%99	2.704947	2.758656
	%95	2.062425	2.076158
	%90	1.819878	1.817614

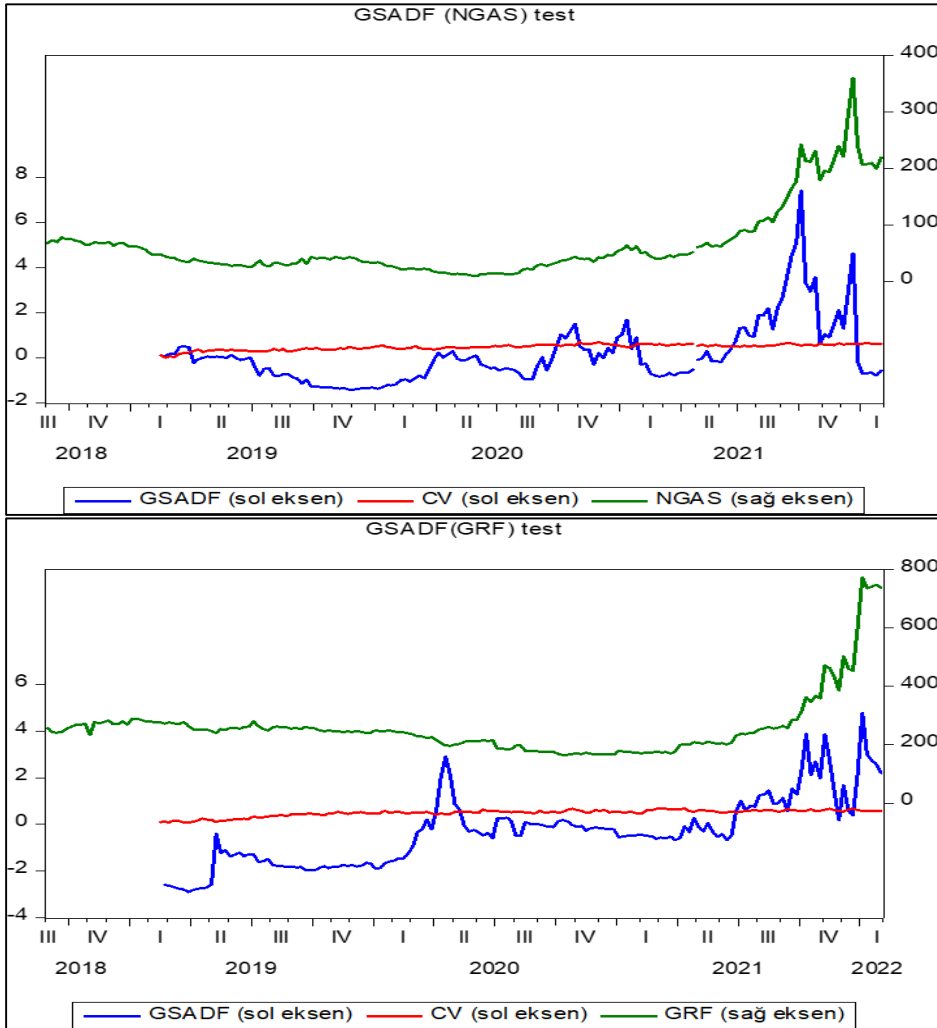
Not: (***) %1 değerinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 2. Tarih damgalama fonksiyonu ile hesaplanan balon dönemleri

Değişken	Balon Periyodu*	Süre (Hafta)
NGAS	24/02/19-31/03/19	6
	04/10/20-25/10/20	4
	27/12/20-10/01/22	26
GRF	05/04/20-10/05/20	5
	27/06/21-05/09/21	9
	19/09/21-28/11/21	10
	05/12/21-12/12/21	1
	26/12/21-30/01/22	5

Not: (*) GSADF değerinin kritik değerleri aştığı dönemleri göstermektedir.

Şekil 3 'de GSADF istatistiği ve kritik değerlerin tarihsel seyri grafik üzerinde gösterilmiştir. GSADF serisinin kritik değeri geçtiği dönemler balon periyodu olarak değerlendirilmektedir. Her iki seride hem pandemi öncesi hem de pandemi sonrası dönemde balon oluşumunun gerçekleştiği görülmektedir. Balonların pandemi öncesi dönemde kısa dönemli patlayıcı fiyat davranışlarından kaynaklandığı gözlemlenirken pandemi sonrası dönemde bu durumun oldukça uzun süre devam ettiği görülmektedir. Şekil 3'de GSADF test değeri ve kritik değerinin yanında serinin tarihsel değerleri sağ eksenli olarak gösterilmiştir. Uluslararası ve yurtiçi piyasada benzer dönemlerde patlayıcı fiyatlama davranışı gerçekleştiği görülmektedir. Bu durumun Türkiye'de uygulanan fiyatlama politikasının bu piyasayı uluslararası şoklardan yeterince koruyamadığı yönünde yorumlanabilir. Ayrıca her iki piyasada pandemi öncesi dönem ve erken pandemi dönemlerinde oldukça stabil düzeyde fiyat dalgalanmaları gerçekleşirken özellikle 2021 son dönemleri başlayan normalleşme süreciyle birlikte volatil fiyat davranışlarının zirve yaptığı dönem olarak gerçekleşmiştir. Uluslararası piyasada görülen dengesiz fiyat hareketlerinin büyük ölçüde yurtiçi piyasa referans fiyatında da izlenmesi devletin uygulamış olduğu koruyucu fiyat politikalarının istikrarı sağlamakta yetersiz olduğunu göstermektedir. Doğalgaz gibi ekonomik açıdan büyük önem arz eden bir girdinin, uluslararası piyasalardaki dengesiz fiyat hareketlerini uygulanacak etkin fiyat politikaları ile sönmümlendirilmesi ve daha stabil bir hale getirilmesi fiyatlar genel dengesi açısından faydalı olabilir. Mevcut durumda yurtiçi doğal gaz piyasasında büyük oranda etkin olmayan patlayıcı fiyat davranışları gerçekleştirmektedir. Bu durum piyasa hakkında öngörülebilirliği azaltıcı ve riski arttırıcı bir etkiye sebep olmaktadır.



Şekil 3. GSADF ve kritik değer tarihsel gösterimi

6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çalışmada uluslararası doğalgaz piyasaları ve yurtiçi doğal gaz referans fiyatlarında patlayıcı fiyat davranışları analiz edilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre hem uluslararası piyasalarda hem de yurtiçi piyasalarda çok dönemli balon olarak değerlendirilebilecek patlayıcı fiyat hareketleri tespit edilmiştir. Balon dönemlerinin benzer periyotlarda gerçekleştiği görülmüştür. Uluslararası piyasada 5 dönem yurtiçi piyasada ise 3 dönem patlayıcı hareketin olduğu gözlemlenmiştir. Bu patlayıcı fiyat hareketlerinin Covid-19 pandemisi öncesinde birkaç dönemlik kısa periyotlarda cılız bir şekilde geliştiği görülürken pandemi sonrası dönemde uzun soluklu etkilerinin olduğu görülmüştür. Bu durumun aşılmanın büyük oranda tamamlanması nedeniyle toparlanan ekonomilerin, doğalgaz piyasalarında yarattığı arz-talep yönlü dengesizlikler nedeniyle fiyatlarda görülen yükselişten kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca

Rusya-Ukrayna gerginliği nedeniyle bu piyasada yaşanabilecek olası darboğaz tehditlerinin piyasadaki fiyat beklentileri üzerinde etkili olduğuna inanılmaktadır.

Balon dönemlerinin uluslararası ve yurtiçi piyasalarda benzer ve birbirine yakın dönemlerde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu durumun sonucu olarak uygulanan yurtiçi doğal gaz fiyatlandırma politikasının uluslararası dengesiz fiyat hareketlerini sönmülmendirmekten uzak olduğu anlaşılmaktadır. Bu geçişkenliği azaltacak ve yurtiçi doğal gaz fiyatını daha stabil bir hale getirebilecek fiyatlama politikaları yurtiçinde doğal gaz fiyat istikrarının korunmasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte doğal gaz gibi ulaşımdan enerjiye birçok sektörde temel bir girdi olarak kullanılan ekonomik bir kaynağın yurtiçi piyasada fiyat dengesini sağlaması, ekonominin genel fiyat istikrarını kazanmasında faydalı olabilir. Ekonomik açıdan vazgeçilmez olan bu kaynağın fiyat istikrarı bu nedenle oldukça önem arz etmektedir.

Bulunan sonuçları pandemi öncesi ve pandemi dönemi olarak ayırmak gerekirse pandemi öncesi dönemde kısmen düşük seviyeli patlayıcı fiyat davranışları gözlemlenmesine rağmen bunlar takip eden birkaç dönem içinde dengelenmiştir. Pandemi döneminde ise özellikle 2021 son çeyreğiyle birlikte gözlemlenen patlayıcı fiyat davranışlarının sonraki dönemlerde dengelenme olmadan fiyat balonuna evrildiği görülmektedir. Bu durumun belli başlı sebepleri literatür ışığında tartışılabilir. Tesio vd. (2022), doğal gaz fiyatlarındaki keskin yükselişin nedeni olarak; Avrupa piyasasındaki arz yetersizliği, ve aşırı sonrası toparlanma döneminin başlamasıyla Asya piyasasındaki doğal gaz talebinin keskin bir şekilde yükselmesinin etkili olduğunu ifade etmektedir. Arz talep dengesizliğine üzerinde durulması gereken bir diğer husus ise Li vd. (2022) çalışmasında gözlemlediği doğal gaz piyasasının talep elastikiyetinin oldukça düşük olmasıdır. Talep elastikiyeti düşük olan bu piyasa arz darboğazlarına büyük fiyat artışlarıyla karşılık göstermektedir. Bunu ortadan kaldırmanın yolu ise arz güvenliliğini sağlamak ve kaynakları çeşitlendirmektir. Misik (2022), enerji arz güvenliği politikalarının Avrupa karbon emisyonu azaltma çalışmalarının gölgesinde kaldığı için yeterli olmadığını beyan etmektedir. Bu nedenle Avrupa Birliği ülkelerinin enerji güvenliğini artırıcı politikalar üretmesi gerektiğini ifade etmektedir. Wang vd. (2022) son yaşanan enerji darboğazının enerji arz güvenliği konularını tekrar gündeme getirmesi gerektiğini savunmaktadır. Özellikle Çin piyasasının doğal gaz arz güvenliğinin uygunluk, ulaşılabilirlik ve maliyet açısından tekrar ele alınması gerektiğini ifade etmektedir.

KAYNAKÇA

- AJMI, A. N., HAMMOUDEH, S., & MOKNI, K. (2021). "Detection of bubbles in WTI, brent, and Dubai oil prices: A novel double recursive algorithm", *Resources Policy*, 70: 1-6.
- ARORA, V., & LIESKOVSKY, J. (2014). "Natural gas and US economic activity". *The Energy Journal*, 35(4), 167–182.
- ASCHE, F., OSMUNDSEN, P., & SANDSMARK, M. (2006). "The UK market for natural gas, oil and electricity: are the prices decoupled?" *The Energy Journal*, 27(2), 27–40.
- BLANCHARD, O. J., & WATSON, M. W. (1982). "Bubbles, rational expectations and financial markets" NBER Working Paper Series, 945: 1-30
- BOHL, M.T., KAUFMANN, P., & STEPHAN, P. M. (2013). "From hero to zero: evidence of performance reversal and speculative bubbles in German renewable energy stocks" *Energy Economics*, 37: 40–51.
- BROWN, S. P., & YÜCEL, M. K., (2008). "What drives natural gas prices?" *The Energy Journal*, 29(2): 45–60.

- BRUNNERMEIER, M.K. (2016). *Bubbles In: Banking Crises*. Springer, Almanya . 28–36.
- CAMPBELL, J.Y., & SHILLER, R. (1987). “Cointegration and Tests of Present Value Models”, *Journal of Political Economy*, 95, 1062–1088.
- CAMPBELL R. B., & TURNOVSKY S. J. (1985). “An analysis of the stabilizing and welfare effects of intervention in spot and futures markets” National Bureau of Economic Research Working Paper, 1698
- CHIOU-WEI, S.-Z., LINN, S.C., & ZHU, Z. (2014). “The response of US natural gas futures and spot prices to storage change surprises: fundamental information and the effect of escalating physical gas production”. *Journal of International Money and Finance*. 42, 156–173.
- DING, S., CUI, T., ZHENG, D., & DU, M. (2021) “The effects of commodity financialization on commodity market volatility”, *Resources Policy*, 73: 1-10.
- EVANS, G.W. (1991). “Pitfalls in testing for explosive bubbles in asset prices”, *The American Economic Review*, 81 (4), 922–930.
- FIGUEROLA-FERRETTI, I., MCCRORIE, J.R., & PARASKEVOPOULOS, I. (2020). “Mild explosivity in recent crude oil prices”, *Energy Economics*. 87: 1-25.
- GARBER, P.M. (2000). *Famous First Bubbles: The Fundamentals of Early Manias*, MIT Press. Cambridge, Massachusetts.
- GHARIB, C., MEFTEH-WALI, S., & JABEUR, S.B. (2021a). “The bubble contagion effect of COVID-19 outbreak: evidence from crude oil and gold markets”, *Finance Research Letters*. 38: 1-10
- GHARIB, C., MEFTEH-WALI, S., SERRET, V., & JABEUR, S. B. (2021b) “Impact of COVID-19 pandemic on crude oil prices: Evidence from Econophysics approach”, *Resources Policy*, 74: 1-17.
- GRONWALD, M. (2016). “Explosive oil prices”. *Energy Economics*. 60: 1–5.
- HARTLEY, P.R., MEDLOCK III, K.B., & ROSTHAL, J.E. (2008). “The relationship of natural gas to oil prices” *The Energy Journal*, 29(3), 47–65.
- HOMMAND, U., & BREITUNG, J. (2012). “Testing for speculative bubbles in stock markets: a comparison of alternative methods”. *J. Financ. Econ*. 10 (1), 198–231.
- JI, Q., GENG, J.-B., & FAN, Y. (2014). “Separated influence of crude oil prices on regional natural gas import prices”, *Energy Policy*, 70: 96–105.
- KAUFMANN, R.K. (2011). “The role of market fundamentals and speculation in recent price changes for crude oil” *Energy Policy*, 39: 105–115.
- KAWAI M. (1983). “Price volatility of storable commodities under rational expectations in spot and futures markets”, *International Economic Review*, 24(2): 435-459.
- KHAN, K., SU, C. W., & REHMAN, A. U. (2021). Do multiple bubbles exist in coal price? *Resources Policy*, 73: 1-9.
- KINDLEBERGER, C.P. (1978). *Manias, Panics, and Crashes: A History of Financial Crises*, Basic Books, New York

- LAMMERDING, M., STEPHAN, P., TREDE, M., & WILFLING, B. (2013). “Speculative bubbles in recent oil price dynamics: evidence from a Bayesian Markov-switching state-space approach”, *Energy Economics*, 36: 491–502.
- LI, R., WOO, C-K., TISHLER, A., & ZARNIKAU, J. (2022) “How price responsive is industrial demand for natural gas in the United States?”, *Utilities Policy*, Volume 74
- LI, Y., CHEVALLIER, J., WEI, Y., & LI, J. (2020). “Identifying price bubbles in the US, European and Asian natural gas market: Evidence from a GSADF test approach” *Energy Economics*, 87: 1-9.
- MÍŠÍK, M. (2022) “The EU needs to improve its external energy security”, *Energy Policy*, Volume 165
- NICK, S., & THOENES, S. (2014). “What drives natural gas prices?—a structural VAR approach”, *Energy Economics*. 45: 517–527.
- NICOLAU, M., & PALOMBA, G. (2015). “Dynamic relationships between spot and futures prices. The case of energy and gold commodities”, *Resources Policy*, 45: 130–143.
- NOVIKOV, A. V., URAZGALIEV, V. S., & TITKOV M.V. (2021). “Prospects for the Formation of a Global Natural Gas Market: Price Analysis of European, Asian, American Gas Markets” SHS Web of Conference 92: 1-8.
- PHILLIPS, P. C. B., SHI, S., & YU, J. (2015a). “Testing for multiple bubbles: historical episodes of exuberance and collapse in the S&P 500”, *International Economic Review*, 56(4), 1043–1078.
- PHILLIPS, P. C. B., SHI, S., & YU, J., (2015b). “Testing for multiple bubbles: limit theory of realtime detectors”. *International Economic Review*, 56(4): 1079–1134.
- PHILLIPS, P. C. B., WU, Y., & YU, J. (2011). “Explosive behavior in the 1990s Nasdaq: when did exuberance escalate asset values?” *International Economic Review*, 52(1): 201–226.
- REGNARD, N., & ZAKOŇAN, J.M. (2011). “A conditionally heteroskedastic model with time-varying coefficients for daily gas spot prices”. *Energy Economics*. 33: 1240–1251.
- SHARMA, S., & ESCOBARI, D. (2018). “Identifying price bubble periods in the energy sector”, *Energy Economics*. 69: 418–429.
- SILIVERSTOVS, B., L’HÉGARET, G., NEUMANN, A., & VON HIRSCHHAUSEN, C. (2005). “International market integration for natural gas? A cointegration analysis of prices in Europe, North America and Japan”. *Energy Economics*. 27 (4): 603–615.
- STIGLITZ, J.E. (1990). “Symposium on bubbles” *The Journal of Economic Perspectives*, 4(2): 13–18.
- SU, C. W., LI, Z. Z., CHANG, H. L., & LOBONT, O. R. (2017). “When will occur the crude oil bubbles?”, *Energy Policy*, 102: 1–6.
- TESIO, E., CONTI, I., & CERVGNI, G. (2022) “High gas prices in Europe: a matter for policy intervention?” *Policy Briefs*, 2022/06, DOI: 10.2870/260985
- TSVETANOV, D., COAKLEY, J., & KELLARD, N. (2016). “Bubbling over! The behaviour of oil futures along the yield curve”. *Journal of Empirical Finance* 38(B): 516–533.

- UMAR, M., SU, C.W., RIZVI, S. K. A., & LOBONT, O.R. (2021). “Driven by fundamentals or exploded by emotions: Detecting bubbles in oil prices”, *Energy*, Volume 231: 1-9
- WANG, X., QIU, Y., CHEN, J., & HU, X. (2022) “Evaluating natural gas supply security in China: An exhaustible resource market equilibrium model”, *Resources Policy*, Volume 76
- WANG, T., ZHANG, D., & BROADSTOCK, D. C. (2019). “Financialization, fundamentals, and the timevarying determinants of US natural gas prices”, *Energy Economics*. 80: 707–719.
- YANG, H., HAN, X., & WANG, L. (2021) “Is there a bubble in the shale gas market?”, *Energy*, 215(A): 1-8.
- YILDIRIM, H. (2020). “Testing bubbles formation at real-time commodity prices”, *Public Affairs*, 21(3): 1-10.
- YU, K., & ZHANG, Y. (2021). “Booms and busts in the oil market: identifying speculative bubbles using a continuous-time dynamic system”. *Complexity*, 2021: 1-19
- ZHANG, D., SHI, M., & SHI, X. (2018a). “Oil indexation, market fundamentals, and natural gas prices: an investigation of the Asian premium in natural gas trade”. *Energy Economics*. 69: 33–41.
- ZHANG, D., WANG, T., SHI, X., & LIU, J. (2018b) “Is hub-based pricing a better choice than oil indexation for natural gas? Evidence from a multiple bubble test”, *Energy Economics*, 76: 495-503.
- ZHANG, Y., & YAO, T. (2016). “Interpreting the movement of oil prices: driven by fundamentals or bubbles?”, *Economic Modelling*, 55: 226–240.