

VIX ENDEKSİNDEN FİNANSAL YATIRIM ARAÇLARINA DOĞRU GETİRİ VE VOLATİLİTE YAYILIMI: COVID-19 ÖNCESİNE VE SONRASINA YÖNELİK KARŞILAŞTIRMALI BİR ANALİZ

Enes YILDIZ¹, Müslüm POLAT²

Öz

Uluslararası piyasa koşullarının daha iyi anlaşılabilmesi ve uygun risk yönetimi stratejilerinin uygulanabilmesi açısından beklenen piyasa volatilitésinin finansal varlıklar üzerindeki etkisinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ABD pay piyasasının 30 günlük beklenen volatilitésini ölçen VIX endeksinden altın, petrol, Dolar kuru, faiz oranı ve S&P 500 endeksine doğru getiri ve volatilité yayılımları, Covid-19 öncesi ve sonrası dönemler için çok değişkenli VAR-EGARCH yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Analizler sonucunda, Covid-19 öncesinde, VIX endeksinden petrole ve faiz oranına doğru getiri yayılımları elde edilmesine rağmen Covid-19 sonrasında, bu aktarım mekanizmalarının zayıfladığı görülmüştür. ABD Dolar endeksinde ise, bunun tam tersi bulunmuştur. Ayrıca, Covid-19 sonrasında, VIX endeksinden ABD Dolar endeksine doğru volatilité yayılımları saptanmıştır. VIX endeksinden S&P 500 endeksine doğru getiri ve volatilité yayılımlarının ise, her iki dönem için de mevcut olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: VIX Endeksi, Covid-19 Pandemisi, Getiri Yayılımı, Volatilité Yayılımı, VAR-EGARCH

JEL Kodları: C58, G01, G11, G15

RETURN AND VOLATILITY SPILLOVERS FROM THE VIX INDEX TO FINANCIAL INSTRUMENTS: A COMPARATIVE ANALYSIS BEFORE AND AFTER COVID-19

Abstract

In order to better understand international market conditions and implement appropriate risk management strategies, it is important to determine the impact of expected market volatility on financial assets. In this study, return and volatility spillovers from the VIX index to gold, oil, dollar exchange rate, interest rate and S&P 500 index are analyzed using the multivariate VAR-EGARCH method for the pre and post Covid-19. As a result of the analyses, although return spillovers from the VIX index to oil and interest rates were obtained pre Covid-19, these transmission mechanisms were weakened post Covid-19. The opposite was found for the US Dollar index. Moreover, volatility spillovers were found from the VIX index to the US Dollar index post Covid-19. Return and volatility spillovers from the VIX index to the S&P 500 index are observed for both periods.

Keywords: VIX Index, Covid-19 Pandemic, Return Spillover, Volatility Spillover, VAR-EGARCH

JEL Codes: C58, G01, G11, G15

¹Dr., Bağımsız Araştırmacı, enesyildiz012@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1692-8992>

²Doç. Dr., Bingöl Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, mpolat@bingol.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1198-4693>

GİRİŞ

1980’li yılların başında Avrupa, Asya ve Latin Amerika’daki bazı gelişmekte olan ülkelerin yaşadıkları başarılı finansal liberalleşme deneyimleri, dünyadaki diğer gelişmekte olan ülkeleri de benzer politikalar geliştirmeleri yönünde teşvik etmiştir (Chen, Wei, Lang, Lin ve Liu, 2014, s. 289). Finansal serbestleşme ve deregülasyon politikaları çerçevesinde, dünyanın dört bir yanındaki ülkelere ait ticaret borsaları daha açık hale gelmiş, küresel ekonomik entegrasyonun düzeyi artmış ve ülkelerin finansal sistemleri arasındaki bağlantılar güçlenmiştir (Chen, 2021, s. 1). Bu gelişmelere paralel olarak ülke ekonomilerinin, finansal piyasalardaki volatiliteden geniş kapsamlı bir şekilde etkilenme ihtimali ortaya çıkmıştır (Poon ve Granger, 2003, s. 479).

Teorik açıdan bakıldığında, üstlenilen risk ile beklenen getiri arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmakla birlikte finansal piyasalardaki yüksek volatilitenin, genellikle istikrarsızlığın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Garner ve Brittain, 2009, s. 7). Öte yandan volatilitenin kavramı, her ne kadar pay piyasaları ile beraber anılsa da diğer finansal piyasalarda da büyük dalgalanmalar meydana gelebilmektedir. Döviz kurları, bono fiyatları, hisse senetleri ve emtia piyasalarının çoğunda büyük volatilitenin hareketleri görülebilmektedir (Hacıhasanoğlu, 2003, s. 18). Dolayısıyla volatilitenin; temelleri, bilgileri ve piyasa beklentilerini yansıtan kaçınılmaz bir piyasa deneyimi olarak karşımıza çıkmaktadır (Kalotychou ve Staikouras, 2009, s. 5). Bu gerçeklik, bir taraftan volatilitenin üzerine oluşturulan finansal ürünlerin çeşitlilik göstermesine zemin hazırlamakta, diğer taraftan ise gerçekleşen ya da zımni (beklenen) volatilitenin ilişkin araştırmalar için dayanak noktası oluşturmaktadır.

Korku endeksi (Whaley, 2009) olarak bilinen VIX volatilitenin endeksi, günümüz finansal piyasalarının merkezinde yer alan ve piyasa katılımcılarının beklenen volatilitenin ilişkin fikir birliğini yansıtan önemli bir göstergeni ifade etmektedir. Bu endeks, geniş bir kullanım fiyatı aralığındaki yakın ve bir sonraki yakın dönem S&P 500 alım-satım opsiyonlarına ait ağırlıklı fiyatların ortalaması alınarak ölçülmekte, böylece S&P 500 endeksinin 30 takvim günü (22 işlem günü) boyunca beklenen volatilitenin tespit edilmektedir (Füss, Mager, Wohlenberg, Zhao, 2011, s. 1572). VIX endeksi, her ne kadar ABD pay piyasalarına yönelik hesaplanırsa da küresel piyasalarda da uluslararası öncü bir volatilitenin ya da risk göstergesi olarak dikkate alınmaktadır. Günümüzde devlet kurumları ve merkez bankaları tarafından VIX volatilitenin endeksi, küresel piyasalardaki riski değerlendirmek üzere bir barometre olarak görülmektedir (Adrangi, Chatrath, Macri, Raffiee, 2019, s. 8).

Son dönemde, VIX volatilitenin endeksi ile finansal yatırım araçları arasındaki ilişkiyi araştıran çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Buna karşın bildiğimiz kadarıyla çok değişkenli VAR-EGARCH yöntemi üzerinden VIX volatilitenin endeksi ile uluslararası yatırım araçları arasındaki getiri ve volatilitenin

yayımlarının, Covid-19 salgını öncesi ve sonrası için karşılaştırmalı bir şekilde analiz edildiği herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Buradan hareketle çalışmada, VIX volatilite endeksinden küresel piyasalardaki yatırım araçlarına doğru getiri ve volatilite aktarım mekanizmaları, farklı piyasa dinamikleri ile karakterize edilen Covid-19 öncesi ve sonrası için karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Ulaşılan bulguların; bireysel ve kurumsal yatırımcıların tercihlerine, portföy/risk yönetimine ve politika yapımcıların kararlarına katkı sağlaması beklenmektedir.

Çalışmanın geri kalanında sırasıyla ilgili literatür incelenmiş, kullanılan veri seti ve yöntem açıklanmış ve ekonometrik analizlere yer verilmiştir. Sonuç kısmında ise, analizler sonucunda ulaşılan bulgular tartışılmıştır.

LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, VIX volatilite endeksi ile finansal yatırım araçları arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalar ele alınmıştır. Yapılan incelemelerde, çalışmaların, 1993 yılında Şikago Opsiyon Borsası tarafından VIX volatilite endeksinin yayınlanması ile birlikte başladığı ve özellikle son on yıl içinde yoğunluk kazandığı görülmüştür. Bu kapsamda ilgili literatür Tablo 1’de yer almaktadır:

Tablo 1: VIX volatilite endeksi üzerine yapılan çalışmalar

Yazarlar	Veri Seti	Yöntem	Sonuç
Fleming, Ostdiek, Whaley (1995)	<u>Değişkenler:</u> Volatility Index Changes ve S&P Index Returns <u>Araştırma Dönemi:</u> 1986/Ocak – 1992/Aralık (günlük ve haftalık veriler)	Regresyon Analizleri, Tarafsızlık ve Ortogonalite Testleri	VIX endeks değişimleri ile S&P 100 endeks getirileri arasında ters yönlü ve eşzamanlı bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca bu iki değişken arasında anlamlı düzeyde asimetri saptanmıştır. Dolayısıyla negatif pay piyasası hareketlerinin, pozitif olanlara kıyasla volatilite endeksinde daha büyük mutlak değişimlere yol açtığı ifade edilmiştir.
Whaley (2000)	<u>Değişkenler:</u> Rt ve ΔVIX_t <u>Araştırma Dönemi:</u> 1995/Ocak – 1999/Aralık (haftalık veriler)	Regresyon Analizi	S&P 100 endeks getirileri ile VIX volatilite endeksine ait değişimler arasında asimetrik ve ters yönlü bir ilişki belirlenmiştir. Buna göre pay piyasası, VIX endeksinde yaşanan bir artışa, bu endekste meydana gelen bir düşüşe verdiği olumlu tepkiden daha fazla olumsuz tepki vermiştir.
Giot (2005)	<u>Değişkenler:</u> rVIX, rOEX, rVXN ve rNDX	Doğrusal Regresyon Analizi	S&P 100 ve Nasdaq 100 endeks getirileri ile bu endekslere karşılık gelen VIX ve VXN volatilite endekslerine ait değişimler arasında

	<p><u>Araştırma Dönemi:</u> 01.08.1994 – 31.01.2003 (günlük veriler)</p>		negatif yönlü ilişkilere ulaşılmıştır. Bunun yanında S&P 100 endeksi için bahse konu ilişkinin asimetrik olduğu dile getirilmiştir.
Chiang (2012)	<p><u>Değişkenler:</u> SP500, VIX, NASDAQ100, VXN, SP500/VIX ve NASDAQ100/VXN</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 01.01.2001 – 05.10.2011 23.01.2001 – 05.10.2011 (günlük veriler)</p>	TAR ve İki Değişkenli GARCH Modeli	SP500/VIX serisinin ortalama denklemi için, düşük korku rejiminde, sadece gecikmeli negatif getirinin (değişimin) çift yönlü geçici bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca yüksek ve düşük korku rejimlerine yönelik getiri ve oynaklık tepkilerinin asimetrik olduğu görülmüştür.
Jubinski ve Lipton (2013)	<p><u>Değişkenler:</u> rGold, rSilver, rOil, ΔVIX, ΔSPVOL ve ΔDOLLAR</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 02.01.1990 – 31.12.2010 (günlük veriler)</p>	GJR-GARCH	Altın ve gümüş vadeli işlem getirileri ile VIX volatilité endeksi arasında pozitif yönlü, petrol vadeli işlem getirileri ile VIX volatilité endeksi arasında ise negatif yönlü ilişkilere ulaşılmıştır.
Chandra ve Thenmozhi (2015)	<p><u>Değişkenler:</u> India VIX, NIFTY, NIFTYRET ve LVX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 01.03.2009 – 30.11.2012 (günlük veriler)</p>	Kantil Regresyon Analizi, GARCH ve EGARCH	NIFTY getirileri ile Hindistan volatilité endeksine ait değişimler arasında ters yönlü bir ilişki olduğu fakat piyasada yukarı yönlü yüksek bir oynaklık yaşandığında, bu iki endekse ait getirilerin bağımsız hareket etme eğilimine girdiği saptanmıştır.
Kaya ve Çoşkun (2015)	<p><u>Değişkenler:</u> BIST ve VIX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 03.01.1995 – 30.04.2014 (günlük veriler)</p>	Granger Nedensellik Testi ve Regresyon Analizi	VIX volatilité endeksinden BIST-100 endeksine doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Daha sonra yapılan regresyon analizi sonucunda ise, VIX volatilité endeksinin BIST-100 endeksine negatif yönde etki ettiği saptanmıştır.
Ji, Bouri, Roubaud (2018)	<p><u>Değişkenler:</u> Brazil, Russia, India, China, South Africa, OVX, GVZ ve VIX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 16.03.2011 – 09.12.2016 (günlük veriler)</p>	DCC-MVGARCH ve Dinamik Koşullu Korelasyonları İçeren MST Grafik Yaklaşımı	ABD ve BRICS pay piyasaları ile stratejik emtialara (petrol ve altın) ait bilgi iletim ağı entegrasyon yapısının kararsız olduğu ve bu yapının zamanla değiştiği tespit edilmiştir. Buna göre politik, savaş, makroekonomik ve finansal olayların etki kalıpları farklıdır. Dolayısıyla bazı olaylar yalnızca yerel piyasalar üzerinde, diğerleri ise küresel ölçekte etkiye sahiptir.

Öner (2018)	<p><u>Değişkenler:</u> ALTIN, PETROL, EUR/USD, US10YILLIK ve VIX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 02.01.2008 – 10.05.2017 (günlük veriler)</p>	Granger Nedensellik Testi	Amerikan hazinesi 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranı ile VIX volatilite endeksi arasında ve EUR/USD döviz kuru ile VIX volatilite endeksi arasında çift yönlü nedensellik ilişkileri elde edilmiştir.
Adrangi vd. (2019)	<p><u>Değişkenler:</u> CAC, DAX, FTSE, S&P ve VIX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 24.06.2013 – 12.07.2018 (günlük veriler)</p>	GARCH, SVAR ve Doğrusal Olmayan Granger Nedensellik Testi	Haziran 2013'ten Mayıs 2016'ya kadar olan birinci ve ikinci alt dönemlerde, VIX endeksinde yaşanan yapısal şoklara karşı pay piyasası oynaklığının tepki verdiği görülmüştür. Fakat Mayıs 2016'dan Şubat 2017'ye kadar olan üçüncü alt dönemde, VIX endeksinde meydana gelen yapısal şoklara pay piyasasının tepki göstermediği keşfedilmiştir.
Akçalı, Mollaahmetoğlu, Altay (2019)	<p><u>Değişkenler:</u> BIST-100, EMBI, DJI, DXY, VIX ve BrP</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 30.09.2009 – 05.07.2018 (günlük veriler)</p>	DCC-GARCH	BIST-100 ve VIX volatilite endeksine ait getiri serileri arasında zamana bağlı olarak değişen pozitif yönlü fakat çok kuvvetli olmayan bir dinamik korelasyon hesaplanmıştır.
Cheuathonghua vd. (2019)	<p><u>Değişkenler:</u> 42 Adet Pay Piyasasına Ait Getiriler, Gerçekleşen Oynaklıklar ve Anormal İşlem Hacimleri ile VIX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 01.01.1998 – 31.12.2014 (günlük veriler)</p>	Çok Değişkenli ve Çok Kantilli Model (MVMQ)	Aşırı piyasa koşullarında VIX volatilite endeksindeki küçük bir değişimin dahi, pay piyasalarını asimetrik olarak anlamlı düzeyde etkilediği belirtilmiştir. Öte yandan VIX yayılmalarının, gelişmiş piyasa getirileri ile gelişmekte olan piyasa oynaklıkları üzerinde daha güçlü etkilere sahip olduğu gözlenmiştir. Bu doğrultuda VIX yayılmalarının, Avrupa'daki getiriler ile Latin Amerika'daki oynaklıklar üzerinde daha belirgin olduğu dile getirilmiştir.
Topaloğlu (2019)	<p><u>Değişkenler:</u> VIX, NUS, DAX, ATX, BFX, OMXC, FCHI, AEX, FTSE, ISEQ, IBEX, OMXS, SMI, FTMIB, OMX, GSPTSE, OBX, PSI, BIST ve ATG</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 25.03.2015 – 21.09.2018 (günlük veriler)</p>	CCC-MGARCH	VIX volatilite endeksinden, OMX endeksi dışında, analiz edilen tüm ülke borsalarına doğru negatif yönlü şok ve oynaklık yayılımı tespit edilmiştir. Buna göre gerçekleşen şokların NUS, ATX, FTMIB ve ATG endekslerinde daha büyük olduğu ayrıca geçmiş dönem şokların etkisinin, ATX endeksi dışındaki diğer borsalarda, uzun hafıza özelliği taşıdığı saptanmıştır.

Alqahtani ve Chevallier (2020)	<p><u>Değişkenler:</u> Saudi Arabia, Kuwait, UAE, Qatar, Bahrain, Oman, OVX, GVZ ve VIX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 09.07.2004 – 07.09.2018 (haftalık veriler)</p>	DCC-GARCH	KİK pay piyasası getirilerinin; en çok petrol, daha sonra küresel pay piyasası ve en az altın şoklarıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. İlaveten söz konusu volatilité endekslerine, en fazla Suudi Arabistan ve Katar'ın, en az ise Bahreyn'in tepki verdiği ifade edilmiştir.
Ercan ve Demirbaş (2020)	<p><u>Değişkenler:</u> DXY ve VIX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 01.01.2010 – 31.03.2020 (günlük veriler)</p>	ARDL Sınır Testi ve Granger Nedensellik Testi	Dolar endeksi ve VIX volatilité endeksinin, uzun dönemde birlikte hareket ettikleri ifade edilmiştir. Ayrıca VIX volatilité endeksinden Dolar endeksine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.
Mishra ve Debasish (2020)	<p><u>Değişkenler:</u> India VIX, Nifty ve Sensex</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 2014/Ocak – 2020/Mart (günlük veriler)</p>	LM ARCH, GARCH) ve EGARCH	Sensex ve Nifty pay piyasası endekslerinin, Hindistan volatilité endeksinin (India VIX) etkilediği ve bu endeks üzerinde yayılma etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan veri setindeki oynaklık kümelenmesinin varlığı doğrulanmıştır. Yine piyasadaki olumsuz bilgi veya haberlerin, India VIX üzerinde oldukça etkili olduğu fark edilmiştir.
Özdemir (2020)	<p><u>Değişkenler:</u> VIX, RBIST30 ve RBIST30V</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 09.06.2012 – 31.10.2019 (günlük veriler)</p>	EGARCH	BIST-30 endeksi ve BIST-30 vadeli işlem getiri serilerinde kaldıraç etkisi tespit edildikten sonra, VIX endeksinin söz konusu getirilerin oynaklıklarına etkisini ölçmek üzere volatilité modeline VIX endeksi dâhil edilmiştir. Bunun sonucunda, her iki getiri serisinde de, kaldıraç etkisinin güçlendiği gözlenmiştir.
Boateng, Adam, Junior (2021)	<p><u>Değişkenler:</u> Egypt, Nigeria, Morocco, Tunisia, South Africa, Mauritius, Botswana, Kenya, ΔOVX ve ΔVIX</p> <p><u>Araştırma Dönemi:</u> 08.01.2020 – 06.05.2021 (günlük veriler)</p>	Kantil Regresyon Analizi	Nijerya hariç diğer Afrika pay piyasası getirilerinin, VIX ve OVX volatilité endeksleri ile negatif korelasyon serilediği belirtilmiştir. Burada OVX endeksindeki pozitif şokların, piyasa düşüşlerinde, Afrika pay piyasalarının çoğunda kilit bir rol oynadığı; negatif şokların ise, pandemi sırasında, bazı Afrika pay piyasalarında ılımlı bir rol oynadığı dile getirilmiştir.
Mittal, Narwal, Sheera (2021)	<p><u>Değişkenler:</u> S&P CNX Nifty, S&P 500, CAC 40, DAX, SMI, NIKKEI 225, DJ Euro STOXX 50, IVIX, VIX, VCAC, VDAX, VSMI, VXI ve V2TX</p>	Doğrusal Regresyon Analizi ve VAR Tabanlı Granger Nedensellik Testi	Volatilité endeksi değişimleri ile pay piyasası getirileri arasında eş zamanlı, negatif yönlü ve güçlü ilişkiler bulunmuştur. Buna göre Hindistan, ABD ve İsviçre'de asimetrik bir getiri-volatilité ilişkisi söz konusu iken; Japonya, Fransa, Almanya ve Euro Bölgesi için negatif ve pozitif

	<p><u>Araştırma Dönemi:</u> 02.03.2009 – 30.06.2012 (günlük veriler)</p>		<p>getirilerin volatilite değişimlerine etkisi simetriktir.</p>
Önem (2021)	<p><u>Değişkenler:</u> LVX, L30, LKURY, LSN, LSGTR, LTCRT ve LFN <u>Araştırma Dönemi:</u> 02.01.2015 – 31.12.2020 (günlük veriler)</p>	DCC-GARCH	<p>VIX volatilite endeksinde yaşanan oynaklıkların; - BIST Ticaret endeksini yükselttiği, - BIST Leasing ve Faktöring endekslerini düşürdüğü, - BIST-30, BIST Kurumsal Yönetim, BIST Sınai ve BIST Sigorta endekslerinin oynaklığına ise etki etmediği görülmüştür.</p>
Tuncay (2021)	<p><u>Değişkenler:</u> LXUSIN, LXTCRT, LXUHIZ, LXBANK, LXULAS, LXTRZM, LXELKT ve LVIX <u>Araştırma Dönemi:</u> 09.04.2013 – 10.03.2020 (günlük veriler)</p>	CCC-GARCH	<p>VIX endeksinden yalnızca BIST Turizm endeksine doğru negatif yönlü bir volatilite aktarımı saptanmıştır. Ayrıca BIST Sınai, BIST Ticaret ve BIST Hizmetler endekslerinden VIX endeksine doğru tek yönlü volatilite aktarımları da gözlemlenmiştir.</p>
Güneş (2022)	<p><u>Değişkenler:</u> ABD 10, ABD Dolar ve VIX <u>Araştırma Dönemi:</u> 03.01.2000 – 11.02.2022 (günlük veriler)</p>	Toda-Yamamoto Nedensellik Testi	<p>VIX endeksinin, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranlarının Granger nedeni olduğu ifade edilmiştir. ABD Dolar endeksi ile VIX volatilite endeksi arasında ise, herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.</p>
Pham ve Nguyen (2022)	<p><u>Değişkenler:</u> SOGB, SPGB, GBUS, GBEU, VIX, OVX ve USEPU <u>Araştırma Dönemi:</u> 13.10.2014 – 04.11.2020 (haftalık veriler)</p>	Markov Rejim Değişim Dinamik Regresyon Modeli ve TVP-VAR	<p>Yeşil tahvil endeksleri ile VIX arasındaki bağlantıların, zamana ve duruma bağlı olduğu ifade edilmiştir. Bu kapsamda finansal ve ekonomik belirsizliğin yeşil tahvil piyasası üzerindeki yayılma etkileri düşük belirsizlik ortamında daha küçük, yüksek belirsizlik ortamında ise kalıcı olmamakla beraber daha büyük hesaplanmıştır.</p>
Sertkaya (2022)	<p><u>Değişkenler:</u> LnVIX, LnAltın, LnPetrol ve LnBuğday <u>Araştırma Dönemi:</u> 2015/01 – 2021/02 (haftalık veriler)</p>	ARDL Sınır Testi	<p>VIX endeksi ile altın, brent tipi ham petrol ve buğday arasında uzun dönemli ilişki bulunmuştur. Buradan hareketle VIX volatilite endeksi üzerinde altın fiyatlarının pozitif yönlü, brent petrolün ise negatif yönlü etkisi gözlemlenmiştir.</p>
Baydaş (2023)	<p><u>Değişkenler:</u> VIX, BİST 100 ve BİST 30 <u>Araştırma Dönemi:</u></p>	CCC-GARCH	<p>VIX volatilite endeksinden BIST 100 endeksine doğru bir volatilite etkileşiminin bulunduğu fakat tersi yönde bir volatilite etkileşiminin söz</p>

	02.01.2015 – 17.01.2023 (günlük veriler)		konusu olmadığı anlaşılmıştır. Yine VIX volatilité endeksi ile BIST 30 endeksi arasında da herhangi bir volatilité etkileşimi ya da aktarımı hesaplanamamıştır.
Hapau (2023)	<u>Değişkenler:</u> Oil Price, Gold Price ve VIX Index <u>Araştırma Dönemi:</u> 2013/Ocak – 2023/Mayıs (aylık veriler)	Johansen Eş Bütünleşme Testi, Granger Nedensellik Testi, Vektör Otoregresyon Modeli ve Etki–Tepki Fonksiyonları	VIX endeksinin mevcut petrol fiyatları üzerinde negatif yönlü etkiye sahip olduğu görülmüştür. VIX endeksinin, hem petrol hem de altın fiyatının Granger nedeni olduğu da belirlenmiştir. Bunun yanı sıra VIX endeksindeki bir şokun, şoktan sonra gelen ikinci çeyrekte petrol fiyatında belirgin bir düşüşe yol açtığı, altın fiyatı üzerinde ise, başlangıçta hafif bir düşüşe yol açsa da uzun vadede önemli bir etki neden olmadığı saptanmıştır.
Kang, Hernandez, Rehman, Shahzad, Yoon (2023)	<u>Değişkenler:</u> HC, CD, UTL, CS, IT, IND, FIN, EN, MAT, RE, GOLD, OIL, US ISLAMIC, OVX ve VIX <u>Araştırma Dönemi:</u> 31.05.2007 – 04.11.2022 (günlük veriler)	Diebold ve Yılmaz (2012, 2014) Yayılma Yaklaşımları ve Dalgacık Tabanlı DCC-GARCH	Başta sağlık ve bilgi teknolojileri olmak üzere 10 adet S&P 500 ve Dow Jones sektör endeksine ait getirilerin, VIX endeksinden çok güçlü bir şekilde etkilendiği dile getirilmiştir. Bunun yanında VIX endeksinin, söz konusu sektörleri OVX endeksine kıyasla daha çok etkilediği saptanmıştır.
Kutlu ve Türkoğlu (2023)	<u>Değişkenler:</u> BVSP, IDX, JSE, NIFTY50, XU100 ve VIX <u>Araştırma Dönemi:</u> 2014 – 2021 (haftalık veriler)	DCC-GARCH	VIX volatilité endeksinde ortaya çıkan değişimlere karşılık borsa endekslerinin gösterdiği reaksiyon açısından en fazla etkilenen borsa endeksinin IDX olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, gerek geçmiş volatiliteler gerekse VIX endeksi ile olan etkileşimler göz önünde bulundurulduğunda, BIST 100'ün en az etkilenen endeks olduğu belirlenmiştir.
Mensi, Kamal, Vo, Kang (2023)	<u>Değişkenler:</u> US, EUROPE, UK, JAPAN, CHINA, VIETNAM, VIX, GVZ, OVX ve EPU <u>Araştırma Dönemi:</u> 10.09.2010 – 25.02.2022 (günlük veriler)	Çapraz Kantilogram Yöntemi ve Kantil Bağlantılılık Yaklaşımı	Analizler sonucunda VIX'in, düşüş eğilimli veyahut sakin (yükselen) piyasalarda ABD (Çin) piyasasıyla güçlü bir şekilde bağlantılı olduğu ve özellikle ayı (boğa) piyasalarda hisse senedi piyasalarındaki yayılmaların net aktarıcısı (alıcısı) belirtilmiştir.

Literatür taramasından görüleceği üzere, VIX volatilité endeksi ile başta pay piyasaları olmak üzere çeşitli finansal değişkenler arasındaki ilişkilerin analizi son dönemde oldukça ilgi görmüş ve çok farklı analiz teknikleri kullanılarak söz konusu ilişkiler araştırılmıştır. İlgili literatürde, VIX volatilité endeksi ile

çeşitli finansal varlıklar arasında farklı yönlerde güçlü ilişkilerin varlığı dikkat çekmiştir. Özellikle ABD pay piyasası endekslerinin, VIX volatilite endeksine ait değişimlere oldukça duyarlı oldukları belirlenmiştir. Aynı zamanda VIX endeksinin, petrol ve altın gibi finansal emtiaları da anlamlı düzeyde etkileyebildiği anlaşılmıştır. Öte yandan bu endeksin, farklı piyasa koşullarına bağlı olarak ABD ve Çin piyasaları ile farklı etkileşimler sergileyebildiği görülmüştür. Son olarak, VIX endeksinin, pay piyasası endekslerinde meydana gelen değişimleri, diğer zımni volatilite endekslerine kıyasla daha belirgin bir şekilde etkileyebildiği gözle çarpmıştır.

Gerçekleştirilen araştırmalar, VIX volatilite endeksinin farklı finansal piyasalar üzerindeki etkilerinin incelenmesinin, bu endeksin finansal piyasalar üzerindeki belirleyici rolünün daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla bu çalışmada, VIX volatilite endeksinden finansal yatırım araçlarına doğru getiri ve volatilite yayılımları, çok değişkenli VAR-EGARCH yaklaşımı kullanılarak ve farklı piyasa dinamiklerine sahip olan Covid-19 öncesi ve sonrası dönemler karşılaştırmalı bir şekilde analiz edilerek ilgili literatürün genişletilmesi hedeflenmiştir. Böylece elde edilen bulguların; küresel düzeydeki bireysel/kurumsal yatırımcı tercihlerine, portföy/risk yönetimine ve politika yapıcıların kararlarına katkıda bulunacağı değerlendirilmiştir.

METODOLOJİ

Veri Seti

Bu çalışmada, VIX volatilite endeksinden finansal yatırım araçlarına doğru getiri ve volatilite yayılımlarının tespit edilmesinde, hem Covid-19 öncesi hem de Covid-19 sonrası dönemler için günlük verilerden yararlanılmıştır. Covid-19 öncesi analiz dönemi 19.07.2010-28.02.2020, Covid-19 sonrası analiz dönemi ise 02.03.2020-14.08.2023 olarak belirlenmiş olup; Covid-19 sonrası analiz döneminin seçiminde, 2020 yılı Mart ayı itibarıyla Avrupa kıtasının koronavirüs krizinin merkezi haline gelmesi ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından yaşanan küresel salgının pandemi olarak ilan edilmesi etkili olmuştur. Bunun yanı sıra değişkenlere ait gün uyumsuzluğu, herhangi bir tarihte bir değişkene ait verinin mevcut olmaması durumunda diğer değişkene ait verinin de dikkate alınmaması yoluyla giderilmiştir. Gerçekleştirilen analizlerde, tüm değişkenlerin ABD Doları cinsinden spot piyasa değerleri (oranları) kullanılmıştır. Zaman serisi verileri; Yahoo Finance, Investing, ABD Enerji Bilgi İdaresi (EIA) ve Dünya Altın Konseyi veri tabanlarından elde edilmiştir. Bu doğrultuda çalışmada analizlere dâhil edilen değişkenlerin bilgileri Tablo 2’de gösterilmiştir:

Tablo 2: Çalışmada kullanılan değişkenlere ait bilgiler

Değişkenin Adı	Değişkenin Kodu	Bağlantı Adresi	Değişkenin Hesaplanma Biçimi
Altın	GOLD	www.gold.org	Bir ons altının ABD Doları cinsinden fiyatıdır.
Brent Tipi Ham Petrol	BRENT	www.eia.gov	Bir varil Brent tipi ham petrolün ABD Doları cinsinden fiyatıdır.
ABD Dolar Endeksi	DXY	www.investing.com	ABD Dolar endeksine ait değerdir.
ABD 10 Yıllık Gösterge Tahvil Faiz Oranı	US10Y	www.investing.com	Amerikan Hazinesi tarafından ihraç edilen 10 yıl vadeli tahvillere ait faiz oranıdır.
Standard & Poor's 500 Endeksi	SP500	www.investing.com	Standard & Poor's 500 Endeksine ait endeks değeridir.
VIX Volatilite Endeksi	VIX	finance.yahoo.com	VIX Volatilite Endeksine ait endeks değeridir.

Burada tüm değişkenlerin logaritmik getirileri için $\ln(p_t/p_{t-1})$ formülünden yararlanılmıştır.

Ekonometrik Yöntem

ARCH ve GARCH modellerinde, hata terimlerinin kareleri kullanıldığı için yukarı ve aşağı yönlü şokların koşullu varyans üzerindeki etkisi simetrik kabul edilmektedir. Yani meydana gelen şokların büyüklüğü hesaba katılmakta fakat işaretleri ihmal edilmektedir. Oysa ilk olarak Black (1976) tarafından öne sürülen kaldıraç etkisine göre, olumsuz şoklar, aynı büyüklükteki olumlu şoklara göre daha fazla volatiliteye neden olabilmektedir. Bu asimetrik etki, Nelson (1991) tarafından geliştirilen tek değişkenli EGARCH modelinde dikkate alınmaktadır. Bir EGARCH modeli log-doğrusal formda tanımlandığından, tahmin edilen tüm katsayıların pozitif olma kısıtı bulunmamaktadır. Çünkü tahmin edilen parametreler negatif olsa dahi, logaritmik dönüşüm uygulandığından, koşullu varyansın negatif değerler alması mümkün değildir. Bu yaklaşım, GARCH modeli karşısında EGARCH modeline avantaj sağlamaktadır (Enders, 2014, s. 156).

Nelson (1991)'un tasarlamış olduğu tek değişkenli EGARCH modeli, Koutmos ve Booth (1995) tarafından çok değişkenli bir yapıya genişletilmiştir. Daha sonra ise, bu yaklaşımın farklı bir versiyonu olan Çok Değişkenli VAR-EGARCH Modeli, Koutmos (1996) tarafından tanıtılmıştır (Çelik, Özdemir, Gürsoy, Ünlü, 2018b, s. 222).

Çok değişkenli EGARCH yaklaşımı, tek değişkenli yaklaşıma kıyasla birtakım avantajlar barındırmaktadır. Nitekim iki aşamalı işlem prosedürünü ortadan kaldırarak tahmini regresyona ilişkin sorunlardan kaçınılmasına olanak sunmakta ve piyasalar arasındaki yayılmaları tespit etmek amacıyla kullanılan testlerin etkinliğini ve gücünü arttırmaktadır. Ayrıca yayılmaların, küresel haberlerin herhangi bir piyasa üzerindeki etkisinin tezahürleri şeklinde gerçekleştiği düşüncesi ile metodolojik olarak tutarlılık sergilemektedir. Yine çok değişkenli yaklaşım, volatilité aktarım mekanizmasındaki asimetri olasılığının test edilmesi noktasında da oldukça ideal görünmektedir. Çünkü belirli bir piyasadaki şoklar ile çapraz piyasa şoklarının, koşullu volatilité üzerinde asimetrik bir etki oluşturmasına imkân tanınmaktadır. Diğer bir ifadeyle, belirli bir piyasa da ortaya çıkan haberlerin, işlem yapılacak bir sonraki piyasa tarafından hem büyüklük hem de işaret yönüyle dikkate alınmasını sağlamaktadır (Koutmos ve Booth, 1995, s. 749).

Bir EGARCH modeli, asimetrik etkileri modele entegre etmek suretiyle ortaya çıkan haberlerin veya bilgilerin, piyasada meydana gelen hareketleri yön ve boyut bakımından nasıl etkileyebileceğini anlamak için oldukça kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu kapsamda EGARCH (1, 1) modeline ait koşullu varyans denklemi aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır (Eyüboğlu & Eyüboğlu, 2022, s. 706):

$$\log(h_t^2) = \omega + \beta \log(h_{t-1}^2) + \alpha \left(\left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}^2}} \right| - E \left[\frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}^2}} \right] \right) + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}^2}} \quad (1)$$

Formül 1’de $\log(h_t^2) = \omega + [1 - \beta(L)]^{-1} + [1 + \alpha(L)]g(z_{t-1})$ ve $g(z_t) = \gamma_1 z_t + \gamma_2 [|z_t| - E|z_t|]$ olmak üzere; “ ω ” sabit bir değeri, “ α ” ve “ β ” sabit parametreleri, “ γ ” ise kaldıraç etki parametresini ifade etmektedir. İstatistiki açıdan anlamlı olarak “ $\gamma \neq 0$ ”, “ $\gamma < 0$ ” ya da “ $\gamma > 0$ ” sonucu, modelin asimetrik bir yapıda olduğunu yani asimetrik etkinin varlığını göstermektedir. Öte yandan “ γ_1 ” işaret etkisini (asimetrik etkiyi), “ γ_2 ” ise boyut etkisini (asimetrik etkinin büyüklüğünü) temsil etmektedir. Çok Değişkenli VAR-EGARCH Modeli’ne ait ortalama denklemi ise Formül 2’de belirtilmiştir (Koutmos, 1996, s. 977):

$$R_{i,t} = \beta_{i,0} + \sum_{j=1}^n \beta_{i,j} R_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

Formül 2’ye göre, “n” sayıdaki piyasanın getirileri, bir vektör otoregresyon (VAR) şeklinde tanımlanmaktadır. Dolayısıyla her bir piyasanın koşullu ortalaması, kendi geçmiş getirilerinin ve çapraz piyasaya ait geçmiş getirilerin bir fonksiyonu olarak modellenmektedir. Bununla birlikte eşitlikte yer alan “ $R_{i,t}$ ”, “i” piyasaının “t” zamanındaki yüzde getirisini; “ $i \neq j$ ” olmak üzere “ $\beta_{i,j}$ ” ise, piyasalar arasındaki öncül/ardıl ilişkileri belirtmektedir. İstatistiki açıdan anlamlı olan “ $\beta_{i,j}$ ” katsayısı, “i” piyasaının “j”

piyasaasına öncülük ettiğini ifade etmektedir. Bu durum, “j” piyasaasına ait mevcut getiriler kullanılarak, “i” piyasaasının gelecekteki getirilerinin tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir. Çok Değişkenli VAR-EGARCH Modeli’ne ait koşullu varyans denklemi ise, Formül 3’de sunulmuştur (Koutmos, 1996, s. 977):

$$\sigma_{i,t}^2 = \exp \left\{ \alpha_{i,0} + \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j} f_j(z_{j,t-1}) + \gamma_i \ln(\sigma_{i,t-1}^2) \right\} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

Formül 3’de, her bir piyasaya ait getirilerin koşullu varyansı hem kendi geçmiş dönem hem de piyasalar arası standardize edilmiş şokların üssel bir fonksiyonu şeklinde modellenmektedir. Burada “i ≠ j” olarak varsayıldığından, “α_{i,j}”, “i” ve “j” piyasaları arasındaki volatilité etkileşimini göstermekte; “γ_i” ise, koşullu volatilitenin kalıcılığı hakkında bilgi sağlamaktadır. Buna göre “γ_i < 0” iken koşulsuz varyans sonlu bir yapı sergilemekte, “γ_i = 1” olduğunda ise koşulsuz varyans söz konusu olmamaktadır. Böylece koşullu varyans, birinci dereceden bütünleşik bir süreci takip etmektedir (Polat ve Kılıç, 2022, s. 543). Öte yandan “f_j(z_{j,t-1})”in özel fonksiyonel formu Formül 4’de belirtilmiştir (Koutmos, 1996, s. 977):

$$f_j(z_{j,t-1}) = [|z_{j,t-1}| - E(|z_{j,t-1}|)] + \delta_j z_{j,t-1} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (4)$$

“f(·)”, geçmiş dönem standardize edilmiş şokların asimetric bir fonksiyonunu simgelemektedir. Matematiksel olarak “f(·)”nin eğimi, “z_{j,t-1} < 0” iken “-1 + δ_j” değerine, “z_{j,t-1} > 0” olduğunda ise “1 + δ_j” değerine eşit olmaktadır. Bu kapsamda her bir piyasaanın koşullu varyansı, piyasaya ve çapraz piyasaya ait standardize edilmiş şoklar tarafından asimetric bir şekilde etkilenmektedir. Denklemden geçen “|z_{j,t-1}| - E(|z_{j,t-1}|)” terimi, büyüklük etkisini ölçmektedir. Pozitif bir “α_{i,j}” varsayımı altında, “z_{j,t-1}”nin büyüklüğü, beklenen değeri “E(|z_{j,t-1}|)”den büyük (küçük) ise, “z_{j,t-1}”in koşullu varyans (σ_{i,t}²) üzerindeki etkisi pozitif (negatif) olmaktadır. Kısmi fonksiyonel biçimde ifade edilen “δ_jz_{j,t-1}” terimi ise, işaret etkisini ölçmektedir. Katsayının ve şokun işaretine bağlı olarak işaret etkisi güçlenebilmekte veyahut büyüklük etkisini kısmen dengeleyebilmektedir. Örneğin “δ_j < 0” iken, “j” piyasaasındaki düşüşleri (z_{j,t-1} < 0), yükselişlere (z_{j,t-1} > 0) kıyasla daha yüksek bir volatilitenin takip etmesi beklenmektedir. Bu fenomen, piyasa düşüşlerinin daha yüksek bir volatilité ürettiği kaldıraç etkisi ile tutarlı görünmektedir (Koutmos, 1996, s. 977-978). İstatistikî açıdan anlamlı ve pozitif hesaplanan “α_{i,j}” ile birlikte değerlendirildiğinde negatif “δ_j”, “j” piyasaasında yaşanan negatif şokların, pozitif şoklara nazaran “i” piyasaasının koşullu varyansını daha fazla etkilediğini ifade etmektedir. Bu durum ise, söz konusu piyasalar arasındaki volatilité etkileşim mekanizmasının asimetric bir yapıda olduğunu izhar etmektedir (Bayramoğlu ve Abasız, 2017, s.

189). Bunun yanı sıra Koutmos (1996)'a göre, piyasalara ait getiriler arasındaki eşzamanlı ilişki, Formül 5'de sunulan koşullu kovaryans eşitliği tarafından yakalanmaktadır:

$$\sigma_{i,j,t} = \rho_{i,j} \sigma_{i,t} \sigma_{j,t} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad i \neq j \quad (5)$$

Burada “i” ve “j” piyasalarının getirileri arasındaki korelasyonun sabit olduğu yani kovaryansın standart sapmaların çarpımıyla orantılı olduğu ima edilmektedir. Bu yaklaşım, modelin tahminini büyük ölçüde basitleştirmektedir. Çok değişkenli VAR-EGARCH modeli için log olabilirlik fonksiyonu ise, normallik varsayımı altında aşağıdaki gibi formülize edilmiştir (Koutmos, 1996, s. 978):

$$L(\theta) = -0.5(NT)\ln(2\pi) - 0.5 \sum_{t=1}^T (\ln|S_t| + \varepsilon_t' S_t^{-1} \varepsilon_t) \quad (6)$$

Formül 6'da kullanılan “N”, her bir değişken için denklem sayısını; “T”, gözlem sayısını; “ θ ”, tahmin edilecek parametre vektörünü; “ $\varepsilon_t' = [\varepsilon_{1,t}, \varepsilon_{2,t} \dots \varepsilon_{i,t}]$ ”, “t” zamanındaki şokların “ $1 \times i$ ” vektörünü; “ S_t ” ise, “ $i, j = 1, 2, \dots, n$ ” ve “ $i \neq j$ ” için çapraz köşegen elamanlarını veren “ $i \times i$ ” boyutlu ve zamana bağlı olarak değişen koşullu varyans-kovaryans matrisini temsil etmektedir (Sayın, Doğru, Gürsoy, 2020, s. 452-453).

ANALİZLER VE BULGULAR

VIX volatilite endeksinden altın, Brent tipi ham petrol, ABD Dolar endeksi, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranı ve S&P 500 endeksine doğru getiri ve volatilite yayılımları, ikili modellemeler üzerinden analiz edilmiştir. İki değişkenli her bir modele ait uygun gecikme uzunluğu, Schwarz bilgi kriterine dayalı olarak belirlenmiştir. Modelde otokorelasyon veya ARCH etkisinin bulunması durumunda ise, Schwarz bilgi kriterine en yakın uygun gecikme uzunluğu kullanılmıştır. Bu bölümde, sırasıyla değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler, fiyat ve getiri serilerine ilişkin zaman yolu grafikleri ve birim kök test sonuçları ve VAR-EGARCH yöntemi aracılığıyla ulaşılan getiri ve volatilite yayılımına ilişkin bulgular karşılaştırmalı bir şekilde açıklanmıştır. Bunun yanı sıra yapılan çıkarımlarda, istatistiki olarak %5 önem düzeyi dikkate alınmıştır. Her iki dönem için değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'de sunulmuştur:

Tablo 3: Covid-19 öncesine ve sonrasına ilişkin tanımlayıcı istatistikler

	GOLD	BRENT	DXY	US10Y	SP500	VIX
Covid-19 Öncesi						
Ortalama	1360.8800	79.2718	88.8265	2.3195	2036.5200	16.4583
Maksimum	1895.0000	128.1400	103.3000	3.7370	3386.1500	48.0000
Minimum	1049.4000	26.0100	72.9500	1.1630	1047.2200	9.1400
Standart Sapma	177.8480	26.7029	8.4672	0.4960	591.1905	5.3364
Çarpıklık	0.8250	0.1062	-0.1642	0.3185	0.2086	1.9243
Basıklık	2.7374	1.5605	1.4245	2.4157	1.9881	8.0891
Jarque-Bera	271.4670 (0.0000)	205.9100 (0.0000)	251.8873 (0.0000)	72.6558 (0.0000)	116.5108 (0.0000)	3959.2210 (0.0000)
Gözlem Sayısı	2334	2334	2334	2334	2334	2334
<i>ARCH-LM Test Sonuçları</i>	<i>f-İstatistikleri</i>	<i>f-Olasılıkları</i>	<i>R² Değerleri</i>	<i>R² Olasılıkları</i>		
GOLD-VIX Modeli	110626.3000***	0.0000	2285.8350***	0.0000		
BRENT-VIX Modeli	313531.5000***	0.0000	2316.7760***	0.0000		
DXY-VIX Modeli	162553.2000***	0.0000	2301.0040***	0.0000		
US10Y-VIX Modeli	227231.7000***	0.0000	2310.3000***	0.0000		
SP500-VIX Modeli	22699.6900***	0.0000	2287.1090***	0.0000		
Covid-19 Sonrası						
	GOLD	BRENT	DXY	US10Y	SP500	VIX
Ortalama	1825.5900	73.1042	98.3180	2.1009	3950.5890	24.0017
Maksimum	2067.2000	133.1800	114.1100	4.2470	4793.5400	82.6900
Minimum	1474.3000	9.1200	89.4400	0.5120	2237.4000	12.9100
Standart Sapma	99.6344	25.0154	6.0459	1.1854	513.4976	8.5059
Çarpıklık	-0.2124	-0.1482	0.4529	0.3311	-0.8529	2.6837
Basıklık	2.9046	2.6114	2.2380	1.5760	3.3014	14.5269
Jarque-Bera	6.6881 (0.0353)	8.4293 (0.0148)	49.4461 (0.0000)	87.0307 (0.0000)	105.9041 (0.0000)	5705.9260 (0.0000)
Gözlem Sayısı	847	847	847	847	847	847
<i>ARCH-LM Test Sonuçları</i>	<i>f-İstatistikleri</i>	<i>f-Olasılıkları</i>	<i>R² Değerleri</i>	<i>R² Olasılıkları</i>		
GOLD-VIX Modeli	11711.4600***	0.0000	790.0632***	0.0000		
BRENT-VIX Modeli	49725.5700***	0.0000	832.8637***	0.0000		
DXY-VIX Modeli	109458.9000***	0.0000	840.5190***	0.0000		
US10Y-VIX Modeli	82933.5800***	0.0000	838.4671***	0.0000		
SP500-VIX Modeli	1765.8750***	0.0000	756.8833***	0.0000		

Not: Tabloda yer alan *** işareti, istatistik değerlerinin %1 önem düzeyinde anlamlı olduklarını ifade etmektedir.

Covid-19 öncesinde her bir zaman serisine ait 2334, Covid-19 sonrasında ise 847 günlük veri analiz edilmiştir. Tanımlayıcı istatistiklere bakıldığında; ortalama altın fiyatları ile ABD Dolar endeksi, S&P 500 endeksi ve VIX volatilite endeksi değerlerinin Covid-19 sonrası dönemde artış sergilediği dikkat çekmiştir. Altın ons fiyatlarındaki yükseliş, kriz dönemlerinde güvenli liman olarak adlandırılan altının bu işlevi ile tutarlılık göstermiştir. Diğer taraftan Brent tipi ham petrol fiyatlarına ait ortalama değer, Covid-19 sonrasında daha düşük hesaplanmıştır. Hatta bu emtiaya ait en düşük günlük kapanış fiyatı, 21 Nisan 2020 tarihinde 9.12 \$ seviyesinde gerçekleşmiştir. Covid-19 pandemisinden dolayı dünya genelinde uygulanan tecrit politikaları, uluslararası ticarete ve endüstriyel üretime ciddi zararlar vererek ham petrol talebinin önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur. Bu durum ise, arz-talep dengesizliği ile birlikte ham petrol fiyatları üzerinde baskı oluşturmuş ve aşağı yönlü hareketini körüklemiştir. Bunun aksine VIX endeks değerleri, Covid-19 sonrasında rekor seviyelere ulaşmıştır. Nitekim 16 Mart 2020'deki günlük kapanış değeri %82.69'u görmüş, 18 Mart 2020'de ise gün içinde %85.47'ye ulaşarak günü %76.45 ile kapatmıştır. S&P 500 piyasasının volatilite beklentisinde yaşanan bu rekorlar, Covid-19 küresel salgınının finansal piyasa dinamiklerine olan etkisini gözler önüne sermektedir.

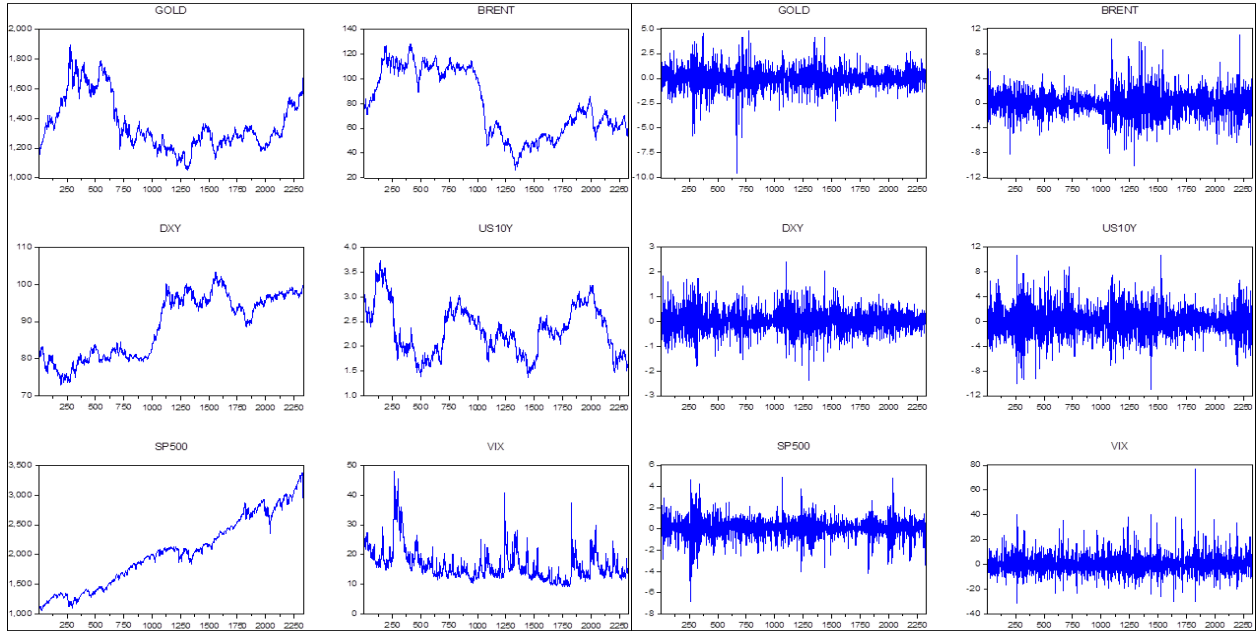
Her ne kadar finansal zaman serilerinde ARCH etkisinin bulunduğu iyi bilinse de oluşturulan ikili modellerin her birinde ARCH etkisinin olup olmadığının tespiti için ARCH-LM testi uygulanmıştır. Bu testin boş hipotezi, modelde ARCH etkisinin bulunmadığını ifade etmektedir. Tablo 3'e bakıldığında, hem Covid-19 öncesi hem de Covid-19 sonrası dönemlerde kurulan tüm modeller için yokluk hipotezinin reddedildiği yani bütün modellerde ARCH etkisinin söz konusu olduğu gözlemlenmiştir. Ulaşılan bu sonuç, gerçekleştirilecek analizler için ARCH-GARCH tipi modellerin uygunluğunu göstermiştir.

Normalize edilmiş üçüncü moment olarak bilinen çarpıklık, veri setine ait dağılımın, normal dağılıma göre orantısızlığını göstermektedir. Normal bir dağılıma ait çarpıklık değeri sifıra eşittir. Tablo 3'e göre, Covid-19 öncesinde, sadece ABD Dolar endeksinin negatif çarpık olduğu görülmüştür. Covid-19 sonrasında ise; altın, Brent tipi ham petrol ve S&P 500 endeksinin negatif çarpıklığa sahip oldukları belirlenmiştir. Standardize edilmiş dördüncü moment olan basıklık, dağılım eğrisinin, normal dağılıma göre daha uzun ve sivri mi yoksa daha kısa ve yassı mı olduğunu ortaya koymaktadır. Normal bir dağılıma ait basıklık değeri 3'e eşittir. Tablo 3 incelendiğinde, Covid-19 öncesinde VIX volatilite endeksi; Covid-19 sonrasında ise, S&P 500 ve VIX volatilite endekslerinin pozitif basıklığa sahip oldukları tespit edilmiştir. Yani bahse konu endekslerin, leptokurtik özellik sergiledikleri anlaşılmıştır. Bilindiği üzere kalın kuyruklu dağılımlar olarak da isimlendirilen leptokurtik dağılımlarda, getirilerin büyük hareketler üretme olasılığı normalden daha yüksektir. Son olarak, Jarque-Bera testine göre tüm değişkenler için boş hipotezin ret edildiği, yani tüm değişkenlerin her iki dönemde de normal dağılıma sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Covid-19 öncesi ve

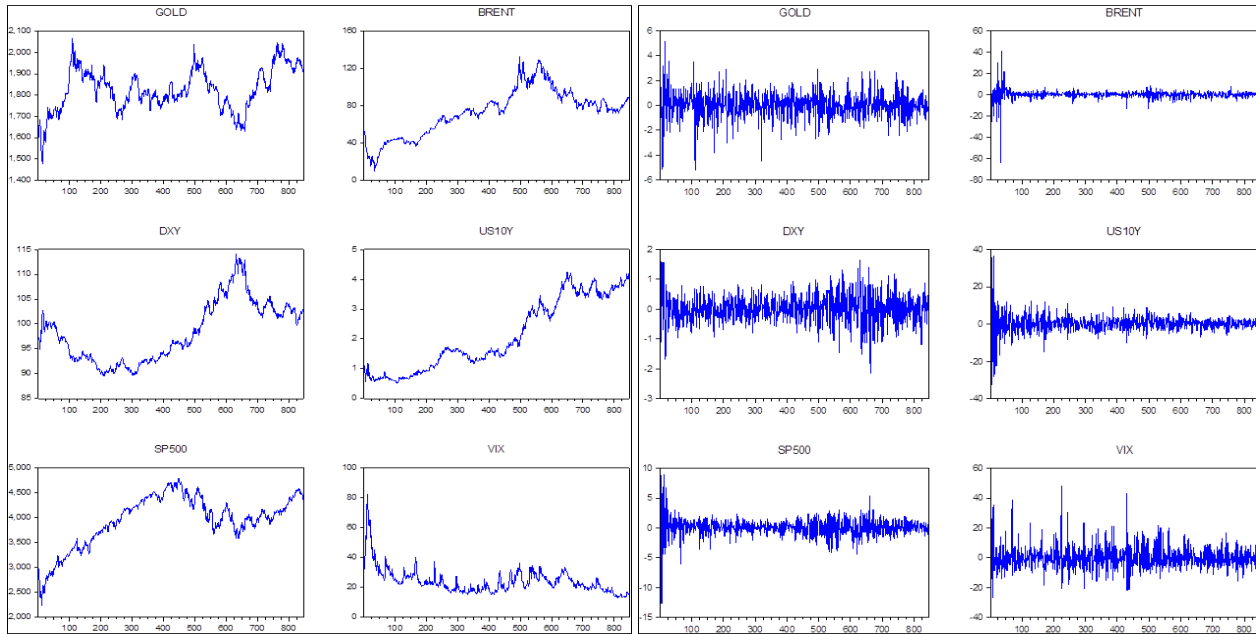
sonrası için fiyat serilerine ve logaritmik getiri serilerine ilişkin zaman yolu grafikleri ve birim kök testlerine ait sonuçlar sırasıyla Şekil 1’de ve Tablo 4’de gösterilmiştir:

Şekil 1: Covid-19 öncesinde ve sonrasında fiyat ve logaritmik getiri serilerine ait zaman yolu grafikleri

Covid-19 öncesi



Covid-19 sonrası



Tablo 4: Covid-19 öncesi ve sonrası dönemlere ait birim kök test sonuçları

Değişken Kodu	Model Türü	Fiyat Serileri		Logaritmik Getiri Serileri	
		ADF	PP	ADF	PP
Covid-19 Öncesi					
GOLD	S	-1.8162	-1.7571	-49.3100***	-49.3205***
	S/T	-1.9042	-1.8329	-49.2999***	-49.3103***
BRENT	S	-1.0031	-1.0675	-46.3698***	-46.4073***
	S/T	-2.1787	-2.2358	-46.3679***	-46.4044***
DXY	S	-0.9978	-0.9622	-48.7952***	-48.8118***
	S/T	-2.4127	-2.3809	-48.7867***	-48.8033***
US10Y	S	-2.0729	-1.9441	-50.2457***	-50.2465***
	S/T	-2.1387	-2.0114	-50.2434***	-50.2447***
SP500	S	-0.7363	-0.6283	-50.5753***	-51.3301***
	S/T	-4.1515***	-3.9352**	-50.5716***	-51.3696***
VIX	S	-5.4502***	-5.8302***	-51.5113***	-58.6368***
	S/T	-5.5804***	-6.0943***	-51.5093***	-58.8132***
Kritik Tablo Değerleri	S	-3.4330 (%1)	-2.8626 (%5)	-2.5674 (%10)	
	S/T	-3.9620 (%1)	-3.4117 (%5)	-3.1277 (%10)	
Covid-19 Sonrası					
GOLD	S	-3.1547**	-3.0982**	-29.8322***	-30.0145***
	S/T	-3.1743*	-3.1253	-29.8218***	-30.0118***
BRENT	S	-1.3526	-1.3515	-23.0576***	-30.0794***
	S/T	-1.8412	-1.8821	-23.0439***	-30.0616***
DXY	S	-1.0275	-0.9938	-27.6385***	-27.6071***
	S/T	-1.8068	-1.7825	-27.6300***	-27.5989***
US10Y	S	-0.0320	-0.1769	-32.5487***	-34.7222***
	S/T	-3.2862*	-3.1278	-32.5370***	-34.7288***
SP500	S	-1.9772	-1.8569	-36.2676***	-36.9967***
	S/T	-2.0063	-1.8048	-36.2900***	-37.4287***
VIX	S	-3.2439**	-3.6781***	-33.6625***	-35.0973***
	S/T	-3.6265**	-4.3025***	-33.6425***	-35.0746***
Kritik Tablo Değerleri	S	-3.4379 (%1)	-2.8647 (%5)	-2.5685 (%10)	
	S/T	-3.9689 (%1)	-3.4151 (%5)	-3.1298 (%10)	

Not: Tabloda yer alan ***, ** ve * işaretleri, istatistik değerlerinin sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlı olduklarını ifade etmektedir. Ayrıca; “S” sabitli modeli, “S/T” sabitli ve trendli modeli temsil etmektedir.

Şekil 1’deki fiyat serilerine bakıldığında, Covid-19 öncesinde altın, ABD Dolar endeksi ve S&P 500 endeksine ait nominal değişimlerin genel anlamda yukarı yönlü gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Buna karşın Brent tipi ham petrol fiyatları, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranları ve VIX volatilité endeksi değerleri için doğrusal trend değişimlerinin daha fazla olduğu yani bu değişimlerin daha kararsız bir yapı sergilediği anlaşılmıştır. Covid-19 sonrasında ise, VIX endeksi dışındaki tüm değişkenlere ait fiyat serilerinin kriz sonrası dönemle uyumlu olarak yukarı yönlü toparlanma eğilimine girdikleri görülmüştür.

Şekil 1’deki logaritmik getiri serileri incelendiğinde, Covid-19 öncesinde ve sonrasında bütün değişkenlerin “0” etrafında dağılan durağan bir sürece yaklaştığı belirlenmiştir. Covid-19 öncesi dönemde tüm logaritmik getiri serilerinin volatilité kümelenmeleri barındırdığı, Covid-19 sonrası dönemde ise Brent tipi ham petrol fiyatlarına, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranlarına ve S&P 500 endeksi değerlerine ait getiri değişimlerinin nispeten daha zayıf kaldığı tespit edilmiştir.

Sonuç itibarıyla fiyat ve logaritmik getiri serilerinin durağanlık davranışlarını görsel olarak ortaya koyan zaman yolu grafikleri, uygulanan birim kök testleri için faydalı ön bilgiler sağlamıştır.

Tablo 4’de, hem Covid-19 öncesi hem de Covid-19 sonrası dönemler için Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) test sonuçları yer almaktadır. Buna göre Covid-19 öncesi dönemde, S&P 500 (sabitli ve trendli model) ve VIX volatilité endeksi dışındaki fiyat serilerinin düzeyde birim kök içerdikleri saptanmıştır. Logaritmik getiri serilerinde ise, tüm değişkenler için hem ADF hem de PP testlerinin boş hipotezlerinin ret edildiği yani bu serilerinin birim kök içermedikleri tespit edilmiştir. Covid-19 sonrası dönem için de benzer bulgular elde edilmiştir. Buna göre Covid-19 sonrası dönemde, altın (sabitli model) ve VIX volatilité endeksi dışındaki fiyat serilerinin birim kök içerdikleri tespit edilmiştir. Logaritmik getiri serilerinin ise hem ADF hem de PP testleri sonucunda birim kök içermedikleri belirlenmiştir. Bu doğrultuda her iki dönem için de tüm değişkenlere ait logaritmik getiri serilerinin %5 önem düzeyinde birim kök içermedikleri anlaşılmıştır. Bunun yanı sıra gerçekleştirilen birim kök testlerinin seçiminde, ilgili literatür göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca, birinci nesil birim kök testleri, her ne kadar zaman serilerini birim köklü hesaplama eğiliminde olsada, çok değişkenli VAR-EGARCH yaklaşımında zaman serilerine ilişkin logaritmik getiri serilerinin kullanılması, birinci nesil birim kök testlerinin bu zayıflığının giderilmesine zemin hazırlamıştır.

Birim kök test sonuçlarından hareketle çok değişkenli VAR-EGARCH yaklaşımı kullanılarak VIX volatilité endeksinden altın, Brent tipi ham petrol, ABD Dolar endeksi, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranı ve S&P 500 endeksine doğru getiri ve volatilité yayılımları ikili modellemeler üzerinden tahmin edilmiştir. Kurulan VAR-EGARCH modeline ait vektör otoregresif kısım aracılığıyla getiriler arasındaki

kısa dönemli yayılımlar araştırılmıştır. Vektör otoregresif modelden elde edilen hata terimleri ile oluşturulan EGARCH modeli üzerinden ise, getiri serilerinin koşullu varyanslarındaki volatilitte yayılımları incelenmiştir (Çelik, Özdemir, Demir Gülbahar, 2018a, s. 96). Bu kapsamda VIX volatilitte endeksinden altına doğru getiri ve volatilitte yayılımları Tablo 5’de sunulmuştur:

Tablo 5: VIX endeksinden altına doğru getiri ve volatilitte yayılımı

	Covid-19 Öncesi		Covid-19 Sonrası	
	Çok Değişkenli VAR (1) – EGARCH		Çok Değişkenli VAR (7) – EGARCH	
Koşullu Ortalama Denklemi: $R_{i,t} = \beta_{i,0} + \sum_{j=1}^n \beta_{i,j} R_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
R _{Sabit}	0.0175	1.1033	0.0017	2.3933**
R _{GOLD, GOLD}	-0.0128	-0.7006	0.0214	0.4440
R _{GOLD, VIX}	-0.0004	-0.1996	-0.0109	-0.4067
Koşullu Varyans Denklemi: $\sigma_{i,t}^2 = \exp\{\alpha_{i,0} + \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j} f_j(z_{j,t-1}) + \gamma_1 \ln(\sigma_{i,t-1}^2)\}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
α _{Sabit}	-0.0581	-2.9417***	-0.0875	-2.0210**
α _{GOLD, GOLD}	0.0750	2.3968**	0.1028	2.1748**
α _{GOLD, VIX}	0.0062	0.9894	0.0110	0.3748
δ_1	-0.1686	-0.8680	0.3732	1.1287
γ_1	0.9944	174.1209***	0.9540	27.7932***
	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Ljung-Box Testi	9.2110*	0.6848	10.6140*	0.5623
ARCH-LM Testi	6.2055*	0.9054	16.1913*	0.1826
Not: Tabloda yer alan ***, ** ve * işaretleri, istatistik değerlerinin sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlı olduklarını ifade etmektedir. Ayrıca; “R” getiriyi, “ α ” volatilitteyi, “ δ_1 ” asimetrik etkiyi, “ γ_1 ” ise volatilitenin kalıcılığını temsil etmektedir.				

Ulaşılan sonuçlara göre altın piyasasının cari getirileri, hem Covid-19 öncesi hem de Covid-19 sonrası dönemde kendi gecikmeli getirilerinden ve VIX endeksinin gecikmeli getirilerinden etkilenmemiştir. Bu bulgu, altına ilişkin arz ve talep koşullarının dengede kalma düzeyinden ve uzun vadeli bir yatırım aracı olarak kısa vadeli değişimlere daha az duyarlı olmasından kaynaklanabilir. Koşullu volatilitte yayılımına bakıldığında ise, altın piyasasının, her iki dönemde de kendi gecikmeli şoklarından etkilendiği fakat VIX volatilitte endeksinin gecikmeli şoklarından etkilenmediği belirlenmiştir. Burada “ $\alpha_{i,j}$ ” katsayısının pozitif

hesaplanması, altın piyasasına ilişkin gecikmeli şoklarının, altın piyasasının volatilitesinde artış meydana getirdiği şeklinde ifade edilebilir. Bununla birlikte “ δ_1 ” katsayısı, Covid-19 öncesi ve sonrası dönemler için anlamsız bulunmuştur. Yani altın piyasasına gelen bilgi şokları asimetrik bir etkiye neden olmamıştır. Bu durumda, altın piyasasında yaşanan negatif şokların, aynı büyüklükteki pozitif şoklara kıyasla daha fazla volatiliteye neden olduğunu söylemek mümkün değildir. İstatistiki açıdan anlamlı ve “1”e oldukça yakın hesaplanan “ γ_1 ” katsayısı ise, altın piyasasının volatilitesinde meydana gelen şokların kısa bir sürede sönümlenmediğini, uzun bir süre devam ettiğini göstermiştir. Ayrıca, tanı testleri sonucunda, oluşturulan modellerin kalıntılarında herhangi bir otokorelasyon veya değişen varyans sorunu olmadığı, dolayısıyla modellerin herhangi bir spesifikasyon problemi taşımadığı saptanmıştır. VIX volatilité endeksinden Brent tipi ham petrole doğru getiri ve volatilité yayılımlarına ait bulgular ise Tablo 6’da belirtilmiştir:

Tablo 6: VIX endeksinden Brent tipi ham petrole doğru getiri ve volatilité yayılımı

	Covid-19 Öncesi		Covid-19 Sonrası	
	Çok Değişkenli VAR (6) – EGARCH		Çok Değişkenli VAR (1) – EGARCH	
Koşullu Ortalama Denklemi: $R_{i,t} = \beta_{i,0} + \sum_{j=1}^n \beta_{i,j} R_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
R_{Sabit}	-0.0341	-219.3952***	0.1003	1.3395
$R_{\text{BRENT, BRENT}}$	0.0219	102.1507***	0.0384	0.9494
$R_{\text{BRENT, VIX}}$	-0.0072	-6671.7997***	-0.0113	-1.2833
Koşullu Varyans Denklemi: $\sigma_{i,t}^2 = \exp\{\alpha_{i,0} + \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j} f_j(z_{j,t-1}) + \gamma_i \ln(\sigma_{i,t-1}^2)\}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
α_{Sabit}	-0.0532	-4.3116***	-0.1708	-3.7265***
$\alpha_{\text{BRENT, BRENT}}$	0.0787	4.0307***	0.2583	6.6899***
$\alpha_{\text{BRENT, VIX}}$	0.0041	0.7620	0.0345	1.5015
δ_1	-0.4760	-4.3029***	-0.3223	-2.2059**
γ_1	0.9939	431.3581***	0.9732	98.4563***
	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Ljung-Box Testi	9.2050*	0.6853	5.3280*	0.9461
ARCH-LM Testi	4.1152*	0.9813	7.3926*	0.8306
Not: Tabloda yer alan ***, ** ve * işaretleri, istatistik değerlerinin sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlı olduklarını ifade etmektedir. Ayrıca; “R” getiriyi, “ α ” volatilitéyi, “ δ_1 ” asimetrik etkiyi, “ γ_1 ” ise volatilitenin kalıcılığını temsil etmektedir.				

Covid-19 öncesinde, Brent tipi ham petrol getirilerinin kendi ve VIX volatilite endeksinin gecikmeli getirilerinden etkilendiği saptanmıştır. Ancak, Covid-19 sonrasında, her iki aktarım mekanizmasının da ortadan kalktığı dikkat çekmiştir. Bu farklılaşma, ham petrol piyasasında büyük sarsıntılara yol açan Covid-19 küresel salgınının, petrol piyasası dinamiklerinde yaşattığı değişimi göstermesi bakımından önem arz etmektedir. Ayrıca, Covid-19 öncesi ve sonrası dönemlerde, Brent tipi ham petrol piyasasının volatilitesine kendi gecikmeli şoklarından bir yayılım bulunmakta iken, VIX volatilite endeksinden Brent tipi ham petrol piyasasının koşullu volatilitesine doğru herhangi bir yayılım yaşanmamıştır. “ δ_1 ” katsayısı, Covid-19 öncesi ve sonrası dönemler için istatistiki olarak anlamlı ve negatif yönlü hesaplanmıştır. Bu bulgu, piyasaya gelen aşağı yönlü şokların aynı büyüklükteki yukarı yönlü şoklara oranla daha fazla volatiliteye neden olduğu şeklinde açıklanabilir. Öte yandan anlamlı ve “1”e oldukça yakın hesaplanan “ γ_1 ” katsayısı, Brent tipi ham petrol piyasasına gelen bilgi şoklarının kalıcı bir özellik sergilediği anlamına gelmektedir. Ljung-Box istatistikleri, tahmin edilen modellerin hata terimlerinde herhangi bir otokorelasyon ve değişen varyans probleminin olmadığını ortaya koymuştur. VIX volatilite endeksinden ABD Dolar endeksine doğru getiri ve volatilitte yayılım sonuçları ise Tablo 7’de gösterilmiştir:

Tablo 7: VIX endeksinden ABD dolar endeksine doğru getiri ve volatilitte yayılımı

	Covid-19 Öncesi		Covid-19 Sonrası	
	Çok Değişkenli VAR (1) – EGARCH		Çok Değişkenli VAR (1) – EGARCH	
Koşullu Ortalama Denklemi: $R_{i,t} = \beta_{i,0} + \sum_{j=1}^n \beta_{i,j}R_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
R _{Sabit}	0.0107	1.6465*	0.0079	0.6648
R _{DXY, DXY}	-0.0095	-0.5474	-0.0070	-0.2305
R _{DXY, VIX}	-0.0004	-0.3834	0.0062	4.7760***
Koşullu Varyans Denklemi: $\sigma_{i,t}^2 = \exp\{\alpha_{i,0} + \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j}f_j(z_{j,t-1}) + \gamma_i \ln(\sigma_{i,t-1}^2)\}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
α _{Sabit}	-0.0492	-5.2232***	-0.0057	-5.6452***
α _{DXY, DXY}	0.0546	5.5428***	0.0073	2.0572**
α _{DXY, VIX}	0.0047	1.4873	0.0100	3.2288***
δ_1	0.3553	2.3728**	0.1720	0.3184
γ_1	0.9973	440.0392***	0.9998	699.0708***
	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Ljung-Box Testi	4.1300*	0.9810	13.9400*	0.3045

ARCH-LM Testi 6.4746* 0.8903 8.0020* 0.7850

Not: Tabloda yer alan ***, ** ve * işaretleri, istatistik değerlerinin sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlı olduklarını ifade etmektedir. Ayrıca; “R” getiriyi, “ α ” volatilitiyi, “ δ_1 ” asimetrik etkiyi, “ γ_1 ” ise volatilitenin kalıcılığını temsil etmektedir.

Covid-19 öncesinde, ABD Dolar endeksinden ve VIX volatilité endeksinden ABD Dolar endeksine doğru herhangi bir getiri yayılımı elde edilememiştir. Fakat Covid-19 sonrasında, VIX endeksinden ABD Dolar endeksine doğru pozitif yönlü bir getiri yayılımına ulaşılmıştır. Salgın ile birlikte küresel piyasalarda artan risk ve belirsizlik algısı, küresel döviz piyasasında referans gösterge olarak kabul edilen ABD Dolar endeksi ile VIX endeksi arasındaki korelasyonu arttırmış olabilir. Benzer şekilde Covid-19 öncesinde, ABD Dolar endeksine yalnızca kendi gecikmeli şoklarından bir volatilité yayılımı söz konusu iken; Covid-19 sonrasında hem kendi hem de VIX endeksinin gecikmeli şoklarından volatilité yayımları belirlenmiştir. Başka bir farklılaşma, “ δ_1 ” parametresinde yaşanmıştır. Öyle ki Covid-19 öncesinde, ABD Dolar endeksine gelen bilgi şokları, bu endeksin koşullu volatilitesinde pozitif yönlü asimetrik bir etkiye neden olmuştur. Ancak, Covid-19 sonrasında, bu etkinin ortadan kalktığı görülmüştür. Bunun yanı sıra her iki dönem için de anlamlı ve “1”e oldukça yakın bir “ γ_1 ” katsayısı hesaplanmıştır. Dolayısıyla ABD Dolar endeksine gelen bilgi şoklarının yüksek kalıcılığa sahip oldukları gözlemlenmiştir. Tanı testleri ise, modellerin herhangi bir spesifikasyon problemi içermediğini ortaya koymuştur. VIX endeksinden ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranına doğru getiri ve volatilité yayımlarına ait bulgular Tablo 8’de sunulmuştur:

Tablo 8: VIX endeksinden ABD 10 yıllık tahvil faiz oranına doğru getiri ve volatilité yayılımı

	Covid-19 Öncesi		Covid-19 Sonrası	
	Çok Değişkenli VAR (1) – EGARCH		Çok Değişkenli VAR (1) – EGARCH	
Koşullu Ortalama Denklemi: $R_{i,t} = \beta_{i,0} + \sum_{j=1}^n \beta_{i,j}R_{j,t-1} + \epsilon_{i,t}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
R _{Sabit}	-0.0617	-1.5285	0.1975	2.1787**
R _{US10Y, US10Y}	-0.0377	-2.1722**	-0.0258	-0.8207
R _{US10Y, VIX}	0.0139	2.0499**	0.0114	0.8749
Koşullu Varyans Denklemi: $\sigma_{i,t}^2 = \exp\{\alpha_{i,0} + \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j}f_j(z_{j,t-1}) + \gamma_i \ln(\sigma_{i,t-1}^2)\}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
α _{Sabit}	-0.0431	-45.5038***	-0.1363	-4.5476***
α _{US10Y, US10Y}	0.0600	97.2656***	0.2574	4.6582***
α _{US10Y, VIX}	0.0032	1.6355	0.0181	1.1139

δ_1	-0.4701	-4.1796***	-0.0415	-0.3247
γ_1	0.9970	857.7169***	0.9656	66.8514***
	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Ljung-Box Testi	16.9040*	0.1533	16.9300*	0.1523
ARCH-LM Testi	13.3004*	0.3476	9.4511*	0.6640
Not: Tabloda yer alan ***, ** ve * işaretleri, istatistik değerlerinin sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlı olduklarını ifade etmektedir. Ayrıca; “R” getiriyi, “ α ” volatilitéyi, “ δ_1 ” asimetrik etkiyi, “ γ_1 ” ise volatilitenin kalıcılığını temsil etmektedir.				

Covid-19 öncesinde, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranının ve VIX endeksinin geçmiş dönem getirilerinden ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranına doğru getiri yayılımları elde edilmesine rağmen Covid-19 sonrasında, bu aktarım mekanizmalarına ulaşamamıştır. Burada getiri yayılımının zayıflaması, FED tarafından uygulanan genişlemeci para politikalarının beklenenden uzun sürmesi ile ilişkilendirilebilir. Diğer taraftan Covid-19 öncesinde, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranına ait gecikmeli şokların kendi koşullu volatilitésini etkilediği fakat VIX endeksinin gecikmeli şoklarından bu finansal varlığa doğru bir volatilité yayılımının olmadığı görülmüştür. Bu durum, Covid-19 sonrasında da değişmemiştir. Ayrıca Covid-19 öncesinde, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranına gelen aşağı yönlü şokların aynı büyüklükteki yukarı yönlü şoklara kıyasla daha fazla volatilitéye sebep olduğu fakat Covid-19 sonrasında, bu asimetrik etkinin ortadan kalktığı saptanmıştır. Anlamlı ve “1”e oldukça yakın hesaplanan “ γ_1 ” katsayısı ise, ABD borçlanma piyasasında yaşanan şokların kısa sürede sönümlenmediğini, uzun bir süre devam ettiğini göstermiştir. Tanı testleri sonucunda, oluşturulan modellerdeki standardize edilmiş kalıntılarda herhangi bir otokorelasyon ve değişen varyans sorunu olmadığı belirlenmiştir. VIX volatilité endeksinden S&P 500 endeksine doğru getiri ve volatilité yayılımlarına ait bulgular ise Tablo 9’da yer almaktadır:

Tablo 9: VIX endeksinden S&P 500 endeksine doğru getiri ve volatilité yayılımı

	Covid-19 Öncesi		Covid-19 Sonrası	
	Çok Değişkenli VAR (5) – EGARCH		Çok Değişkenli VAR (1) – EGARCH	
Koşullu Ortalama Denklemi: $R_{i,t} = \beta_{i,0} + \sum_{j=1}^n \beta_{i,j} R_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t}$				
	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
R_{Sabit}	0.0465	6.9911***	0.0324	11.7425***
$R_{\text{SP500, SP500}}$	-0.0397	-3.6032***	-0.0661	-5.4719***
$R_{\text{SP500, VIX}}$	0.0026	160.2065***	-0.0015	-91.4243***
Koşullu Varyans Denklemi: $\sigma_{i,t}^2 = \exp\{\alpha_{i,0} + \sum_{j=1}^n \alpha_{i,j} f_j(z_{j,t-1}) + \gamma_i \ln(\sigma_{i,t-1}^2)\}$				

	Katsayılar	t-İstatistikleri	Katsayılar	t-İstatistikleri
α Sabit	-0.1434	-5.1178***	-0.1150	-1.7781*
α SP500, SP500	0.2195	13.7159***	0.2585	4.5305***
α SP500, VIX	-0.0605	-1.8005*	-0.0988	-1.9944**
δ_1	-0.7041	-6.5348***	-0.2872	-3.2988***
γ_1	0.9592	168.4396***	0.9748	72.4628***
	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri	Q-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Ljung-Box Testi	4.0700*	0.9821	14.4640*	0.2721
ARCH-LM Testi	4.9443*	0.9598	5.0027*	0.9579

Not: Tabloda yer alan ***, ** ve * işaretleri, istatistik değerlerinin sırasıyla %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamlı olduklarını ifade etmektedir. Ayrıca; “R” getiriyi, “ α ” volatilitiyi, “ δ_1 ” asimetrik etkiyi, “ γ_1 ” ise volatilitenin kalıcılığını temsil etmektedir.

Tablo 9’a göre, S&P 500 endeksine ait cari getirilerin, Covid-19 öncesi ve sonrası dönemlerde, kendi gecikmeli getirilerinden ve VIX endeksinin gecikmeli getirilerinden etkilendiği, yani her iki dönemde de S&P 500 ve VIX endekslerinin gecikmeli getirilerinden S&P 500 endeksine doğru getiri yayılımlarının mevcut olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, VIX endeksinin geçmiş dönem getirileri kullanılarak, S&P 500 endeksinin gelecekteki getirilerinin tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir. Yine her iki dönemde de S&P 500 ve VIX endekslerinin gecikmeli şoklarından, S&P 500 endeksinin cari oynaklığına doğru volatilitite yayılımlarının gerçekleştiği anlaşılmıştır. Bu bulgu ise, ABD pay piyasasının kısa vadeli (30 günlük) beklenen oynaklığına ilişkin gecikmeli şokların, ABD pay piyasasının dalgalanma düzeyinin belirleyicileri arasında yer aldığını göstermektedir. Bunun yanında Covid-19 öncesi ve sonrası için “ δ_1 ” parametresi istatistiki olarak anlamlı ve negatif yönlü hesaplanmıştır. Şu hâlde S&P 500 endeksine gelen aşağı yönlü bilgi şoklarının, aynı büyüklükteki yukarı yönlü bilgi şoklarına kıyasla daha fazla volatiliteye yol açtığını dile getirmek mümkündür. Diğer modellerde olduğu gibi S&P 500 endeksi için oluşturulan modelde de hem Covid-19 öncesinde hem de Covid-19 sonrasında “ γ_1 ” katsayısı istatistiki açıdan anlamlı ve “1”e oldukça yakın bulunmuştur. Böylece S&P 500 endeksine gelen bilgi şoklarının kalıcı bir nitelik taşıdığı ve kısa bir sürede elimine olmadığı belirlenmiştir. Son olarak, spesifikasyon testleri, tahmin edilen modellerin hata terimlerinde herhangi bir otokorelasyon ve ARCH etkisinin bulunmadığını ortaya koymuştur.

SONUÇ

Bu çalışmada, VIX volatilitite endeksinden altın, Brent tipi ham petrol, ABD Dolar endeksi, ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranı ve S&P 500 endeksine doğru getiri ve volatilitite yayılımları, Covid-19 öncesi ve sonrası dönemler için çok değişkenli VAR-EGARCH yöntemi kullanılarak karşılaştırmalı bir şekilde

analiz edilmiştir. Koşullu ortalama denkleminde elde edilen bulgulara göre, altın piyasasının cari getirileri, hem Covid-19 öncesi hem de Covid-19 sonrası dönemde VIX volatilite endeksinin gecikmeli getirilerinden etkilenmemiştir. Yani VIX endeksinden altına doğru getiri yayılım dinamikleri, her iki dönem için de benzer yönde eğilim göstermiştir. VIX endeksinden Brent tipi ham petrole, ABD Dolar endeksine ve ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranına doğru getiri yayılım mekanizmaları ise, Covid-19 öncesinde ve sonrasında farklılaşmıştır. Öyle ki Covid-19 öncesi için VIX endeksinden Brent tipi ham petrole ve ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranlarına doğru getiri yayılımları bulunmasına rağmen Covid-19 sonrası için bu yayılımların ortadan kalktığı tespit edilmiştir. ABD Dolar endeksine ise, bunun tam tersi gerçekleşmiştir. İlave olarak, VIX endeksinden S&P 500 endeksine doğru getiri yayılımının, her iki dönem için de mevcut olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, VIX endeksine ait gecikmeli getiriler aracılığıyla S&P 500 endeksinin gelecekteki getirilerinin tahmin edilebileceği anlamına gelmektedir. Koşullu volatiliteye bakıldığında ise, VIX endeksinden altın piyasasına, Brent tipi ham petrole ve ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranına doğru Covid-19 öncesinde ve sonrasında herhangi bir volatilite yayılımı gözlemlenmemiştir. Ancak, Covid-19 sonrasında, VIX endeksinin gecikmeli şoklarından ABD Dolar endeksine doğru volatilite aktarımı saptanmıştır. Ayrıca, Covid-19 öncesinde ve sonrasında, VIX endeksinin gecikmeli şoklarından S&P 500 endeksine doğru volatilite yayılımlarına ulaşılmıştır.

İlgili literatür göz önünde bulundurulduğunda, Covid-19 öncesi için VIX endeksinden Brent tipi ham petrole doğru getiri yayılımının elde edilmesi, Jubinski ve Lipton (2013) ve Hapau (2023) ile paralellik göstermektedir. Yine Covid-19 öncesinde VIX endeksinden ABD 10 yıllık gösterge tahvil faiz oranına doğru getiri aktarımının bulunması; Öner (2018), Güneş (2022) ve Pham ve Nguyen (2022)'e ait çalışmaları desteklemektedir. Ancak, Covid-19 öncesi dönem baz alındığında, VIX endeksinden ABD Dolar endeksine doğru getiri yayılım sonuçları, Ercan ve Demirbaş (2020) ile örtüşmemektedir. Nitekim Covid-19 öncesinde VIX volatilite endeksi ile ABD Dolar endeksi arasında uzun dönemli ilişki tespit eden Ercan ve Demirbaş (2020)'in aksine bulgular, Covid-19 sonrasında VIX endeksinin artan rolüne işaret etmektedir. VIX endeksi ile S&P 500 arasındaki getiri ve volatilite yayılım sonuçlarına bakıldığında ise, ABD pay piyasası ile bu piyasanın 30 günlük beklenen volatilitelerini ölçen VIX endeksi arasındaki asimetric getiri ilişkisinin başta Fleming vd. (1995) ve Whaley (2000) olmak üzere birçok çalışmada bulgulandığı görülmektedir. Bu çalışmada da ilgili literatür ile uyumlu olarak Covid-19 öncesinde ve sonrasında VIX endeksinden S&P 500 endeksine doğru getiri yayılımları tespit edilmiştir. Ayrıca, her iki dönemde de VIX volatilite endeksinin gecikmeli şoklarından S&P 500 endeksine doğru volatilite yayılımlarına ulaşılması, Adrangi vd. (2019) ve Mensi vd. (2023) ile tutarlılık sergilemektedir.

Elde edilen bulguların, bireysel/kurumsal yatırımcıların tercihlerine, portföy/risk yönetimine ve politika yapımcıların kararlarına katkı sunması beklenmektedir. Altın piyasası katılımcılarının, VIX volatilité endeksinin hareketlerinden ziyade arz-talep koşullarına ve Merkez Bankalarının uyguladıkları rezerv politikalarına odaklanmaları daha uygun görünmektedir. Öte yandan ham petrol ve ABD borçlanma piyasalarında faaliyet gösteren kişi veya kurumların, VIX volatilité endeksinin Covid-19 sonrası dönemdeki azalan rolünü dikkate almaları yerinde olacaktır. Buna karşın ABD Dolar endeksini takip edenlerin, Covid-19 pandemisinin ardından VIX volatilité endeksinden ABD Dolar endeksine doğru getiri ve volatilité yayılımlarının önem kazandığını kavramaları, dolayısıyla da VIX endeksine ait gecikmeli getirileri ve şokları hesaba katmaları, daha doğru karar mekanizmaları oluşturmalarına yardımcı olacaktır.

Bu araştırmanın birtakım sınırlılıkları bulunmaktadır. Her ne kadar günlük veriler kullanılmak suretiyle veri seti genişletilmiş olsa da Covid-19 sonrası döneme ilişkin daha kesin sonuçların alınabilmesi, daha fazla veri kullanılarak analizlerin gerçekleştirilmesine bağlıdır. Bunun yanı sıra finansal yatırım araçlarından VIX endeksine doğru getiri ve volatilité yayılımlarının da araştırılması mümkündür. Kaldı ki günümüzde, VIX volatilité endeksi üzerine yazılan bazı türev enstrümanlar alınıp satılabilmektedir. Ayrıca, gelecek çalışmalara, VIX volatilité endeksi ile diğer uluslararası finansal yatırım araçları arasındaki aktarım mekanizmalarını incelemeleri önerilmektedir. Böylece başta portföy yönetimi olmak üzere çok sayıda finansal uygulama açısından oldukça yararlı bilgilere ulaşılabilecektir.

YAZAR BEYANI

Araştırmacılar makaleye ortak olarak katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Araştırmacılar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKÇA

- Adrangi, B., Chatrath, A., Macri, J., & Raffiee, K. (2019). Dynamic responses of major equity markets to the US fear index. *Journal of Risk and Financial Management*, 12(4), 1-23.
- Akçalı, B. Y., Mollaahmetoğlu, E., & Altay, E. (2019). Borsa İstanbul ve küresel piyasa göstergeleri arasındaki volatilité etkileşiminin DCC-GARCH yöntemi ile analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 14(3), 597 – 614.
- Alqahtani, A., & Chevallier, J. (2020). Dynamic spillovers between Gulf Cooperation Council's stocks, VIX, oil and gold volatility indices. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(4), 1-17.
- Baydaş, Y. (2023). Korku endeksi (VIX) ile BİST 100 ve BİST 30 endeksleri arasındaki volatilité etkileşiminin CCC- GARCH modeli ile tahmini. E. Kılıç (Ed.), *Para ve Sermaye Piyasalarında Teorik ve Ampirik Çalışmalar* (s. 157-170) içinde. Gaziantep: Özgür Yayınları.

- Bayramoğlu, M. F., & Abasız, T. (2017). Gelişmekte olan piyasa endeksleri arasında volatilité yayılım etkisinin analizi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (74), 183-200.
- Black, F. (1976). Studies of stock market volatility changes. *Proceedings of the American Statistical Association, Business and Economic Statistics Section* (s. 177-181). Washington D.C.
- Boateng, E., Adam, A. M., & Junior, P. O. (2021). Modelling the heterogeneous relationship between the crude oil implied volatility index and African stocks in the coronavirus pandemic. *Resources Policy*, 74, 1-14.
- Chandra, A., & Thenmozhi, M. (2015). On asymmetric relationship of India volatility index (India VIX) with stock market return and risk management. *Decision*, 42(1), 33-55.
- Chen, H. (2021). Analysis of influencing factors of financial market volatility based on cluster analysis. *Mobile Information Systems*, 2021, 1-13.
- Chen, W., Wei, Y., Lang, Q., Lin, Y., & Liu, M. (2014). Financial market volatility and contagion effect: A copula-multifractal volatility approach. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 398, 289-300.
- Cheuathonghua, M., Padungsaksawasdi, C., Boonchoo, P., & Tongurai, J. (2019). Extreme spillovers of VIX fear index to international equity. *Financial Markets and Portfolio Management*, 33(1), 1-38.
- Chiang, S.-M. (2012). The relationships between implied volatility indexes and spot indexes. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 57, 231-235.
- Çelik, İ., Özdemir, A., & Demir Gülbahar, S. (2018a). İslami hisse senedi endeksleri arasında getiri ve volatilité yayılımı: Gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalarda çok değişkenli VAR-EGARCH uygulaması. *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 1(2), 89-100.
- Çelik, İ., Özdemir, A., Gürsoy, S., & Ünlü, H. U. (2018b). Gelişmekte olan hisse senedi piyasaları ile kıymetli madenler arasındaki getiri ve volatilité yayılımı. *Ege Akademik Bakış*, 18(2), 217-230.
- Enders, W. (2014). *Applied econometric time series (4 baskı)*. John Wiley & Sons Inc.: Hoboken, New Jersey.
- Ercan, S., & Demirbaş, B. (2020). ABD dolar endeksi ile VIX korku endeksi arasındaki ilişki: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 15(2), 115-129.
- Eyüboğlu, K., & Eyüboğlu, S. (2022). Bist ana sektör endekslerinde zayıf formda etkinliğin yapısal kırılmalı uzun hafıza modelleri ile analizi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(2), 702-720.
- Fleming, J., Ostdiek, B., & Whaley, R. E. (1995). Predicting stock market volatility: A new measure. *The Journal of Futures Markets*, 15(3), 265-302.
- Fuentes, F., & Herrera, R. (2020). Dynamics of connectedness in clean energy stocks. *Energies*, 13(14), 1-18.
- Füss, R., Mager, F., Wohlenberg, H., & Zhao, L. (2011). The impact of macroeconomic announcements on implied volatility. *Applied Financial Economics*, 21(21), 1571-1580.

- Garner, C., & Brittain, P. (2009). *Commodity options: Trading and hedging volatility in the world's most lucrative market*. Upper Saddle River, New Jersey: FT Press.
- Giot, P. (2005). Relationships between implied volatility indexes and stock index returns. *The Journal of Portfolio Management*, 31(3), 92-100.
- Güneş, H. (2022). VIX, dolar endeksi ve ABD 10 yıllık devlet tahvili faizi arasındaki nedensellik ilişkisi. *4 th International Congress on Multidisciplinary Social Sciences* (s. 174-183). Ankara: Bidge Yayınları.
- Hacıhasanoğlu, E. (2003). *Menkul kıymet piyasalarında volatilitenin modellenmesi: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası için bir deneme*. Ankara: Sermaye Piyasası Kurulu.
- Hacıhasanoğlu, E., & Soytaş, U. (2009). Global risk algılamasının gelişmekte olan piyasalara etkisi: Türkiye örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(1), 39-50.
- Hapau, R. G. (2023). Capital market volatility during crises: Oil price insights, VIX index, and gold price analysis. *Management & Marketing*, 18(3), 290-314.
- Ji, Q., Bouri, E., & Roubaud, D. (2018). Dynamic network of implied volatility transmission among US equities, strategic commodities, and BRICS equities. *International Review of Financial Analysis*, 57, 1-32.
- Jubinski, D., & Lipton, A. F. (2013). VIX, gold, silver, and oil: How do commodities react to financial market volatility? *Journal of Accounting and Finance*, 13(1), 70-88.
- Kalotychou, E., & Staikouras, S. K. (2009). An overview of the issues surrounding stock market volatility. G. Gregoriou (ed.), *Stock market volatility* (s. 3-30) içinde. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Kang, S. H., Hernandez, J. A., Rehman, M. U., Shahzad, S. J., & Yoon, S.-M. (2023). Spillover and hedging between US equity sectors and gold, oil, Islamic stocks, and implied volatilities. *Resources Policy*, 81, 1-47.
- Kaya, A., & Çoşkun, A. (2015). VIX endeksi menkul kıymet piyasalarının bir nedeni midir? Borsa İstanbul örneği. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 16(1), 175-186.
- Koutmos, G. (1996). Modeling the dynamic interdependence of major European stock markets. *Journal of Business Finance & Accounting*, 23(7), 975-988.
- Koutmos, G., & Booth, G. G. (1995). Asymmetric volatility transmission in international stock markets. *Journal of International Money and Finance*, 14(6), 747-762.
- Kutlu, M., & Türkoğlu, D. (2023). Volatilite endeksi (VIX) ve kırılğan beşli ülkelerin borsa endeksleri arasında volatilite etkileşimi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(2), 125-136.
- Mensi, W., Kamal, M. R., Vo, X. V., & Kang, S. H. (2023). Extreme dependence and spillovers between uncertainty indices and stock markets: Does the US Market Play a Major Role? *The North American Journal of Economics and Finance*, 68, 1-51.

- Mishra, P., & Debasish, S. S. (2020). Exploring relationship between stock market indices and India volatility index using econometric analysis. *International Journal of Management*, 11(12), 919-930.
- Mittal, R., Narwal, K. P., & Sheera, V. P. (2021). Risk-return relationship in Asian, American and European stock market. *The Singapore Economic Review*, 66(5), 1397-1420.
- Nelson, D. B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 59(2), 347-370.
- Önem, H. B. (2021). VIX (korku endeksi) ile BİST endeksleri arasındaki volatilite etkileşiminin DCC-GARCH modeliyle analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(3), 2084-2095.
- Öner, H. (2018). Altın, petrol, döviz kuru, faiz ve korku endeksi arasındaki ilişki üzerine bir çalışma. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 10(19), 396-404.
- Özdemir, L. (2020). VIX endeksinin BİST30 endeks ve BİST30 vadeli işlem getirisi volatilitelere etkisinin EGARCH modeli ile karşılaştırılması. *Journal of Yasar University*, 15(59), 534-543.
- Pham, L., & Nguyen, C. P. (2022). How do stock, oil, and economic policy uncertainty influence the green bond market? *Finance Research Letters*, 45, 1-10.
- Polat, M., & Kılıç, E. (2022). BRICS ülkelerinde döviz kuru ve borsa arasındaki getiri ve volatilite etkileşimi: VAR-EGARCH modeli ile bir uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (49), 539-551.
- Poon, S.-H., & Granger, C. W. (2003). Forecasting volatility in financial markets: A review. *Journal of Economic Literature*, 41(2), 478-539.
- Sayın, S., Doğru, E., & Gürsoy, S. (2020). Dolar kuru ile seçili BIST şehir endeksleri arasında getiri ve volatilite yayılımı: Çok değişkenli VAR-EGARCH uygulaması. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (49), 441-466.
- Sertkaya, B. (2022). Korku endeksi (VIX) ile emtia piyasaları arasındaki ilişkinin ampirik analizi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (31), 87-103.
- Taşer, M. (2013). *BIST 30 endeksi ile Amerikan 10 yıllık tahvil faizi ve CBOE volatilite endeksi arasındaki ilişki* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Topaloğlu, E. E. (2019). CBOE VIX endeksi ile OECD ülke borsaları arasındaki volatilite yayılımı: CCC-MGARCH modeli ile ampirik bir araştırma. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3), 574-595.
- Tuncay, M. (2021). VIX korku endeksinin BIST sektör endeksleri ile volatilite etkileşiminin CCC-GARCH ile araştırılması: 2013-2020 dönemi. *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(21), 126-146.
- Whaley, R. E. (2000). The investor fear gauge. *The Journal of Portfolio Management*, 26(3), 12-17.
- Whaley, R. E. (2009). Understanding the VIX. *The Journal of Portfolio Management*, 35(3), 98-105.