

Research Article | Araştırma Makalesi

Kripto paralar ve Batı Teksas ham petrol getirisi ilişkisi: Granger ve Toda Yamamoto nedensellik analizleri ile incelenmesi

Figen Aldı**İlhan Küçük Kaplan****Eyyüp Ensari Şahin**Doktor Adayı, Pamukkale Üniversitesi, famca07@posta.pau.edu.tr, [0000-0002-8583-1705](https://orcid.org/0000-0002-8583-1705)Prof. Dr., Pamukkale Üniversitesi, ikkaplan@pau.edu.tr, [0000-0001-6926-3659](https://orcid.org/0000-0001-6926-3659)Doç. Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, ensarisahin@ohu.edu.tr, [0000-0003-2110-7571](https://orcid.org/0000-0003-2110-7571)

Corresponding author/Sorumlu yazar: Figen Aldı

Öz

Bu çalışmada ortaya ilk çıkarılan on kripto para getiri ve işlem hacimleri ile birlikte varil başına Batı Teksas (WTI) ham petrol getirileri arasındaki ilişki test edilmiştir. Analiz için 29 Nisan 2013 – 04 Ağustos 2024 arası günlük veriler kullanılmıştır. Çalışmada ampirik olarak Granger ve Toda Yamamoto Nedensellik Analizi'nden yararlanılmıştır. Her iki analize göre WTI ile Bitcoin (BTC) arasında negatif tek yönlü ilişkiye rastlanmıştır. Granger nedensellik analizine göre WTI ile Ethereum (ETH) arasında, Toda Yamamoto nedensellik analizine göre ise WTI ile Filecoin (FIL) getirisi arasında negatif çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular enerji fiyatlarında yaşanan dalgalanmaların küresel finansal istikrara etkilerini ortaya koymuştur. Enerji piyasalarındaki sürdürülebilirlik hedefleri ile blok zinciri teknolojisinin çevresel etkilerini en aza indirmek için uluslararası regülasyonların geliştirilmesi ve bütüncül politikalar oluşturulması gerekmektedir. Bu öneriler kripto para birimlerinin, enerji piyasalarından kaynaklanan volatiliteye karşı daha dayanıklı hale getirilmesi için stratejik bir yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kripto Para, WTI Ham Petrol, Granger Nedensellik, Toda Yamamoto Nedensellik **JEL Kodları:** F30, F65, G15

Relationship between cryptocurrencies and West Texas intermediate crude oil returns: Investigation with Granger and Toda Yamamoto causality analyses

Abstract

In this study, the relationship between the first ten cryptocurrency yields and transaction volumes and West Texas Intermediate (WTI) crude oil yields per barrel was tested. Daily data between April 29, 2013 and August 04, 2024 was used for the analysis. Granger and Toda&Yamamoto Causality Analysis were used empirically in the study. According to both analyzes, a negative unidirectional relationship was found between WTI and Bitcoin (BTC). In accordance with Granger causality analysis, a negative bidirectional causality relationship was found between WTI and Ethereum (ETH), and according to Toda Yamamoto causality analysis, a negative bidirectional causality relationship was found between WTI and Filecoin (FIL) yield. The findings revealed the effects of fluctuations in energy prices on global financial stability. In order to minimize the environmental impacts of blockchain technology with sustainability goals in energy markets, international regulations should be developed and holistic policies should be established. These recommendations provide a strategic roadmap for making cryptocurrencies more resilient to volatility originating from energy markets.

Keywords: Cryptocurrency, WTI Crude Oil, Granger Casualty, Toda Yamamoto Casualty **JEL Codes:** F30, F65, G15**Extended Summary**

This study investigates the intricate causality relationship between WTI crude oil returns and the returns and trading volumes of major cryptocurrencies, including BTC, ETH, LTC, DOGE, DASH, XLM, XRP, XMR, ZEC, and FIL. Using approximately ten years of daily data, the research employs Granger causality and Toda & Yamamoto causality analyses to uncover both short- and long-term interconnections between these two markets. The findings reveal the complex interplay between the energy and cryptocurrency markets, highlighting their mutual influence and the implications for investors, policymakers, and financial markets at large.

The need for this research arises from the lack of studies examining the relationship between WTI crude oil and cryptocurrencies using long-term daily data. By filling this gap, the study contributes to the literature by offering a deeper understanding of the dynamic nature of financial markets and aiding investors in anticipating market movements. Moreover, the research provides

How to cite this article / Bu makaleye atıf vermek için:Aldı, F., Küçük Kaplan, İ., & Şahin, E. E. (2025). Kripto paralar ve Batı Teksas ham petrol getirisi ilişkisi: Granger ve Toda Yamamoto nedensellik analizleri ile incelenmesi. *KOCATEPEİİBFD*, 27(1), 30-43. <https://doi.org/10.33707/akuiibfd.1599850>

actionable insights into the interdependence of these markets, serving as a guide for investment strategies, risk management, and regulatory frameworks.

Empirical analysis reveals significant causality relationships between WTI crude oil returns and cryptocurrency performance. Notably, Toda & Yamamoto results indicate unidirectional causality from WTI to BTC and ETH returns, as well as bidirectional causality with FIL returns. Granger causality analysis confirms the relationship between WTI and BTC returns but differs slightly regarding ETH and FIL, highlighting the nuanced dynamics across methodologies. These findings underline the sensitivity of cryptocurrencies, particularly BTC, ETH, and FIL, to energy market fluctuations, emphasizing the necessity of integrating energy market dynamics into cryptocurrency analyses.

The policy implications of this research are extensive. The study underscores the need for integrated risk management strategies to mitigate the effects of energy price shocks on cryptocurrency markets. For example, early warning systems based on macroeconomic indicators could help monitor vulnerabilities. Policymakers should also consider flexible, risk-based regulatory frameworks for cryptocurrencies, taking into account their diverse responses to external events. Mechanisms addressing liquidity and volatility can help manage the spillover effects between energy and financial markets.

Sustainability emerges as another critical area of focus. Promoting renewable energy use in cryptocurrency mining and incentivizing efficient mining equipment or alternative consensus mechanisms like Proof-of-Stake could reduce the energy costs and environmental impact associated with mining. Market monitoring and oversight are also necessary to stabilize energy price volatility's effect on cryptocurrencies, thus limiting excessive speculation. Academic collaboration and ongoing research in this domain are essential to enhance understanding and inform effective policymaking.

This study acknowledges its limitations, including a focus on specific cryptocurrencies and energy markets. Future research could expand the dataset to include additional cryptocurrencies and energy commodities while exploring broader macroeconomic linkages. Examining the long- and short-term dynamics more comprehensively will further illuminate the complex interactions between these markets. Moreover, exploring the varying responses of different cryptocurrencies to energy shocks, particularly BTC, ETH, and FIL, could inform more tailored risk management and portfolio strategies.

In conclusion, this research highlights the deep interconnection between WTI crude oil and cryptocurrency markets, offering valuable insights for navigating their complexities. By bridging gaps in the literature and providing actionable recommendations, it lays a foundation for more resilient investment strategies and policy frameworks in an increasingly interconnected global financial ecosystem. Understanding these dynamics is not only crucial for optimizing financial strategies but also for fostering sustainable and well-regulated markets in the face of economic uncertainties.

1. Giriş

Son yıllarda finansal piyasalar, dijitalleşmenin etkisiyle hızla dönüşmektedir. Bu dönüşüm, geleneksel enerji emtialarından olan ham petrol ile hızla büyüyen dijital varlıklar arasında yeni dinamik ilişkiler doğurmuştur. Özellikle, WTI ham petrol fiyatları, küresel enerji piyasasında referans bir gösterge olarak kabul edilmekte ve ekonomik faaliyetler üzerinde güçlü bir etkide bulunmaktadır. Öte yandan, fiziksel bir forma sahip olmayan kripto para birimleri, merkeziyetsizlik, yüksek volatilité ve bağımsızlık özellikleriyle alternatif bir yatırım aracı olarak popüleritesini artırmıştır.

Kripto paralarla ilişkili olarak daha fazla ayrıntıya yer vermek gerekirse, kripto paralarla ilgili işlemler blok zincir adı verilen dağıtık bir defter üzerine kaydedilmektedir. Kripto paraların temelini oluşturan blok zincir, işlemleri şeffaf bir şekilde kaydeden bir teknoloji olmakla birlikte, güvence altına almak için değiştirilemez bir yapıya sahiptir. Kripto paralar, geleneksel finansal sistemlere göre daha hızlı ve düşük maliyetli uluslararası işlemler sunmaktadır. Bununla birlikte merkezi olmayan finans (DeFi) platformlarının temelini oluşturmakta ve siber saldırılara karşı daha dirençlidir.

Ham petrol ve kripto para piyasaları, görünüşte farklı işleyiş mekanizmalarına sahip olsalar da BTC'nin konut piyasasındaki çöküşün ardından Mortgage kriziyle Lehman Brothers'in iflası sonrasında oluşturulmasıyla birlikte, yatırımcı davranışları, küresel ekonomik koşullar ve piyasa likiditesi gibi etkenler, bu iki piyasa arasında potansiyel bir nedensellik ilişkisi olabileceğine işaret etmektedir. Örneğin, enerji maliyetlerinin artması, kripto para madenciliği için gerekli olan elektrik maliyetini etkileyebilmekte ve bu da kripto piyasalarına dolaylı olarak yansiyabilmektedir. Benzer şekilde, kripto paraların yüksek volatilitesi, yatırımcıların risk iştahını etkileyerek petrol talebine yönelik dolaylı etkiler oluşturabilmektedir.

İlk kripto paranın ortaya çıkışından bu yana konuyla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış olup, söz konusu çalışmalardan (Selmi vd., 2018; Corbet vd., 2020; Maghyreh ve Abdoh, 2020; Okorie ve Lin, 2020; Rehman ve Kang, 2020) genel olarak elde edilen bulgulara göre ise BTC başta olmak üzere, kripto paraları ham petrol varlıkları ile bir yatırım portföyüne dahil etmenin riskten korunmak için önemli bir tedbir oluşturduğu görülmektedir. Bu konu yatırımcılar açısından da portföy çeşitlendirmesinde güvenli bir liman arayışı kapsamında ilgi odağı haline gelmiştir.

Kripto para getiri ve işlem hacimleriyle varil başına Batı Teksas (WTI) ham petrol getirileri arasındaki ilişkinin incelenmesinin ardındaki iki ana sebep, piyasa dinamiklerinin karşılaştırılmasının yanı sıra portföy çeşitlendirmesi ve risk yönetimi perspektifidir. Kripto para piyasaları, finansal piyasalar arasında yüksek volatiliteye, bağımsız hareket etme eğilimine ve benzersiz piyasa dinamiklerine sahip bir varlık sınıfını temsil etmektedir. Öte yandan, WTI ham petrolü, geleneksel emtia piyasalarının önemli bir göstergesidir ve enerji talebi, jeopolitik riskler ve ekonomik büyüme gibi makroekonomik faktörlerden etkilenir. Bu iki piyasa arasında getiriler açısından bir ilişki olup olmadığını incelemek, farklı varlık sınıfları arasındaki korelasyon dinamiklerini anlamak için önemlidir. Bununla birlikte hem kripto para birimleri hem de ham petrol, yatırımcıların portföy çeşitlendirme stratejilerinde sıklıkla değerlendirilen varlık türleridir. Eğer bu iki varlık sınıfı arasında bir ilişki varsa, bu durum yatırımcılar için potansiyel bir risk faktörü veya çeşitlendirme fırsatı sunabilir. Özellikle, bu ilişkinin zamanla nasıl değiştiğini anlamak, yatırım stratejilerinde daha bilinçli kararlar alınmasını sağlayabilir. Dolayısıyla, bu iki piyasa arasındaki ilişkinin test edilmesi hem teorik hem de uygulamalı finans literatürüne katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmada, “kripto paralar” gibi finansal piyasalarda yeni ortaya çıkan varlık sınıflarının “WTI ham petrol” gibi geleneksel varlıklarla “uyaran-tepki” ilişkileri incelenecek ve bu iki piyasa arasındaki etkileşimi anlamaya yönelik kapsamlı bir analiz sağlanmaya çalışılacaktır. Çalışma, finansal piyasaların karmaşık doğasını anlamaya ve yatırımcıların farklı piyasa hareketlerini öngörmelerine katkı sunmayı hedeflemektedir. Ayrıca, bu iki piyasa arasındaki nedensellik ilişkilerini analiz etmek, küresel ekonomik belirsizlikler döneminde yatırım stratejilerinin optimize edilmesi için önemli bir referans oluşturacaktır.

Örneklem olarak yaklaşık 6000 kripto para birimi arasından geçmiş en eskiye dayalı BTC, ETH, Litecoin (LTC), Dogecoin (DOGE), Dashcoin (DASH), Stellar (XLM), Ripple (XRP), Monero (XMR), ZCash (ZEC) ve FIL kripto para birimleri seçilmiştir. Bunun nedeni gözlem sayısının çokluğuna bağlı olarak en çok veriyi içeren kripto para birimleri olmalarıdır. Bununla birlikte çalışmada WTI ham petrol fiyatları kullanılmış olup her değişken için günlük veriler kullanılmıştır. Analizde kripto para getiri ve hacimleri ile ham petrol getirisi arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada her iki piyasa arasındaki dinamik etkileşimleri anlamak için etkili ve tamamlayıcı olan Granger ve Toda Yamamoto Nedensellik analizi uygulanmış olup her ikisinde de elde edilen bulgular birbirini destekler niteliktedir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde literatür taramasına, üçüncü bölümünde veri setine, dördüncü bölümünde ise ekonometrik metodolojiye yer verilmiştir. Beşinci bölümde yapılan analizlere ilişkin bulgular ortaya konulmuştur. Son bölüm olan altıncı bölümde ise elde edilen bulgular ışığında ortaya çıkan sonuç ile birlikte tartışmaya ve neticede elde edilen çıkarımlara ilişkin politika önerisi sunulmuştur.

2. Literatür Taraması

Finansal piyasalarda, zaman serileri arasındaki ilişki çoğu araştırmacı tarafından incelenen bir konu olmuştur. 2009 yılından günümüze kadar olan süreçte, gündemde olan kripto paraların çeşitli değişkenlere ait getiriler üzerinde etkisinin olup olmadığı, farklı yöntemler kullanılarak araştırmacılar tarafından tespit edilmeye çalışılmıştır.

Literatür, enerji ve finansal piyasalardaki değişimlerin Bitcoin ve diğer kripto paralar üzerindeki etkilerini değerlendiren çok sayıda çalışmayı içermektedir. Bu çalışmalarda genellikle Bitcoin'in petrol, altın, döviz ve hisse senedi piyasalarıyla ilişkileri incelenmiş, bu ilişkilerin hem kısa hem uzun vadeli etkileri analiz edilmiştir. Çalışmayla ilgili kaynaklar, konu bütünlüğünün sağlanabilmesi için, nedensellik ilişkisinin var olduğu ve var olmadığı şeklinde ele alınarak, iki ana grup altında toplanmıştır.

Kripto paralar ile diğer değişkenlerin ilişkili olduğu çalışmalardan birisi olan Van Wijk (2013), Dow Jones Endeksi, euro-dolar döviz kuru ve petrol fiyatı gibi çeşitli finansal göstergelerin Bitcoin'in üzerindeki etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak, Bitcoin' in değerini bahsi geçen bağımsız değişkenlerin *önemli ölçüde etkilediğini gösteren kanıtlar* bulmuştur. Bundan dolayı, Bitcoin' e yatırım yapılırken ekonomik performansın ve büyümenin yakından izlenmesi gerektiğini savunmuştur. Benzer şekilde, Bitcoin fiyatı ile hisse senedi fiyatı endeksi, petrol fiyatı ve Bitcoin günlük işlem hacmi gibi bazı değişkenler arasındaki ilişkiyi test etmek isteyen Wang vd. (2016), Ocak 2011- Nisan 2016 arası dönemi ele almıştır. Çalışmada, eş bütünleşme analizi ve VEC (Vektör Hata Düzeltme) modelini kullanmıştır. Kısa dönem için Bitcoin fiyatı üzerinde hisse senedi fiyat endeksine kıyasla, petrol fiyatı ve Bitcoin işlem hacminin çok az etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Uzun vadede, Bitcoin fiyatı üzerinde hisse senedi fiyat endeksi ve petrol fiyatı değişkenlerinin olumsuz *etkisini tespit etmiştir*. Bitcoin günlük işlem hacminin ise, diğer değişkenlerin aksine olumlu etkilediğini gözlemiştir. Öztürk vd. (2018), veri kümesi olarak Ocak 2013 – Ocak 2018 periyodunu kullanmıştır. Çalışma, altın, NASDAQ, S&P 500, NIKKEI 225, Bloomberg Emtia Endeksi (BEE), Petrol (Crude Oil) ve ABD 10 yıllık bono faizinin BTC/USD gibi bağımsız değişkenleri içermektedir. Johansen Eş bütünleşme Testi'nin kullanıldığı çalışmada, Bitcoin'in altın dışında diğer varlıklardan *bağımsız hareket ettiğini gözlemiştir*. Benzer bir şekilde, Gajardo vd. (2018), 13 Eylül 2005 - 25 Ağustos 2017 arası dönemler için BTC, WTI, altın ve Dow Jones Endüstriyel Ortalaması (DJIA) arasındaki ilişkiyi çoklu fraktal asimetric eğimli çapraz korelasyon yöntemi ile analiz etmiştir. Bitcoin' in, çapraz korelasyonda altın ve DJIA'ya göre *daha büyük bir çoklu fraktal spektrum gösterdiği izlenimine varmıştır*. Enerji fiyatlarının rolü özellikle Selmi vd. (2018) ve Jin vd. (2019) gibi çalışmalarda vurgulanmıştır.

Selmi vd., 13 Eylül 2011 - 29 Ağustos 2017 arasındaki Bitcoin, altın ve petrol değişkenlerini kantil regresyon modeli ile incelemiştir. Bulgular, Bitcoin ve altının hem güvenli bir liman hem de petrol fiyatı hareketleri için *çeşitlendirici bir rolü olduğunu göstermiştir*. Jin vd. (2019), Bitcoin, altın ve ham petrol gibi yaygın olarak kullanılan üç riskten korunma varlığının 10 Mayıs 2013 ile 7 Eylül 2018 arası verilerini ele almıştır. Çalışmada, Çoklu Fraktal Trendden Arındırılmış çapraz korelasyon analizi (MF-DCCA), çok değişkenli GARCH (MVGARCH) ve bilgi paylaşımı (IS) analizini kullanmıştır. Altın ve ham petrol piyasaları arasındaki dinamik korelasyonlar neredeyse pozitifken, Bitcoin ile altın arasındaki ve Bitcoin ile petrol piyasaları *arasındaki korelasyonları tüm dönemler boyunca negatif* olarak bulmuştur. Avşarlıgil (2020), WTI, BTC ve Euro / Dolar paritesi değişkenleri için ilk olarak Granger nedensellik analizi yapmıştır. Sonrasında, Johansen Eş bütünleşme analizi uygulamıştır. Ek olarak, Covid-19 salgını ile ilgili değişkenlerde yapısal kırılma olup olmadığını incelemek için Zivot-Andrews birim kök testini kullanmıştır. *Değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisinin olmadığı tespit ederken, salgın sonrası dönem için ilişki olduğunu gözlemlemiştir*. Aynı şekilde Covid-19 etkilerini inceleyen Forouton ve Lahmire (2024), Covid-19 öncesi ve sırasındaki, en çok işlem hacmine sahip 10 kripto para birimiyle altın ve ham petrol piyasaları arasındaki bağlantıyı ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. 1 Ocak 2019 – 31 Aralık 2020 arası verilerden hareketle eş bütünleşme olmadan ARDL modeli kullanarak kısa vadeli ilişkileri tahmin etmiştir. Aynı zamanda Johansen ve Bounds eş bütünleşme testleri uygulayarak kısa vadeli ilişkiler için VAR, uzun vadeli ilişkiler için VECM modeli ile tahmin yapmıştır. Covid-19 salgını öncesinde kripto para birimleri ile altın ve ham petrol arasında *önemli bir kısa vadeli ilişki gözlemlenmiş olup, salgın sırasında gecikmeli WTI ve Brent ham petrol getirilerinin BTC getirileriyle önemli bir ilişki gösterdiğini doğrulamıştır*. Genel olarak, salgının ortaya çıkmasıyla ham petrol ve altın piyasalarının BTC, LTC, XMR, LINK (ChainLink) ve BCH (Bitcoin Cash) yatırımları için *güvenli liman olduğu sonucuna ulaşmıştır*. Gkillas vd. (2020), 2 Aralık 2014 - 10 Haziran 2018 tarih aralığındaki ham petrol, altın ve Bitcoin piyasalarına ait verileri Granger nedensellik testi ile analiz etmiştir. Sonuç olarak, Bitcoin ile altın arasındaki ilişkiye kıyasla, altın ve ham petrol ile Bitcoin ve ham petrol arasında daha zayıf bir *ilişki olduğu bulgusuna ulaşmıştır*. Su vd. (2020), 2010-2020 yılları arası Bitcoin ve petrol fiyatlarını Granger nedensellik analizi ile test etmiştir. Petrolden Bitcoin'e doğru iletilen şokların hem olumlu hem de olumsuz yönde olduğu, Bitcoin' den petrole ise yalnızca olumsuz bir *etkisi olduğu tespitine varmıştır*. Dutta vd. (2020), Aralık 2014 - Mart 2020 arası dönemi kapsayan çalışmalarında Bitcoin, altın ve ham petrolü ele almıştır. DCC-GARCH modelini kullanılıp, altının küresel ham petrol piyasaları için güvenli bir liman varlığı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bitcoin'in ham petrol için yalnızca *çeşitlendirici bir görev gördüğü, yatırımcıların petrol ve BTC piyasalarında varlık tutmak yerine, portföylerine petrol ve altın dahil ederek riski en aza indirdiklerini gözlemlemiştir*. Ha (2022), petrol ve kripto para piyasası arasındaki dinamik bağlantıyı test etmek için ham petrol ve piyasa değerine göre en büyük sekiz kripto para biriminin 1 Ocak 2018 - 1 Ağustos 2021 tarihleri arasındaki günlük kapanış fiyatlarını ele almıştır. İlk olarak oynaklık şokları ve değişkenler arasındaki ayrımı yakalamak için net çiftler halinde oynaklık yayılımından (NVPSI) yararlanmıştır. İkinci adımda farklı piyasaların birbirleriyle olan bağımlılık düzeyini yansıtabilmek için oynaklık taşıma endeksini ölçmek üzere dinamik koşullu regresyon (DCC) modelini tahmin etmek için yarı-maksimum olasılık (QML) tahmin edicisini kullanmıştır. Sonuçlar, petrol piyasası ile kripto para piyasası oynaklıkları arasında *zamanla değişen bir bağlantı olduğunu doğrulamıştır*. Son olarak, enerji piyasası ve kripto paralar arasındaki bağlantı, spekülasyon davranışlar ve volatilité üzerinden şekillenebilir. Akbulaev ve Abdulhasanov (2024), çalışmasında 5 Ocak 2020- 26 Aralık 2021 arası haftalık veriler kullanarak Brent petrol, WTI ham petrol ve doğal gaz fiyatlarının Bitcoin üzerindeki etkilerini incelemiştir. Veriler arasındaki eş bütünleşme katsayısı ve ilişkiyi gösteren FMOLS ve DOLS testleri uygulamıştır. FMOLS testine göre Brent petrol fiyatındaki %1'lik artışın BTC fiyatını %0,000176 oranında, WTI ham petroldeki %1'lik artışın BTC fiyatını %0,000180 oranında artırdığı; DOLS testine göre ise BTC fiyatındaki %1'lik artışın Brent petrolü %77,86132 oranında artırdığı sonucuna ulaşmıştır.

Kripto paraların diğer değişkenler üzerinde rol oynamadığını tespit eden Das vd. (2019), 20 Temmuz 2010 - 20 Haziran 2019 yılları için Bitcoin, altın, petrol ve ABD doları arasındaki ilişkiyi GARCH ve kuantil regresyon kullanarak test etmiştir. Petrolle ilgili belirsizlikleri ortadan kaldırmada Bitcoin'in diğerlerine göre daha üstün bir varlık olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Urom vd. (2020), Nisan 2013 ile Mayıs 2018 dönemlerinde Bitcoin, altın, ham petrol, Fransa (FRA), Finlandiya (FIN), Almanya (GER), İrlanda (IRE), Hollanda (NETH), İspanya (SPA), İsveç (SWE), İsviçre (SWT), Birleşik Krallık (İngiltere), Avustralya (AUS), Japonya (JAP) ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) gibi 12 hisse senedi piyasasını ele almıştır. Değişkenleri, Bayes Zamanla Değişen Parametrelî Vektör Otoregresif (TVP-VAR) modeli ile incelemiştir. Ham petrol, tüm hisse senedi piyasaları ve altın ile pozitif bir korelasyon içindeyken, Bitcoin ile negatif ilişkili olduğunu görmüştür. Bitcoin, ABD, İspanya, Finlandiya, Avustralya ve Japonya dahil olmak üzere beş hisse senedi piyasası ve altın ile pozitif olarak ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Ha ve Nham (2022), 01.01.2018-01.08.2021 arası günlük verilere dayanarak BTC, altın, S&P 500 Endeksi ve WTI ham petrol arasındaki bağlantıyı incelemiştir. Bunun için Değişen Parametrelî Vektör Otoregresif (TVP- VAR) modelini kullanmıştır. Covid-19' un yaygın olduğu belirsizlik dönemlerinde çiftler arası bağlantı tahminleri sonucunda ham petrolün diğer piyasalardan gelen şoklara tepki verdiğini ve diğer piyasaları etkilediğini gözlemlemiştir.

Bu literatür bir bütün olarak değerlendirildiğinde, enerji fiyatlarındaki şokların kripto para piyasaları üzerindeki dolaylı etkilerinin önemli olduğu ve bu etkilerin zamanla değişen dinamikler sergilediği görülmektedir. Kripto paraların yatırım portföylerindeki rolü, makroekonomik koşullara, yatırımcıların risk iştahına ve piyasa şoklarına bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Literatüre bakıldığında günlük verilere dayalı uzun vadeli ve piyasaya sürülen ilk kripto para birimleri ile WTI ham petrol arasındaki

ilişkiye yönelik bir çalışmaya rastlanılmadığından bu çalışma ile literatürdeki boşluk giderilmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte günlük verilerden yola çıkılması, volatilitenin yanı sıra ani şokların etkilerinin daha iyi analiz edilmesine olanak sağlamıştır. Uzun dönem verilerinin kullanılması, kripto para piyasasının erken büyüme, ana akım benimsenme ve regülasyonlar gibi farklı aşamalarının incelenerek literatüre zengin bir perspektif sunmuştur. Bulgulara bakıldığında, WTI ham petrol getirilerinin BTC, ETH ve FIL gibi farklı kripto paralarla olan etkileşiminin yönü ve şiddeti, bu paraların piyasa segmentasyonu içerisinde farklı roller üstlendiğini göstermektedir. Bu durum, enerji piyasaları ve kripto para piyasaları arasındaki asimetrik ilişkilerin incelenmesi için yeni bir çerçeve sunmaktadır. Bununla birlikte ETH ve FIL getirilerinin WTI getirilerindeki düşüşe karşılık yükseliş eğimi göstermesi, bu kripto paraların enerji piyasalarındaki kayıplara karşı potansiyel bir koruma mekanizması olabileceğini öne sürmektedir. Bu bulgular, yatırımcıların enerji piyasalarındaki risklere karşı hangi kripto varlıkları portföylerine eklemeleri gerektiğini anlamalarına yardımcı olabilir. Bir başka deyişle, bulgular, enerji ve kripto para piyasalarının farklı segmentlerindeki varlıklar arasındaki ilişkilerin karmaşıklığını ve heterojenliğini ortaya koymaktadır. BTC'nin ham petrol fiyatlarındaki düşüşlere paralel hareket etmesi, enerji piyasalarına duyarlılığını vurgularken; ETH ve FIL' in bu durumdan fayda sağlaması, ham petrol maliyetlerine duyarlı projelerin potansiyel avantajlarını göstermektedir. Bu durum, literatürde kripto para piyasalarının enerji sektörüyle bağlantılarını daha iyi anlamak için yeni bir yol açmakta ve yatırımcılar, politika yapıcılar ve akademisyenler için değerli bilgiler sunmaktadır.

3. Veri Seti

Bu çalışmada WTI varil başına ham petrol fiyat getirileri ile BTC, ETH, LTC, DOGE, DASH, XLM, XRP, XMR, ZEC ve FIL olmak üzere toplam 10 kripto paraya ait getiri ve işlem hacimleri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Tablo 1. Örneklem Dönemi

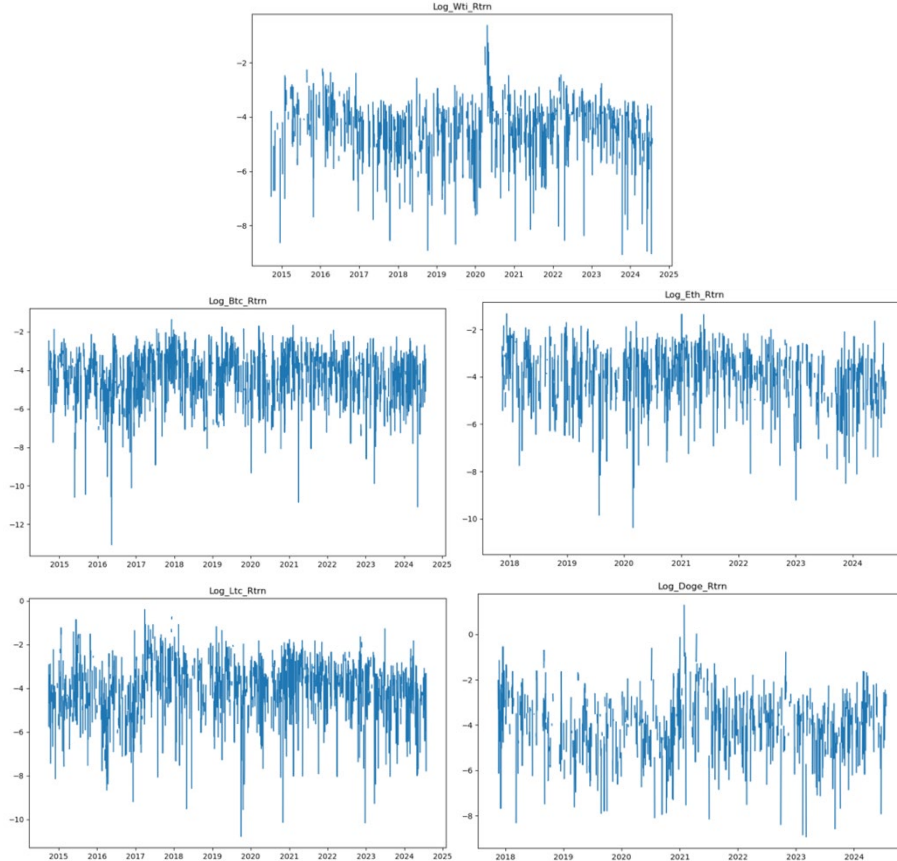
	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi
BTC-LTC	29.04.2013	
FIL	14.12.2017	04.08.2024
ETH-DOGE-DASH-XLM-XRP-XMR-ZEC	10.11.2017	

Analizde günlük veriler kullanılmış olup Kripto para birimlerine ilişkin fiyat ve işlem hacmi verilerine "Yahoo Finance" üzerinden, WTI ham petrol fiyatlarına ilişkin verilere ise "FRED Economic Data" dan ulaşılmıştır. Getiriler ise Denklem (3.1) aracılığıyla hesaplanarak elde edilmiştir:

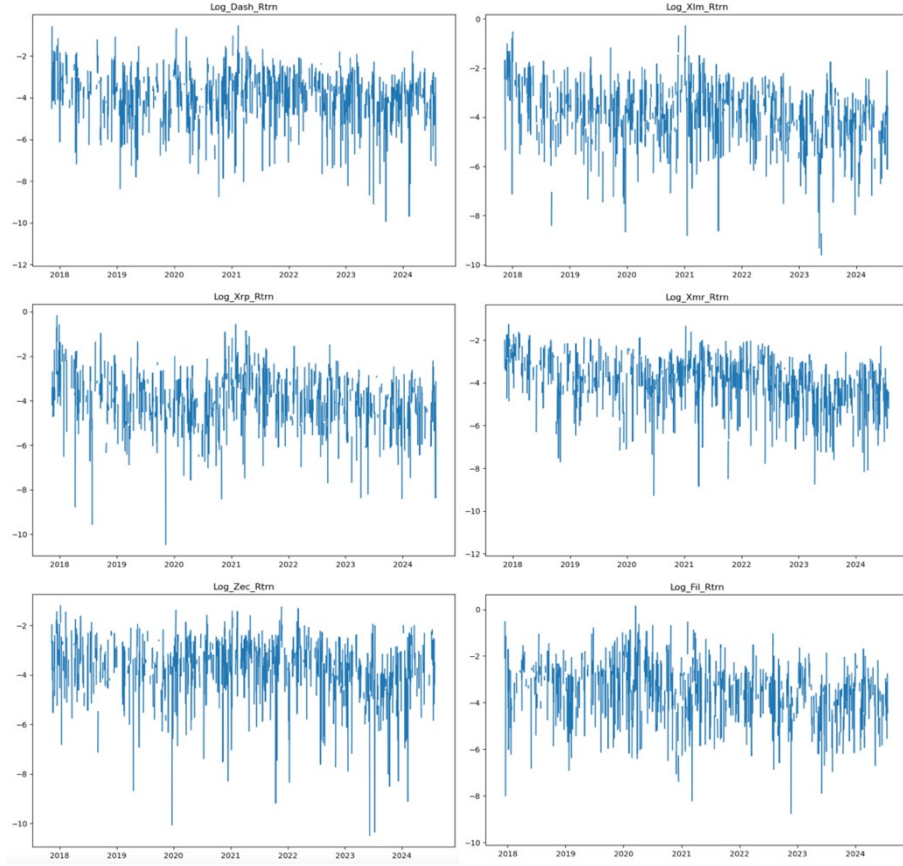
$$R = (P_t / P_{t-1}) - 1 \quad (3.1)$$

Burada R getiriyi, P_t şu anki fiyat seviyesini, P_{t-1} bir gün önceki fiyat seviyesini göstermektedir. Getiri verilerine ilişkin ham veriler aşağıdaki grafiklerle gösterilmiştir. Şekil 1'de hesaplanmış logaritmik getiri grafiklerine yer verilmiştir.

Şekil 1. WTI Hampetrol ve Kripto Para Verilerine İlişkin Getiri Grafikleri



Şekil 1. Devam.



Şekil (1) genel olarak WTI ham petrol ve kripto para piyasasının özellikle kriz dönemlerinde büyük oynaklıklar yaşadığını, ancak diğer zamanlarda daha düzenli bir dalgalanma yapısı sergilediğini göstermektedir. 2020 yılındaki COVID-19 pandemisi etkisi, bu grafiklerdeki en belirgin oynaklık dönemi olarak öne çıkmaktadır.

4. Ekonometrik Metodoloji

Çalışmada, WTI getirileri ile BTC, ETH, LTC, DOGE, DASH, XLM, XRP, XMR, ZEC, FIL' e ait getiri ve işlem hacimleri arasındaki nedensellik ilişkisinin tespit edilebilmesi için "Granger Nedensellik Testi"nden faydalanılarak zaman serileri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Çalışmanın devamında ise Granger nedensellik testinin daha gelişmiş, serilerin durağanlaştırılmadan değişkenler arasındaki ilişkinin farklılık gösterip göstermediğinin bulunmasına olanak sağlayan "Toda & Yamamoto Nedensellik Testi" ile veri seti tekrar analiz edilmiştir.

Granger nedensellik analizi için serilerin durağan olması gerektiğinden öncelikle serilerin birimkök içerip içermediğine ilişkin bilgilere erişebilmek için birtakım birim kök testleri yapılmıştır. Bunlar ADF (Augmented Dickey Fuller), PP (Phillips Perron) ve KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) testleridir.

Dickey & Fuller (1979) tarafından ilk olarak ortaya atılan Dickey & Fuller (DF) birim kök testine ilişkin denklem şu şekildedir:

$$\Delta Y_t = \alpha Y_{t-1} + Z_t' \gamma + \varepsilon_t \quad (4.0)$$

Eşitlik 4.0'daki denklemde ΔY_t , Y bağımlı değişkeninin birinci farkını ifade eder iken, Y_{t-1} bağımlı değişkenin bir önceki döneme ait gecikmesini ifade etmektedir. Z_t' , deterministik ögeleri içinde barındıran bir matristir. ε_t , hata terimini ifade etmektedir.

ADF testi için gerekli denklem Eşitlik 4.1'deki gibidir:

$$\Delta Y_t = \alpha Y_{t-1} + \gamma' Z_t + \rho_1 \Delta Y_{t-1} + \rho_2 \Delta Y_{t-2} + \dots + \rho_q \Delta Y_{t-q} + \varepsilon_t \quad (4.1)$$

Burada ΔY_t bağımlı değişken Y 'nin birinci farkını, Y_{t-1} Y 'nin bir dönem önceki gecikmesini, Z_t deterministik ögeleri içeren matristir.

PP testini içeren ekonometrik denklemler Eşitlik 4.2.1, 4.2.2 ve 4.2.3' teki şekildedir:

$$Z_{\hat{a}} = T_{\hat{a}} - (\hat{\omega}^2 - \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2) + (2T^{-2} \sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2)^{-1} \quad (4.2.1)$$

$$Z_{\hat{t}} = t_{\hat{a}} \left(\frac{\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2}{\hat{\omega}^2} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2} (\hat{\omega}^2 - \hat{\sigma}_{\varepsilon}^2) (\hat{\omega}^2 T^{-2} \sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (4.2.2)$$

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{\varepsilon}_t^2}{T-k} \quad (4.2.3)$$

Eşitlik 4.2.1 ve 4.2.2’te yer alan $\hat{\omega}^2$, tutarlı uzun dönem hata varyansını ifade etmektedir. Çünkü PP testi, DF ve ADF testi varsayımlarından farklı olarak Newey West hata düzeltme mekanizmasıyla birlikte Kernel tahmincisini kullanmaktadır. Böylece, ardışık bağımlılığı ortadan kaldırmış olup, eş-varyans varsayımını tamamlamış olmaktadır.

KPSS testi ADF ve PP birim kök testleriyle karşılaştırma yapabilmek için kullanılacak olup gerekli olan ekonometrik denklem Eşitlik 4.3.1 ve 4.3.2’deki gibidir:

$$Y_t = Z_t' \gamma + r_t + \varepsilon_t \quad (4.3.1)$$

$$r_t = r_{t-1} + u_t \quad (4.3.2)$$

Burada r_t , zaman serisinin t anındaki değerini, r_{t-1} zaman serisinin bir önceki dönemdeki değerini, u_t ise her dönemde meydana gelen rastgele şoku ya da hata terimini ifade etmektedir.

4.1. Granger Nedensellik Analizi

Nedensellik ve korelasyon birbirine çok karıştırılan kavramlardır. Korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve kuvvetini göstermektedir. Nedensellik ise sezgi ve yorumlamaya dayanır. Dolayısıyla bir değişkenin davranışından hareketle diğerinin davranışı hakkında öngörü elde edilebiliyorsa, bu iki değişken arasında nedensellik olduğu anlamına gelmektedir (Kwiatkowski vd., 1992). Kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Korelasyon → Yön & Büyüklük

Nedensellik → Öngörü Bilgisi & Öngörü Gücü

Granger Nedensellik testi, geçmiş değerlere bakarak, bize şimdiki değerlerin nereden geldiği ve nelerle ilişkili olduğu hakkında bilgi vermektedir. Ekonometrik modeli aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \beta_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \beta_1 X_{t-1} + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \beta_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (4.4)$$

Granger Nedensellik analizinde boş hipotez $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0$ (nedensellik yoktur) şeklinde, alternatif hipotez ise $H_1: \beta_i \neq 0$ ($i = 1, 2, 3, \dots, p$) (nedensellik vardır) şeklindedir.

4.2. Toda & Yamamoto Nedensellik Analizi

Granger Nedensellik analizi, birim kök ve eş bütünleşme ilişkilerine karşı duyarlı olduğu için kısıtlayıcı bir varsayım olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, Toda & Yamamoto (1995) Nedensellik analizi ile getiri serilerini durağanlaştırmadan değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi tespit edilebilmektedir. Diğer bir deyişle, değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisi olsun ya da olmasın nedensellik analizi yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra Toda & Yamamoto (1995) nedensellik analizine başlarken değişkenlerin düzeyinde bir VAR ($p+d_{max}$) modeli tahmin edilmektedir. İlgili ekonometrik denklem Eşitlik 4.5’teki gibidir:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + (\beta_p d_{max}) Y_{t-(p+d_{max})} + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + (\alpha_p d_{max}) X_{t-(p+d_{max})} + \varepsilon_t \quad (4.5)$$

Eşitlik 4.5’te yer alan α ve β , tahmin edilecek parametreleri, p , gecikme uzunluğunu ve d_{max} , değişkenlerin maksimum birim kök derecelerini ifade etmektedir. Modelin boş hipotezi, $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_p = 0$ ve alternatif hipotezi, $H_1: \alpha_i \neq 0$ şeklinde ifade edilmektedir.

5. Bulgular

Bu çalışmada, WTI ham petrol getirisi ile kripto para işlem hacmi ve getirileri arasındaki ilişkiye yönelik öngörü bilgisi ve gücünü test etmek için öncelikle klasik birim kök testleri olan ADF, PP ve KPSS testleri yapılmıştır. Her bir kripto paranın ilk işlem tarihi farklı olduğu için, WTI-BTC, WTI-ETH, WTI-LTC, WTI-DOGE, WTI-DASH, WTI-XLM, WTI-XRP, WTI-XMR, WTI-ZEC ve WTI-FIL olarak ayrı şekilde analize tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara Tablo (2) de yer verilmiştir. Tablo (3), Tablo (4) ve Tablo (5)’ te Granger Nedensellik testi sonuçlarına yer verilmiştir. Toda & Yamamoto Nedensellik analizi sonuçları ise Tablo (6)’ da ve Şekil (2)’ de gösterilmiştir.

Tablo 2. ADF, PP Birimkök Testleri ve KPSS Durağanlık Testi Sonuçları

	ADF		PP		KPSS	
	Seviye	Birinci Fark	Seviye	Birinci Fark	Seviye	Birinci Fark
WTI	-21.18***	-18.81	-46.16***	-227.8***	0.04	0.08
BTC Hacim	-5.72	-15.76	-21.21***	-192.5***	0.83***	0.04
BTC	-61.35***	-18.35	-61.49***	-348.5***	0.10	0.01
WTI	-19.24***	-16.38	-37.47***	-167.1***	0.04	0.02
ETH Hacim	-4.43***	-12.94	-12.05***	-98.12***	1.12***	0.03
ETH	-18.30***	-16.57	-51.93***	-291.6***	0.12	0.03
WTI	-21.18***	-18.81	-46.16***	-227.8***	0.04	0.08
LTC Hacim	-4.81***	-14.88	-7.90***	-95.76***	1.15***	0.02
LTC	-21.21***	-19.06***	-60.51***	-344.5***	0.09	0.007
WTI	-19.24***	-16.38	-37.47***	-167.1***	0.04	0.02
DOGE Hacim	-10.22	-11.76	-23.03***	-112.1***	0.35***	0.007
DOGE	-16.55***	-18.25	-47.73***	-248.7***	0.15**	0.03
WTI	-19.24***	-16.38	-37.47***	-167.1***	0.04	0.02
DASH Hacim	-12.34	-15.36	-14.71***	-69.18***	0.9	0.09
DASH	-34.70***	-17.25	-52.11***	-289.3***	0.05	0.03
WTI	-19.24***	-16.38	-37.47***	-167.1***	0.04	0.02
XLM Hacim	-6.17	-14.07	-17.44***	-96.09***	0.89	0.02
XLM	-25.88***	-17.33	-50.67***	-274.8***	0.09	0.06
WTI	-19.24***	-16.38	-37.47***	-167.1***	0.04	0.02
XRP Hacim	-6.15	-12.18	-14.33***	-82.94***	0.79**	0.01
XRP	-16.25***	-17.47	-50.37***	-271.1***	0.05	0.03
WTI	-19.24***	-16.38	-37.47***	-167.1***	0.04	0.02
XMR Hacim	-11.63	-15.58	-43.76***	-211.6***	0.68***	0.16**
XMR	-57.88***	-16.91	-57.35***	-325.2***	0.06	0.03
WTI	-19.24***	-16.38	-37.47***	-167.1***	0.04	0.02
ZEC Hacim	-12.45	-15.68	-17.13***	-75.92***	1.08***	0.07
ZEC	-18.53***	-17.78	-52.55***	-293.4***	0.07	0.02
WTI	-19.11***	-16.27	-37.20***	-165.9***	0.04	0.02
FIL Hacim	-6.26	-11.79	-15.85***	-83.91***	0.59***	0.49***
FIL	-33.03***	-15.97	-59.11***	-334.8***	0.21**	0.05

- Birimkök testlerinde trend & intercept' i dikkate alınmıştır.

-ADF testinde max lag-günlük veriler olduğu için-7 alınmıştır.

-***%1, **%5 ve * istatistiksel olarak %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

-ADF için %1 (-3.96), %5 (-3.41), %10 (-3.12); PP için %1 (-3.43), %5 (-2.86), %10 (-2.57); KPSS için %1 (0.21), %5 (0.14), %10 (0.11), kritik değerleri baz alınmıştır.

Tablo (2)'deki verilere göre bazı zaman serilerinin, özellikle ADF ve KPSS test sonuçlarına göre birimkök içermekte olduğu gözlemlenmiş olup, durağan olmadığından, nedensellik analizine başlamadan önce serilerin farkları alınarak durağanlaştırılmıştır.

5.1. Granger Nedensellik Analizi

WTI, BTC, ETH, LTC, DOGE, DASH, XLM, XRP, XMR, ZEC ve FIL' e ait durağanlaştırılmış seriler, Granger nedensellik analizine tabi tutulmuş olup, farklı gecikmeler denenerek zaman serisine ait dönem ve frekans göz önünde bulundurulduğunda analize ilişkin en uygun gecikmenin 10 olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak yalnızca WTI Ham petrol getirisinden BTC, ETH ve FIL getirisi, ETH getirisinden WTI Ham petrol getirisi yönünde nedensellik ilişkilerine rastlanılmıştır. Dolayısıyla söz konusu bu üç kripto para için gerekli olan gecikmelerle birlikte F-istatistik ve olasılık değerlerine ilişkin veriler Tablo (3), Tablo (4) ve Tablo (5)' te ayrıntılı şekilde yer almaktadır.

Tablo 3. WTI-BTC Granger Nedensellik Test Sonuçları

BTC	Wti_rtrn → Btc_vol		Wti_rtrn → Btc_rtrn		Btc_vol → Wti_rtrn		Btc_rtrn → Wti_rtrn	
	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri
Lag 1	0.0473	0.8278	1.7888	0.1812	0.3772	0.5391	0.0030	0.9564
Lag 2	0.2297	0.7947	1.1204	0.3263	0.6221	0.5369	0.4219	0.6559
Lag 3	1.2316	0.2965	0.7402	0.5280	0.9517	0.4146	0.2505	0.8611
Lag 4	1.2277	0.2968	0.5410	0.7056	0.7591	0.5518	0.4782	0.7518
Lag 5	1.0842	0.3669	0.7415	0.5923	0.6098	0.6925	0.2361	0.9467
Lag 6	0.8159	0.5574	1.3918	0.2138	0.3425	0.9145	0.3545	0.9076
Lag 7	0.7700	0.6126	1.6446	0.1182	0.3208	0.9450	0.4307	0.8835
Lag 8	0.7183	0.6756	1.7846	0.0752*	1.3823	0.1989	0.6064	0.7732
Lag 9	0.6900	0.7187	1.9602	0.0399**	1.2332	0.2694	0.7393	0.6731
Lag 10	0.7362	0.6908	1.8977	0.0409**	1.1593	0.3136	0.5779	0.8333

-İstatistiksel olarak ***%1' lik anlam düzeyini, ** %5' lik anlam düzeyini ve * ise %10' luk anlam düzeyini ifade etmektedir.

- "→" nedensellik ilişkisinin yönünü ifade etmektedir.

-H₀: Nedensellik yoktur, H₁: Nedensellik vardır

-Koyulaştırılmış değerler nedensellik ilişkisinin var olduğu değerlerdir.

Tablo (3) WTI Ham petrol getirilerinden BTC getirilerine lag 8 seviyesinde %10' luk lag 9 ve lag 10 seviyesinde, %5' lik anlam düzeyinde bir nedensellik olduğunu göstermektedir. Yani alternatif hipotez kabul edilmiş olup, WTI ham petrol getirilerinin BTC getirileri üzerindeki etkisi, yaklaşık olarak bir buçuk hafta içerisinde ortaya çıkmakta ve sürmektedir. Dolayısıyla daha düşük gecikme seviyelerine göre daha kalıcı olabilmektedir. Ayrıca kısa vadede daha zayıf iken gecikme süresi arttığında daha orta seviyede bir etkilenim söz konusudur.

Tablo 4. WTI-ETH Granger Nedensellik Test Sonuçları

ETH	Wti_rtrn → Eth_vol		Wti_rtrn → Eth_rtrn		Eth_vol → Wti_rtrn		Eth_rtrn → Wti_rtrn	
	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri
Lag 1	0.0012	0.9727	3.6054	0.0577*	1.8444	0.1746	0.0224	0.8812
Lag 2	0.2153	0.8063	1.6765	0.1872	1.0200	0.3607	2.3376	0.0968*
Lag 3	0.5155	0.6716	0.8814	0.4499	0.7904	0.4991	0.7769	0.5068
Lag 4	1.0866	0.3614	0.8103	0.5184	0.6625	0.6181	0.6862	0.6015
Lag 5	0.7835	0.5615	1.7077	0.1294	0.3732	0.8673	0.7326	0.5990
Lag 6	0.7020	0.6480	1.9725	0.0662*	0.2868	0.9435	0.5438	0.7751
Lag 7	0.8637	0.5346	2.1178	0.0387**	0.2432	0.9744	0.5581	0.7904
Lag 8	0.7443	0.6524	1.9405	0.0502*	0.7759	0.6241	0.4465	0.8934
Lag 9	0.6683	0.7383	2.2660	0.0159**	0.7009	0.7086	0.5188	0.8620
Lag 10	0.6302	0.7891	2.2244	0.0142**	0.6346	0.7852	0.4183	0.9386

Tablo (4)' te görüldüğü üzere WTI ham petrol getirilerinden ETH getirilerine 1. ve 6. gecikmelerde istatistiksel olarak %10' luk anlam düzeyinde yani daha zayıf bir nedensellik ilişkisi gözlemlenirken, gecikme seviyesi arttığında daha orta seviyede (%5' lik anlam düzeyinde) bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir. Bu durum da ham petrol getirilerindeki herhangi bir değişimin, yaklaşık bir ya da bir buçuk haftalık süreçte ETH getirilerinde orta seviyede bir değişmeye yol açtığını göstermektedir. Bununla birlikte 2. gecikmede ETH getirilerinden de ham petrol getirilerine zayıf da olsa (%10' luk anlam düzeyinde) bir nedensellik ilişkisi olduğu gözükmektedir.

Tablo 5. WTI-FIL Granger Nedensellik Test Sonuçları

FIL	Wti_rtrn → Fil_vol		Wti_rtrn → Fil_rtrn		Fil_vol → Wti_rtrn		Fil_rtrn → Wti_rtrn	
	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri	F istatistik	P değeri
Lag 1	0.0500	0.8231	1.8668	0.1720	0.0208	0.8853	0.3617	0.5476
Lag 2	0.2848	0.7522	1.0080	0.3651	0.0359	0.9648	0.1024	0.9026
Lag 3	0.1815	0.9090	0.9391	0.4209	0.0512	0.9847	0.3000	0.8254
Lag 4	0.1512	0.9625	1.2933	0.2703	0.0283	0.9985	0.1897	0.9439
Lag 5	0.1537	0.9790	1.2607	0.2782	0.0601	0.9976	0.3176	0.9026
Lag 6	0.1712	0.9845	2.9392	0.0074***	0.0762	0.9983	0.5265	0.7886
Lag 7	0.1421	0.9949	2.9001	0.0051***	0.0751	0.9993	0.9755	0.4472
Lag 8	0.1300	0.9980	2.8080	0.0042***	0.1527	0.9964	1.3225	0.2273
Lag 9	0.1150	0.9993	2.9110	0.0020***	0.1561	0.9978	1.2320	0.2703
Lag 10	0.1251	0.9995	2.7000	0.0027***	0.1682	0.9982	1.3426	0.2016

Tablo (5)' e bakıldığında ise WTI ham petrol getirilerinin yaklaşık 6 ila 10 günlük bir süreçte FIL getirileri üzerinde çok güçlü (%1' lik anlam düzeyinde) bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, WTI ham petrol getirilerinden, BTC ve FIL getirilerine farklı anlamlılık düzeylerinde tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. ETH ile WTI getirileri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı ve çift yönlü nedensellik ilişkisi gözlemlenmiştir.

5.2. Toda & Yamamoto Nedensellik Analizi

Çalışmanın amacı, WTI ham petrol getirileriyle Kripto para getiri ve işlem hacimleri arasındaki nedensellik ilişkisini ölçmekti. Bu amaç doğrultusunda Granger nedensellik analizini takiben daha net ve karşılaştırmalı sonuçlar elde edebilmek için Toda & Yamamoto Nedensellik Analizi yapılmıştır. Tablo (6) analiz sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 6. Toda & Yamamoto Nedensellik Analizi (Wald Testi)

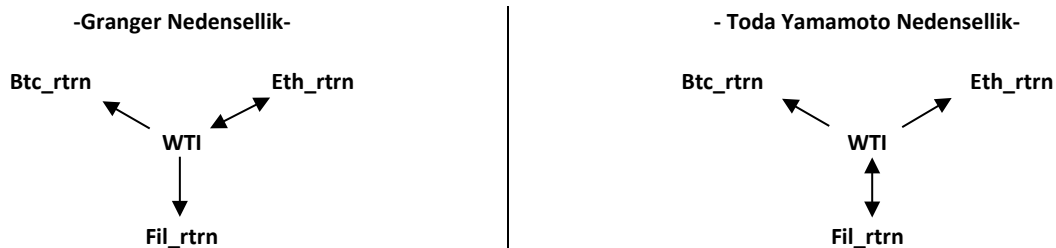
	Ki-Kare	Kritik Değer	df	Olasılık Değeri
WTI_Rtrn → BTC_Vol	21.68	43.77	30	0.866
BTC_Vol → WTI_Rtrn	27.86			0.578
WTI_Rtrn → BTC_Rtrn	37.29	35.17	23	0.030**
BTC_Rtrn → WTI_Rtrn	24.30			0.387
WTI_Rtrn → ETH_Vol	16.03	36.42	24	0.887
ETH_Vol → WTI_Rtrn	13.52			0.957
WTI_Rtrn → ETH_Rtrn	41.58	35.17	23	0.010**
ETH_Rtrn → WTI_Rtrn	15.45			0.878
WTI_Rtrn → LTC_Vol	20.52	40.11	27	0.808
LTC_Vol → WTI_Rtrn	18.26			0.895
WTI_Rtrn → LTC_Rtrn	25.07	35.17	23	0.346
LTC_Rtrn → WTI_Rtrn	7.348			0.999
WTI_Rtrn → DOGE_Vol	1.969	38.89	26	1.000
DOGE_Vol → WTI_Rtrn	5.505			1.000
WTI_Rtrn → DOGE_Rtrn	0.7159	11.07	5	0.982
DOGE_Rtrn → WTI_Rtrn	0.6131			0.987
WTI_Rtrn → DASH_Vol	7.271	35.17	23	0.999
DASH_Vol → WTI_Rtrn	6.978			0.999
WTI_Rtrn → DASH_Rtrn	4.994	12.59	6	0.545
DASH_Rtrn → WTI_Rtrn	4.772			0.573
WTI_Rtrn → XLM_Vol	3.536	37.65	25	1.000
XLM_Vol → WTI_Rtrn	5.198			1.000
WTI_Rtrn → XLM_Rtrn	29.34	35.17	23	0.169
XLM_Rtrn → WTI_Rtrn	16.63			0.827
WTI_Rtrn → XRP_Vol	3.203	35.17	23	1.000
XRP_Vol → WTI_Rtrn	2.882			1.000
WTI_Rtrn → XRP_Rtrn	13.61	35.17	23	0.938
XRP_Rtrn → WTI_Rtrn	9.541			0.994
WTI_Rtrn → XMR_Vol	3.406	35.17	23	1.000
XMR_Vol → WTI_Rtrn	2.451			1.000
WTI_Rtrn → XMR_Rtrn	23.59	35.17	23	0.427
XMR_Rtrn → WTI_Rtrn	10.84			0.985
WTI_Rtrn → ZEC_Vol	12.18	36.42	24	0.978
ZEC_Vol → WTI_Rtrn	11.68			0.983
WTI_Rtrn → ZEC_Rtrn	24.54	35.17	23	0.375
ZEC_Rtrn → WTI_Rtrn	9.888			0.992
WTI_Rtrn → FIL_Vol	2.724	35.17	23	1.000
FIL_Vol → WTI_Rtrn	3.974			1.000
WTI_Rtrn → FIL_Rtrn	126.4	42.56	29	0.000***
FIL_Rtrn → WTI_Rtrn	42.22			0.054*

-Olasılık değeri <0,1 ise istatistiksel olarak %10, <0,05 ise %5, <0,01 ise %1' lik anlam düzeyinde H_0 , yani yokluk hipotezi reddedilmektedir.

-İstatistiksel olarak ***%1' lik anlam düzeyini, ** %5' lik anlam düzeyini ve * ise %10' luk anlam düzeyini ifade etmektedir.

Toda & Yamamoto Nedensellik analizi için değişkenler seviyede ele alınmıştır. Akaike Bilgi Kriteri ile VAR modelinin optimal gecikme sayısı (p) belirlenmiştir. Yöntemimize uygun olarak optimal gecikme sayısına serilerin kaçınıcı farkta durağanlaştığı (d) değeri eklenerek serbestlik derecesi de belirlenmiş ve model kurma işlemi tamamlanmıştır. Böylelikle otokorelasyon probleminin ortadan kaldırılması sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca nedensellik ilişkisinin ölçüldüğü seriler için gerekli olan serbestlik derecelerine Tablo (6)' da yer verilmiştir.

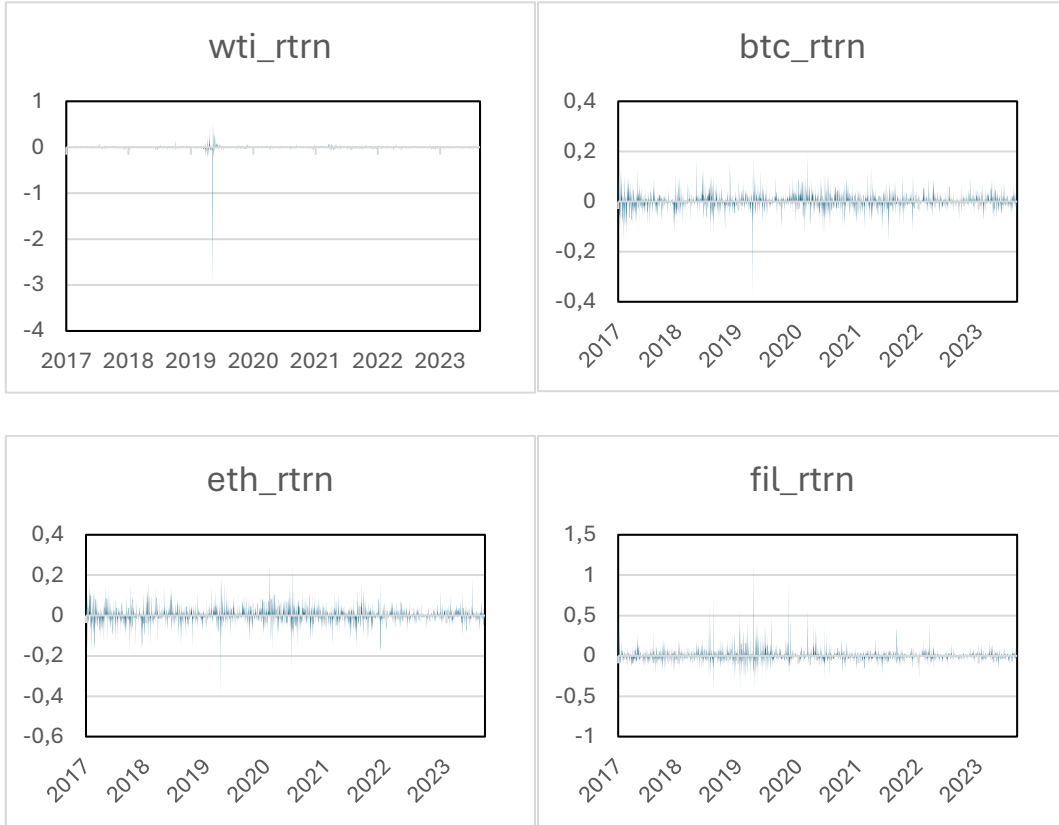
Şekil 2. Granger ve Toda & Yamamoto Nedensellik Analizi Özet Sonuçlar



Ampirik analizde, Toda & Yamamoto nedensellik test sonuçlarına bakıldığında, Tablo (6) ve Şekil (2)' de gösterildiği üzere WTI ham petrol getirileriyle BTC ve ETH kripto para birimi getirileri arasında tek yönlü nedenselliğin, FIL kripto para birimi getirisi ile de çift yönlü nedenselliğin bulgularına rastlanmıştır.

Granger Nedensellik sonuçlarına göre karşılaştırma yapıldığında, her iki testin sonucunda da WTI getirileri ile BTC getirileri arasında tek yönlü nedenselliğe rastlanılmaktadır. Aynı zamanda Granger sonuçlarına göre; WTI getirisinden FIL getirisine tek yönlü, ETH getirisine ise çift yönlü bir nedensellik ilişkisi varken, Toda & Yamamoto analizinde ise WTI getirisinden ETH getirisine tek yönlü, FIL getirisine ise çift yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. WTI ile söz konusu diğer üç değişkene ait ilişkiyi gösteren grafiklere Şekil (3)' te ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir.

Şekil 3. WTI ve nedensellik ilişkisi olan kripto para verileri



Şekil (1)' de WTI' a ait getirinin ani bir kırılma (additive outlier) ile minimum seviyeye düştüğü tarih ele alınmış ve bu tarihe göre daha net bir çıkarımda bulunulabilmesi için grafikler üzerindeki tarih aralığı biraz daha daraltılarak Şekil (3)' e eklenmiştir. Şekil (3)' e bakıldığında Varil başına WTI Ham Petrol getirisinin örneklem dönemi içerisindeki minimum olduğu nokta, -3.02 getiri değeriyle birlikte 20/04/2020 tarihidir. Aynı tarihe bakıldığında BTC' de aşağı yönlü ani bir kırılmanın meydana geldiği, ETH ve FIL' de ise bu durumun tam tersine yukarı yönlü bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Genel olarak, WTI Ham Petrol Getirisi düştüğünde BTC getirisinde de düşüş yaşandığı; fakat ETH ve FIL getirilerinde ise artış meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Makalenin bulguları, ilk olarak, WTI (petrol fiyatları) ile BTC arasında negatif tek yönlü bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, petrol fiyatlarındaki artışın, BTC getirileri üzerinde olumsuz bir etki yaratabileceğini gösterir. Bu durum, kripto madenciliğinin enerji yoğun bir süreç olmasıyla ilişkilendirilebilir; petrol fiyatlarındaki artış, enerji maliyetlerini yükselterek madenci kârını azaltabilir.

Bulgular, Ethereum ve Filecoin getirilerinin ise WTI ile negatif çift yönlü ilişki içinde olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durum, enerji maliyetlerinin ve madencilik zorluklarının bu kripto paraların fiyat dinamikleri üzerinde iki yönlü bir baskı yarattığını gösterir.

İkincisi, kripto para arzlarının büyük ölçüde sabit olması, talep odaklı fiyat dalgalanmalarını daha keskin hale getirmektedir. Enerji maliyetlerindeki değişimler, özellikle PoW (Proof-of-Work) tabanlı kripto paralar için madencilik zorlukları ve rekabeti doğrudan etkiler. Bu da arz-talep dengesi üzerinde baskı oluşturarak fiyatlara yansır.

Son olarak, hash rekabetinin artışı, daha fazla enerji tüketimi anlamına gelir. Enerji maliyetlerinin yükselmesiyle birlikte küçük ölçekli madenciler rekabetten elenebilir, bu da piyasa likiditesini azaltır ve volatilitiyi artırabilir. Bu bağlamda, likiditenin korunması için enerji verimliliği kritik bir öneme sahiptir.

6. Sonuç ve Öneri

Kripto para birimleri, finansal piyasalarda gün geçtikçe daha fazla dikkat çeken bir konu haline gelmiştir. Bunun temel nedenleri, kriptografik şifreleme tekniğiyle oluşturulan bu para birimlerinin ekonomik ve teknolojik sistemlere getirdiği yeniliklerdir. Öncelikle kripto paraların doğası gereği enflasyon ya da devalüasyon gibi geleneksel para birimlerinde sıklıkla karşılaşılan ekonomik sorunlardan bağımsız olmaları, onların istikrar potansiyelini artırmaktadır. Bununla birlikte, herhangi bir aracı kuruma ihtiyaç duymamaları, işlemleri daha güvenilir ve hızlı hale getirerek finansal sistemlerdeki verimliliği önemli ölçüde etkilemektedir. Son olarak, yüksek teknolojiyle desteklenen blok zinciri altyapısı, güvenlik ve şeffaflığı sağlayarak yolsuzluk ve kara para aklama gibi yasa dışı faaliyetlerin önüne geçilmesine olanak sağlamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı, kripto paralara ilişkin verilerin incelenmesi ve analiz edilmesi, kriptografik teknolojinin ekonomik, politik ve sosyal etkilerinin anlaşılabilirliği açısından her geçen gün daha da önemli bir hale gelmektedir.

Covid-19 sebebiyle petrole olan talebin azalması ile petrol fiyatlarındaki düşüş (OPEC+'daki karar verici merciler arasındaki anlaşmazlıklar nedeniyle fiyatlara müdahale edilememesinden kaynaklanmıştır), petrol yatırımcılarının da aynı zamanda bir yatırım aracı olarak kripto paralara kaymasına neden olduğu, dolayısıyla Granger ve Toda Yamamoto nedensellik ilişkileri birlikte incelendiğinde çalışmaya dahil edilen örneklem içerisindeki söz konusu kripto paraların da ETH ve FIL olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kripto para piyasalarının enerji piyasaları ile ilişkisinin daha iyi anlaşılması, bu iki sektör arasındaki dinamikleri anlamak ve geleceğe yönelik stratejiler geliştirmek için önemlidir. Enerji maliyetlerindeki değişimlerin kripto varlıkların fiyat performansını etkilediği açıkça görülmektedir. Bu nedenle, politika yapıcıların enerji fiyatlarının ve kripto para piyasalarının bu kesişim alanını dikkate alarak hareket etmeleri önemlidir. Bu noktalar üzerine daha fazla bilgi edinmek ve stratejiler geliştirmek için akademik çalışmaların artırılması teşvik edilmelidir.

Bulgulardan hareketle öncelikle enerji piyasalarında yaşanan ani şokların, finansal piyasalardaki etkilerini sınırlamak için entegre bir risk yönetimi yaklaşımı geliştirilmelidir. Bu bağlamda, kripto varlıkların enerji piyasalarına duyarlılığını belirlemek üzere makroekonomik göstergeler ve piyasa dinamikleri dikkate alınarak bir erken uyarı sistemi oluşturulabilir. İkinci olarak, kripto varlıkların farklı makroekonomik olaylara tepkilerindeki heterojenliği göz önünde bulundurularak, bu varlıklar için esnek ve risk temelli düzenleyici bir çerçeve oluşturulmalıdır. Özellikle, enerji piyasaları ve finansal piyasalar arasındaki geçiş etkilerini yönetmek için likidite ve fiyat oynaklığına dayalı mekanizmalar tasarlanabilir. Üçüncü olarak, enerji ve kripto para piyasaları arasındaki dinamiklerin yatırımcı portföyleri üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere kırılma analizine dayalı stratejiler benimsenmelidir. Bu stratejiler, enerji şokları sırasında tedbir sağlayabilecek kripto varlıkların portföylerde daha etkin bir şekilde kullanılmasına olanak tanıyabilir.

Kripto madenciliğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaya yönelik politikaların geliştirilmesiyle, maliyet baskısı ve çevresel etkiler minimum düzeyde tutulabilir. Daha verimli madencilik ekipmanları ve alternatif konsensüs mekanizmalarının (ör. PoS - Proof-of-Stake) teşvik edilmesi, enerji fiyatlarının etkisini sınırlandırabilir. Bununla birlikte aşırı enerji tüketimini engellemek, dolayısıyla enerji fiyatlarının aşırı dalgalanmasının kripto para piyasaları üzerindeki etkisini azaltmak için piyasa denetimleri uygulanabilir. Ek olarak politika yapıcıların, enerji fiyatlarındaki dalgalanmaların kripto para piyasaları üzerindeki etkilerini daha iyi anlayabilmeleri için detaylı ve sürekli veri analizine dayalı çalışmaları artırmaları, bu bağlamda akademik teşviklerde bulunmaları önerilir. Son olarak bu dalgalanmaların aşırı spekülasyona yol açmasını önlemek amacıyla da regülasyonlar devreye alınabilir.

Bu çalışma ile petrol getirileri ve kripto paralar arasındaki ilişki, daha net sonuçlar elde edebilmek için iki nedensellik analiziyle birlikte çalışılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda, politikaların daha etkin tasarlanabilmesi için enerji piyasaları ile kripto varlıklar arasındaki uzun dönemli ve kısa dönemli ilişkilerin daha kapsamlı bir şekilde araştırılması gerekmektedir. Özellikle, BTC, ETH ve FIL gibi varlıkların enerji şoklarına verdiği farklı tepkiler, farklı risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine temel oluşturabilir.



This research article has been licensed with Creative Commons Attribution - Non-Commercial 4.0 International License. Bu araştırma makalesi, Creative Commons Atıf - Gayri Ticari 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

Yazar Katkıları

Yazarlar, çalışmaya katkı oranlarını bu şekilde beyan etmişlerdir: Figen Aldı: %60, İlhan Küçükkaplan: %20, Eyyüp Ensari Şahin: %20

Teşekkür Beyanı

Yazar(lar), çalışma için teşekkür beyanında bulunmamışlardır.

Destek Beyanı

Yazar(lar), çalışma için herhangi bir destekleyen beyanında bulunmamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar), çalışma için herhangi bir çıkar çatışması beyanında bulunmamışlardır.

Etik Beyanı

Yazar(lar), çalışma için Etik Kurul Onayı alınması gerektiğini beyan etmişlerdir.

Sorumlu Editörler

Prof. Dr. Fatih Ecer, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Prof. Dr. Ercan Özen, Uşak Üniversitesi

Arş. Gör. Aykut Güryel, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Kaynakça/References

- Akbulaev, N. ve Abdulhasanov, T. (2024). Analyzing the Connection between Energy Prices and Cryptocurrency thought the Pandemic Period. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(1), 227-234. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.13824>
- Al-Yahyaee, K., Mensi, W., Al-Jarrah, I.M.W., Hamdi, A. ve Kang, S.H. (2019). Volatility forecasting, downside risk, and diversification benefits of Bitcoin and oil and international commodity markets: A comparative analysis with yellow metal. *North American Journal of Economics and Finance*, 49, 104–120. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2019.04.001>
- Avşarlıgil, N. (2020). Covid-19 Salgınının Bitcoin ve Diğer Finansal Piyasalar ile İlişkisi Üzerine Bir İnceleme. *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 4(3), 665-682. <https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.735214>
- Bouri, E., Shahzad, S.J.H., Roubaud, D. ve Kristoufek, L. (2020). Bitcoin, gold, and commodities as safe havens for stocks: New insight through wavelet analysis. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 77, 156-164. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.03.004>
- Corbet, S., Katsiampa, P. ve Lau, C.K.M. (2020). Measuring quantile dependence and testing directional predictability between Bitcoin, altcoins and traditional financial assets. *International Review of Financial Analysis*, 71, 101571. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101571>
- Das, D., Le Roux, C.L., Jana, R.K. ve Dutta, A. (2020). Does Bitcoin hedge crude oil implied volatility and structural shocks? A comparison with gold, commodity and the US Dollar. *Finance Research Letters*, 36, 101335. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.101335>
- Dickey, D.A. ve Fuller, W.A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431. <https://doi.org/10.1080/01621459.1979.10482531>
- Dutta, A., Das, D., Jana, R.K. ve Vo, X.V., (2020). COVID-19 and oil market crash: Revisiting the safe haven property of gold and Bitcoin. *Resources Policy*, 69, 101816. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101816>
- Fettahoğlu, S. ve Kildize, D. (2019). Dijital Finansal Okuryazarlık ve Bireylerin Finansal Teknoloji Kullanma Konusundaki Tutumları. *International Journal of Society Researches*, 12(18), 867 - 889. <https://doi.org/10.26466/opus.584628>
- Foroutan, P. ve Lahmiri, S. (2024). Connectedness of cryptocurrency markets to crude oil and gold: an analysis of the effect of COVID-19 pandemic. *Financial Innovation*, 10(68), 1-23. <https://doi.org/10.1186/s40854-023-00596-x>
- Fred Economic Data. (2024, 4 Ağustos). Crude Oil Prices: West Texas Intermediate (WTI)-Cushing Oklahoma (DCOILWTICO). 5 Ağustos 2024 tarihinde <https://fred.stlouisfed.org/series/DCOILWTICO> adresinden edinilmiştir.
- Gajardo, G., Kristjanpoller, W.D. ve Minutolo, M. (2018). Does Bitcoin exhibit the same asymmetric multifractal cross-correlations with crude oil, gold and DJIA as the Euro, Great British Pound and Yen? *Chaos, Solitons and Fractals*, 109, 195–205. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2018.02.029>
- Gkillas, K., Bouri, E., Gupta, R. ve Roubaud, D. (2020). Spillovers in Higher-Order Moments of Crude Oil, Gold, and Bitcoin. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 84(C), 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.08.004>
- Granger, C.W.J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
- Güler, K. (2019). Uluslararası Ticaretin Dijitalleşmesi ve Sanayi Akımlarının Etkisi: Endüstri 4.0 Devrimi Üzerine Bir Araştırma [Doktora Tezi]. İstanbul Ticaret Üniversitesi.

- Ha, L.T. (2022). Fat tails and network interlinkages of crude oil and cryptocurrency during the COVID-19 health crisis. *Journal of Economic Studies*, 50(5), 1087-1104. <https://doi.org/10.1108/JES-03-2022-0144>
- Ha, L.T. ve Nham, N.T.H. (2022). An application of a TVP-VAR extended joint connected approach to explore connectedness between WTI crude oil, gold, stock and cryptocurrencies during the COVID-19 health crisis. *Technological Forecasting and Social Change, Elsevier* 183(C), 121909. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121909>
- Jin, J., Yu, J., Hu, Y. ve Shang, Y. (2019). Which one is more informative in determining price movements of hedging assets? Evidence from Bitcoin, gold and crude oil markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 527, 121121. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121121>
- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C.B., Schmidt, P. ve Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54, 159-178. [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076\(92\)90104-Y](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y)
- Maghyereh, A. ve Abdoh, H. (2020). Tail dependence between Bitcoin and financial assets: Evidence from a quantile cross-spectral approach. *International Review of Financial Analysis*, 71, 101545. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2020.101545>
- Okorie, D.I. ve Lin, B. (2020). Crude oil price and cryptocurrencies: Evidence of volatility connectedness and hedging strategy. *Energy Economics*, 87, 104703. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104703>
- Öztürk, M.B., Arslan, H., Kayhan, T. ve Uysal, M. (2018). Yeni bir hedge enstrümanı olarak Bitcoin: Bitconomi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 217-232. <https://doi.org/10.25287/ohuibf.415713>
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica*, 57(6), 1361–1401. <https://doi.org/10.2307/1913712>
- Rehman, M.U. ve Kang, S.H. (2020). A time–frequency comovement and causality relationship between Bitcoin hashrate and energy commodity markets. *Global Finance Journal*, 49(2), 100576. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2020.100576>
- Selmi, R., Mensi, W., Hammoudeh, S. ve Bouoiyour, J. (2018). Is Bitcoin a hedge, a safe haven or a diversifier for oil price movements? A comparison with gold. *Energy Economics*, 74, 787-801. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.007>
- Su, C-W., Qin, M., Tao, R. ve Umar, M. (2020). Financial implications of fourth industrial revolution: Can bitcoin improve prospects of energy investment? *Technological Forecasting and Social Change, Elsevier*, 158(C), 120178. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120178>
- Symitsi, E. ve Chalvatzis, J.K. (2018). The Economic Value of Bitcoin: A Portfolio Analysis of Currencies, Gold, Oil and Stocks. *Research in International Business and Finance, Elsevier*, 48(C), 97-110. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.12.001>
- Toda, H.Y. ve Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
- Urom, C., Abid, I., Guesmi, K. ve Chevallier, J. (2020). Quantile spillovers and dependence between Bitcoin, equities and strategic commodities. *Economic Modelling*, 93(C), 230 - 258. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.07.012>
- Van Wijk, D. (2013). What can be expected from the BitCoin. Erasmus Universiteit Rotterdam Working Paper 345986, Erasmus University, Rotterdam, Netherlands.
- Wang, J., Xue, Y. ve Liu, M. (2016). *An Analysis of Bitcoin Price Based on VEC Model* [Bildiri sunumu]. In 2016 International Conference on Economics and Management Innovations. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/icemi-16.2016.36>
- Yahoo Finance. (2024, 4 Ağustos). Crypto. 5 Ağustos 2024 tarihinde <https://finance.yahoo.com/markets/crypto/all/> adresinden edinilmiştir.
- Zeng, T., Yang, M. ve Shen, Y. (2020). Fancy Bitcoin and conventional financial assets: Measuring market integration based on connectedness networks. *Economic Modelling*, 90, 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.05.003>