



FIRAT ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER DERGİSİ

Journal of Social Sciences

p-ISSN:1300-9702 e-ISSN: 2149-3243



Kripto Para Madenciliğinin Tükettiği Elektrik ile Seçili Ülke Enerji Piyasaları Arasındaki İlişkinin Analizi

Analysis of the Relationship Between Electricity Consumed By Cryptocurrency Mining and Energy Markets of Selected Countries

Yunus YILMAZ¹ ve Gülseda KÖSE²

¹Doç. Dr., Dicle Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Diyarbakır, yunisyilmazim@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6142-2923>

²Uzman, Dicle Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Diyarbakır, gulseda.kose@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7072-9054>

Araştırma Makalesi/Research Article

Makale Bilgisi

Geliş/Received:
30.12.2024
Kabul/Accepted:
21.11.2025

DOI:

10.18069/firatsbed.1610032

Anahtar Kelimeler

Enerji Tüketimi, CBECI,
Kripto Para Madenciliği,
ARDL Sınır Testi.

Keywords

Energy Consumption,
CBECI, Cryptocurrency
Mining, ARDL Bound
Testing.

ÖZ

Kripto varlık piyasası, global finans sisteminde yeni nesil sanal para anlayışının oluşumuna destek olmuştur. Bu anlayış kripto paraların gelişimine katkı sunmak isteyen madencilerin varlığını ortaya çıkarmıştır. Madenciler, kripto para üretimini gerçekleştirebilmek için yüksek teknolojiye sahip bilgisayarlar kullanmaktadırlar. Bu üretim yüksek güçte enerji tüketimini ortaya çıkarmaktadır.

Araştırmada Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi (CBECI) ile seçili ülkelerin enerji endekslerine ait 01.07.2014-01.06.2024 dönemini kapsayan aylık veriler kullanılmıştır. Değişkenlerin birbirleriyle olan uzun dönemli ilişkilerini belirlemek için ARDL sınır testi uygulanmıştır. Nedensellik ilişkisini analiz etmek için ise Toda-Yamamoto nedensellik testine başvurulmuştur. Analizler neticesinde ARDL Sınır Testi sonuçlarına göre; Türkiye, Çin ve Japonya'ya ait enerji tüketim endeksi verileri ile Cambridge Bitcoin elektrik tüketim endeksi arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda Toda-Yamamoto Nedensellik Testinde; Türkiye, Çin ve Japonya'nın enerji piyasalarına ait endeksten CBECI endeksine doğru tek yönlü Toda-Yamamoto nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla Cambridge Bitcoin elektrik tüketim endeks verilerinin, bu ülkelerin enerji şirketi değerlemelerini etkilediğini söylemek mümkündür.

ABSTRACT

The cryptocurrency market has supported the formation of a new generation of virtual money in the global financial system. This understanding has revealed the existence of miners who want to contribute to the development of cryptocurrencies. Miners use high-tech computers to produce cryptocurrencies.

In the study, monthly data covering the period of 01.07.2014-01.06.2024 belonging to Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index (CBECI) and energy indexes of selected countries were used. ARDL bounds test was applied to determine the long-term relationships between variables. Toda-Yamamoto causality test was used to analyze the causality relationship. As a result of the analysis, according to the ARDL bounds test results; It was determined that there is a cointegration relationship between energy index consumption data of Turkey, China and Japan and Cambridge Bitcoin electricity consumption index. At the same time, in the Toda-Yamamoto Causality Test; It was determined that there is a one-way Toda-Yamamoto causality relationship from the index of energy markets of Turkey, China and Japan to the CBECI index. Therefore, it is possible to say that Cambridge Bitcoin electricity consumption index data affects the valuations of energy companies of these countries.

Atıf/Citation: Yılmaz, Y. ve Köse, G. (2026). Kripto Para Madenciliğinin Tükettiği Elektrik ile Seçili Ülke Enerji Piyasaları Arasındaki İlişkinin Analizi. *Firat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 36, 1, 131-146.

Sorumlu yazar/Corresponding author: Yunus YILMAZ, yunisyilmazim@gmail.com

*Bu çalışma, Kripto para madenciliğinin elektrik tüketimi ile enerji piyasaları arasındaki ilişkinin analizi: Seçili ülkelerden kanıtlar adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

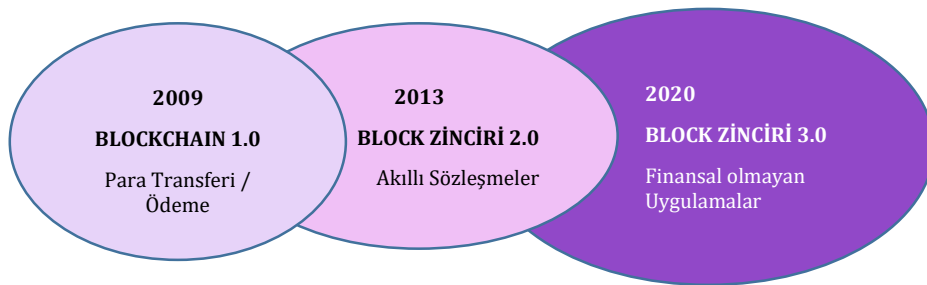
1. Giriş

Tarihin ilk dönemlerinde, nesnelerin el değiştirmesi takas yoluyla gerçekleştirilmiş ve bu sayede paranın ortaya çıkmasına zemin oluşturulmuştur. Ancak uzun zaman para kavramını tam olarak karşılayabilecek bir değişim aracı bulunamamıştır. İlk dönemlerde ticaret; deniz kabukları, ağır taşlar ve tuz gibi varlıklar ile sağlanmıştır. Daha sonraları ise değerli madenler, en çok kullanılan ve kolay şekil alabilmeleri ile değişim aracı olarak kullanılmıştır. Fakat gelişen teknoloji ekonomik hayatın evrilmesine neden olmuş ve artık bu nesnelerin takas aracı olarak yeterli olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Süregelen zamanda paranın bulunması ile siyasi, ekonomik ve sosyal alanda gelişmeler sağlanmış ve para, uzun süre güç unsuru olarak toplumlar üzerinde egemenlik kurmanın simgesi olarak kabul edilmiştir. İlk dönemlerde metal para kullanımı yaygın olurken para çeşitliliği metal ve kâğıt olmak üzere yıllar içinde değişime uğramıştır. Günümüzde ise paranın çeşitliliği artmış, son dönemlerde popüler olan “Kripto Para” varlığı günlük hayatta yer bulmuştur. Kripto varlıkların hızlıca ekonomiye adapte olması, kripto para piyasasını oluşturmuştur (Toplu Yılmaz ve Akdağ, 2023).

Blockchain sistemi son dönemlerde hem basın hem de çeşitli kurumlar tarafından ilgi odağı haline gelmiştir. Birçok araştırmacı Blockchain sisteminin çalışma şekline göre farklı fikirler beyan etmiştir. Bu araştırmacılardan Glaser (2017) bitcoin zincirini, kullanıcılar arasında merkezi bir denetleyici olmadan, kayıtlara herkesin ulaşabileceği şekilde ve takma isimlerle kaydedebileceği bir data ağı olarak tanımlamıştır. Zhao vd. (2016), yapılan işlemlerin insan müdahalesi ve denetimi olmadan ağ hesaplamaları yoluyla güvenilir şekilde yürütüldüğünü göstermişlerdir. Tama vd. (2017), blok zincirini veri bütünlüğünü sağlamak amacıyla dağıtılmış bir yazılım parçası olarak tanımlamışlardır. Zheng vd. (2017), yapılan işlemlerin bloklar halinde toplandığını ve kaydedildiğini, aynı zamanda blok zincirinin yeni bloklar eklendikçe büyüyen veri defterleri halinde olduğunu belirtmişlerdir. Cheng vd. (2018), blockchain için çeşitli kullanım alanlarında yüksek potansiyele sahip, merkezi olmayan ve bozulmaz bir veri tabanına sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Blockchain sistemi, kripto para üretiminin altyapısını oluşturan bileşenlerin, şifreleme bilimi ile birbirine zincirlenmiş bir dizi veri bloğu olarak tanımlanmaktadır (Nakamoto, 2008). Bu sistemde tüm işlemler baştan sona doğru yüksek güvenlik düzeyinde şifrelenmiştir.

2013 yılında Ethereum Akıllı Sözleşmelerinin ortaya çıkışı ile blockchain 2.0 haline gelen ve blockchain teknolojisinin güçlendirdiği bir sistem olduğu tespit edilmiştir. Blockchain 1.0; esas olarak Bitcoin tarafından kripto para birimleri ve merkezi olmayan ödemelerle ilgili sorunları çözmek için ortaya çıkmıştır. Bu aşama Blockchain için havale, para transferleri ve dijital ödeme yöntemlerinin finansal olarak kullanılan uygulamalarda yaygınlaştığı evredir (Swan, 2015). Blockchain 2.0 ise tüm piyasanın merkezileştirmeye odaklandığı ve varlıkları akıllı sözleşme, akıllı mülk sistemine dönüştürerek değer katmak için geliştirildiği bir evredir. Blockchain 3.0; akıllı yönetim, bilim, ulaşım, sağlık, hükümet, dijital kimlik, sanat, siber güvenlik gibi teknolojik sistemlerin kullanıldığı ve gelecek vadeden bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Cheng vd., 2018).



Şekil 1. Blockchain Sisteminin Gelişim Süreci (Cheng vd., 2018)

Kripto paraların yaşam döngüsü içindeki varlıkları, yaşamın temel kaynaklarını da etkilemektedir. Temel kaynaklardan olan elektrik enerjisinin yer aldığı bu çalışmada ilk olarak blockchain ve kripto paralar hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Daha sonra, kripto paraların elektrik tüketiminin ülkeler ve sektörel alandaki etkilerine değinilmiştir. Son bölümde ise enerji tüketiminin kripto varlıklar ile ilişkisini ölçmek amacıyla ampirik bir çalışma yapılmıştır.

2. Kripto Paralar Hakkında Genel Bilgiler

Kripto paralar, güvenlik açısından şifreleme bilimi olarak bilinen kriptografiyi kullanan sanal ve dijital bir para birimidir (Gandal ve Halaburda, 2014). Kripto paralar, banka mevduatlarındaki tutarların bir finansal kuruluşa gerek olmadan dijital olarak transfer edilebildiği sistemlerdir (Dywer, 2015). Kripto paraların öteki para birimlerinden daha tercih edilebilir olmasının sebebi de otoriter bir güç ya da hükümet himayesinde yönetilemiyor olmasıdır (Bariviera vd., 2017). Dolayısıyla kripto paralar yasal olmayan ve illegal işlemlerle uğraşan kişilerin sıkı takibinde yer alabilmektedir.

Kripto paraların tarihsel süreci ile ilgili Corbet vd. (2020) Kripto paraların, bilinen finansal sisteme rakip olarak yeni bir düzen şeklinde ortaya çıkan dijital para türü olduğunu belirtmişlerdir. Wong vd. (2018) ise son dönemlerde kripto paraların, yeni ödeme sistemi olarak benimsenmeye başlandığını ifade etmişlerdir. Blockchain teknolojisi, kripto para sisteminin temelini oluşturmaktadır. Bu sistemin amacı; arada bir aracı taraf olmadan, hesap hareketlerini gözetip dijital imza kapsamında herhangi bir müdahaleye izin vermeden, işlemlerin seri şekilde yürütülmesine ve oluşacak işlem maliyetlerinin düşürülmesine katkıda bulunmaktadır (Corbet vd., 2018). Ancak, Bitcoin de dahil olmak üzere kripto paraların, bireylerin vergiden kaçma yolu olarak tercih ettikleri ayrıcalıklı bir alan olması ve otoriter güçlerin bu problemi görmezden gelmesi eleştirilmektedir (Marian, 2016). Kripto paralar sadece kripto para piyasasında değil günlük hayatı kolaylaştırıcı birçok alanda işlevsel yönleriyle de bilinmektedir. Öyle ki bazı bankaların yurt dışı para transfer sistemleri kripto paralar aracılığıyla saniyeler içinde yapılabilmektedir. Aynı zamanda bazı tur firmaları, üniversiteler, internet alışveriş siteleri vb. sektörler alınan hizmet karşılığında kripto varlıklar ile ilgili bedeli tahsil etmektedir. Dolayısıyla sistemin dâhil olacağı birçok alanda faaliyetlerini genişleterek daha da ön plana çıkacağı tahmin edilmektedir. Kripto paraların üretimi çeşitli yöntemler ile sağlanabilmektedir. Bunlardan ilki; satın alma işlemi sonucu elde edilmesidir. İkincisi ise kripto para madenciliğinin oluşumu ile üretim sağlanmaktadır (Morkunas vd., 2019). Bitcoin sistemindeki işlemler P2P ağı üzerinde aracı olmadan gerçekleşir. Yapılan işlemler blockchain adı verilen deftere kaydedilir ve kullanıcı tarafından Bitcoin yazılımı yüklü ağ kanalları tarafından doğruluğu teyit edilir. Doğruluğu onaylandıktan sonra blok zincirine kaydedilerek transfer işlemi tamamlanır. Bu kayıt tutma işlemine “Madencilik” denir. Bilgi işlem gücü sunan kişilere de Madenciler denilmektedir (Lee vd., 2018). Madencilik vasıtasıyla üretilen Bitcoin, kriptoloji ve kurallara dikkate alınarak işlem içeriği çok olan bir blok sistemi şeklinde oluşturulur. Blok uygunluğunu oluşturan ve problemin çözümünde gayreti olan madenci kripto para ile ödüllendirilmektedir (Gandal ve Halaburda, 2014). Kripto para üretimi madencilik süreci ile yapılmaktadır. Dolayısıyla kripto paraların piyasa fiyatı, madenciler açısından ödül kazanabilmek için teşvik edici bir kriterdir. Ancak bu üretimin yapılabilmesi için yüksek düzeyde enerji tüketimine ihtiyaç duyulmaktadır (Corbet vd., 2021). Bu süreçte çok gelişmiş bilgisayarlar ile işlem yapıldığından dolayı yoğun elektrik tüketiminin gerçekleştiği belirtilmektedir (Carvalho, 2017).

Kripto paralar, piyasada etkin rolleri ile birçok avantajı beraberinde sunmaktadır. Aşağıda kripto paraların avantajları maddeler halinde belirtilmiştir.

- Kripto paralarda işlem hızı yüksek ve komisyon maliyeti ucuzdur. Dolayısıyla herhangi bir zamanda istenilen yere para transferinin yapılmasına olanak tanınmaktadır (Andolfatto, 2014).
 - Bağlı olduğu bir otorite olmadığı için kripto paraya el koyma durumu olmamaktadır.
 - İşlemler anlık ve internet üzerinden gerçekleştirildiği için Blockchain veri tabanı ile güven sorunu yaşanmamaktadır (Kenger ve Tokmak, 2018).
 - Kripto paralar fiziki olmadığı için saklamak için bankaya ihtiyaç duyulmamaktadır.
 - Fiziki paraların doğrulanması mevcut varlığına bağlıyken kripto paralarda gizlilik ve verilerin korunması şifreleme yöntemine dayanmaktadır (Bilir ve Çay, 2016).
 - Kripto paraların enflasyon riski düşük seviyededir. Reel para arzında yaşanan artışlar enflasyona etki etmektedir. Ancak bu durum kripto paralarda farklı süreçte işlemektedir (Kenger ve Tokmak, 2018).
- Kripto paraların avantajları olduğu kadar dezavantajları da mevcuttur. Dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.
- Kripto paralar geleneksel para türlerine göre daha az kullanıma sahiptir. Dolayısıyla işlemler küçük hacimlidir ve dalgalanmaya sebep olmaktadır.
 - Kripto paraların merkezi bir otoriteye bağlı olmaması ve hukuken başvurulacak yasal bir mercii olmamasından dolayı sorunlar yaşanmaktadır (Kenger ve Tokmak, 2018).
 - Kripto paralar, finansal kurum ve belli bir mevzuata tabi olmadıkları için deniz aşırı konumlarda vergi denetimi yapılamamaktadır. Nitekim bu bilgilere de ulaşamamaktadır.

- Kripto paralarda gizlilik seviyesinin yüksek olması ve takip edilme durumu mümkün olmamasından dolayı hükümet tarafından bir yaptırım uygulanamamaktadır (Marian, 2016).

3. Kripto Para Madenciliğinin Enerji Tüketimi

Küresel enerji piyasası, dünya çapında enerjinin üretimini, dağıtımını ve tüketimini içeren karmaşık ve dinamik bir sistemdir. Enerji talebi, nüfus artışı, ekonomik kalkınma ve artan endüstriyel faaliyetlerin etkisiyle artmaya devam etmektedir. Güneş, rüzgar ve hidroelektrik enerji gibi yenilenebilir kaynaklara daha fazla vurgu yapılarak enerji arzı çeşitlendirilmektedir. Sera gazı emisyonlarını azaltmak, iklim değişikliğiyle mücadele etmek için temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmektedir. Elektrikli araçların ve güneş fotovoltaik sistemlerinin giderek daha fazla benimsenmesi söz konusu küresel enerji piyasası üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır (IEA, 2024). Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve refah seviyelerini belirleyen başlıca kriterlerden biri enerji tüketimidir. Ülkenin harcamış olduğu toplam enerji tüketimi ile kişi başına denk gelen enerji tüketimi değerlendirme ölçütlerinin en başında gelmektedir. Enerji sektöründeki değişiklikler ülkelerin yaşamış oldukları siyasi, ekonomi vb. krizlerden doğrudan etkilenmektedir.

Bitcoin, kripto para varlığını temsil eden ilk para olma özelliğini taşımaktadır. Üretimi başta masa üstü bilgisayarlar ile yapılmaktaydı ve harcanan elektrik tüketimi dikkate alınmamaktaydı. Yıllar itibarı ile değeri artan ve revaçta olan bir piyasaya sahip olmasıyla üretimi için yüksek meblağlarda enerji tüketen makinelere ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Ve bu üretim devasa hacimde elektrik tüketimine mal olmaktadır. Bir Bitcoin üretimi için yaklaşık 1450 kWh elektrik tüketimi harcanır iken bu oran yıllık ortalama 130 TWh'a tekabül etmektedir (Temizenerji.org, 2024).

Anadolu Ajansı tarafından yayınlanan ve Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi dikkate alınarak sunulan derlemede 2023 yılında Bitcoin'in 154,9 milyar kWh elektrik tüketimine sebep olduğu ve bu tüketimiyle 167 ülkenin elektrik tüketim oranını geride bıraktığı belirtilmiştir. Dünyadaki elektrik tüketimi arasında ilk sıralarda yer alan Çin, ABD, Kanada ve Rusya ise Bitcoin madenciliğinde en fazla paya sahip ülkeler arasında bulunmaktadır (Anadolu Ajansı, 2024). 2024 yılında ise Bitcoin madencilerinin, yılda yaklaşık 160 terawatt-saat elektrik tüketimine eş değer olarak Arjantin ülkesinden daha fazla elektrik tüketimine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Yine harcamak ya da ticaret yapmak amacıyla üretilen Bitcoin'in, yılda ortalama 91 terawatt-saat elektrik tükettiği bilinmektedir. Bu tüketim 5,5 milyon nüfusa sahip olan Finlandiya'nın tüketmiş olduğu elektrik miktarından daha fazla olduğu sonucunu vermektedir (Buybitcoinworldwide, 2024).

Madencilik faaliyetleri elektrik maliyetlerini direkt etkilemektedir. Bu sebeple ucuz elektrik temini sağlanabilecek ülkeler madencilerin tercih noktaları olmaktadır. Hatta yenilenebilir enerjiye kolay erişilebilen ülkelerde madencilik faaliyetleri avantajlı hale gelmektedir. Güneşli gün sayısı fazla ve sıcaklık değerleri yüksek ülkelerin güneş enerjisini sürekli kullanmaları durumunda madencilik maliyetlerinde düşüş söz konusu olacaktır (BCTR, 2023).

İlerleyen dönemlerde sanal para madenciliğinin taleplerinde yaşanabilecek olan artışların karşılanabilmesi için çeşitli çalışmaların planlanması gerekmektedir. Bu çalışmaların yapılmaması elektrik şebekelerinin işleyişinde zorlukların ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu durum karşısında sanal para madenciliğinde gerçekleşen ani artışların, elektrik fiyatlarını yukarı yönde arttırmasına sebep olacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla toptan ve perakende elektrik pazarlarının yeni yükü karşılamak için ayarlamalar yapılması gerekmektedir. Elektrik fiyatlarındaki dalgalanmaların yoğun olduğu bölgelerde bulunan sanal para madencilerinin, üretimden kazanacakları karlılık oranlarını dikkate alarak toptan elektrik piyasasının yüksek dönemlerinde elektrik tüketimlerini azalttığı görülmektedir (EIA, 2024). Karbon ayak izini azaltmak için sanal para madenciliğinin %50'den fazlası yenilenebilir enerji kaynakları ve karbon dengeleme metodlarının uygulanmasına bağlıdır. Bu çalışmalar sanal para madenciliğinin çevresel etkisini ele almayı ve sürdürülebilir bir geleceğe katkı sunmayı amaçlamaktadır (Crypto, 2024).

4. Literatür Taraması

Teknolojik alt yapının gün geçtikçe gelişmesi ile birlikte kripto para piyasasına olan ilginin arttığı gözlenmektedir. Son dönemlerde bireylerin bu piyasa üzerinde yoğun ilgisi araştırmacıların da dikkatini çekmiştir. Literatür incelendiğinde kripto para piyasası ile ilgili çeşitli çalışmaların olduğu görülmektedir. Kripto para madenciliği, kripto paraların finansal piyasalarla ilişkisi, elektrik tüketimi ile enerji verimliliği ve çevresel boyuttaki duyarlılık gibi konuların araştırma konularında popüler olduğu dikkat çekmektedir. Aşağıda literatüre konu olmuş ve dünya genelinde yayınlanmış çalışmalardan bazıları sunulmuştur.

Wu ve Pandey (2014), Bitcoin'in bir para birimi gibi davranıp davranmadığını, yatırım aracı olarak değerlendirilebilir mi sorusuna yanıt bulmak amacıyla çalışmalarını yürütmüşlerdir. Günlük veriler dikkate alınarak, büyük para birimleri ile tahvil, hisse senedi ve altını S&P 500 "Korku Endeksi" kullanarak ilişkilendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda; günlük bitcoin işlemi, hızla büyümesine rağmen, bu varlığın çok çeşitli mal ve hizmetler için işlem görebilen bir değişim aracı olarak hizmet etmede başarısız olduğunu göstermektedir. Bitcoin'in yüksek fiyat oynaklığı, zayıf bir değer deposu olduğunu ve oldukça riskli olduğunu da gösteriyor. Bu nedenle, Bitcoin bir para biriminin temel özelliklerine sahip değildir ve bunun yerine çok likit olmayan bir finansal varlık olarak kabul edilmelidir.

Trabelsi (2018), Bitcoin ve S&P 500, Nasdaq, Hang seng, FTSE 100 ve Nikkei 225 endeks verilerini 07.10.2010-08.02.2018 yıllarını dikkate alarak finansal olarak aralarındaki ilişki sürecini Diebold ve Yılmaz; Davidian ve Carroll yayılım modelleriyle incelemiştir. Veri sonuçlarına göre değişkenler arasında frekans, dinamik düzey ve zaman açısından bağıllık olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Maghyreh ve Abdoh (2020), Bitcoin ile FTSE, Şangay-A hisseleri, DAX 30 ve S&P 500 verilerini 18.08.2011-01.01.2020 dönemi için incelemiştir. Verilerin sonucuna göre S&P 500 endeksi ile Bitcoin getirileri arasında sağ kuyruk bağımlılığının olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu durum Bitcoin 'in belirli getiri oranlarında finansal çeşitlilik oluşturabileceğini desteklemektedir.

Symitsi ve Chalvatzis (2018), Bitcoin ile MSCI Dünya ve MSCI Bilgi Teknolojileri endeksleri arasındaki volatilité değişimini 22.08.2011-15.02.2018 yılları arasındaki verileri kullanarak VAR-BEKK-AGARCH modeliyle test etmiştir. Değişkenler arasında tek yönlü bir getiri elde edildiğini aynı zamanda volatilité yayılımının çift yönlü ani etkiler gösterdiği sonucu tespit edilmiştir.

Li vd. (2019), kripto paraların dünya genelinde daha çok kullanılacağını ve yenilenebilir enerji pazarının blok zincir uygulamaları ile dönüşüme uğrayacağı tahmininde bulunmuşlardır. Yapılan çalışma için dokuz çeşit kripto para biriminden yararlanılarak on algoritmik madencilik rantabilitesi üzerine incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelerde Monero madenciliği ve bir kıyaslamaların istatistiki verileri dikkate alınarak deney sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Monero madenciliğinin global elektrik tüketiminin tahmini üzerine veriler sağlamışlardır. Analizler doğrultusunda; hash algoritmasının esas olarak madencilik rantabilitesini belirlediği sonucuna ulaşılmıştır.

Schinckus vd. (2020), çalışmalarında Blockchain teknolojisinin, iklim değişikliği üzerinde önemli bir sonuç ortaya koyduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda kripto para ticaretinin enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin önemini araştırmışlardır. 2014-2017 yılları arasındaki aylık veriler kullanılarak ARDL sınır testi yöntemi ile çalışma analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucu olarak hem kısa hem de uzun dönemde bütün kripto para birimlerinin ticaret hacimleri ve enerji tüketimi arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu, kripto para birimlerinin faaliyetleri ne kadar yüksek ise o kadar yüksek enerji tüketiminin gerçekleştiği bulgusuna varılmıştır.

Baur ve Oll (2019), 2009-2019 yılı arasındaki aylık verileri dikkate alarak Bitcoin ve enerji fiyatları arasındaki ilişkiyi VAR modeli ile incelemiştir. Bu çalışmada, Bitcoin fiyatları ile ham petrol ve kömür fiyatları, S&P 500 Enerji Şirketleri Endeksi arasındaki ilişki ele alınmıştır. Neticede; Bitcoin ve ham petrol fiyat değişiklikleri arasında zayıf yönlü, ancak kömür fiyat değişiklikleri arasında güçlü eşzamanlı korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Delgado-Mohatar vd. (2019), Bitcoin ağında tüketilen enerji tahminin ve üretim maliyetinin zaman içindeki değişimini hesaplamak amacıyla 2018 yılının Haziran ayından itibaren Bitcoin madenciliğinin önemi vurgulamışlardır. Çalışma verilerine göre Haziran 2018 öncesindeki fiyatların marjinal maliyet fiyatlarının altına düştüğü \$0,14/kWh'in altındaki elektrik fiyatlarına erişimi olmayan emtia madencileri için karlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Das ve Dutta (2020), madenci gelirleri ve bitcoin enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Analizlerinde regresyon türlerinden kuantil ve markov rejim değiştirme modeli ile inceleyerek değişkenler arasında negatif ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Madencilerin gelirlerindeki değişkenlik ve düşüklük seviyesi negatif etkinin arttığına işaret etmektedir. Dolayısıyla verimli madencilik ve düşük enerji kaynaklarına yönelme olmadığı sürece işin devamlılığını getirmeyecektir sonucuna varılmıştır.

Kılıç vd. (2021), Bitcoin elektrik tüketimi ile bitcoin üretiminde lider olan seçilmiş ülkelerin enerji piyasaları arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bulgulara göre CBECI endeksi ile MOEX enerji endeksi arasında çift yönlü, S&P 500 ve SSE enerji endeksleri arasında ise tek yönlü volatilité yayılımının olduğu sonucuna varmışlardır. Gürsoy vd. (2022), 19.02.2017 ve 07.02.2021 dönemlerinde Bitcoin enerji tüketimi ile kripto para fiyat belirsizlik endeksi ve kripto para politikası belirsizlik endeksleri arasında nedensellik testi uygulamışlardır. Ulaşılan sonuçlar, kripto para piyasalarındaki belirsizlik Bitcoin enerji tüketimi üzerinde nedensellik göstermektedir. Üstelik bitcoin enerji tüketiminin sadece kripto piyasalarıyla bağlantılı olmadığı, aynı zamanda devlet müdahaleleri, yasaklar, yanlış tanınma ve diğer finansal piyasalardaki gelişme ve hareketlerin de etkisi altında olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

Huynh vd. (2022), Bitcoin piyasa fiyatı ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi günlük veriler kullanarak varyans ayrışması doğrultusunda incelemişlerdir. Aynı zamanda Bitcoin enerji tüketimi, hacim ve getirileri de çalışmaya dahil edilmiştir. Yapılan analiz doğrultusunda; uzun vadedeki getirilere göre Bitcoin işlem hacimlerinden enerji tüketimine doğru olan yönde etkinin yüksek olduğuna varılmıştır.

Sizer ve Yılmaz (2022), Bitcoin elektrik tüketimi ile küresel ekonomik politik belirsizlik arasındaki ilişkiyi 2011-2022 yılları arasındaki aylık verileri kullanarak Toda-Yamamoto nedensellik analizi ile incelemişlerdir. Analizin sonucuna göre hem küresel ekonomik politik belirsizlik endeksinden bitcoin elektrik tüketimine hem de bitcoin elektrik tüketiminden küresel ekonomik politik belirsizlik endeksine doğru %5 oranında Granger nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Her iki değişkenin birbirinin nedeni olarak belirlenmesi, bir küresel pazarın diğer bir pazarı etkilediğini açıkça göstermektedir. Yatırım kararları verilirken sadece bir finansal enstrümana yönelmenin yeterli olmayacağını aynı zamanda küresel bazda da finansal piyasaları takip etmenin yatırım açısından önemli olduğu belirtilmiştir.

5. Araştırmanın Amacı

Kripto para madencileri, üretimi sağlamak için karmaşık yapıdaki yüksek donanımına sahip bilgisayarlar kullanmaktadır. Kullanılan cihazların ciddi boyuttaki enerji tüketimi gelecek dönem içinde enerji yeterliliği konusunda endişelere neden olacağı tahmin edilmektedir. Hatta dünya genelinde nüfus yoğun ülkelerin enerji tüketimine eş değer olduğu görülmektedir. Kripto paralar ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde makro ekonomik büyüme, finansal varlıklar, emisyon ve iklim değişiklikleri gibi konular üzerinde daha fazla araştırmanın olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu konular üzerinde birçok çalışma mevcut iken elektrik tüketimi ile ilgili çalışmaların yeterli sayıda olmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu alanla ilgili sınırlı kaynaklardan edinilen veriler ile analiz yapılmıştır. Seçilen ülkeler ise elektrik tüketim hacmi yüksek ve nüfus yoğunluğu kalabalık olan www.eneroutlook.enerdata.net ve TEDAŞ raporlarına göre ilk 20 ülke dikkate alınarak incelemeye konu olmuştur. Bu çalışmada, kripto para madenciliğinin elektrik tüketimi ile enerji piyasaları arasındaki ilişkinin analizi seçili ülkelerin enerji endeksleri dikkate alınarak incelenmiştir.

6. Araştırma Yöntemi ve Veri Seti

Çalışmanın araştırma yöntemi belirlenirken verilere göre uygun model seçilmiştir. Aynı zamanda değişkenler hakkında daha geniş bilgiye ulaşabilmek adına uzun dönemli ilişkilerin araştırılmasına önem verilmiştir. Değişkenler, Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri yardımıyla sınanmıştır. Değişkenlerin birbirleriyle olan uzun dönemli ilişkilerini belirlemek için ARDL sınır testi uygulanmıştır. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini analiz etmek için ise Toda-Yamamoto nedensellik testine başvurulmuştur.

Analizde Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi verisi ile elektrik tüketim hacmi ve nüfus yoğunluğu yüksek olan www.eneroutlook.enerdata.net ve TEDAŞ raporlarına göre ilk 20 ülkenin Enerji Endeksi verileri dikkate alınarak veri setine dâhil edilmiştir. Çalışmadaki değişkenler, (CBECI) Cambridge Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksini, Moex Rusya Elektrik Piyasası Endeksini, S&P 500 ABD Elektrik Piyasası Endeksini, SSE

Çin Elektrik Piyasası Endeksini, MSCI Fransa Elektrik Piyasası Endeksini, NIKKEI 225 Japonya Elektrik Piyasası Endeksini, IBOV Brezilya Elektrik Endeksini ve BIST XELKT Türkiye Elektrik Piyasasını temsilen kullanılmıştır. Seçili ülkelerin elektrik piyasasına ait 01.07.2014-01.06.2024 yılları arasındaki (tüm ülkeler için 10 yıllık sağlıklı verilere ulaşılabilirliği dikkate alındığı için) dönemi kapsayan aylık verilerine investing.com üzerinden erişim sağlanmış ve Eviews 12 paket programında test edilmiştir. Seçili ülkelere ait veri seti Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Seçili Ülkelerin Değişkenlerine Ait Bilgiler

Değişken	Açıklama	Zaman Aralığı	Kaynak
CBECI	CBECI Bitcoin Elektrik Tüketim Endeksi	01.07.2014-01.06.2024	cbeci.org
MOEX ENERJİ	MOEX Rusya Enerji Piyasası Endeksi	01.07.2014-01.06.2024	investing.com
S&P 500 Enerji	S &P 500 ABD Enerji Piyasası Endeksi	01.07.2014-01.06.2024	investing.com
SSE ENERJİ	SSE Çin Enerji Piyasası Endeksi	01.07.2014-01.06.2024	investing.com
MSCI ENERJİ	MSCI Fransa Enerji Piyasası Endeksi	01.07.2014-01.06.2024	investing.com
NIKKEI 225 ENERJİ	NIKKEI225 Japonya Enerji Piyasası Endeksi	01.07.2014-01.06.2024	investing.com
IBOV ENERJİ	IBOV Brezilya Enerji Piyasası Endeksi	01.07.2014-01.06.2024	investing.com
XELKT ENERJİ	XELKT BIST Elektrik Endeksi	01.07.2014-01.06.2024	investing.com

Analizde kullanılan değişkenlerin tanımlayıcı istatistiki değerlerine ait; tüm endeks mevcut verileri dikkate alınarak aynı şekilde standart sapma, mod, medyan ve ortalama değerleri kullanılarak hesaplanmış ve aşağıda sunulmuştur. Tablo 2’de görüldüğü üzere 10.059 ile Japonya en yüksek ortalamaya sahip ülke olurken, -1.3301 değeri ile Brezilya en düşük ortalamaya sahip ülke olmuştur. 10.023 ile medyana en yüksek Japonya ve -0.0011 ile medyana en düşük seviyede Fransa görülmektedir. 10.621 sayı değeri ile Brezilya maximum değer alırken, -0.4340 sayı değeri ile ABD minimum değere sahiptir. Standart sapması en büyük ülke 0.2202 ile Brezilya, 0.0685 değeri ile Rusya standart sapması en küçük ülkedir. Çarpıklık analizinde en yüksek çarpıklığa sahip ülke 0.3855 değeri ile Brezilya olurken, en düşük çarpıklık -1.2148 değeri ile Rusya’yı görmekteyiz. 8.7246 değeri ile serideki en basık dağılıma sahip ülke ABD olarak ön plana çıkarken yine seride 2.4745 ile en küçük basıklık değerinin Brezilya ülkesine ait olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

	BIT	RUS	ABD	ÇİN	FRA	JAP	BRE	TÜR
Ortalama	17286.30	2.5301	2.9001	7.3334	3.7101	10.059	-1.3301	-8.0700
Medyan	1120.571	0.0007	-0.0009	7.3533	-0.0011	10.023	0.0044	-0.0009
Maximum	5704.602	0.1507	0.2204	7.8206	0.1775	0.1281	10.621	0.2560
Minimum	635.77	-0.3444	-0.4340	6.8786	-0.3487	-0.1304	9.6612	-0.2626
Standart Sapma	1698.985	0.0685	0.0833	0.2071	0.0712	0.0474	0.2202	0.0920
Skewness (Çarpıklık)	0.792046	-1.2148	-1.0171	-0.1486	-0.0884	-0.5378	0.3855	0.1290
Kurtosis (Basıklık)	2.360736	8.1453	8.7246	2.6656	7.3943	3.3945	2.4745	3.4950
Jarque-Bera	13.86052	152.44	173.78	0.9506	105.64	6.1800	4.1358	1.4550
Olasılık	0.000978	0.000	0.000	0.6216	0.0000	0.0455	0.1264	0.4800

7. Analiz ve Bulgular

7.1. Durağanlık ve Birim Kök Testleri

Durağanlık ve birim kök testleri, bir zaman serisinin tahminsel boyutunu içeren bilgileri analize dahil ederek serinin durağanlığı hakkında karar verilmesine yardımcı olmak için yapılmaktadır (Gujarati, 2004). Tahminsel sürece ilişkin özelliklerin zaman boyutunda sabit olması durağanlık olarak ifade edilmektedir. Aynı zamanda

serinin ortalaması ve varyansının zaman süresince sabit kalması durağanlık olarak değerlendirilmektedir. Buna bağlı olarak iki dönem arasında hesaplanan kovaryans ve bu kovaryansın dönemler arasındaki durumu gecikmeye bağlıysa, zaman serisi için durağan olduğunu söylemek mümkündür (Aydoğan, 2023).

Tablo 3. Farklı Alınmış Değişkenler İçin ADF ve PP Birim Kök Testlerinin Sonuçları

Değişken	Sabitli				Sabitli ve Trendli			
	ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi		ADF Birim Kök Testi		PP Birim Kök Testi	
	ADF Test İstatistiği	P Değeri	PP Test İstatistiği	P Değeri	ADF Test İstatistiği	P Değeri	PP Test İstatistiği	P Değeri
BİTCOİN	-4.185019	0.0011	-1.790191	0.3837	-4.725278	0.0011	-3.431918	0.0523
ABD	-12.26026	0.0000	-12.29789	0.0000	-12.38386	0.0000	-12.49770	0.0000
RUSYA	-10.69798	0.0000	-10.69924	0.0000	-10.77649	0.0000	-10.77718	0.0000
ÇİN	-9.993497	0.0000	-10.05738	0.0000	-7.862878	0.0000	-11.26960	0.0000
FRANSA	-11.86547	0.0000	-11.91621	0.0000	-11.95609	0.0000	-12.07734	0.0000
JAPONYA	-10.84104	0.0000	-10.91455	0.0000	-10.91974	0.0000	-11.11079	0.0000
BREZİLYA	-9.646325	0.0000	-19.21731	0.0000	-3.271043	0.0764	-23.43300	0.0000
TÜRKİYE	-7.471016	0.0000	-7.066916	0.0000	-7.906564	0.0000	-11.58475	0.0000

Değişkenlerin düzey seviyede birim kök içerdiği ve durağan olmadığı test edilmiştir. Bu nedenle farklı alınmış değişkenler için sabitli, sabitli ve trendli olmak üzere tüm değişkenlerin birinci farkları alınmış olup Tablo 3'te gösterilmiştir. Analiz neticesinde tüm değişkenlerin olasılık değerlerinin %1 anlamlılık düzeyinde olduğu ve 0.05 değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla seriler I(1) seviyesinde durağan hale gelmiştir.

7.2. ARDL Sınır Testi

Değişkenlerin, I(1) düzeyinde durağanlaştığı tespit edildikten sonra Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından geliştirilmiş olan ARDL Sınır Testi uygulanmıştır.

ARDL sınır testi, iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkileri belirlemek için tasarlanmıştır. Bu değişkenlerden biri bağımsız değişkeni diğeri de bağımlı değişkeni ifade etmektedir. ARDL sınır testi aşağıda (1) nolu denklemde gösterilmiştir:

$$y_t = a + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_{2,i} \Delta x_{t-1} + \gamma_1 y_{t-1} + \gamma_2 x_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^{q-1} \theta_i \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

y_t ve x_t : İncelenen zaman serileri

Δy_t ve Δx_t : İlgili serilerin birinci farkları

a : Sabit terim

$\beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$: Katsayılar

δ_i ve θ_i : Gecikme terimleri için katsayılar

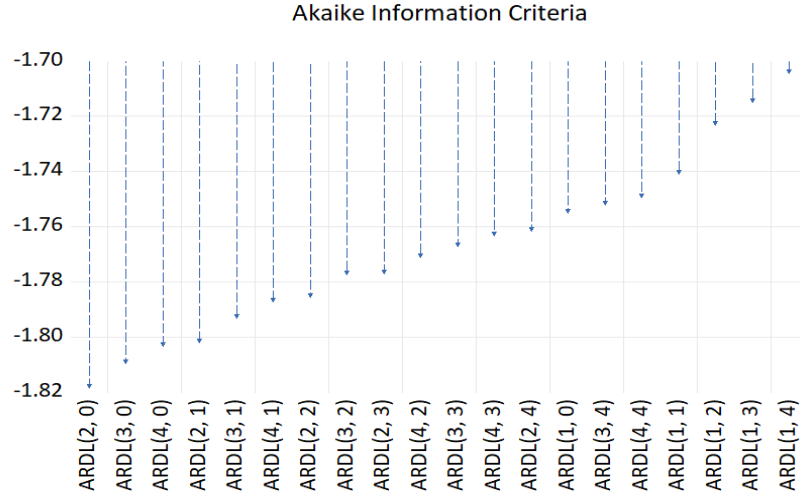
ε_t : Hata terimi

Bitcoin bağımsız değişken, Elektrik tüketimi ise bağımlı değişken olduğu doğrusal model aşağıda (2) numaralı denklemle elde edilmiştir.

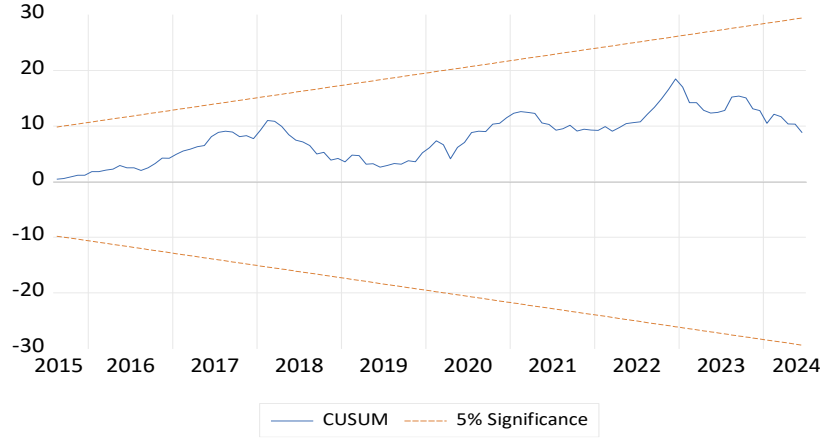
$$\begin{aligned} Elektrik_t = & a + \beta_1 \Delta Elektrik_{t-1} + \beta_{2,i} \Delta Bitcoin_{t-1} + \gamma_1 Elektrik_{t-1} + \gamma_2 Bitcoin_{t-1} + \\ & \sum_{i=1}^{p-1} \delta_i \Delta Elektrik_{t-i} + \sum_{i=1}^{q-1} \theta_i \Delta Bitcoin_{t-i} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

7.3. Türkiye için ARDL Sınır Testi Sonuçları

Birim kök testi sonuçlarına göre analizde kullanılan hiçbir değişkenin I(2) olmadığı belirlendikten sonra değişkenler arasındaki ARDL sınır testine bakılabilmektedir. Akaike Bilgi Kriteri kullanılarak olası 114 model arasından en uygun modelin ARDL (2,0) modeli olduğu belirlenmiştir. Akaike Bilgi Kriterine göre en iyi 20 modelin sıralaması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Türkiye için ARDL (2,0) Modeline Ait AIC'ne Göre En İyi 20 Model



Şekil 3. Türkiye için ARDL (2,0) Modeline Ait CUSUM Grafiği

Tahmin edilen parametrelerin istikrar koşulunu sağlayıp sağlamadığına karar vermek için Şekil 3'te yer alan CUSUM grafiği bulunmaktadır. Grafikte görüldüğü üzere kesikli kırmızı çizgiler %95 güven aralığında, düz mavi çizgi ise parametre tahminlerini belirtmektedir. Bu durumda, yapılan tahminler istikrar koşulunu sağlamaktadır.

Tablo 4'te ilk olarak Panel D'de yer alan ARDL (2,0) modeline ait tanısal test sonuçlarına bakmak gerekir. Modelin normal dağılıp dağılmadığına karar verebilmek için, Modele ait Jarque-Bera olasılık değeri $0.4829 > 0.05$ olduğundan sıfır hipotezi reddedilmeyecektir. Yani hata terimleri normal dağılmaktadır. Ayrıca değişen varyans sorununun olup olmadığına karar verebilmek için, Breusch-Pagan-Godfrey testine ait olasılık değeri $0.0512 > 0.05$ çıkmıştır. Yani hata terimlerinin homoskedastik olduğunu ifade eden sıfır hipotezi reddedilmektedir. Bu da modelde değişen varyans sorununun olmadığını ifade etmektedir. Modele ait otokorelasyon sorununun bulunup bulunmadığına bakmak için, Breusch-Godfrey test istatistiğine ait olasılık değeri $0.4225 > 0.05$ bulunmuştur. Yani hata terimlerinin otokorelasyona sahip olmadığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilmeyecektir. Dolayısıyla modele ait otokorelasyon sorunu bulunmamaktadır.

Tablo 4. Türkiye için ARDL (2,0) Modeli Tahmin Sonuçları

Panel A: Uzun Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
Bitcoin	1.558940	0.264756	-5.888206	0.0000
Panel B: Kısa Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
C	2.878276	0.779484	3.692541	0.0004
@TREND	0.014243	0.003723	3.825445	0.0002
Δ Elektrik t-1	0.274605	0.089560	3.066146	0.0027
EC_{t-1}	-0.144339	0.038964	-3.704436	0.0003
Panel C: Sınır Testi Sonuçları				
F-Sınır Testi				
H_0 : Eşbütünlüme vardır	α	I(0)*	I(1)*	
F= 6.7978	%10	5.59	6.26	
k=1	%5	6.56	7.3	
	%1	8.74	9.63	
*: n=80 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir				
Panel D: Tanısal Test Sonuçları				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F= 0,8687 (p=0.4225)				
Normallik (Jarque-Bera): JB=1.4557 (p=0.4829)				
Değişen Varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F=2.45 (p=0.0512)"				

Panel C’de yer alan F-Sınır testi için F=6.7978 olarak hesaplanmış ve bu değer %10 anlamlılık düzeyinde üst sınır olan 6.26 değerinden büyük çıktığı için yokluk hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla ARDL (2,0) modeline göre değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünlüme ilişkisi bulunmaktadır. Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki belirlendikten sonra kısa ve uzun dönem katsayı tahminleri yapılabilir. Panel A’da uzun dönem tahmin sonuçları bulunmaktadır. Panelde Bitcoin değişkenine ait katsayı %5 önem düzeyinde anlamlı olarak çıkmıştır. Dolayısıyla uzun dönemde Bitcoin değişkeninde %1 oranında meydana gelecek olan artışın, Elektrik Tüketim değişkenini %1.55 oranında arttıracakını söyleyebiliriz. Sonuç olarak Bitcoin Enerji Endeksindeki artış, Elektrik Tüketimini de artırmaktadır. Yani Bitcoin madenciliği faaliyetleri arttıkça elektrik tüketiminin de arttığını söyleyebiliriz. (Panel D’de yer alan ARDL (2,0) modeline ait tanısal test sonuçlarına baktığımızda modelin normal dağılıp dağılmadığına karar verebilmek için Jarque-Bera test istatistiğine bakmak gerekmektedir. Modele ait Jarque-Bera olasılık değeri $0.00 < 0.05$ olduğunda sıfır hipotezi reddedilmektedir. Hata terimleri normal dağılmamaktadır. Normal dağılım olmadığı için analize devam edilemeyecektir. Eğer Bitcoin elektrik tüketim verisi negatif yönde olsaydı bitcoin değişkenindeki %1 oranında meydana gelecek artış da elektrik Tüketim değişkenini etkileyecektir. Dolayısıyla kripto para üretimi ne kadar yapılırsa yapılsın elektrik tüketimini arttırmayacak olurdu bu da kurulan denklemle uyuşmazdı.

Son olarak Panel B’de kısa dönem tahmin sonuçları yer almaktadır. Değişkenler arasındaki kısa dönem ilişkiyi araştırmak için hata düzeltme modelinde Türkiye elektrik tüketimine ait geçmiş dönemlerdeki değerler verilmektedir. Bu veriler, Cambridge Bitcoin elektrik tüketimine göre kısa vadeli etkileri göstermektedir. Hata düzeltme terimine ait katsayıya bakıldığında elde edilen katsayı beklentilere uygun olarak negatif hesaplanmıştır. Ek olarak tahmin edilen katsayıya ait p değeri %5’ten küçük bulunmuştur. Buna göre kısa dönemde oluşabilecek bir dalgalanma, bozulmaların yaklaşık olarak %14’ü yani $1/0.14 \cong 7$ çeyrek dönem sonra uzun dönem dengesine ulaşacağı sonucunu vermektedir.

7.4. Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

ADF ve PP birim kök testi sonuçlarına göre, VAR modeli için maksimum gecikme uzunluğu $d_{max} = 1$ olarak hesaplanmıştır. Ek olarak VAR modeli için uygun gecikme uzunluğunu Likelihood Ratio (LR), FPE, Akaike (AIC) ve Schwarz (SC) bilgi kriterleri dikkate alınarak karar verilmiştir. Bu bilgilere göre elde edilen sonuçlar aşağıda tablo olarak sunulmuştur. Tablo 5’te tüm bilgi kriterlerine göre en düşük değer 2 gecikmeli modelin uygun olduğunu göstermektedir. Yani modelde kullanılacak olan gecikme uzunluğu k=2 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda AIC modeli dikkate alınmıştır.

Tablo 5. VAR Modeli İçin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Lag	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	NA	5.52E-05	1.546282	1.646789	1.587018
1	1515.374	2.27E-11	-13.15554	-12.653	-12.95186
2	184.4052*	4.60e-12*	-14.75474*	-13.85017*	-14.38811*
3	19.36773	5.07E-12	-14.6611	-13.35451	-14.13154
4	21.80231	5.40E-12	-14.60419	-12.89557	-13.91167
5	17.35082	6.02E-12	-14.50643	-12.39578	-13.65097
6	8.781127	7.41E-12	-14.31295	-11.80027	-13.29455
7	20.79314	7.81E-12	-14.2811	-11.3664	-13.09976
8	15.49782	8.79E-12	-14.19152	-10.87478	-12.84722

*AIC En uygun gecikme uzunluğunu ifade etmektedir.

Modele ait gecikme uzunluğu bulunduktan sonra belirlenen gecikme uzunluğuna göre modelin otokorelasyon sorunu içerip içermediğine karar verebilmek adına Otokorelasyon LM testi yapılmıştır. Sonuca göre otokorelasyon sorunu bulunmamaktadır.

Tablo 6. Hata Terimlerine Ait Ters Kökler

Root	Modulus
0.989933 - 0.015134i	0.990049
0.989933 + 0.015134i	0.990049
0.897814	0.897814
0.832726 - 0.095867i	0.838226
0.832726 + 0.095867i	0.838226
0.122751 - 0.160227i	0.201843
0.122751 + 0.160227i	0.201843
0.053240	0.053240
0.122751 - 0.160227i	0.201843
0.080757	0.080757
-0.051565	0.051565

Tablo 6’da hata terimlerine ait ters köklerin 1’den küçük çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla modelin dinamik olarak tutarlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu adımda Toda-Yamamoto nedensellik testini gerçekleştirmek için ön testlerde herhangi bir sorun tespit edilmediğinden nedensellik analizi yapılabilmektedir.

Bu durumda yapılan birim kök testleri ve VAR gecikme uzunluğu sonuçlarına göre Toda-Yamamoto nedensellik testi için şart olan $k + d_{max}$ değeri 3 olmaktadır. Tüm durumlar dikkate alındığında elde edilen Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçları aşağıda Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Nedenselliğin yönü	Gecikme Uzunluğu	χ^2 Test İstatistik Değeri	Prob. Değeri
Bitcoin → Çin	$(k=2)+(d_{max} = 1) = 3$	0.076037	0.9627
Çin → Bitcoin	$(k=2)+(d_{max} = 1) = 3$	10.72663	0.0046
Bitcoin → Japonya	$(k=2)+(d_{max} = 1) = 3$	2.925208	0.2316
Japonya → Bitcoin	$(k=2)+(d_{max} = 1) = 3$	13.70737	0.0331
Bitcoin → Türkiye	$(k=2)+(d_{max} = 1) = 3$	0.115457	0.9439
Türkiye → Bitcoin	$(k=2)+(d_{max} = 1) = 3$	8.862312	0.0119

Tablo 7’de görüldüğü gibi hesaplanan χ^2 test istatistik değerine ait olasılık değerleri incelendiğinde;

Çin'den Bitcoin'e doğru χ^2 testinin olasılık değeri 0.0046'dır. Bu değer $0.0046 < 0.05$ olduğu görülmektedir. Dolayısıyla H_0 reddedilir ve Çin'den Bitcoin'e doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu söyleyebiliriz. Bitcoin'e ait χ^2 testinin olasılık değeri $0.9627 > 0.05$ olduğu için H_0 kabul edilir. Dolayısıyla Bitcoin'den Çin'e doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.

Japonya'dan Bitcoin'e doğru χ^2 testinin olasılık değeri 0.0331'dir. Bu değer $0.0331 < 0.05$ olduğu görülmektedir. Dolayısıyla H_0 reddedilir ve Japonya'dan Bitcoin'e doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu söyleyebiliriz. Bitcoin'e ait χ^2 testinin olasılık değeri $0.2316 > 0.05$ olduğu için H_0 kabul edilir. Dolayısıyla Bitcoin'den Japonya'ya doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.

Türkiye'den Bitcoin'e doğru χ^2 testinin olasılık değeri 0.0119'dur. Bu değer $0.0119 < 0.05$ olduğu görülmektedir. Dolayısıyla H_0 reddedilir ve Türkiye'den Bitcoin'e doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu söyleyebiliriz. Bitcoin'e ait χ^2 testinin olasılık değeri $0.9439 > 0.05$ olduğu için H_0 kabul edilir. Dolayısıyla Bitcoin'den Japonya'ya doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.

8. Sonuç

Dünya genelinde küresel ısınmaya bağlı iklim krizlerinin oluşturduğu kıtlık, mevsimsel değişiklikler, doğal afetler vb. konularda ülkelerin mücadele içinde olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda temel ihtiyaçlardan olan enerji kaynaklarının ilerleyen dönemlerde yetersizliğini gözle görülür şekilde hissedeceğimiz aşikârdır. Dolayısıyla kripto para teknolojisinin gelişimi ile birlikte gelecekte bu piyasaya olan talebin artması beklenmektedir. Bu durum kapsamında enerji yetersizliği gibi sorunların ortaya çıkması olasıdır.

Bitcoin üretimi için harcanan elektrik tüketiminin boyutu ciddi seviyelerdedir. Bu bağlamda, gerçekleşen yüksek tüketimi kıyaslayabilmek için günlük yaşamda elektrik tüketimi yüksek olan nesnelerin verilerini ele alabiliriz. Örneğin; TOGG aracının tükettiği elektrik kıyaslandığında aracın en uzun mesafe giden versiyonu T10X bataryası 88,5 kWh elektrik depolayabilmekte ve 523 km menzil gidebilmektedir. Fakat dünya çapında Bitcoin için harcanan enerji ile 1 milyar 801 milyon 129 bin 943 defa aracımızı şarj edebiliriz. Bu da bize 941,991 milyar km kadar menzil vermektedir. Bitcoin üretimi için her sene ortalama 121,36 TWh elektrik tüketimi gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Tüketilen bu enerji 46 milyonluk nüfusa sahip olan Arjantin ülkesinin enerji tüketiminden fazladır. Yine bir bitcoin işlemi için ortaya çıkan enerji tüketimi Amerikalı bir ailenin ortalama 53 günlük elektrik tüketimine eş değer olduğu düşünülmektedir. Ulaşılan sonuçlar, literatürde yer alan Li vd. (2019) ile Schinckus vd. (2020) çalışmaları ile paralellik göstermektedir.

Dünya genelinde küresel ısınmaya bağlı iklim krizlerinin oluşturduğu kıtlık, mevsimsel değişiklikler, doğal afetler vb. konularda ülkelerin mücadele içinde olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda temel ihtiyaçlardan olan enerji kaynaklarının ilerleyen dönemlerde yetersizliğini gözle görülür şekilde hissedeceğimiz aşikârdır. Dolayısıyla kripto para teknolojisinin gelişimi ile birlikte gelecekte bu piyasaya olan talebin artması beklenmektedir. Bu durum kapsamında enerji yetersizliği gibi sorunların ortaya çıkması olasıdır.

Bu çalışmada nüfus yoğunluğu ve en çok elektrik tüketimi gerçekleştiren ülkeler arasından seçim yapılmıştır. Literatür incelendiğinde seçilen örnekleme ait daha önce bir çalışmanın olmaması bu çalışmanın kısıtı olarak nitelendirilebilir. Kripto paraların enerji tüketiminin ülkeler üzerindeki etkisine dair çalışmaların yetersiz olduğu tespit edildiği için bu konuya yönelim sağlanmıştır. Bu konu üzerinde çalışma yapacak araştırmacılar ve sektör çalışanları için faydalı olacağı düşünülmektedir.

Ekler:**Ek 1. ABD için ARDL (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları**

Panel A: Uzun Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
Bitcoin	0.109290	0.135607	0.805934	0.4220
Panel B: Kısa Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
C	2.402641	0.725519	3.311615	0.0013
@TREND	0.00681	0.001953	3.486796	0.0007
Δ Bitcoin	0.744281	0.534468	1.392565	0.1666
EC_{t-1}	-0.14059	0.041947	-3.35164	0.0011
Panel C: Sınır Testi Sonuçları				
F-Sınır Testi				
H_0 : Eşbütünleşme vardır		α	I(0)*	I(1)*
F=4.170633		%10	3.113	3.61
k=1		%5	3.74	4.303
		%1	5.157	5.917
*: n=80 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir				
Panel D: Tanısal Test Sonuçları				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F= 0.2380 (p=0.7800)				
Normallik (Jarque-Bera): JB=173.78 (p=0.000)				
Değişen Varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F=2.62 (p=0.0300)"				

Ek 2. Brezilya için ARDL (2,1) Modeli Tahmin Sonuçları

Panel A: Uzun Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
Bitcoin	0.225622	0.017684	12.75836	0.0000
Panel B: Kısa Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
C	0.083327	0.030212	2.758128	0.0068
@TREND	-0.001204	0.000337	-3.576704	0.0005
Δ Elektrik t-1	0.21267	0.095617	2.224179	0.0283
Δ Bitcoin	0.750208	0.412084	1.820524	0.0715
EC_{t-1}	-0.288366	0.066941	-4.307753	0.0010
Panel C: Sınır Testi Sonuçları				
F-Sınır Testi				
H_0 : Eşbütünleşme vardır		α	I(0)*	I(1)*
F= 9.191654		%10	5.59	6.26
k=1		%5	6.56	7.3
		%1	8.74	9.63
*: n=80 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir				
Panel D: Tanısal Test Sonuçları				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F=0.1186 (p=0.8883)				
Normallik (Jarque-Bera): JB=183.35 (p=0.0000)				
Değişen Varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F=0.69 (p=0.5900)"				

Ek 3. Çin için ARDL (1,0) Modeli Tahmin Sonuçları

Panel A: Uzun Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
Bitcoin	0.126076	0.154447	0.816303	0.4161
Panel B: Kısa Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Bitcoin	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
C	2.394893	0.746515	3.208099	0.0018
@TREND	0.005354	0.00158	3.389912	0.001
EC_{t-1}	-0.149386	0.046264	-3.228965	0.0016
Panel C: Sınır Testi Sonuçları				
F-Sınır Testi				
H_0 : Eşbütünleşme vardır		α	I(0)*	I(1)*
F=9.256687		%10	5.725	6.45
k=1		%5	6.82	7.67
		%1	9.17	10.24
*: n=80 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir				
Panel D: Tanısal Test Sonuçları				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F= 0.5882 (p=0.5571)				
Normallik (Jarque-Bera): JB=0.9506 (p=0.6216)				
Değişen Varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F=3.4538 (p=0.0191)"				

Ek 4. Fransa için ARDL (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

Panel A: Uzun Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
Bitcoin	0.073147	0.101755	0.718854	0.4738
Panel B: Kısa Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Bitcoin	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
C	2.029651	0.580834	3.494372	0.0007
@TREND	0.005726	0.00155	3.695289	0.0003
Δ Bitcoin t-1	0.863352	0.469699	1.838097	0.0688
EC_{t-1}	-0.142421	0.040185	-3.544176	0.0006
Panel C: Sınır Testi Sonuçları				
F-Sınır Testi				
H_0 : Eşbütünleşme vardır	α	I(0)*	I(1)*	
F= 6.222973	%10	5.59	6.18	
k=1	%5	6.56	7.3	
	%1	8.74	9.63	
*: n=80 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir				
Panel D: Tanısal Test Sonuçları				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F= 0.1654 (p= 0.8477)				
Normallik (Jarque-Bera): JB=105.64 (p=0.0000)				
Değişen Varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F= 2.5548 (p= 0.0430)"				

Ek 5. Japonya için ARDL (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

Panel A: Uzun Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
Bitcoin	0.109290	0.135607	0.805934	0.4220
Panel B: Kısa Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
Δ Elektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
C	2.402641	0.725519	3.311615	0.0013
@TREND	0.00681	0.001953	3.486796	0.0007
Δ Bitcoin	0.744281	0.534468	1.392565	0.1666
EC_{t-1}	-0.14059	0.041947	-3.35164	0.0011
Panel C: Sınır Testi Sonuçları				
F-Sınır Testi				
H_0 : Eşbütünleşme vardır	α	I(0)*	I(1)*	
F=4.170633	%10	3.113	3.61	
k=1	%5	3.74	4.303	
	%1	5.157	5.917	
*: n=80 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir				
Panel D: Tamsal Test Sonuçları				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F= 0.2380 (p=0.7800)				
Normallik (Jarque-Bera): JB=173.78 (p=0.000)				
Değişen Varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F=2.62 (p=0.0300)"				

Ek 6. Rusya için ARDL (1,0) Modeli Tahmin Sonuçları

Panel A: Uzun Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:				
ΔElektrik	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
Bitcoin	0.007102	0.090803	-0.078208	0.9378
Panel B: Kısa Dönem Tahminler				
Bağımlı Değişken:	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	P değeri
ΔBitcoin				
C	0.471846	0.134251	3.514644	0.0007
@TREND	0.011487	0.095025	0.12088	0.904
EC _{t-1}	-0.061198	0.095146	0.643198	0.0216
Panel C: Sınır Testi Sonuçları				
F-Sınır Testi				
H ₀ : Eşbütünleşme vardır	α		I(0)*	I(1)*
F=3.975892	%10		3.113	3.61
k=1	%5		3.74	4.303
	%1		5.157	5.917
*: n=80 için Narayan (2005) tarafından üretilen kritik değerlerdir				
Panel D: Tamsal Test Sonuçları				
Otokorelasyon (Breush-Godfrey): F= 0.6875 (p= 0.5050)				
Normallik (Jarque-Bera): JB=152.44 (p=0.0000)				
Değişen Varyans (Breush-Pagan-Godfrey): F= 0.7730 (p= 0.5115)"				

Kaynaklar

- Anadolu Ajans (AA). (2024). Erişim Tarihi: 05 Mayıs 2024 “Bitcoin Madenciliği İçin Harcanan Enerji 167 Ülkenin Yıllık Elektrik Tüketimini Aşıyor”, Ocak 2024.
- Andolfatto, D. (2014) “Bitcoin and Beyond: The Possibilities and Pitfalls of Virtual Currencies”. Erişim Tarihi: 03 Ekim 2020, <http://www.stlouisfed.org/dialogue-with-thefed/assets/Bitcoin3-3114.pdf>
- Aydoğan, E. (2023). *Bitcoin ve Geleneksel Finansal Varlıklar Arasında Volatilité Yayılımı: Türkiye Örneği*. Doktora Tezi. Bursa: Uludağ Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bariviera, A.F., Basgall, M. J., Hasperué, W., Naiouf, M. (2017). *Some Stylized Facts Of the Bitcoin Market*. Physica A Statistical Mechanics and its Applications, (c.484, 82 – 90).
- Baur, D. G., and Oll, J. (2019). From Financial To Carbon Diversification—the Potential of Physical Gold. *Energy Economics*, 81, 1002-1010.
- BCTR. (2023). Erişim Tarihi: 10.06.2024 Kripto para madenciliğinde elektrik maliyetlerinin rolü - Blockchain Türkiye Platformu.
- Bilir, H. ve Çay, Ş. (2016). “Elektronik Para ve Finansal Piyasalar Arasındaki İlişki, *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 9(2):28-30.
- Buybitcoinworldwide. (2024). Erişim Tarihi: 08.05.2024, 61 Bitcoin Enerji Tüketimi İstatistikleri (2024)
- Carvalho, F. P. (2017). Mining Industry and Sustainable Development: Time For Change, *Food and Energy security*. 6(2), 61-77.
- Cheng, J. C., Lee, N. Y., Chi, C., Chen, Y. H. (2018). Blockchain and Smart Contract For Digital Certificate, *Proceedings of 4th IEEE International Conference on Applied System Innovation*, 1046–1051.
- Corbet, S., Lucey, B., Yarovaya, L. (2021). Bitcoin-Energy Markets Interrelationships-New Evidence, *Resources Policy*. 70, 101916.
- Corbet, S., Meegan, A., Larkin, C., Lucey, B., Yarovaya, L. (2018). Exploring the Dynamic Relationships Between Cryptocurrencies and Other Financial Assets, *Economics Letters*.165, 28-34.
- Corbet, S., Urquhart, A., Yarovaya, L. (Eds.). (2020). *Cryptocurrency and blockchain technology*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Crypto. (2024). Erişim Tarihi: 07.06.2024, <https://crypto.com/bitcoin/bitcoin-energy-consumption>.
- Das, D., and Dutta, A. (2020). Bitcoin’s energy consumption: Is it the Achilles heel to miner’s revenue? *Economics Letters*, 186, 108530.
- Delgado-Mohatar, O., Fierrez, J., Tolosana, R., Vera-Rodriguez, R. (2020). Blockchain and biometrics: A first look into opportunities and challenges. In *Blockchain and Applications: International Congress*. Springer International Publishing.
- Dwyer, G. P. (2015). Bitcoin ve Benzeri Özel Dijital Para Birimlerinin Ekonomisi, *Finansal İstikrar Dergisi*. 17, 81–91.
- EIA. (2024). Erişim Tarihi: 03.06.2024, <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=61364>
- Gandal, N., Halaburda, H. (2014) “Competition in the Cryptocurrency Market”. Bank of Canada working paper, 2014-33.
- Glaser, F (2017). “Pervasive Decentralisation of Digital Infrastructures: A Framework for Blockchain enabled System and Use Case Analysis”, HICSS, 2017.
- Gujarati, D. N. (2004). Basic Econometrics (fourth edi). *New York: McGraw-Hill Inc*.
- Gursoy, S., Akkus, H. T., Dogan, M. (2022). The Causal Relationship Between Bitcoin Energy Consumption and Cryptocurrency Uncertainty, *Journal of Business Economics and Finance*. 11(1), 58-67.
- Huynh, A. N. Q., Duong, D., Burggraf, T., Luong, H. T. T., Bui, N. H. (2022). Energy consumption and Bitcoin market, *Asia-Pacific Financial Markets*. 29(1), 79-93.
- Kenger, E. ve Tokmak, E. (2018). “Ödeme Sistemleri ve Kripto Para”, *International Social Sciences Studies Journal*. 4(23): 4696-4705
- Kılıç, E., Gürsoy, S., Ergüney, E. B. (2021). Bitcoin Elektrik Tüketimi ile Enerji Piyasaları Arasında Volatilité Yayılımı: Seçili Ülkelerden Kanıtlar, *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*. 16(64), 1592-1604.
- Lee, D., Chuen, K., Wang, L.G.Y., (2018). *The Journal of Alternative Investments*, 20 (3) 16-40. Erişim Tarihi: 5 Nisan 2024, DOI: <https://doi.org/10.3905/jai.2018.20.3.016>
- Li, J., Li, N., Peng, J., Cui, H., Wu, Z. (2019). Energy Consumption Of Cryptocurrency Mining: a Study of Electricity Consumption in Mining Cryptocurrencies, *Energy*. 168, 160-168.
- Maghyereh, A. ve Abdoh, H. (2020). Tail Dependence Between Bitcoin & Financial Assets: Evidence From a Quantile Cross Spectral Approach, *International Review of Financial Analysis*. 71, 101545.
- Marian, O. (2016). “Kripto Para Birimi Üstün Vergi Cenneti Mi?”, *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası*.74(2):919-930.

- Morkunas, V. J., Paschen, J., Boon, E. (2019). How blockchain Technologies Impact Your Business Model, *Business Horizons*, 62(3), 295-306.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: Eşler arası bir elektronik nakit sistemi, Erişim Tarihi: 10 Nisan 2024, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Pesaran, M. H., Shin, Y., Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships, *Journal of Applied Econometrics*. 16(3), 289-326. Erişim Tarihi: 10 Nisan 2024, <https://doi.org/10.1002/jae.616>
- Schinckus C., Nguyen C.P., Ling, F.C.H. (2020). Crypto-currencies Trading and Energy Consumption, *International Journal of Energy Economics and Policy*. 10(3), 355.
- Sizer, L., ve Yılmaz, Y. (2022). Analysis of the Relationship Between Bitcoin Electricity Consumption and the Global Economic and Political Uncertainty Index (GEPU), *International Journal of Business and Economic Studies*. 4(1), 45-52.
- Swan, M. (2015). *Blockchain: Yeni bir ekonomi için plan*. " O'Reilly Medya, Inc."
- Symitsi, E. ve Chalvatzi, K. J. (2018). Bitcoin'in Enerji ve Teknoloji Şirketleri ile Geri Dönüşü, Oynaklığı ve Şok Yayılmaları. *İktisat Mektupları*, 170, 127-130. Erişim Tarihi: 10 Haziran 2024, doi:10.1016/j.econlet.2018.06.012
- Tama, B. A., Kweka, B. J., Park, Y., Rhee, K. H. (2017, August). A critical review of blockchain and its current applications. In *2017 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)* (pp. 109-113). IEEE.
- Temizenerji. Erişim Tarihi 03 Nisan 2024, org Bitcoin madenciliği tükettiği enerji ile 167 ülkeyi geride bıraktı - Temiz Enerji
- Toplu Yılmaz, Ö. ve Akdağ, A. (2023). The Rise Of Bitcoin In Turkey As A New Investment Tool. *Rahva Journal of Technical and Social Studies*, 3(1), 23-31.
- Trabelsi, N. (2018). Are there any volatility spill-over effects among cryptocurrencies & widely traded asset classes? *Journal of Risk & Financial Management*. 11(4), 66.
- Wong, W. S., Saerbeck, D., Delgado Silva, D. (2018). Cryptocurrency: A new investment opportunity? An investigation of the hedging capability of cryptocurrencies and their influence on stock, bond and gold portfolios. *An Investigation of the Hedging Capability of Cryptocurrencies and Their Influence on Stock, Bond and Gold Portfolios (January 29, 2018)*. Erişim Tarihi: 10 Haziran 2024, SSRN web sitesinden erişildi: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3125737
- Wu, C.Y., and Pandey, V.K. (2014). The value of Bitcoin in enhancing the efficiency of an investor's portfolio, *Journal of Financial Planning*. 27(9), 44-52.
- Zhao, J. L., Fan, S., Yan, J. (2016). "Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue", *Finance Innovation*, 2(1), 28.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., Wang, H. (2017). "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends", *Proceedings - 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data, BigData Congress 2017*, 557-564, 2017.

Etik, Beyan ve Açıklamalar

1. Etik Kurul izni ile ilgili;
☒ Bu çalışmanın yazar/yazarları, Etik Kurul İznine gerek olmadığını beyan etmektedir.
 2. Bu çalışmanın yazar/yazarları, araştırma ve yayın etiği ilkelerine uyduklarını kabul etmektedir.
 3. Bu çalışmanın yazar/yazarları kullanmış oldukları resim, şekil, fotoğraf ve benzeri belgelerin kullanımında tüm sorumlulukları kabul etmektedir.
 4. Bu çalışmanın benzerlik raporu bulunmaktadır.
-