

Enerji ve Kıymetli Metal Piyasaları Arasında Yayılım Etkisi: Wavelet Uyum Analizine Dayalı DCC-GARCH Yaklaşımı¹

Aslan AYDOĞDU (<https://orcid.org/0000-0001-9732-0614>), Sivas University of Science and Technology, Türkiye; aaydogdu@sivas.edu.tr

Umut UYAR (<https://orcid.org/0000-0001-6217-8283>), Pamukkale University, Türkiye; uyur@pau.edu.tr

Spillover Effects Between Energy and Precious Metals Markets: A DCC-GARCH Approach Based on Wavelet Coherence Analysis²

Abstract

In this study, using daily return data between October 1, 2012, and June 4, 2024, the volatility spillovers between energy commodity markets and precious metal markets are investigated using the Dynamic Conditional Correlation approach based on wavelet coherence Analysis, which allows for the analysis of relationships between markets in time-frequency space. According to the findings of the wavelet coherence analysis, a long-run, mostly positive interdependence effect was observed from Brent oil returns to gold, silver, and platinum returns, as well as a long-run interdependence effect from palladium returns to natural gas returns. In the dynamic conditional correlation analyses for the identified long-run investment cycles, conditional correlation and volatility persistence findings are obtained for each investment cycle. The findings are significant for investors with long-term investment horizons.

Keywords : Energy Commodities, Precious Metals, Wavelet Coherence Analysis, Dynamic Conditional Correlation.

JEL Classification Codes : G11, Q02, Q43.

Öz

Bu çalışmada 01.10.2012-04.06.2024 tarihleri arasındaki günlük getiri verileri kullanılarak enerji emtia piyasaları ile kıymetli metal piyasaları arasındaki volatilité yayılımı, zaman-frekans uzayında piyasalar arasındaki ilişkilerin incelenmesine olanak sağlayan Wavelet Uyum Analizi Dayalı Dinamik Koşullu Korelasyon yaklaşımı ile araştırılmıştır. Wavelet uyum analizi bulgularına göre, Brent petrol getirilerinden altın, gümüş ve platin getirilerine doğru uzun dönemli ve çoğunlukla pozitif; paladyum getirisinden doğal gaz getirilerine doğru ise uzun dönemli karşılıklı bağımlılık etkisi tespit edilmiştir. Belirlenen uzun dönemli yatırım döngüleri için uygulanan dinamik koşullu korelasyon analizlerinde ise, her bir yatırım döngüsü için koşullu korelasyon ve volatilité kalıcılığı bulgularına ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular, özellikle uzun vadeli yatırım ufkuna sahip yatırımcılar için önem arz etmektedir.

¹ Bu çalışmanın önceki versiyonu 08-10 Temmuz 2024 tarihlerinde düzenlenen 3. Uluslararası Sigortacılık, Bankacılık ve Finans Sempozyumu'nda "Enerji ve Kıymetli Metal Piyasaları Arasında Yayılım Etkisi: Wavelet Uyum Analizine Dayalı Dinamik Koşullu Korelasyon Yaklaşımı" başlıklı özet bildiri olarak sunulmuştur.

² The former version of this paper was presented at the 3rd International Symposium on Insurance, Banking, and Finance held on July 08-10, 2024, as an short abstract entitled "Spillover Effects Between Energy and Precious Metals Markets: A Dynamic Conditional Correlation Approach Based on Wavelet Coherence Analysis".

Anahtar Sözcükler : Enerji Emtiaları, Değerli Metaller, Wavelet Uyum Analizi, Dinamik Koşullu Korelasyon Analizi.

1. Giriş

Küresel piyasalar, geniş bir emtia yelpazesine ev sahipliği yaparken, reel sektör ve finansal piyasalar stratejik olarak önemli olan altın, gümüş, doğağ gaz ve petrol gibi emtialara giderek daha fazla yönelmiştir. Bu metaller ile petrol ve doğağ gazın endüstriyel uygulamalardaki yaygın kullanımı, son yıllarda emtia piyasalarını politika yapıcılar, yatırımcılar ve araştırmacılar arasında giderek artan bir ilgi odağı haline getirmiştir. Bu ilgi, emtia vadeli işlem piyasalarında ortaya çıkan yatırım fırsatlarının belirginleşmesine neden olmuştur (Rehman & Vo, 2021; Sertkaya, 2022). Buna bağlı olarak yatırımcılar, riskleri çeşitlendirme faydalarından ve optimal koruma stratejilerinden tam anlamıyla yararlanmak amacıyla alternatif yollar aramaya yönelmişlerdir. Bu arayış, emtiaların bir koruma aracı olarak ön plana çıkmasına neden olmuştur. Emtia piyasaları ve bu piyasalarda işlem gören ürünler, reel ekonominin önemli bileşenlerindendir. Emtiaların korunma amacıyla kullanılması, temel olarak anlaşılması nispeten kolay bir kavramdır. İlk olarak, emtiaların dalgalanma döngüsü, hisse senedi piyasalarından oldukça farklıdır (Roll, 2013). İkinci olarak, hisse senedi fiyatları ile yüksek korelasyon gösteren makroekonomik faktörler, emtia fiyatlarını aynı şekilde etkileyebilir ya da etkilemeyebilir (Gorton & Rouwenhorst, 2006). Ayrıca, emtiaların menkul kıymetleşmesi süreciyle birlikte, artık daha yüksek getiri sunan ve çeşitlendirme avantajı sağlayan çeşitli finansal enstrümanlar bulunmaktadır (Yoon et al., 2019). Emtiaların finansal piyasalarda işlem görmeye başlamasından bu yana, piyasalar arası volatilité yayılımlarını anlamaya yönelik önemli bir ihtiyaç ortaya çıkmıştır.

Emtia vadeli fiyatları, son on yılda yüksek volatilité sergilemiş ve dalgalanan eğilimler göstermiştir (Mandacı et al., 2020). Bu dönemde emtia piyasaları, siyasi belirsizlik, COVID19 salgını, ekonomik çalkantı ve savaşlar gibi küresel krizlerden etkilenmiş, bu da yatırımcılar ve politika yapıcılarının hem makro hem de mikro düzeyde yayılımları incelemelerine neden olmuştur. Bu bağlamda, yatırımcılar ve portföy yöneticileri, yatırım risklerini azaltmak veya farklı yatırım araçlarının getirilerinden faydalanmak amacıyla portföylerinde birden fazla yatırım aracını tercih etmektedir (Yıldırım et al., 2020). Yatırımcılar, portföylerinde bulunduracakları araçları seçerken, bu araçların risk faktörlerine ve piyasa olaylarına nasıl tepki verdiğini bilmek istemektedirler. Portföylerdeki riski azaltmak için, farklı piyasa olaylarına farklı tepkiler veren yatırım araçları öncelikli olarak tercih edilmektedir. Portföy yönetiminde, yatırım araçlarının makroekonomik değışkenlere tepkisini anlamak, başarı düzeyini artırabilir. Çeşitlendirme ilkesine dayalı portföy yönetiminde dikkat edilmesi gereken önemli bir konu, herhangi bir piyasada yaşanan oynaklık hareketinin diğer piyasalara yayılıp yayılmadığıdır. Küresel finansal piyasalar arasındaki yüksek entegrasyon, sermaye akımlarının hızlanmasına olanak sağlarken, COVID19 salgını gibi küresel krizlerde finansal sorunların bulaşıcılığını artırmaktadır (Barro et al., 2020). Bu durum, portföy yönetimi stratejilerinde piyasa dinamiklerinin ve krizlerin olası etkilerinin dikkate alınmasını gerektirmektedir.

Volatilitenin yayılması ve finansal piyasalar arasındaki etkileşim, yatırımcıların ve portföy yöneticilerinin yatırım stratejilerini ve finansal karar alma süreçlerini büyük ölçüde etkileyebilir. Yatırımcılar, finansal varlıkların getirilerini tahmin ederken oynaklığı ve bu oynaklığın uluslararası piyasalara olan etkisini dikkate almaktadırlar (Değirmenci & Abdioğlu, 2017). Bu nedenle hem oynaklığın hem de piyasalar arasındaki oynaklık yayılımının belirlenmesi, finansal varlık getirilerinin tahmin edilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Portföy yöneticilerinin, siyasi belirsizlikler, COVID19 salgını ve ekonomik çalkantılar sırasında, bir piyasadaki şokların diğeri piyasalardaki oynaklığı etkileyip etkilemediğini dikkatlice incelemesi gerekmektedir. Ancak, olağanüstü piyasa koşulları düşük korelasyonlu varlıkları çeşitlendirme amacıyla portföylerine dahil eden yatırımcılar, kriz dönemlerinde bu varlıklar arasındaki korelasyonun arttığını ve bu nedenle yeterli çeşitlendirme faydasının sağlanamadığını gözlemlemektedir (AlKulaib & Almudhaf, 2012; Diebold & Yılmaz, 2012; Barro et al., 2020). Kriz dönemlerinde finansal piyasalardaki oynaklık ve belirsizliklerin artması, risk iştahı azalan yatırımcıların ve portföy yöneticilerinin riskli varlıkları ellerinden çıkarmasına neden olmakta ve bu da varlıklar arasındaki korelasyonun artmasına yol açabilmektedir (Baur & McDermott, 2010; Deniz et al., 2018). Piyasalarda risk veya belirsizlik arttığında, portföy getirilerini korumak ve risk parametrelerini optimize etmek amacıyla yatırım portföyleri riskli varlıklardan güvenli limanlara kayabilmektedir.

Bu bağlamda, yatırımcıların portföy yönetiminde karar vermeleri gereken en önemli konulardan biri, portföye dahil edilecek yatırım araçlarının seçimidir. Hisse senetleri, tahviller ve değerli metaller bu araçlar arasında öne çıkmaktadır. Ayrıca, enerji ürünleri hem hane halkı hem de şirketlerin ana harcama kalemleri arasında bulunduğundan, petrol ve doğal gaz da yatırımcılar için önemli bir varlık olarak kabul edilmektedir. Enerji emtiaları ve değerli metaller, küresel piyasalarda üretim, tüketim ve dış ticarete konu olan en stratejik emtialar arasında yer almakta olup, bu nedenle finansal piyasalardaki risklere karşı portföyleri çeşitlendirme ve koruma amacıyla yatırımcılar tarafından dikkatle takip edilmektedir (Alkhazali & Zoubi, 2020; Trabelsi et al., 2021). Pandemi gibi finansal piyasalarda aşırı dalgalanmaların yaşandığı olağanüstü dönemlerde, hisse senetleri ve tahviller gibi diğeri alternatif finansal varlıklarla negatif korelasyona sahip olmaları nedeniyle kıymetli metaller güvenli liman olarak görülmekte ve bu dönemde riskten korunma ve portföy çeşitlendirmesi amacıyla yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu tercihin ardındaki sebep, kıymetli metallerin alternatif varlıklara göre daha istikrarlı fiyat hareketlerine sahip olmasıdır. Kıymetli metaller, hisse senetlerinden farklı olarak, fiyat oluşumunda üretimde girdi olarak da kullanılmaktadır. Petrol ve doğal gaz, ticareti yapılan en büyük emtialardan biri olarak hem ithalatçı hem de ihracatçı ülkeler için önemli bir üretim girdisi ve doğal kaynak niteliğindedir. Bu nedenle, petrol fiyatlarındaki artış ve dalgalanmalar ciddi üretim kayıplarına yol açabilmektedir. Uluslararası şoklardan en çok etkilenen varlıklardan biri olan petrol, fiyat oynaklıklarıyla bireysel ve küresel ekonomik gerilemelere neden olabilmektedir (Yıldırım et al., 2018; Erdoğan et al., 2020). Petrol, stratejik bir emtia olarak ekonomik faaliyetlerle karşılıklı etkileşim içinde olduğundan,

yatırımcılar tarafından yatırım varlığı olarak değerdendirilmektedir. Bu nedenle, ekonomik birimler yatırım kararlarını verirken petrol fiyatlarını da göz önünde bulundurmaktadır.

Finansal piyasalara yatırım yapmanın temelinde getiri beklentisi yatmaktadır. Beklenen getiri ise yatırımcının risk tercihlerine göre değışiklik göstermektedir (Yıldırım, 2021). Ancak, yapılan çalışmalar olumsuz şokların yol açtığı endişenin yatırımcıların risk alma isteğini değıştirdiğini göstermektedir (Guiso et al., 2018; Barro et al., 2020). Yatırımcıların risk iştahlarının finansal piyasalar üzerindeki etkileri de literatürde sıkça ele alınan bir konudur. Mevcut literatür, küresel varlık getirilerinin önemli bir kısmının küresel riskten kaçınma ile açıklanabileceğini ortaya koymaktadır (Demirer et al., 2018; Xu, 2019). Genel olarak, finansal veriler ile stratejik emtialar arasındaki ilişkiyi açıklamaya yönelik çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır.

Bu çalışma, enerji ve kıymetli metaller gibi stratejik emtialar arasındaki farklı yatırım döngülerine göre volatilité yayılımını, 12 Ekim 2012 ile 4 Haziran 2024 tarihleri arasındaki dönemi kapsayacak şekilde wavelet uyum analizine dayalı dinamik koşullu korelasyon (DCC-GARCH) analiz yaklaşımı ile incelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, stratejik emtia piyasaları arasındaki volatilité yayılımının incelenmesi, yatırımcılara karar alma süreçlerinde yol gösterici olacaktır. Öte yandan, politika yapıcılara da politika oluşturma noktasında faydalı bilgiler sağlayacaktır. Bu amaçla, bu çalışmanın mevcut literatüre üç açıdan katkısı olacağı düşünülmektedir. Birincisi, emtialar arasındaki volatilité yayılımının doğru bir şekilde belirlenmesi, yatırımcıların tercihlerine katkı sağlayacaktır. İkincisi, olağanüstü piyasa koşullarında emtia piyasalarındaki karşılıklı etkileşimin ortaya konulmasına olanak tanınacaktır. Üçüncüsü ise, son dönemde sürdürülebilirlik kavramı çerçevesinde önemi artan enerji ve kıymetli metal piyasaları arasındaki volatilité etkileşimi aydınlatılacaktır.

Çalışma şu şekilde planlanmıştır: İlk olarak, mevcut literatür incelenmekte ve bu alandaki boşluklar tespit edilerek çalışmanın belirli amaçları vurgulanmaktadır. İkinci olarak, kullanılan analiz yöntemleri detaylı bir şekilde ele alınmaktadır. Üçüncü olarak ise, çalışmada kullanılan veri seti tanıtılmaktadır. Ardından, analiz sonuçları sunulmakta ve son olarak, çalışmanın genel sonuçlarına yer verilmektedir.

2. Literatür

Volatilité yayılımı literatürü, finans piyasalarındaki yayılım etkilerini anlamada önemli bir katkı sağlamış olsa da mevcut çalışmaların çoğunun özellikle zaman ve frekans boyutlarını eşzamanlı olarak ele almakta yetersiz kaldığı gözlemlenmektedir. Özellikle enerji emtia piyasaları ile kıymetli metal piyasaları arasındaki volatilité yayılımını inceleyen araştırmalar, genellikle statik modelleme yöntemlerine dayanmakta ve zaman içinde değışen dinamikleri yeterince yakalayamamaktadır. Bu tür yaklaşımlar, piyasa ilişkilerinin karmaşık yapısını ve asimetrik şoklara verdikleri tepkileri analiz etmede sınırlı kalmaktadır. Mevcut literatürde bu eksiklikleri gidermek amacıyla, zaman-frekans uzayında piyasa ilişkilerini analiz eden Wavelet Uyum Analizi Dayalı Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC-GARCH)

yaklaşımı kullanılmamıştır. Bu yöntem, piyasalar arasındaki ilişkiyi hem zaman hem de frekans bazında inceleyerek, kısa vadeli ve uzun vadeli yayılım etkilerini ayrı ayrı değerlendirmeye olanağı sunmaktadır. Oysaki birçok araştırma, volatilité yayılımını farklı yöntemler üzerinden değerlendirerek, piyasa şoklarının farklı yatırım ufuklarında nasıl evrildiğini gözden kaçırmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmanın enerji ve kıymetli metal piyasaları arasındaki volatilité yayılımını daha kapsamlı bir perspektiften ele alarak, literatürdeki mevcut boşlukları doldurması hedeflenmektedir. Araştırma çerçevesinde, özellikle emtia piyasalarını inceleyen güncel araştırmalar incelenmiş ve detaylı şekilde Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo: 1
Güncel Literatür Araştırması

Yazar(lar)	Dönem	Değişkenler	Yöntem	Sonuç
Kırkkulak & Lkhamazhapov (2017)	21.04.2000 21.11.2014	Altın Gümüş Platin Paladyum	DCC-MGARCH	Değerli metallerin koşullu volatilitesinde uzun hafıza özelliği bulunmakta ve yüksek korelasyon göstermektedir. Gümüş, diğer metallerle düşük korelasyona sahip olduğu için iyi bir çeşitlendirici yatırım olarak öne çıktığı sonucuna varılmıştır.
Kamışlı et al. (2017)	16.09.2008 12.08.2017	Altın Gümüş Petrol	Hatemi-J Nedensellik	Araştırmanın bulguları, altın, gümüş ve petrol emtialar arasında kısa, orta ve uzun vadelerde asimetrik nedensellik ilişkilerinin varlığını ortaya koymuştur.
Morah & Uyar (2018)	Günlük Haftalık Aylık Çeyreklik (2018)	Altın Gümüş Platin Paladyum	Hurst Üsteli	Emtiaların fraktal bir yapıya sahip olabileceğini ve yatırımcıların elde tutma süreleri arttıkça, varlık getirilerinin önceki fiyat hareketlerine daha fazla bağımlı hale geldiği gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak emtiaların geçmişteki pozitif veya negatif eğilimlere dayalı olarak daha öngörülebilir olabileceği sonucuna varılmıştır.
Arif et al. (2019)	Ocak 2000 Aralık 2016	Gümüş Platin Paladyum Brent Petrol	Quantile-On-Quantile Regresyon (QQR) ve ARDL Testi	Küresel petrol fiyatlarının platin ve paladyum getirilerini artırdığını, ancak gümüş getirileri üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını tespit edilmiştir. Paladyum ve platin, yatırımcılar için güvenli liman işlevi görürken, petrol fiyatlarındaki değişim gümüş getirilerini etkilemediği gözlemlenmiştir.
Salisu et al. (2020)	2004 2019	Altın Gümüş Platin Paladyum Brent Petrol VIX EPU WTI	ARDL Testi	G-trendler serisi, değerli metallerin getirilerini olumlu ve önemli ölçüde etkilemekte ve tahmin modeline dahil edildiğinde rassal yürüyüş modelinden daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca negatif ve pozitif G-trendlerinden elde edilen ek bilgiler, tek öngörücüye dayalı modelin tahmin performansını önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir.
Shafiullah et al. (2021)	Ocak 1990 Eylül 2019	Ham Petrol Altın Gümüş Altın Gümüş Platin Paladyum Çelik Titanium	Quantile Regresyon Granger Nedensellik ARDL Testi	Petrol ve metal fiyatlarının durağanlığı ve eşbütünleşme modelleri kantiller arasında farklılık göstermektedir. Petrol fiyatlarından metal fiyatlarına doğru nedensellik kantillere göre değişirken, metal fiyatlarındaki hareketlerin petrol fiyatları üzerinde belirgin bir etkisi bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır.
Rehman & Vo (2021)	31.07.2000 31.07.2020	WTI Brent Petrol Doğal Gaz Gaz Yağı Benzin Dizel Altın Gümüş Bakır Alüminyum Çinko Nikel	Kantil Cross Spektral Yaklaşımı ve	Analiz sonuçlarına göre, kısa ve orta vadeli yatırım dönemlerinde üç emtia sınıfı arasında bir ilişki olduğu belirtilmiş ve uzun vadede, düşüş ve normal piyasa koşullarında bu ilişkinin arttığına dair kanıtlar elde edilmiştir.

Temel & Güneş (2022)	03.01.2000 18.02.2022	Brent Petrol Doğal Gaz Buğday Mısır Altın Gümüş Platin Paladyum	EGARCH	Araştırma sonuçlarına göre, pazartesi günü petrol, perşembe günü altın ve doğalgaz negatif etki gösterirken, cuma günü altın ve paladyumda pozitif etki gözlenmiştir. Gümüş, platin, buğday ve mısır emtialarının getirilerinde ise anlamlı bir etki bulunamamıştır.
Kumar et al. (2022)	Ocak 1997 Aralık 2019	Doğal Gaz Ham Petrol Döviz Kuru Altın Borsa	GARCH GJR-GARCH EGARCH	Analiz sonuçlarına göre, enerji emtialarının volatilitésinin borsa oynaklığı üzerinde etkisinin olmadığı, ancak döviz kuru volatilitésinin borsa oynaklığı üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca döviz kurunun, altın volatilitésini etkilediği, diğer değişkenlerin ise altın volatilitésini etkilemediği tespit edilmiştir. Son olarak, doğal gaz volatilitésinin borsa ve altın fiyat volatilitésinde etkili olduğu, ancak petrol ve döviz kuru oynaklığından etkilenmediği sonucuna varılmıştır.
Yaya et al. (2022)	01.03.2014 31.10.2021	WTI Altın Gümüş Altın Gümüş Platin Paladyum	GARCH MIDAS- X DCC-GARCH	Değerli metallerin, petrol talep ve arz şoklarına karşı korunma potansiyeli olduğu ve bu şoklarla ilişkilerinde heterojenlik gözlemlendiği ve ayrıca DCC-MIDAS sonuçlarına göre, platin hariç diğer değerli metaller ile petrol fiyatları arasında önemli dinamik korelasyonlar bulunduğu dair kanıtlar sunulmuştur.
Santana et al. (2023)	02.01.2018 23.05.2022	Brent Petrol WTI Altın Gümüş	Detrended Dalgalanma Analizi (DFA) Detrended Çapraz Korelasyon Analizi (DCCA)	COVID19 krizi öncesinde ve sırasında, WTI ve Brent ham petrol endeksleri arasındaki yüksek karşılıklı bağımlılığın COVID19'un bulaşma etkisi üzerinde etkili olmadığı gözlemlenmiş ve ayrıca, COVID19'un ham petrol ve değerli metal sektörleri üzerindeki pozitif bulaşma etkisiyle karşılıklı bağımlılıkta artış tespit edilmiştir.
Akbulaev (2023)	Mart 2016 Mart 2020	Brent Petrol WTI Doğal Gaz Altın Gümüş	ARDL Testi	SARS-COV2 salgını sırasında ve öncesinde WTI, Brent ve doğal gaz fiyatlarının gümüş ve altın fiyatları üzerinde büyük bir etkisi olduğunu gözlemlenmiştir.
Rajwani vd. (2023)	18.03.2010 15.01.2021	Ham Petrol Doğal Gaz Altın Gümüş Bakır Çinko	Granger Nedensellik DCC-GARCH Frekans Bağlılılık	Enerjiden (ham petrol) metale (bakır) kısa dönemli dinamik yayılmalar ve tüm seriler arasında uzun dönemli bağlantılar gözlemlenmiştir; Barunik & Kşehlik (2018) testi, kısa ve uzun dönemden daha yüksek toplam bağlantılılık göstermiştir. Ayrıca, ağ analizine göre, altın ve gümüş arasında pozitif korelasyon bulunurken, diğer metaller ve ham petrol arasında negatif korelasyon vardır; en pahalı hedge oranı Ham Petrol/Çinko, en ucuzu ise Ham Petrol/Altın çiftlerinde olduğu tespit edilmiştir.

3. Yöntem

Araştırmanın amacına uygun olarak bu çalışmada üç aşamadan oluşan bir yöntem sıralaması uygulanması tercih edilmiştir. İlk aşamada, grafiksel analizlere, tanımlayıcı istatistiklere ve korelasyon ilişkilerine yer verilmiştir İkinci aşamada, değişkenler arasındaki etkileşimin zaman ve frekans uzayında nasıl değiştiği Wavelet Uyum (Wavelet Coherence-WTC) Analizleri ile incelenmektedir. Araştırmanın üçüncü aşamasında ise, maksimum örtüşmeli kesikli wavelet dönüşümü (*maximal overlap discrete wavelet transform-MODWT*) yöntemi ile değişkenlere filtreleme işlemi gerçekleştirilmekte ve dinamik koşullu korelasyon (DCC-GARCH) yaklaşımı ile bu emtia piyasaları arasındaki kısa, orta ve uzun dönem koşullu korelasyon ve volatilité yayılımının kalıcı olup olmadığı incelenmektedir. Analizlerde kullanılan yöntemler, bu bölüm altında sırasıyla açıklanmaktadır.

3.1. Wavelet Çoklu Ölçeklendirme Analizi

Wavelet dayalı çoklu ölçeklendirme analizi, zaman frekans uzayındaki zaman serilerini analiz etmek için var olan ekonometrik yöntemlere göre ileri bir yeteneğe sahiptir (Lehkonen & Heimonen, 2014; Reboredo & Rivera-Castro, 2013; Bouri et al., 2017). Bir

zaman serisine uygulanan Wavelet dönüşümü, zaman serisinin zaman-frekans alanına yerleştirilmesini sağlar. Wavelet dönüşümleri ayrıca bir zaman serisi farklı ölçek (filtreleme) bileşenlere ayırma yeteneğine sahiptir. Bir serinin Wavelet dönüşüm analizi ile ayrıştırılması, farklı zaman ölçeklerinde bir serinin daha ince ayrıntıları yakalayabilir (Lehkonen & Heimonen, 2014). Dahası Wavelet tabanlı analiz, durağan olmayan zaman serilerini de analiz etme olanağı sağlar (Aydoğdu, 2024: 216).

Ramsey (2002)'e göre $f(t) \in L^2(R)$ zamanının herhangi bir fonksiyonu baba (father) ($\emptyset$) ve anne(mother) (ψ) waveletleri tarafından bir dizi izdüşüm olarak temsil edilebilir. Baba wavelet orijinal serinin düşük frekanslı bileşenlerini içerir ve serinin trendini gösterir; anne wavelet ise serinin yüksek frekanslı bileşenlerini içerir ve trendden sapmaları gösterir, başka bir deyişle, verideki detayları yansıtır (Crowley, 2007). Ölçekleme katsayıları (*scaling coefficients*) baba Wavelet fonksiyonu tarafından üretilirken, ayrıştırma katsayıları (*differentiation coefficients*) anne wavelet fonksiyonu tarafından üretilmektedir.

Baba Wavelet fonksiyonu matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\emptyset_{j,k} = 2^{-j/2} \emptyset\left(\frac{t-2^j k}{2^j}\right) \text{ ile } \int \emptyset(t) dt = 1 \quad (1)$$

Anne Wavelet fonksiyonu ise aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\psi_{j,k} = 2^{-j/2} \psi\left(\frac{t-2^j k}{2^j}\right) \text{ ile } \int \psi(t) dt = 0 \quad (2)$$

Burada j ve k ilgili ölçek ve öteleme parametrelerini gösterir. $\emptyset_{j,k}$ ve $\psi_{j,k}$ fonksiyonlarının ölçeği veya genişliği 2^j ile ölçülür.

Baba Wavelet fonksiyonundan elde edilen düzgün katsayıları (*smooth coefficients*) aşağıdaki gibidir:

$$S_{j,k} = \int f(t) \emptyset_{j,k} \quad (3)$$

Anne Wavelet fonksiyonu detay katsayıları (*detail coefficients*) şu şekilde ifade edilir:

$$d_{j,k} = \int f(t) \psi_{j,k} \cdot j = 1, \dots, J \quad (4)$$

Böylece, bir $f(t) \in L^2(R)$ fonksiyonunun Wavelet temsili, Wavelet fonksiyonunun doğrusal kombinasyonu olarak aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$f(x) = \sum_k s_{j,k} \emptyset_{j,k}(t) + \sum_k d_{j,k} \psi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j-1,k} \psi_{j-1,k}(t) + \dots + \sum_k d_{1,k} \psi_{1,k}(t) \quad (5)$$

Denklem (5) şu şekilde basitleştirilebilir:

$$f(t) = S_j + D_j + D_{j-1} + \dots + D_1 \quad (6)$$

Aşağıdaki projeksiyonlar Wavelet katsayısı ile tahmin edilir:

$$S_{j,k} \approx \int f(t) \phi_{j,k}(t) dt \quad (7)$$

$$d_{j,k} \approx \int f(t) \psi_{j,k}(t) dt. \quad j = 1, \dots, J \quad (8)$$

Burada $\phi_{j,k}$ ve $\psi_{j,k}$ temel fonksiyonlarının ortogonal (orthogonal) olduğu varsayılır.

Denklem (6)'daki, $\{S_j, D_{j-1}, \dots, D_j, \dots, D_1\}$ $f(t)$ 'nin çok ölçek ayrıştırmasını ifade eder. D_j , γ_j serisindeki değişikliklere karşılık gelen j . Seviye Wavelet detayını gösterir. Her bir detay ölçeğindeki varyasyonların toplamı, daha yüksek j seviyeleri ile daha yumuşak hale gelen S_j ile gösterilir (Gençay & Selçuk, 2002).

Ölçek ve Wavelet katsayılarını hesaplamak için *Maksimum Örtüşmeli Kesikli Wavelet Dönüşümü* (MODWT) uygulanmıştır. Söz konusu zaman serisi verilerinin ayrıştırılması, Daubechies³ 8 (sekiz) uzunluklu en az asimetrik filtre LA(8)⁴ kullanılarak yapılmıştır. LA(8) filtrelerinin Haar dalgacık filtrelerine göre en az birkaç avantajı vardır. Birincisi, LA(8) filtreleri daha pürüzsüzdür (Gençay & Selçuk, 2002; Aydoğdu, 2024: 19) ve ikincisi, LA(8) filtreleri ölçekler arasında ilişkisiz katsayılar üretir (Cornish et al., 2006).

Bu çalışmada, değişkenlere ait zaman serilerini D_1 'den D_3 'e kadar ayrıştırmak için Bouri vd. (2017)'ni çalışması takip edilmiştir. İncelenen verilerin 2^j ile $2^j + 1$ ölçekleri için sağlanmıştır. 2-4, 4-8, 8-16, 16-32, 32-64, 64-128, 128-256 ve 256-512 günlük döngü süreleri (bkz. Tablo 2) sırasıyla D_1 , D_2 , D_3 , D_4 , D_5 , D_6 , D_7 , D_8 ve D_9 wavelet ölçeklerine karşılık gelmektedir. Yumuşak bileşen S_8 uzun vadedeki hareketleri temsil etmektedir.

Tablo: 2
Farklı Zaman Ölçekleri

Ölçekler (2^j)	Günlük Frekans		Döngü Süresi
D_1	2^1	2-4	1 haftaya kadar
D_2	2^2	4-8	2 haftaya kadar
D_3	2^3	8-16	3 haftaya kadar
D_4	2^4	16-32	1 aya kadar
D_5	2^5	32-64	İki aya kadar
D_6	2^6	64-128	4 aya kadar
D_7	2^7	128-256	1 yıla kadar
D_8	2^8	256-512	2 yıla kadar
D_9	2^9	512-1024	3 yıla kadar

Kaynak: (Uyar & Kangalli-Uyar, 2021: 319).

3.2. Wavelet Uyum Analizi

İki zaman serisi arasındaki ortak hareketler ve nedensellik bağlantıları farklı frekanslara göre zaman içerisinde nasıl değiştiğini araştırmak için Wavelet Uyum Analizi (*Wavelet Coherence - WTC*) uygulanır. WTC analizini açıklamadan önce Torrence ve

³ Daubechies; Otokonal wavelet ailesinde yer almaktadır.

⁴ Bundan sonra Daubechies: LA(8) olarak ifade edilecektir.

Compo (1998)'nın çalışmasında belirtildiği gibi *Wavelet Güç Spektrumu (Wavelet Power Spectrum - WPS)* ve *Çapraz Wavelet Dönüşüm (Cross-Wavelet Transform - XWT)* ölçüleri tanımlanması gerekmektedir. Bu bağlamda, WPS farklı frekanslar için bir zaman serisinin varyansının zaman göre nasıl evrildiğini göstermektedir ve aynı zamanda farklı zaman ölçeklerindeki varyansların büyüklüğü, gücün büyüklüğü olarak tanımlanmaktadır. XWT ölçüsü, her bir zaman ölçeğine ait iki zaman serisi arasındaki lokal (yerel) kovaryansın hesaplanmasına olanak sağlayan bir ölçü olarak nitelendirilir. Bu ölçü zaman ve frekans uzayında zaman serilerinin ortak varyanslarının yüksek olduğu alanları belirlemek için kullanılır. Son olarak WTC analiziyle zaman ve frekans uzayında iki zaman serisinin ortak hareket ettiği veya nedensellik bağlantısı içinde olduğu bütün bölgeleri belirlemek mümkündür. Bu bağlamda zaman ve frekans uzayında iki zaman serisi arasındaki lokal korelasyon katsayısı hesaplanmasına olanak tanır (Kangallı-Uyar, 2021: 126-127).

Torrence ve Compo (1998)'nın çalışmasında $p(t)$ ve $q(t)$ gibi iki farklı zaman serisi için XWT ölçüsünü Denklem (9)'deki gibi tanımlanır:

$$W_{p,q}(\tau, s) = W_p(\tau, s)W_q^*(\tau, s) \quad (9)$$

Burada $W_p(\tau, s)$ ve $W_q(\tau, s)$ sırasıyla $p(t)$ ve $q(t)$ 'nin Sürekli Wavelet Dönüşümlerini (*Continuous Wavelet Transforms - CWT*) ifade eder. τ konum, s ölçek parametresini, $*$ işareti ise karmaşık sayının eşliğini gösterir. $p(x)$ ve $q(x)$ iki zaman serisi arasındaki Wavelet uyum ölçüsü Denklem (10)'de olduğu gibi tanımlanır:

$$R^2(\tau, s) = \frac{|s(t^{-1}W_{p,q}(\tau, s))|^2}{s(t^{-1}|W_p(\tau, s)|^2)s(t^{-1}|W_q(\tau, s)|^2)} \quad (10)$$

Burada $R^2(\tau, s)$ her zaman ve frekansta $p(t)$ ve $q(t)$ arasındaki korelasyonu ölçer. S zaman ve ölçeklerdeki yumuşatma (düzgünleştirme) parametresini gösterir. Wavelet uyum analizi değeri⁵ 0 (sıfır) ile 1 (bir) arasında değişir ($0 \leq R^2(\tau, s) \leq 1$). $R^2(\tau, s)$ 'un sıfıra yakın değerkler alması $p(t)$ ve $q(t)$ gibi iki zaman serisi arasındaki lokal korelasyonun zayıf olduğunu yani etkileşimin veya nedensellik bağlantılarının olmadığını gösterirken, bire yakın değerkler alması durumunda ise güçlü olduğunu yani birlikte hareketin olduğu ve nedensellik bağlantılarının güçlü olduğunu göstermektedir (Rua & Nunes, 2009: 634). WTC'nin iki zaman serisi arasındaki etkileşiminin pozitif mi yoksa negatif yönden mi olduğunu göstermemesi gibi bir sınırlaması bulunur ve bu sınırlama "lead-lag" ilişkilerinin hesaplanmasıyla çözülür. Denklem (11), Torrence ve Webster (1999)'a göre iki zaman serisi arasındaki faz farklı bağlantısını tahmin etmek için kullanılır.

$$\emptyset_{p,q}(\tau, s) = \tan^{-1} \left(\frac{\Im\{s(t^{-1}W_{p,q}(\tau, s))\}}{\Re\{s(t^{-1}W_{p,q}(\tau, s))\}} \right) \quad (11)$$

⁵ Bu değerkın dağılımı hala bilinmediği için istatistiksel anlamlılık düzeyinin incelenmesinde Monte- Carlo simülasyon analiz yöntemleri kullanılmaktadır (Kangallı-Uyar, 2021: 127).

Burada $\Im$ ve $\Re$ sırasıyla düzgünleştirme güç spektrumunun gerçek ve sanal kısımlarını ifade etmektedir.

3.3. DCC-GARCH Yaklaşımı

Bollerslev (1990) tarafından önerilen Sabit Koşullu Korelasyon GARCH (*Constant Conditional Correlation GARCH-CCC*) kullanılarak Engle ve Sheppard (2001), Tse ve Tsui (2002) ve Engle (2002) tarafından geliştirilen Dinamik Koşullu Korelasyon (*Dynamic Conditional Correlation-DCC*) GARCH yaklaşımı, Finansal varlık getirileri arasındaki zamana bağılı olarak değişen korelasyonları incelemek amacı ile geliştirilmiştir. Bu yaklaşım geçmiş korelasyonların ve tarihsel koşullu oynaklıkların bir fonksiyonu olduğu için farklı zaman serileri arasındaki dinamik koşullu korelasyonu analiz etmek için kullanılır. Ayrıca DCC tahmincilerinin esnekliği tek değişkenli GARCH modelleriyle karşılaştırılabilir ve GARCH modellilerine kıyasla daha az karmaşıklık düzeyine sahiptir. DCC GARCH yaklaşımı, koşullu kovaryans matrisinin zaman içinde değişen iki kısma ayrıştırılmasına dayanır: Birincisi, koşullu standart matrisi, ikincisi ise korelasyon matrisleridir. Ayrıştırmanın temel esası, tek değişkenli ve çok değişkenli dinamikleri ayrıarak tahmin sürecinde kolaylık sağlamaktır. Bu yaklaşımın nasıl geliştirildiğini ve hangi varsayımlara dayandığını daha detaylı incelemek için k tane finansal varlığın logaritmik getirilerini içeren vektör r_t ile gösterilsin. Finansal varlık getirileri ortalama getiriler arasında otokorelasyonun olmadığı ve ikinci dereceden momentlerin zamana bağılı olarak değiştiği varsayımları altında aşağıdaki dağılıma sahiptir. DCC GARCH sürecinin detayları Denklem (12)'de gösterildiği gibidir:

$$r_t | I_{t-1} \sim D(\mu, H_t) \quad (12)$$

Burada, r_t , $k \times 1$ boyutundaki getiri vektörüdür; I_{t-1} , $t - 1$ zamanındaki bilgi setini; μ , genellikle sıfıra çok yakın veya sıfıra eşit olan koşulsuz ortalamayı; H_t , $k \times k$ boyutundaki k -getiri serisinin dinamik koşullu kovaryans matrisini ve $D(u, H_t)$, ortalama vektörü ve dinamik koşullu kovaryans matrisine bağılı olan çok değişkenli yoğunluk fonksiyonunu göstermektedir. Engle (2002), kovaryans matrisini dinamik koşullu standart sapmaların ve dinamik koşullu korelasyonların çarpımı olarak ayrıştırmıştır (Denklem 13):

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (13)$$

Burada D_t , $k \times k$ boyutunda ve elemanlarının tek değişkenli GARCH modellerinden elde edilen ve zamana göre değişen standart sapmalardan oluştuğu bir köşegen matristir. D_t matrisinde köşegenin i 'inci elemanı $\sqrt{h_{it}}$ hit şeklinde gösterilebilir (Denklem 14):

$$D_t = \begin{bmatrix} \sqrt{h_{1t}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{h_{2t}} & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \sqrt{h_{kt}} \end{bmatrix} \quad (14)$$

R_t , kxk boyutunda standardize edilmiş artıkların $\eta_t = D_t^{-1} * r_t$, $R_t \sim N(0, R_t)$, zamana bağlı olarak değişen korelasyon matrisidir (Denklem 15):

$$R_t = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12,t} & \dots & \dots & \rho_{1k,t} \\ \rho_{12,t} & 1 & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{1k,t} & \dots & \rho_{k-1,k,t} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

H_t , kovaryans matrisi olması nedeniyle pozitif tanımlı bir matris olmalıdır. D_t , pozitif köşegen elemanları nedeniyle pozitif tanımlı bir matris olduğundan, R_t 'nin de pozitif tanımlı bir matris olması gerekir. Son olarak, R_t 'deki elemanların koşullu korelasyon katsayılarını kapsaması nedeniyle 1'e eşit veya daha küçük olması gerekir.

Denklem (12)-(13)'deki gösterimlerden yararlanarak r_t vektörünün her bir elemanının, başka bir deyişle her bir finansal varlığın getirisinin marjinal yoğunluk fonksiyonu "zamana bağlı olarak değişen koşullu varyansa bağlıdır" çıkarımı yapılabilir ve volatilitenin temsilcisi olan zamana bağlı olarak değişen koşullu varyans, tek değişkenli GARCH süreci şeklinde modellenenebilir. Buna göre, D_t matrisi Denklem (13)'de tanımlanan tek değişkenli GARCH (p, q) modelinden yararlanılarak oluşturulabilir (Denklem 16):

$$h_{it} = \theta_i + \sum_{p=1}^{p_i} \alpha_{ip} \varepsilon_{it-p}^2 + \sum_{q=1}^{q_i} \beta_{iq} h_{it-q} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (16)$$

Burada, θ_i sabit terimdir. GARCH (p, q) modelinde parametrelerin negatif olmama ve varyansta durağanlık (Denklem 17):

$$\sum_{p=1}^{p_i} \alpha_{ip} \varepsilon_{it-p}^2 + \sum_{q=1}^{q_i} \beta_{iq} h_{it-q} < 1 \quad (17)$$

(17) denklemdeki kısıtlarının sağladığı varsayılmaktadır. Bu kısıtların sağlanması, tüm zaman noktaları için H_t matrisinin pozitif tanımlı bir matris olmasını sağlar. Her bir finansal varlığın getirisi koşullu standart sapmasına, $\sqrt{h_{it}}$, bölünerek standardize edilmiş getiri vektörü elde edilir (Denklem 18):

$$\eta_t = D_t^{-1} * r_t, \eta_t \sim N(0, R_t) \quad (18)$$

Bu vektör Engle (2002)'in getiri serisi için tanımlandığı dinamik koşullu korelasyon yapısının tanımlanmasında kullanılabilir (Denklem 19):

$$Q_t = (1 - \sum_{m=1}^M \alpha_m - \sum_{n=1}^N \beta_n) * \bar{Q} + \sum_{m=1}^M \alpha_m (\eta_{t-m} \eta_{t-m}) + \sum_{n=1}^N \beta_n Q_{t-n} \quad (19)$$

Burada α_m ve β_n negatif olmayan birimlerdir. Kararlılık koşulu gereği $\alpha_m + \beta_n < 1$ olduğu varsayılır. Bu varsayımların sağlanması H_t matrisinin pozitif tanımlı matris olması açısından önemlidir. $\alpha_m = \beta_n = 0$ kısıtının gerçekleşmesi durumunda $Q_t = \bar{Q}$ olacağından ilişkilerin incelenmesinde zamana göre değişmeyen koşullu korelasyon modelinin kullanımının yeterli olacağı söylenebilir (Lebo & Box-Steffensmeier, 2008: 694). $\bar{Q}$, ilk

aşamadaki tahminden elde edilen standardize edilmiş artıkların koşulsuz kovaryans matrisidir (Denklem 20):

$$\bar{Q} = Cov[\eta_t \dot{\eta}_t] = E[\eta_t \dot{\eta}_t] \text{ ve } \bar{Q} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \eta_t \dot{\eta}_t \quad (20)$$

Denklem (20) ile tahmin edilebilir. Son olarak, eşitlik (17)'de tanımlanan model DCC (m, n) olarak gösterilebilir. Ancak, Q_t , dinamik koşullu korelasyon matrisi tanımına uymadığından Engle (2002) aşağıdaki standardizasyonu önermiştir (Denklem 21):

$$R_t = Q_t^{*-1} * Q_t * Q_t^{*-1} \quad (21)$$

Burada Q_t^* , Q_t matrisinin köşegen elemanlarının karekökleri kapsayan bir köşegen matristir (Denklem 22):

$$Q_t^* = \begin{bmatrix} \sqrt{q_{11,t}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{q_{22,t}} & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & \sqrt{q_{nn,t}} \end{bmatrix} \quad (22)$$

Q_t^* , Q_t matrisinin elemanlarını $|\rho_{ijt}| = \left| \frac{q_{ijt}}{\sqrt{q_{iit}q_{jjt}}} \right| \leq 1$ olacak şekilde yeniden ölçeklendirir. Q_t , pozitif tanımlı bir matris olmalıdır. R_t matrisinin elemanları ise $\rho_{ijt} = \frac{q_{ijt}}{\sqrt{q_{iit}q_{jjt}}}$ formundadır. R_t matrisinin pozitif tanımlı bir matris olması, Q_t matrisinin pozitif tanımlı bir matris olmasına bağlıdır. Engle (2002) Denklem (15)'de tanımlanan DCC modelinin maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmini için logaritmik olabilirlik fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımlamıştır (Denklem 23):

$$L = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T k * \log(2\pi) + \log(|H_t|) + r_t' H_t^{-1} r_t \quad (23)$$

Denklem 14'de H_t 'nin eşit olduğu ifade Denklem (19)'da yerine konulursa ve $\eta_t = D_t^{-1} * r_t$ eşitliğinden yararlanılarak eşitlik (15)'deki logaritmik olabilirlik fonksiyonu Denklem 24'de gösterildiği şekilde elde edilir:

$$L = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T k * \log(2\pi) + 2 * \log(|D_t|) + n_t' R_t^{-1} n_t \quad (24)$$

Logaritmik olabilirlik fonksiyonunun Denklem (24)'deki tanımı DCC modelinin tahminini kolaylaştırır, çünkü fonksiyonun volatilité bileşeni ve korelasyon bileşeni olmak üzere iki bileşeni vardır ve tahmin süreci ikiye ayrılarak tahmin gerçekleştirilebilir. İlk bileşen volatilité bileşeni olup sadece D_t , cinsinden terimleri içerir ve ikinci bileşen korelasyon bileşeni olup sadece R_t , cinsinden terimleri içerir. DCC modelinin iki aşamada tahmin edilmesinin nedeni bu yapı ile açıklanabilir. İlk aşamada sadece volatilité bileşeninin olduğu kısım, ikinci aşamada ise D_t 'ye koşullu olarak korelasyon bileşeni maksimize edilir ve böylece DCC modelinin parametrelerinin, α_m ve β_n , tahminleri elde edilir. α_m ve β_n

parametreleri iki seri arasındaki korelasyonun belirleyicisidir. α_m parametresi volatilitenin kısa dönem etkilerini, β_n parametresi uzun dönem kalıcı etkilerini gösterir.

4. Veri Seti ve Ekonometrik Analiz

Bu çalışmada, 01.10.2012-04.06.2024 tarihleri arasındaki dönemi kapsayan günlük veriler kullanılarak enerji emtia (Brent petrol, doğal gaz) piyasaları ile kıymetli metal (altın, gümüş, platin ve paladyum) piyasaları arasındaki volatilitate yayılımı, zaman-frekans uzayında piyasalar arasındaki ilişkilerin incelenmesine olanak sağlayan Wavelet Uyum Analizi Dayalı Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC-GARCH) yaklaşımı ile araştırılmıştır. Çalışma dönemi, analizde kullanılan emtia değişkenleri için mümkün olan en uzun günlük gözlem sayısına ulaşılacak şekilde kurgulanmıştır. Tüm değişkenler dolar bazlı olup, emtia ve kıymetli metal değişkenlerine ait fiyat serileri investing.com veri tabanı kullanılarak elde edilmiştir. Değişkenler arasındaki tarih uyumsuzluğu gidermek amacıyla senkronizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan modellerde enerji fiyatları bağımlı değişken, metaller ise bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır. Değişkenlere getiriler Denklem (25) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$r_{i,t} = \log \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} \right) \quad (25)$$

Denklem (25)’deki; $r_{i,t}$, t zamanında i’nci değişkenin getiri serisini; $P_{i,t}$ ve $P_{i,t-1}$ sırasıyla t ve t-1 zamanında değişkenlerin kapanış fiyatlarını belirlemektedir. Değişkenlere ait özet bilgiler Tablo 3’te yer verilmiştir.

Tablo: 3
Değişkenlere ait Özet Bilgiler

Değişkenler	Veri Türü	Tarih Aralığı	Veri Tabanı
Brent Petrol	Günlük	01.10.2012-04.06.2024	investing.com
Doğal Gaz			
Altın Ons			
Gümüş Ons			
Platin			
Paladyum			

5. Bulgular

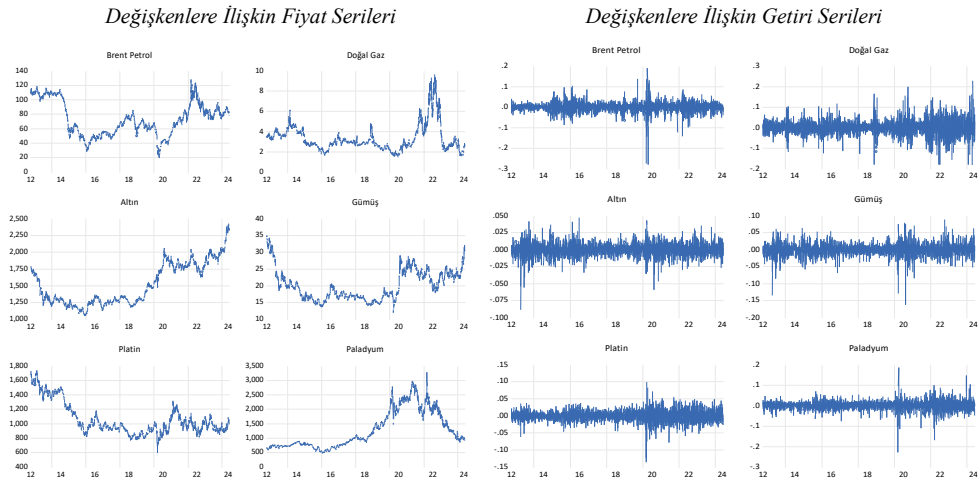
5.1. Tanımlayıcı Analizler

Günlük veri setinin kullanıldığı bu çalışmada enerji ve kıymetli metal serilerine ait fiyat ve getiri grafikleri Şekil 1’de, tanımlayıcı istatistikler Tablo 4’te ve korelasyon matrisi ise yer verilmiştir.

Şekil 1 incelendiğinde, incelenen veri aralığında hem enerji (Brent petrol, doğal gaz) piyasaları hem de kıymetli metal (altın, gümüş, platin ve paladyum) piyasalarındaki fiyatların, çeşitli küresel olaylardan önemli ölçüde etkilendiği görülmektedir. Buna bağlı olarak Brent petrol fiyatların, incelenen veri aralığında dalgalı bir seyir izlemiştir. 2014 yılında petrol arzındaki artış ve OPEC’in üretim politikasındaki değişiklikler nedeniyle

fiyatlarda belirgin bir düşüş yaşanmıştır. 2020 yılında COVID19 pandemisi küresel ekonomiyi durma noktasına getirmiş ve petrol fiyatlarının keskin bir şekilde düşüşüne neden olmuştur. 2021 yılından itibaren ekonomik toparlanma ile fiyatlar yeniden yükselmeye başlamış, 24 Şubat 2022 yılında başlayan Rusya-Ukrayna savaşı ise enerji piyasalarında belirsizliği artırarak fiyatları daha da yükseltmiştir. Doğal gaz fiyatları da bu dönemde önemli dalgalanmalar göstermiştir. 2014'te Ukrayna krizinin patlak vermesi ve Rusya'nın doğal gaz arzını stratejik bir silah olarak kullanması, fiyatların volatilitelerini artırmıştır. COVID19 pandemisi sırasında fiyatlarda düşüş görülmüş, ancak 2021 yılında küresel talebin artması ve arz kısıtlamaları nedeniyle fiyatlar keskin bir şekilde yükselmiştir. Rusya-Ukrayna savaşı, doğal gaz arzındaki belirsizlikler nedeniyle fiyatların daha da yükselmesine neden olmuştur.

Şekil: 1
Fiyat ve Getiri Serilerine İlişkin Grafikler



Altın, genellikle güvenli liman olarak görülen bir yatırım aracıdır ve fiyat hareketleri bu niteliği yansıtmaktadır. 2008 finansal krizinin ardından başlayan yükseliş trendi, 2012 yılında en yüksek değerine ulaşmış ve ardından düzeltme hareketini gerçekleştirmiştir. 2020 yılında COVID19 pandemisi sırasında, yatırımcıların güvenli liman arayışları altın fiyatlarının yeniden yükselmesine neden olmuştur. Rusya-Ukrayna savaşı da jeopolitik belirsizlikleri artırarak altın fiyatlarını desteklemiştir. Gümüş fiyatları, altın ile benzer bir eğilim izlemekle birlikte, endüstriyel kullanım alanları nedeniyle daha fazla volatilité göstermiştir. 2020 yılında COVID19 pandemisinin endüstriyel talebi azaltması fiyatları düşürmüş, ancak toparlanma sürecinde fiyatlar yeniden artmıştır. Jeopolitik risklerin arttığı dönemlerde güvenli liman olarak talep gören gümüş fiyatlarında artış gözlemlenmiştir. Platin fiyatları, otomotiv ve endüstriyel kullanım alanlarındaki talep dalgalanmaları nedeniyle belirgin bir volatilité sergilemiştir. 2012-2020 yılları arasında fiyatlarda düşüş yaşanırken, COVID19 pandemisi döneminde arz zincirlerindeki bozulmalar ve talepteki

düşüş fiyatları baskılamıştır. Küresel ekonomik toparlanma ile fiyatlarda bir miktar iyileşme gözlenmiştir. Paladyum fiyatları, özellikle otomotiv sektöründeki emisyon standartlarının sıkılaştırılması nedeniyle güçlü bir talep görmüştür. 2019 ve 2020 yıllarında paladyum fiyatlarında önemli bir artış yaşanmış, ancak COVID19 pandemisinin etkisiyle bu yükseliş trendi kısa süreli bir duraklama göstermiştir. 2022'de Rusya-Ukrayna savaşı, Rusya'nın önemli bir paladyum üreticisi olması nedeniyle arz endişelerini artırmış ve fiyatların yükselmesine yol açmıştır.

İncelenen veri aralığında hem enerji (Brent petrol, doğal gaz) piyasaları hem de kıymetli metal (altın, gümüş, platin ve paladyum) piyasalarına ait getiri serileri değerlendirildiğinde ise enerji emtia piyasalarına ait fiyatları etkileyen küresel olaylara bağlı olarak 2016 yılındaki Ukrayna krizi ve Rusya'nın doğalgaz politikaları volatilitiyi artırmıştır. 2020 yılında COVID19 pandemisi nedeniyle enerji talebindeki düşüş hem petrol hem de doğal gaz fiyatlarındaki dalgalanmayı artırmıştır. 2021 yılında, küresel talebin artması ve arz kısıtlamaları nedeniyle volatilité devam etmiştir. Altın, gümüş, platin ve paladyum emtia piyasalarının getirilerinde incelenen veri aralığında gözlemlenen volatilité kümelenmeleri ve bu dalgalanmaların altında yatan nedenler ortaya konmaktadır. Altın getirilerinde özellikle 2020 yılında COVID19 pandemisinin neden olduğu belirsizlik ve yatırımcıların güvenli liman arayışları, volatilitiyi artırmıştır. Gümüş getirilerinde ise endüstriyel kullanım alanlarının etkisiyle volatilité dalgalanmaları gözlemlenmektedir. 2020 yılında pandeminin endüstriyel talebi azaltması ve ardından toparlanma sürecinde gümüş fiyatlarında volatilité artmıştır. Platin getiri serilerinde özellikle 2016 ve 2020 yıllarında belirgin volatilité kümelenmeleri görülmektedir. Paladyum getiri serilerinde ise özellikle 2019 ve 2020 yıllarında belirgin volatilité kümelenmeleri gözlemlenmiştir. 2019'da emisyon standartlarının sıkılaştırılması nedeniyle talep artışı fiyat dalgalanmalarına yol açmış ve 2020 yılında pandeminin etkisiyle arz endişeleri ve talep dalgalanmaları volatilitiyi artırmıştır. 2022 yılında ise Rusya-Ukrayna savaşı, Rusya'nın önemli bir paladyum üreticisi olması nedeniyle arz endişelerini artırmış ve volatilitiyi yükseltmiştir.

Özetle, enerji ve kıymetli metal emtia piyasalarına ait fiyat ve getiri serilerinin, küresel finansal krizler, siyasi krizler, COVID19 pandemisi ve Rusya-Ukrayna savaşı gibi önemli olaylardan büyük ölçüde etkilendiği görülmektedir. Bu emtia piyasalarının getirilerinde kısa, orta ve uzun dönem koşullu korelasyon ve volatilité yayılımı ve kalıcılığı anlaşılması, yatırımcılar ve politika yapımcılar için kritik öneme sahiptir. Enerji ve kıymetli metal piyasalarındaki dinamikler, küresel ekonominin genel yapısı ve jeopolitik gelişmelerin piyasalara olan etkilerini yansıtmakta ve gelecekteki olası risklere karşı stratejik planlama yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Tablo 4'teki bulgular incelendiğinde, Brent petrol, doğal gaz, gümüş ve platin emtia piyasaları negatif ortalamaya sahip iken, altın ve paladyum emtia piyasaları ise pozitif ortalamaya sahip olduğu görülmektedir. Volatilité açısından değerlendirildiğinde, doğal gaz, Brent petrol ve paladyum incelenen veri aralığında en yüksek standart sapmaya sahip emtia piyasaları olduğu göstermektedir. Doğal gaz emtia piyasası hariç diğér enerji ve kıymetli metal emtia piyasaları negatif çarpıklık değérler aldığı ve dolayısıyla sola çarpık ve

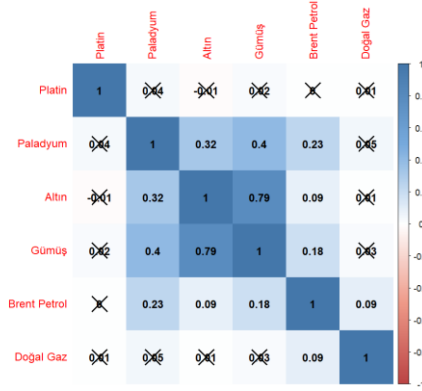
leptokörtik (sivri) dağılıma sahip olduğu görölmektedir. Emtia piyasalarına ait tüm getiri serilerinin basıklık değeri incelendiğinde ise normal dağılım değerinden oldukça büyük ve kalın kuyruklu yapıya sahip olduğu görölmektedir. Jarque-Bera normallik test istatistiklerine göre hem enerji hem de kıymetli metal piyasalarına ait getiri serilerinin hiçbirisi normal dağılım göstermemektedir. Bu sonuç enerji ve kıymetli metal emtia piyasaları arasındaki volatilité yayılımını incelemek için herhangi bir dağılımsal varsayımda bulunmayan Wavelet uyum analizine dayalı Dinamik Koşullu Korelasyon (DCC-GARCH) yaklaşımının kullanılması açısından önemli bir neden sunmaktadır.

Tablo: 4
Değişkenlere ait Tanımlayıcı İstatistikler

	Brent Petrol	Doğal gaz	Altın	Gümüş	Platin	Paladyum
Ortalama	-0.000123	-7.72E-05	9.29E-05	-4.15E-05	-0.000175	0.000123
Medyan	0.000847	0.000000	0.000253	1.59E-05	0.000000	0.001022
Maksimum	0.190774	0.229320	0.046928	0.088348	0.099314	0.186270
Minimum	-0.279761	-0.182223	-0.088756	-0.162015	-0.136136	-0.229171
S.Sapma	0.023693	0.035352	0.009180	0.016789	0.015520	0.021532
Çarpıklık	-0.958013	0.017083	-0.547024	-0.549340	-0.286519	-0.391153
Basıklık	20.31741	6.721186	8.948138	10.99300	8.401672	13.14850
Jarque-Bera	38147.86***	1740.281***	4596.546***	8180.296***	3707.975***	13019.57***
P. Değeri	[0.000000]	[0.000000]	[0.000000]	[0.000000]	[0.000000]	[0.000000]
Gözlem Sayısı	3016	3016	3016	3016	3016	3016

Not: ***, %1 güven aralığında istatistiksel anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Şekil: 2
Korelasyon Matrisi

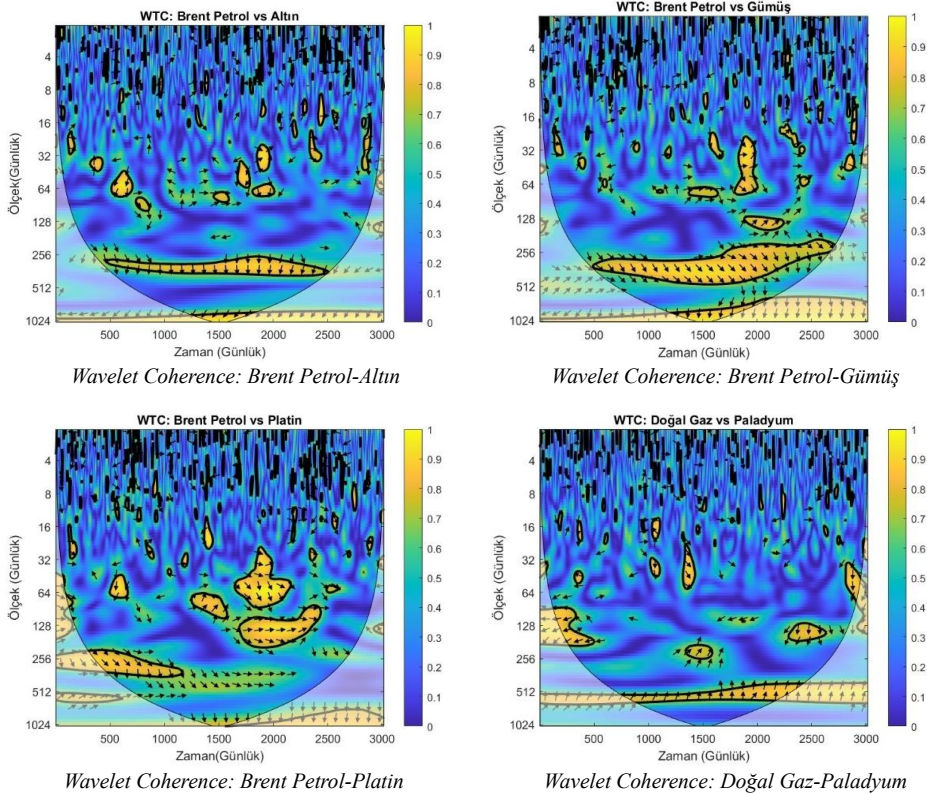


Şekil 2’de yer alan Pearson korelasyon matrisi incelendiğinde, korelasyon katsayıları arttıkça renk skalası kırmızıdan maviye doğru değişmekte ve üzerinde çarpı işareti yer alan katsayılar %1 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olmayan katsayıları göstermektedir. Buna göre Brent petrol ile paladyum, altın, gümüş ve doğal gaz getirileri arasında 0.09 ile 0.23 aralığında %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı, ancak göreceli olarak zayıf pozitif korelasyona sahip olduğunu göstermektedir. Doğal gaz ile paladyum, altın, gümüş, platin getirileri arasında anlamlı bir korelasyon ilişkisini göstermezken, diğer yandan Brent petrol getirileri ile %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı ancak göreceli olarak zayıf pozitif bir ilişkiye sahiptir.

5.2. Wavelet Uyum Analizi Bulguları

Araştırmanın bu bölümünde, Wavelet uyum analizi yöntemi ile enerji emtiaları ile kıymetli metal emtia piyasaları arasındaki volatilité etkileşimi ve nedensel bağlantılar araştırılmıştır. MODWT filtreleme yöntemi ile hem enerji hem de kıymetli metal emtialarının getiri serilerine filtreleme işlemi gerçekleştirilecektir. Son olarak, DCC-GARCH yaklaşımı ile enerji ve kıymetli metal piyasaları arasındaki kısa, orta ve uzun dönem koşullu korelasyonun ve volatilité yayılımının kalıcı olup olmadığı incelenecektir.

Şekil: 3
Enerji ve Metal Emtialara ait Wavelet Uyum Analizi Grafikler



Şekil 3'te enerji ve kıymetli emtia piyasalarına ait getiri serisi çiftleri için Wavelet uyum analizi (WTC) grafiklerine yer verilmiştir. WTC grafiklerinde yer alan oklar, faz farklılığı analizinin çıktılarını göstermektedir. Bu okların yönü zaman serileri arasındaki ilişkilerin yönü hakkında bilgiler sunmaktadır. Sağ tarafı gösteren oklar emtiaların getiri serileri arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olduğunu, sol tarafı gösteren oklar ise ilişkinin

yönünün negatif olduğunu belirtir. Ayrıca okların yönü emtia getiri serileri arasındaki nedensellik ilişkilerini de incelememize imkân tanır. Diğer bir ifadeyle, iki emtia piyasası arasındaki birlikte hareketlerinin gücünü gösterir ve mavi (zayıf birlikte hareketler) ile sarı (güçlü birlikte hareketler) arasında değişir (Vacha & Baruník, 2012; Yang et al., 2016; Marín-Rodríguez et al., 2023;). Bu doğrultuda yukarıyı gösteren oklar ise ikinci emtia piyasa getiri serilerinden ilkinin ikinciyi etkilediğini, aşağıyı gösteren oklar ise ikinci emtia piyasa getiri serisinin ilk piyasanın getiri serisini etkilediğini gösterir (Goodell & Goutte, 2021; Haq & Bouri, 2022; Jana et al., 2023). Şekil 3'teki WTC grafiklerinin, yatay ekseninde incelenen dönem, dikey ekseninde frekanslar veya zaman ölçekleri yer alırken; renk lejantında ise 0 ile 1 arasında değerler almış, karesi alınmış Wavelet uyum katsayısına ait değerler yer almaktadır. Sıfıra yakın değerler iki emtia getiri serisi arasındaki lokal korelasyonun zayıf olduğunu, 1'e yakın değer alması durumunda ise güçlü olduğunu ifade etmektedir (Kangalli-Uyar, 2021: 136-139). İnce gri "U" şekilli çizgi, kenar etkilerini gösteren (cone of influence-COI)'koni'yi ifade eder (Dewandaru et al., 2017). COI çizgisinin ötesindeki gri gölgeli alan, önemsiz varyansı ifade etmektedir ve yorumlamalarda kullanılamamaktadır.

5.3. Wavelet Uyum Analizine Dayalı DCC-GARCH Bulguları

Wavelet uyum analizi (WTC) sonuçlarına dayanarak, emtia (Brent petrol ve doğal gaz) ve kıymetli metal (altın, gümüş, platin ve paladyum) piyasa getirileri arasında uzun vadeli bağımlılığın varlığı tespit edilmiştir. Bu bağımlılığı daha detaylı bir şekilde incelemek amacıyla, DCC-GARCH modelleri ölçek 8 ve 9 seviyelerinde uygulanmıştır. Emtia (Brent petrol ve doğal gaz⁶) ve kıymetli metal (altın, gümüş, platin ve paladyum) emtia piyasalarına ait getiri serileri için WTC grafikleri incelendiğinde, Brent petrol ile altın getiri serileri arasında bir yıllık zaman ölçeğinde veya 256-512 günlük frekansta anlamlı ve güçlü ilişki sebebiyle Brent petrol getiri serilerinden altın getiri serilerine doğru uzun dönemli ve pozitif bir etkileşim olduğu gözlenmiştir. Brent petrol ile gümüş getirileri arasında bir ve iki yıllık zaman ölçeklerinde ya da 256-512 günlük ve 512-1024 günlük frekansta anlamlı ve güçlü ilişkisi nedeniyle Brent petrol getiri serilerinden gümüş getiri serilerine doğru uzun dönemli ve pozitif bir etkileşim olduğu ifade edilebilmektedir. Brent petrol ile platin getiri serileri arasında COVID19 pandemi öncesinde bir yıllık zaman ölçeklerinde veya 256-512 günlük frekansta anlamlı ve güçlü bir ilişki olduğu ifade edilebilir. COVID19 pandemi sonrasında ise dört aylık zaman ölçeklerinde veya 128-256 günlük frekansta anlamlı ve uzun dönemde güçlü bir ilişki olduğu ve ilişkinin yönü pozitif olduğu gözlenmektedir. Doğal gaz ile paladyum getiri serileri arasında bir buçuk veya iki yıllık zaman ölçeklerinde ya da 512-1024 günlük yatırım döngülerinde anlamlı ve güçlü ilişki sebebiyle uzun dönemde karşılıklı etkileşim olduğu söylenebilir. Paladyum ile doğal gaz getirileri arasındaki uzun dönemli bağımlılığın çoğunlukla endüstriyel üretim, arz ve talep kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

⁶ Doğal gaz ile kıymetli metal (altın, gümüş ve platin) piyasaları arasındaki ilişki ve etkileşim incelenmiş, ancak elde edilen sonuçlar anlamsız olduğu için EK 1'de sunulmuştur.

Tablo: 5
256-512 Günlük Yatırım Döngülerinde Brent Petrol ile Altın Getirilerine ait DCC-GARCH Modeli Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hatalar	t-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Sabit ₁	4.0706e-10	1.8355e-10	2.21769**	0.0265
Sabit ₂	3.4920e-08	2.7130e-08	1.28713	0.1980
α_1	0.1706	8.9611e-03	19.03709***	0.0000
α_2	0.1383	8.3487e-03	16.56350***	0.0000
β_1	0.4672	0.0202	23.15456***	0.0000
β_2	0.4476	0.0198	22.63116***	0.0000
DCC α	0.2040	0.0142	14.41240***	0.0000
DCC β	0.7925	0.0143	55.23456***	0.0000

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Enerji ve kıymetli metal piyasalarına ait getirilerini belirlemede zamanla değişen korelasyonlar ve volatilité önemli rol oynamaktadır. WTC analizleri sonucunda elde edilen bulgulara göre emtialar arasındaki zamanla değişen korelasyonlarını belirlemek için Wavelet dayalı DCC-GARCH yaklaşımı kullanılmıştır. Tablo 5'te Brent petrol ile altın getiri serileri için 256-512 günlük yatırım döngülerine ilişkin sonuçlara yer verilmiştir. Tablo 5'te yer alan bulgulara göre, Brent petrol ile altın getirilerinin α ve β tahminlerinin toplamının 1'den küçük hesaplanması, DCC-GARCH modelinin uygulanabilirliğini desteklemektedir. Ayrıca DCC-GARCH sonucuna dayanarak 256-512 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ve altın getirileri için α tahminlerin %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu, bu altın getiri volatilitesi üzerinde Brent petrol getirilerinin kısa vadeli etkisini gösterdiğini söylenebilir. Diğer bir ifadeyle Brent petrol getirilerinden altın getirilere doğru kısa vadeli volatilité yayılımı olduğunu görülmektedir. Bunun yanı sıra β tahminin %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu, Brent petrol getiri volatilitesinin altın getiri volatilitesi üzerinde uzun vadeli önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Yani Brent petrol getirilerinden altın getirilere doğru uzun vadeli volatilité yayılım etkisi olduğunu bulunmaktadır. Ancak $\alpha + \beta < 1$ tahminin 1'e oldukça yakın olması, 256-512 yatırım döngülerinde dinamik korelasyonların sabit bir seviye etrafında dalgalandığını ve ortalamaya dönme eğilimindeki bir sürece sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı zamanda bu günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ile altın getirileri için koşullu volatilitenin kalıcı olma ihtimalinin daha yüksek olduğu ifade edilebilir. Bu bulgu, piyasaların getirilerini yavaşça dengede tuttuğu ve şokların yavaşça azaldığını göstermektedir. Dolayısıyla, volatilité ve korelasyon katsayı tahminleri, bu piyasalardaki yatırımcıların şoklar sonucunda ani bir kayıpla karşılaşma olasılığının daha düşük olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

Tablo 6'da, Brent petrol ile gümüş getiri serilerine ait 256-512 günlük yatırım döngülerini inceleyen wavelet uyum analizine dayalı DCC-GARCH yaklaşımına ilişkin sonuçlara yer verilmiştir. Tablo 6'da yer alan bulgular incelendiğinde, her iki yatırım döngüsünde de Brent petrol ile gümüş getirilerinin α ve β katsayı tahminlerinin toplamı 1'den daha az olduğunu görülmektedir. Ayrıca DCC-GARCH sonucuna dayanarak 256-512 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ve gümüş getirileri için α tahminlerin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu, bu sonuç gümüş getiri volatilitesi üzerinde Brent petrol getirilerinin uzun vadeli etkisini gösterdiği ifade edilebilmektedir.

Başka bir ifadeyle Brent petrol getirilerinden gümüş getirilere doğru uzun vadeli volatilité yayılım etkisi olduğu gözlenmektedir. Öte yanda β katsayı tahminin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu, Brent petrol getiri volatilitésinin gümüş getiri volatilitésini üzerinde uzun dönemli önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle elde edilen bulgular, Brent petrol getirilerinden gümüş getirilere doğru uzun dönemli volatilité yayılım olduğunu göstermektedir. Ancak $\alpha + \beta < 1$ katsayı tahminin 1'e oldukça yakın olması, 256-512 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ile gümüş getirileri için koşullu volatilitenin kalıcı olma olasılığının daha yüksek olduğu göstermektedir. Bu durum, piyasaların getirilerini yavaşça dengede tuttuğu ve şokların yavaş yavaş elimine olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla, tahmin edilen volatilité ve korelasyon katsayıları, bu piyasalardaki yatırımcıların şoklar sonucunda ani bir kayıpla karşılaşma ihtimalinin daha düşük olduğu göstermektedir.

Tablo: 6

256-512 Günlük Yatırım Döngülerinde Brent Petrol ile Gümüş Getirilerine ait DCC-GARCH Modeli Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hatalar	t-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Sabit ₁	4.3399e-10	1.0453e-10	4.15165***	0.0000
Sabit ₂	6.3432e-09	1.2021e-09	5.27694***	0.0000
α_1	0.1918	0.0103	18.61635***	0.0000
α_2	0.1784	7.7678e-03	22.96931***	0.0000
β_1	0.3874	0.0161	24.04653***	0.0000
β_2	0.3861	0.0228	16.96783***	0.0000
DCC α	0.4555	0.0292	15.57993***	0.0000
DCC β	0.5422	0.0291	18.65540***	0.0000

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 7'de Brent petrol ile gümüş getiri serilerine ait 512-1024 günlük yatırım döngülerini inceleyen wavelet uyum analizine dayalı DCC-GARCH yaklaşımının sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo: 7

512-1024 Günlük Yatırım Döngülerinde Brent Petrol ile Gümüş Getirilerine ait DCC-GARCH Modeli Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hatalar	t-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Sabit ₁	1.0182e-10	5.3499e-11	1.90328*	0.0570
Sabit ₂	9.9304e-09	1.61151e-09	6.14848***	0.0000
α_1	0.1362	5.7688e-03	23.60840***	0.0000
α_2	0.1194	4.6723e-03	25.55787***	0.0000
β_1	0.4261	0.0198	21.52783***	0.0000
β_2	0.4091	0.0198	20.63652***	0.0000
DCC α	0.2560	0.0154	16.58155***	0.0000
DCC β	0.7420	0.0155	47.81426***	0.0000

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 7'de Brent petrol ile gümüş getiri serileri için 512-1024 günlük yatırım döngülerine ilişkin sonuçlara yer verilmiştir. Tablo 7'de yer alan bulgular incelendiğinde, her iki yatırım döngüsünde de Brent petrol ile gümüş getirilerinin α ve β katsayı tahminlerinin toplamı 1'den daha az olduğunu görülmektedir. Ayrıca, DCC-GARCH sonucuna dayanarak 512-1024 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ve gümüş getirileri

için α tahminlerinin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu; bu sonucun, gümüş getiri volatilitesi üzerinde Brent petrol getirilerinin uzun vadeli etkisini gösterdiği ifade edilebilmektedir. Başka bir ifadeyle Brent petrol getirilerinden gümüş getirilere doğru uzun vadeli volatilitate yayılım etkisi olduğu gözlenmektedir. Öte yanda β katsayı tahminin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu, Brent petrol getiri volatilitelerinin gümüş getiri volatilitesi üzerinde uzun dönemli önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle elde edilen bulgular, Brent petrol getirilerinden gümüş getirilere doğru uzun dönemli volatilitate yayılım olduğunu göstermektedir. Ancak $\alpha + \beta < 1$ katsayı tahminin 1'e oldukça yakın olması, 512-1024 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ile gümüş getirileri için koşullu volatilitenin kalıcı olma olasılığının daha yüksek olduğu göstermektedir. Bu durum, piyasaların getirilerini yavaşça dengede tuttuğu ve şokların yavaş yavaş elimine olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla, tahmin edilen volatiliteler ve korelasyon katsayıları, bu piyasalardaki yatırımcıların şoklar sonucunda ani bir kayıpla karşılaşma ihtimalinin daha düşük olduğu göstermektedir. WTC analizinden elde edilen bulgulara göre, Brent petrol ve platin arasındaki dinamik koşullu korelasyon analizi, COVID19 pandemi öncesi ve sonrası olarak iki ayrı dönem şeklinde incelenmiştir. Bu bağlamda, wavelet uyum analizinin sağladığı frekans ve zaman çözünürlüğü, farklı dönemlerdeki ilişki yapısını ayrıntılı bir şekilde değerlendirmeye olanak tanımıştır. Özellikle, COVID19 pandemisinin piyasalarda yarattığı belirsizlik ve şoklar göz önünde bulundurularak, analiz edilen dönemler arasındaki korelasyon farklılıkları incelenmiştir. Tablo 8 ve Tablo 9'da Brent petrol ile platin getiri serileri için COVID19 pandemi öncesi 256-512 ve pandemi sonrası 128-256 günlük yatırım döngülerine ilişkin wavelet uyum analizine dayalı DCC-GARCH yaklaşımına ilişkin sonuçlara yer verilmiştir.

Tablo: 8
Pandemi Öncesi 256-512 Günlük Yatırım Döngülerinde Brent Petrol ile Platin
Getirilerine ait DCC-GARCH Modeli Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hatalar	t-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Sabit ₁	2.4398e-10	6.2819e-11	3.88391***	0.0001
Sabit ₂	1.6915e-06	7.9705e-11	2.12217**	0.0338
α_1	0.1724	9.9654e-03	17.30424***	0.0000
α_2	0.1527	7.4293e-03	20.55032***	0.0000
β_1	0.4228	0.0233	18.14366***	0.0000
β_2	0.4736	0.0229	20.71217***	0.0000
DCC α	0.2674	3.0045e-03	89.00.887***	0.0000
DCC β	0.7325	2.9499e-03	248.30964***	0.0000

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 8'de Brent petrol ile platin getiri serileri için COVID19 pandemi öncesi 256-512 günlük yatırım döngülerine ilişkin DCC-GARCH yaklaşımına ilişkin sonuçlara yer verilmiştir. Tablo 8'de yer alan bulgulara göre, pandemi öncesi Brent petrol ile platin getirilerinin α ve β katsayı tahminlerinin toplamı 1'den daha küçük olduğunu görülmektedir. Ayrıca, DCC-GARCH sonucuna dayanarak pandemi öncesi 256-512 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ve platin getirileri için α tahminlerinin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu; bu sonucun, platin getiri volatilitesi üzerinde Brent petrol getirilerinin uzun vadede etkili olduğu söylenebilmektedir. Başka bir deyişle, pandemi öncesi ve sonrası dönemde Brent petrol getirilerinden platin getirilerine doğru uzun vadeli

bir volatilité yayılım etkisinin mevcut olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra β katsayı tahminin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması, Brent petrol getiri volatilitésinin platin getiri volatilitésini üzerinde pandemi öncesi uzun dönemde önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, Brent petrol getirilerinden platin getirilerine doğru uzun vadeli volatilité yayılımı olduğu görölmektedir. Ancak $\alpha + \beta < 1$ katsayı tahminin 1'e olduğuca yakın olması, pandemi öncesi 256-512 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ile platin getirileri için koşullu volatilitenin kalıcı olma olasılığının daha yüksek olduğu göstermektedir. Bu durum, piyasaların getirilerini orta ve uzun vadede yavaşça dengede tuttuğu ve şokların yavaş yavaş elimine olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla, volatilité ve korelasyon katsayı tahminleri, uzun vadede bu piyasalardaki yatırımcıların şoklar sonucunda ani bir kayıpla karşılaşma ihtimalinin daha düşük olduğu göstermektedir.

Tablo: 9
Pandemi Sonrası 128-256 Günlük Yatırım Döngülerinde Brent Petrol ile Platin
Getirilerine ait DCC-GARCH Modeli Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hatalar	t-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Sabit ₁	2.2832e-08	4.5069e-09	5.06594***	0.0000
Sabit ₂	2.8328e-09	9.8508e-10	2.87567***	0.0040
α_1	0.5021	0.0106	47.25581***	0.0000
α_2	0.4917	0.0112	43.86607***	0.0000
β_1	-0.4877	9.8103e-03	-49.70976***	0.0000
β_2	-0.4582	0.0200	-22.92426***	0.0000
DCC α	0.9552	5.2993e-03	180.24466***	0.0000
DCC β	0.0438	5.3293e-03	8.22275***	0.0000

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 9'da yer alan bulgulara göre, pandemi sonrası Brent petrol ile platin getirilerinin α ve β katsayı tahminlerinin toplamı 1'den daha küçük olduğunu görölmektedir. Ayrıca DCC-GARCH sonucuna dayanarak pandemi sonrası 128-256 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ve platin getirileri için α tahminlerin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu, bu sonuç platin getiri volatilitésini üzerinde Brent petrol getirilerinin orta ve uzun vadede etkisinin olduğu söylenebilmektedir. Diğer bir ifadeyle, Brent petrol getirilerinden platin getirilere doğru pandemi sonrası orta ve uzun vade de volatilité yayılım etkisi olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra β katsayı tahminin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması, Brent petrol getiri volatilitésinin platin getiri volatilitésini üzerinde pandemi sonrasında uzun dönemde önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, Brent petrol getirilerinden platin getirilerine doğru uzun vadeli volatilité yayılımı olduğu görölmektedir. Ancak $\alpha + \beta < 1$ katsayı tahminin 1'e olduğuca yakın olması, pandemi öncesi 128-256 günlük yatırım döngülerinde Brent petrol ile platin getirileri için koşullu volatilitenin kalıcı olma olasılığının daha yüksek olduğu göstermektedir. Bu durum, piyasaların getirilerini orta ve uzun vade de yavaşça dengede tuttuğu ve şokların yavaş yavaş elimine olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla, volatilité ve korelasyon katsayı tahminleri, uzun vade de bu piyasalardaki yatırımcıların şoklar sonucunda ani bir kayıpla karşılaşma ihtimalinin daha düşük olduğu göstermektedir. Tablo 10'da doğal gaz ve paladyum getiri serilerine ait 512-1024 günlük yatırım döngülerini

inceleyen wavelet uyum analizine dayalı DCC-GARCH yaklaşımının sonuçları sunulmuştur.

Tablo: 10
512-1024 Günlük Yatırım Döngülerinde Doğal Gaz ile Paladyum Getirilerine ait DCC-GARCH Modeli Sonuçları

	Katsayılar	Standart Hatalar	t-İstatistikleri	Olasılık Değerleri
Sabit ₁	3.07973e-10	8.38633e-11	3.67232***	0.0002
Sabit ₂	9.06864e-09	1.72824e-09	5.24734***	0.0000
α_1	0.12225	0.00483	25.29533***	0.0000
α_2	0.10960	0.00423	25.93016***	0.0000
β_1	0.38561	0.01672	23.06074***	0.0000
β_2	0.40793	0.01821	22.40127***	0.0000
DCC α	0.21476	0.01292	16.62616***	0.0000
DCC β	0.78472	0.01299	60.41290***	0.0000

Not: ***, ** ve * sırasıyla %1, %5 ve %10 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 10’da yer alan bulgular incelendiğinde, doğal gaz ile paladyum getirilerinin α ve β tahminlerinin toplamı 1’den küçük olduğunu ortaya koymaktadır. DCC-GARCH sonucuna dayanarak aynı zamanda 512-1024 günlük yatırım döngülerinde doğal gaz ve paladyum getirileri için α tahminlerin %1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması, bu paladyum getiri volatilitesi üzerinde doğal gaz getirilerinin kısa vadeli etkisini göstermektedir. Diğer bir deyişle, doğal gaz getirilerinden paladyum getirilerine doğru kısa vadeli volatilité yayılımı olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra β tahminin %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı olması, doğal gaz getiri volatilitesinin paladyum getiri volatilitesi üzerinde uzun vadeli önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, doğal gaz getirilerinden paladyum getirilerine doğru uzun vadeli volatilité yayılım etkisi olduğu bulunmaktadır. Ancak $\alpha + \beta < 1$ katsayı tahminlerinin 1’e oldukça yakın olması, 512-1024 yatırım döngülerinde dinamik korelasyonların sabit bir seviye etrafında dalgalandığını ve ortalamaya dönme eğilimindeki bir sürece sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, günlük yatırım döngülerinde doğal gaz ile paladyum getirileri için koşullu volatilitenin kalıcı olma ihtimalinin daha yüksek olduğu da söylenebilmektedir. Bu durum, piyasaların getirilerini yavaşça dengede tuttuğu ve şokların yavaşça azaldığını göstermektedir. Dolayısıyla, volatilité ve korelasyon katsayılarının sonuçları, bu piyasalardaki yatırımcıların volatilité şokları sonucunda ani bir kayıpla karşılaşma ihtimalinin daha düşük olduğu ifade edilebilir.

6. Sonuç

Dünya ekonomisindeki artan belirsizlikler ve fiyat dalgalanmaları, yatırımcılar için risk yönetimi ve portföy çeşitlendirmesini kaçınılmaz hale getirmektedir. Risk yönetiminde, değerli metaller gibi türev ürünlerin etkileşimleri, yatırım stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Literatürde, yatırım getirisini optimize etmek amacıyla portföye dahil edilen düşük korelasyonlu varlıkların, kriz dönemlerinde korelasyonlarının artabileceği sıkça tartışılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada enerji emtia ve kıymetli metal piyasalarına ait fiyat getirileri arasındaki volatilité yayılımı wavelet uyum analizine dayalı dinamik koşullu korelasyon yaklaşımı ile incelenmektedir.

Kıymetli metaller, emtia olarak kabul edilmekte olup bu varlıkların spot ticareti, vadeli işlemleri ve yatırım fonları kapsamında alım satımı gerçekleştirilmektedir. Yatırımcılar, hedgerlar, arbitrajcılar, spekülâtörler, analistler ve ekonomistler bu işlemleri yapabilmektedir. Altın, gümüş, platin ve paladyum gibi yüksek likiditeye sahip değerli metaller, yatırımcılar ve hedgerlar için çoğunlukla enflasyon ve döviz kuru riskinden korunma sağlayabilmektedir. Ayrıca, bu metaller spekülâtörler ve arbitrajcılar tarafından kısa vadeli işlemler için de kullanılmaktadır. Bu bağlamda, kıymetli metallerin fiyat oluşumunu etkileyebilecek her bilgi, yatırımcılar ve diğer ilgili taraflar için büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, araştırmanın önemli katkılarından biri, farklı yatırım döngülerine göre zamanla değişen koşullu korelasyon yaklaşımını kullanarak hem COVID19 pandemisi hem de Rusya-Ukrayna savaşının etkilerini dikkate alarak, enerji emtiaları ile kıymetli metal piyasalarındaki fiyat ve getiri dinamiklerini anlamaya ve bu bilgileri yatırım kararlarında kullanmaya katkı sağlamasıdır.

Wavelet uyum analizi bulgularına göre, Brent petrol getirilerinden altın, gümüş ve platin getirilerine doğru uzun dönemli ve genellikle pozitif bir karşılıklı etkileşim etkisi tespit edilmiştir. Paladyum getirilerinden doğal gaz getirilerine doğru ise yine uzun dönemli bir karşılıklı etkileşim görülmüştür. Belirlenen bu uzun dönemli yatırım döngüleri için uygulanan dinamik koşullu korelasyon analizleri, her bir yatırım döngüsü için koşullu korelasyon ve volatilité kalıcılığına dair bulgular ortaya koymuştur. İki aşamalı analizlerin sonucu değerlendirildiğinde, Brent petrol ile altın, gümüş ve platin getirileri arasında çoğunlukla finansal piyasa kaynaklı uzun dönemli bağımlılığın yanı sıra korelasyon ve volatilité yayılımı olduğu düşüncesi güçlenmektedir. Paladyum ile doğal gaz getirileri arasındaki uzun dönemli bağımlılık, korelasyon ve volatilité yayılımının ise çoğunlukla endüstriyel üretim, arz ve talep kaynaklı olduğu düşüncesini pekiştirmektedir. Ayrıca, paladyumun yatırım aracı olarak değil, daha çok üretim aracı olarak ekonomik konjonktürde yer aldığı ve petrol ile birlikte ekonomik durumu takip ettiği görülmüştür.

COVID19 pandemisi ve Rusya-Ukrayna savaşı nedeniyle küresel ekonomideki belirsizlikler artmış, küresel üretim ve talepte azalma meydana gelmiştir. Makroekonomik riskin artması, yatırımcıları hedge etme yöntemlerini düşünmeye yönlendirmiştir. Bu bağlamda, kriz dönemlerinde menkul kıymetleştirilmiş emtialar, alternatif bir yatırım aracı olarak daha fazla ilgi çekmişlerdir. COVID19 ve Rusya-Ukrayna savaşının petrol ve değerli metaller arasındaki pozitif ilişkiyi güçlendirdiği ve bağımlılığı artırdığı saptanmıştır. Ayrıca, COVID19 pandemisinin petrol kaynaklı volatilité aktarımını değerli metallere doğru güçlendirdiği gözlemlenmiştir. Özellikle altın ve gümüşün, kriz dönemlerinde güvenli bir yatırım aracı özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Öte yandan, platin fiyat getirilerinin petrol fiyat getirileri ile doğrusal ve pozitif bir ilişki içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Ewing ve Malik (2013), Mensi vd. (2015), Yaya vd. (2016), Rehman vd. (2018), Zhang vd. (2018), Chen ve Qu (2019) ve Yıldırım vd. (2020) çalışmalarında, benzer şekilde petrol ve değerli metaller arasındaki volatilité yayılımına dair kanıtlar elde etmişlerdir.

Elde edilen bu bulgular, özellikle uzun vadeli yatırım ufkuna sahip yatırımcılar için önem arz etmektedir. Portföylerine enerji ve kıymetli metal varlıklarını dahil etmek isteyen

yatırımcıların, uzun vadeli yatırım ufkuunda bu varlıklar arasındaki etkileşim ve yayılım etkilerini dikkate almaları faydalı olacaktır. Bu bağlamda, emtialara dayalı portföy oluşturan yatırımcıların, öncelikle emtia piyasasında yaşanan gelişmeleri yakından takip etmeleri gerekmektedir. Ayrıca, yatırımcıların portföy oluşturma, risk yönetimi ve alım satım işlemlerinde yatırım ufuklarına (kısa, orta ve uzun dönem) bağılı olarak karar almaları uygun olacaktır. Bu araştırmanın, bu yönüyle yatırımcılara ve diğeri ilgili taraflara katkı sağlayabileceğı düşünölmektedir.

Kaynaklar

- Akbulaev, N. (2023), “The impact of energy prices on precious metals: A comparison of the SARS-COV2 period and prior period”, *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(2), 433-440.
- Alkhazali, O.M. & T.A. Zoubi (2020), “Gold and portfolio diversification: A stochastic dominance analysis of the Dow Jones Islamic indices”, *Pacific-Basin Finance Journal*, 60, 101264.
- AlKulaib, Y. & F. Almudhaf (2012), “Does gold shine in the portfolio of a Kuwaiti investor?”, *International Journal of Economics and Finance*, 4(1), 160-166.
- Arif, I. et al. (2019), “Relationship between oil price and white precious metals return: New evidence from quantile-on-quantile regression”, *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 13(2), 515-528.
- Aydoğdu, A. (2024), “Farklı Yatırım Ufuklarına Göre Kripto Para Birimlerinin Volatilité Modellemesi”, *Doktora Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Aydoğdu, A. (2024), “Volatility spillovers of global economic policy uncertainty and fear index among cryptocurrencies: A wavelet-based DCC-GARCH approach”, *Journal of Applied Microeconometrics*, 4(1), 13-29.
- Barro, R.J. et al. (2020), “The coronavirus and the Great Influenza Pandemic: Lessons from the “Spanish Flu” for the coronavirus’s potential effects on mortality and economic activity”, *AEI Economics Working Paper*, 2020-02.
- Baur, D.G. & T.K. McDermott (2010), “Is gold a safe haven? International evidence”, *Journal of Banking & Finance*, 34(8), 1886-1898.
- Bollerslev, T. (1990), “Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: A multivariate generalized ARCH model”, *The Review of Economics and Statistics*, 72(3), 498-505.
- Bouri, E. et al. (2017), “Does Bitcoin hedge global uncertainty? Evidence from wavelet-based quantile-in-quantile regressions”, *Finance Research Letters*, 23, 87-95.
- Chen, Y. & F. Qu (2019), “Leverage effect and dynamics correlation between international crude oil and China’s precious metals”, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 534, 122319.
- Cornish, C.R. et al. (2006), “Maximal overlap wavelet statistical analysis with application to atmospheric turbulence”, *Boundary-Layer Meteorology*, 119(2), 339-374.
- Crowley, P.M. (2007), “A guide to wavelets for economists”, *Journal of Economic Surveys*, 21(2), 207-267.
- Değirmenci, N. & Z. Abdioğlu (2017), “Finansal piyasalar arasındaki oynaklık yayılımı”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 54, 104-125.

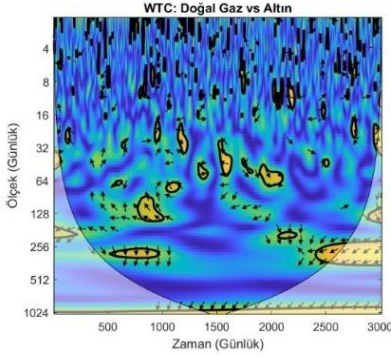
- Demirer, R. et al. (2018), "Global risk aversion and emerging market return comovements", *Economics Letters*, 173, 118-121.
- Deniz, D. et al. (2018), "Kıymetli madenlerin portföy çeşitlendirmesine katkısı: Bist uygulaması", *Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty*, 5(2), 366-382.
- Dewandaru, G. et al. (2017), "Regional spillovers across transitioning emerging and frontier equity markets: A multi-time scale wavelet analysis", *Economic Modelling*, 65, 30-40.
- Diebold, F.X. & K. Yilmaz (2012), "Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers", *International Journal of Forecasting*, 28(1), 57-66.
- Engle, R. (2002), "Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models", *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350.
- Engle, R.F. & K. Sheppard (2001), "Theoretical and empirical properties of dynamic conditional correlation multivariate GARCH", *NBER Working Paper No. w8554*.
- Erdoğan, S. et al. (2020), "Natural resource abundance, financial development and economic growth: An investigation on Next-11 countries", *Resources Policy*, 65, 101559.
- Ewing, B.T. & F. Malik (2013), "Volatility transmission between gold and oil futures under structural breaks", *International Review of Economics & Finance*, 25, 113-121.
- Gencay, R. et al. (2002), *An introduction to wavelets and other filtering methods in finance and economics*, Academic Press.
- Goodell, J.W. & S. Goutte (2021), "Diversifying equity with cryptocurrencies during COVID-19", *International Review of Financial Analysis*, 76, 101781.
- Gorton, G. & K.G. Rouwenhorst (2006), "Facts and Fantasies about Commodity Futures", *Financial Analysts Journal*, 62(2), 47-68.
- Guiso, L. et al. (2018), "Time varying risk aversion", *Journal of Financial Economics*, 128(3), 403-421.
- Haq, I.U. & E. Bouri (2022), "Sustainable versus conventional cryptocurrencies in the face of cryptocurrency uncertainty indices: An analysis across time and scales", *Journal of Risk and Financial Management*, 15(10), 442.
- Jana, S. et al. (2023), "Revisiting the cryptocurrencies role in stock markets: ADCC-GARCH and wavelet coherence", *Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies*, 17(1), 110-135.
- Kamışlı, M. et al. (2017), "Emtia fiyatları birbirlerini etkiler mi? Asimetrik frekans nedensellik analizi", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 1079-1093.
- Kangallı-Uyar, S.G. (2021), "Uluslararası döviz piyasalarında finansal bulaşıcılık ve karşılıklı bağımlılık: Wavelet uyum analizi", *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (656), 115-147.
- Kırkulak-Uludağ, B. & Z. Lkhamazhapov (2017), "Volatility dynamics of precious metals: Evidence from Russia", *Finance a Úvěr-Czech Journal of Economics and Finance*, 4(67), 300-317.
- Kumar, S. et al. (2022), "Volatility spillover among prices of crude oil, natural gas, exchange rate, gold, and stock market: Fresh evidence from exponential generalized autoregressive conditional heteroscedastic model analysis", *Journal of Public Affairs*, 22(4), e2594.

- Lehkonen, H. & K. Heimonen (2014), “Timescale-dependent stock market comovement: BRICS vs. developed markets”, *Journal of Empirical Finance*, 28, 90-103.
- Mandacı, P.E. et al. (2020), “Dynamic connectedness and portfolio strategies: Energy and metal markets”, *Resources Policy*, 68, 101778.
- Marín-Rodríguez, N.J. et al. (2023), “A wavelet analysis of the dynamic connectedness among oil prices, green bonds, and CO2 emissions”, *Risks*, 11(1), 15.
- Mensi, W. et al. (2015), “Precious metals, cereal, oil and stock market linkages and portfolio risk management: Evidence from Saudi Arabia”, *Economic Modelling*, 51, 340-358.
- Moralı, T. & U. Uyar (2018), “Kıymetli metalleri piyasasının fraktal analizi”, *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 2203-2218.
- Phillips, P.C. & P. Perron (1988), “Testing for a unit root in time series regression”, *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Rajwani, S. et al. (2023), “Dynamic linkages of energy commodities with bullion and metal market: Evidence of portfolio hedging”, *American Business Review*, 26(1), 148-179.
- Ramsey, J. (2002), “Wavelets in economics and finance: Past and future”, *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 6(3), 1-27.
- Reboredo, J.C. & M.A. Rivera-Castro (2013), “A wavelet decomposition approach to crude oil price and exchange rate dependence”, *Economic Modelling*, 32(1), 42-57.
- Rehman, M.U. & X.V. Vo (2021), “Energy commodities, precious metals and industrial metal markets: A nexus across different investment horizons and market conditions”, *Resources Policy*, 70, 101843.
- Rehman, M.U. et al. (2018), “Precious metal returns and oil shocks: A time varying connectedness approach”, *Resources Policy*, 58, 77-89.
- Roll, R. (2013), “Volatility, correlation, and diversification in a multi-factor world”, *The Journal of Portfolio Management*, 39(2), 11-18.
- Rua, A. & L. Nunes (2009), “International comovement of stock market returns: A wavelet analysis”, *Journal of Empirical Finance*, 16(4), 632-639.
- Santana, T.P. et al. (2023), “Effects of interdependence and contagion on crude oil and precious metals according to pDCCA: A COVID-19 case study”, *Sustainability*, 15(5), 3945.
- Sertkaya, B. (2022), “Katılım endeksinin döviz kuru ve altın fiyatlarıyla ilişkisi: Türkiye için ARDL sınır testi yaklaşımı”, *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 7(1), 173-188.
- Shafiullah, M. et al. (2021), “Quantile causality and dependence between crude oil and precious metal prices”, *International Journal of Finance & Economics*, 26(4), 6264-6280.
- Temel, F. & H. Güneş (2022), “Emtialarda haftanın günü anomalisinin EGARCH modeli ile test edilmesi”, içinde: M.F. Buğın (ed.), *Finansal piyasaların evrimi: Davranışsal finans, İslami finans, FinTech* (87-103), Orion Kitapevi.
- Torrence, C. & G.P. Compo (1998), “A Practical Guide to Wavelet Analysis”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(1), 61-78.
- Torrence, C. & P.J. Webster (1999), “Interdecadal changes in the ENSO-monsoon system”, *Journal of Climate*, 12(8), 2679-2690.

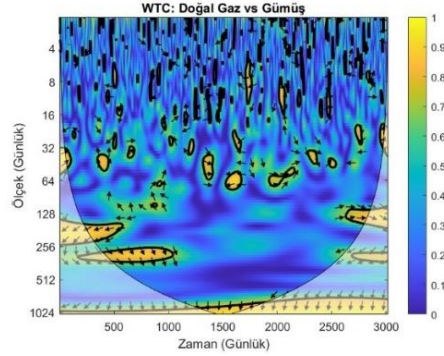
- Trabelsi, N. et al. (2021), “Effects of price of gold on Bombay Stock Exchange sectoral indices: New evidence for portfolio risk management”, *Research in International Business and Finance*, 55, 101316.
- Tse, Y.K. & A.K.C. Tsui (2002), “A multivariate generalized autoregressive conditional heteroscedasticity model with time-varying correlations”, *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 351-362.
- Uyar, U. & S. Kangallı-Uyar (2021), “Sermaye ve altın piyasaları arasındaki yayılım etkisi: Wavelet’e dayalı dinamik koşullu korelasyon yaklaşımı”, içinde: M. Ural & Ü. Aydın (eds.), *Finansal ekonometri uygulamaları: Kavram, teori, uygulama* (309-335), Seçkin Yayıncılık.
- Vacha, L. & J. Baruník (2012), “Comovement of energy commodities revisited: Evidence from wavelet coherence analysis”, *Energy Economics*, 34(1), 241-247.
- Xu, N.R. (2019), “Global risk aversion and international return comovements”, *SSRN*, <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3174176>
- Yang, L. et al. (2016), “Interdependence of foreign exchange markets: A wavelet coherence analysis”, *Economic Modelling*, 55, 6-14.
- Yaya, O.S. et al. (2016), “Volatility persistence and returns spillovers between oil and gold prices: Analysis before and after the global financial crisis”, *Resources Policy*, 49, 273-281.
- Yaya, O.S. et al. (2022), “Time variation between metal commodities and oil, and the impact of oil shocks: GARCH-MIDAS and DCC-MIDAS analyses”, *Resources Policy*, 79, 103036.
- Yıldırım, D.Ç. et al. (2018), “Regime-dependent effect of crude oil price on BRICS stock markets”, *Emerging Markets Finance and Trade*, 54(8), 1706-1719.
- Yıldırım, D.Ç. et al. (2020), “Time-varying volatility spillovers between oil prices and precious metal prices”, *Resources Policy*, 68, 101783.
- Yoon, S.M. et al. (2019), “Network connectedness and net spillover between financial and commodity markets”, *The North American Journal of Economics and Finance*, 48, 801-818.
- Zhang, C. et al. (2018), “The effect of global oil price shocks on China’s precious metals market: A comparative analysis of gold and platinum”, *Journal of Cleaner Production*, 186, 652-661.

Ek: 1

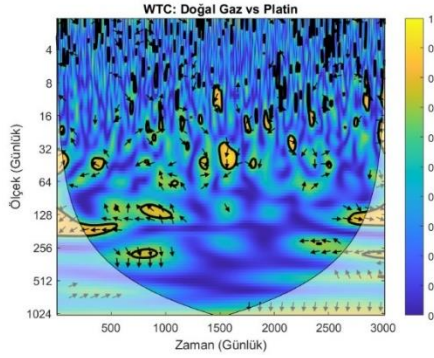
Şekil: 4
Enerji ve Metal Emtialara ait Wavelet Uyum Analizi Grafikler



Wavelet Coherence: Doğal Gaz-Altın



Wavelet Coherence: Doğal Gaz-Gümüş



Wavelet Coherence: Doğal Gaz-Platin

Aydoğdu, A. & U. Uyar (2025), “Enerji ve Kıymetli Metal Piyasaları Arasında Yayılım Etkisi: Wavelet Uyum Analizine Dayalı DCC-GARCH Yaklaşımı”, *Sosyoekonomi*, 33(64), 557-585.