

## Fraktal Piyasa Hipotezi Borsa İstanbul'da Geçerli mi?<sup>1</sup>

### Is the Fractal Market Hypothesis Valid in Borsa Istanbul?

Fatih KONAK<sup>2</sup>, Diler TÜRKÖĞLU<sup>3</sup>

#### Öz

**Amaç:** Bu çalışmada Fraktal Piyasa Hipotezi'nin Borsa İstanbul'da geçerliliğinin test edilmesi amaçlanmaktadır.

**Tasarım/Yöntem:** Çalışmada Borsa İstanbul'da faaliyet gösteren firmalardan işlem hacimleri yüksek ilk 10 firma ile işlem hacimleri en düşük ilk 10 firmanın son 10 yıl içerisindeki günlük getirileri Dönüştürülmüş Genişlik (Rescaled range, R/S) analizi aracılığıyla Hurst Üstelleri elde edilerek test edilmektedir.

**Bulgular:** Yapılan analizler neticesinde elde edilen bulguların tüm firmalarda H üstellerinin  $0,5 < H < 1$  aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, BİST Tüm Endeksi'nde Fraktal yapının geçerli olup olmadığı da ayrıca test edilmiş olup elde edilen sonuçların yine  $0,5 < H < 1$  aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Bu çerçevede elde edilen bulgular BİST Tüm Endeksi'nin ve endekste analize dahil edilen firmaların devamlı trend gösteren siyah gürültü aralığında olduğunu göstermektedir.

**Sınırlılıklar:** Çalışmada veri seti BİST Tüm Endeksi'nde faaliyet gösteren firmaların 01.01.2014 ile 24.01.2024 tarihleri arasındaki kapanış fiyatlarıyla sınırlandırılmıştır.

**Özgünlük/Değer:** Hisse senedi getirisi ve işlem hacminin arasındaki ilişkinin yanı sıra işlem hacminin davranışını anlamının piyasanın tahminlenmesi ve riskin minimize edilmesi hususunda söz konusu Endeksin Fraktal yapıya bir başka ifadeyle hisse senetlerinin uzun hafızaya sahip olup olmadığının test edilmesi konusunda özgün değer taşıdığı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Etkin Piyasa Hipotezi, Fraktal Piyasa Hipotezi, Borsa İstanbul, Hurst Üsteli.

#### Abstract

**Purpose:** This study aims to test the validity of the Fractal Market Hypothesis in Borsa Istanbul.

**Design/Methodology:** In this study, the daily returns of the top 10 firms with the highest trading volumes and the top 10 firms with the lowest trading volumes in the BIST All Index for the last 10 years are tested by obtaining Hurst Exponents through Rescaled range (R/S) analysis..

**Findings:** As a result of the analyzes, it was determined that the H exponentials are in the range of  $0.5 < H < 1$  in all firms. In addition, the validity of the fractal structure in the BIST All Index was also tested and it was observed that the results obtained were also in the range of  $0.5 < H < 1$ . The findings obtained in this framework show that the BIST All Index and the firms included in the analysis are in the black noise range with a continuous trend.

**Limitations:** In the study, the data set is limited to the closing prices of the firms operating in the BIST All Index between 01.01.2014 and 24.01.2024.

**Originality/Value:** In addition to the relationship between stock return and trading volume, understanding the behavior of trading volume is thought to be of unique value in predicting the market and minimizing risk, in other words, in determining whether the index has a fractal structure, in other words, whether stocks have a long memory.

**Keywords:** Efficient Market Hypothesis, Fractal Market Hypothesis, Borsa Istanbul, Hurst Exponent

<sup>1</sup> Bu çalışma, 16-18 Mayıs 2024 tarihleri arasında Bozüyük'te düzenlenen 4. Uluslararası Bankacılık Kongresi'nde yazarlar tarafından sözlü olarak sunulan bildirinin düzenlenmiş ve genişletilmiş son halidir.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Hitit Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, fatihkonak@hitit.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6917-5082

<sup>3</sup> Dr., diler.turkoglu@samsun.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5247-1590

## 1. GİRİŞ

Yatırımcıların etkin finansal ve yatırım kararları alması noktasında hisse senedi fiyat hareketlerinin modellenmesi ve tahmin edilmesi önemli rol oynamaktadır. Fama (1970) tarafından geliştirilen Etkin Piyasa Hipotezi yatırımcıların beklentilerinin aksine menkul kıymet fiyatlarının tüm bilgileri içerdiğini ve tahmin edilemeyeceğini dolayısıyla teknik analiz de mümkün olmadığını öne sürmektedir. Bir başka ifadeyle mevcut fiyatlar tüm bilgiyi yansıtmaktadır çünkü yatırımcıların hepsi bu bilgilere eşit erişime sahiptir yani insanların rasyonel olmaları sebebiyle kolektif akıllarına göre menkul kıymete buna göre değer vereceklerdir (Rachev vd, 1999: 24). Ancak Twersky ve Kahneman (1979) tarafından öne sürülen “Beklenti Teorisi” yatırımcı beklentilerine yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Bu doğrultuda anomali ve bilişsel önyargılar kapsamında yapılan çalışmalar (Bostancı, 2003; Awad ve Daraghma, 2009; Palma ve Sartoris, 2016; Türkoğlu ve Konak, 2021) söz konusu hipotezin aksine menkul kıymet fiyatlarının tahminlenmesi konusuna yeni bir perspektif oluşturmuştur. Fraktal Piyasa Hipotezi (FPH), Etkin Piyasa Hipotezi'nin aksine yatırımcının yatırım ufku çerçevesinde bilginin değer kazanacağı ifade edilmektedir. Birbirinden farklı yatırım ufuklarının bilgiye farklı şekilde değer vermesi nedeniyle bilginin yayılması da eşit olmayacaktır. Dolayısıyla Etkin Piyasa Hipotezi'nde öne sürüldüğü üzere, fiyatlar mevcut tüm bilgileri yansıtmayabilir; ancak sadece söz konusu yatırım ufku için önem arz eden bilgileri yansıtabilmektedir (Peters, 1994: 49). Bir başka ifadeyle FPH, yatırımcıların bilgi ve yatırım ufuklarının davranışlar üzerindeki etkisini vurgulamaktadır.

Geleneksel finans teorisinde bilgi genel bir unsur olarak ele alınmaktadır. Temel olarak yatırımcı, mevcut bilgiler nedeniyle bir menkul kıymeti satın almak, satmak veya elinde tutmak isteyen kişi olarak açıklanabilmektedir. Yatırımcı aynı zamanda rasyonel fiyat alıcısı, yani her zaman getiriyi maksimize etmek isteyen ve mevcut bilgilerin nasıl değerlendirileceğini bilen biri olarak kabul edilmektedir. Bilginin ve yatırımcıların genel vakalar olduğu genel finans yaklaşımı, her türlü bilginin tüm yatırımcıları eşit şekilde etkilediğini ima etmektedir (Rachev vd, 1999: 25). Fraktal Piyasa Hipotezinin amacı, gözlemlere uyan bir yatırımcı davranışı ve piyasa fiyatı hareketleri modeli vermektir. Piyasaların, ticaret için istikrarlı, likit bir ortam sağlamak için var olduğu bilinmektedir. Likidite, işlem hacmi ile aynı olarak değerlendirilmemektedir. En büyük çöküşlerin, düşük likidite ancak yüksek ticaret hacmi olduğunda meydana geldiği söylenebilmektedir. Düşük likidite, dengesiz ticaret hacmi olarak da ifade edilmektedir. EPH likidite hakkında net bir bilgi vermemekle birlikte likidite olsun ya da olmasın fiyatların her zaman adil olduğunu veya alternatif olarak her zaman yeterli likidite olduğunu varsaymaktadır. Bu nedenle, EPH kapsamında likidite ortadan kalktığında, "adil" bir fiyat elde etmek, ticareti herhangi bir maliyetle tamamlamak kadar önemli görülmemektedir (Peters, 1994: 42). Tablo 1' de Etkin Piyasa Hipotezi ve Fraktal Piyasa Hipotezi'nin benzerlikleri ve farklılıkları özet olarak ifade edilmektedir.

**Tablo 1:** Etkin Piyasa Hipotezi ve Fraktal Piyasa Hipotezinin Benzerlikleri ve Farklılıkları

	<b>EPH</b> Fama (1965, 1970)	<b>FPH</b> Peters (1991, 1994)
Temeller ve hipotezler	Piyasa dengesi, tam rekabet, yeterli bilgi, sürekli ve ılımlı fiyat artışı	Piyasa dengesizliği, fiyat artışlarının süresiz ve şiddetli olması, likiditenin belirlediği piyasa istikrarı
Yatırımcı özellikleri	Mükemmel rasyonellik, homojen beklentiler	Sınırlı rasyonellik, heterojen beklentiler
Pazar özellikleri	Doğrusallık, normallik, bağımsızlık	Doğrusal olmama, kendine benzerlik, uzun vadeli bağımlılık, açıklık
Pazar sınıflandırması	Zayıf form etkinliği, yarı güçlü form etkinliği, güçlü form etkinliği	Mono fractal, multi fractal
Dağıtım fonksiyonları	Fiyatın Brown hareketi, Gauss dağılımı	Fiyatın kesirli Brownian hareketi, Lévy dağılımı veya pareto-Lévy dağılımı
Öngörülebilirlik	Fiyat ve riskin öngörülemezliği	Tahmin edilebilirlik (kısa vadede fiyat, uzun vadede risk)

	<b>EPH</b> Fama (1965, 1970)	<b>FPH</b> Peters (1991, 1994)
Boyut	Topoloji boyutu (tam sayı)	Fraktal boyut (kesir)
Test yöntemleri	Sıralama ve tersine çevirme testi, alıştırma testi, korelasyon testi, varyans oranı testi vb.	R/S analizi, spektrum analizi, ölçeklendirme fonksiyonu, yerel tutucu üsler vb.
Başarı	Modern Portföy Teorisi	Fraktal Portföy Teorisi
Bağlantılar	EPH, FPH'nin özel bir durumudur; FPH, EPH'nin anlamını genişletir; EPH ve FPH'nin doğası gereği Tekdüzelik vardır.	

**Kaynak:** Liu vd, 2022

Fraktal Piyasa Hipotezi'ne göre piyasa, çok sayıda yatırım ufkunu kapsayan yatırımcılardan oluştuğunda istikrarlıdır. Bu durum, işlem gerçekleştirenler için likidite bolluğuna işaret etmektedir. Bunun yanı sıra bilgi seti, uzun vadede olduğundan daha çok kısa vadede piyasa duyarlılığı ve teknik faktörlerle ilgilidir. Yatırım ufuklarının artmasıyla birlikte uzun vadeli temel bilgiler hâkim olmaktadır. Bu sebeple, fiyat değişikliklerinin meydana gelmesi sadece o yatırım ufku için önemli olan bilgileri yansıtabilmektedir. Fiyatlar, kısa vadeli teknik işlem ile uzun vadeli temel değerlemenin bir kombinasyonunu yansıtmaktadır. Bu nedenle, kısa vadeli işlemlerin uzun vadeli işlemlere nazaran daha değişken veya "gürültülü" olduğu söylenebilmektedir. Piyasadaki temel eğilim, değişen ekonomik ortama bağlı olarak beklenen kazançlardaki değişiklikleri yansıtmaktadır. Kısa vadeli eğilimler daha çok kalabalık davranış sonucu meydana gelmektedir (Peters, 1994: 49).

Fraktal Piyasa Hipotezi, fraktal piyasa analizine ekonomik ve matematiksel bir yapı vermektedir. Fraktal Piyasa Hipotezi aracılığıyla, kendine benzer istatistiksel yapıların neden var olduğunu ve riskin yatırımcılar arasında nasıl paylaşıldığı anlaşılabilir (Peters, 1994: 39). Bu doğrultuda Tablo 2'de Serilerin fraktal sınıflandırması gösterilmektedir.

**Tablo 2:** Serilerin Fraktal Sınıflandırması

<b>Davranış Biçimi</b>	<b>Renk</b>	<b>Hurst Üsteli (H)</b>
Kalıcı olmayan, ortalamadan sapan, negatif korelasyona sahip	Pembe Gürültü	$0 < H < 0,5$
Normal Dağılım(Gaussian Süreci)	Beyaz Gürültü	$H=0,5$
Brownian Hareketi, Wiener Süreci	Kahverengi Gürültü	$H=0,5$
Devamlı, trendi güçlendiren (Hurst Süreci)	Siyah Gürültü	$0,5 < H < 1$
Cauchy süreci (Cauchy dağılımı)	Cauchy Gürültü	$H=1$

**Kaynak:** Mulligan, 2004

Kahverengi gürültü veya Brownian hareketi, normal dağılmış beyaz gürültü sürecinin kümülatif toplamını ifade etmektedir. Brownian hareketindeki değişiklikler veya geri dönüşler beyaz gürültü olarak kabul edilmektedir. Fraktal istatistikler ise kahverengi ve beyaz gürültü için aynıdır çünkü kahverengi gürültünün tahmin sürecinin bir parçası olarak farklılaştırılması ve beyaz gürültünün sağlanması gerekmektedir (Mulligan, 2004: 158).

Tüm bu teorik alt yapı çerçevesinde çalışmanın amacı Borsa İstanbul Tüm Endeksi'nde faaliyet gösteren ve devamlılığı olan, işlem hacmi yüksek olan ilk 10 firma ile işlem hacmi en düşük olan ilk 10 firmanın 01/01/2014 ile 24/01/2024 tarihleri arasında günlük getirilerinden elde edilen verilerle tespit edilen Hurst Üsteli katsayıları aracılığıyla fraktal yapının varlığının araştırılmasıdır. Bu amaçla hisse senetlerinin uzun hafızaya sahip olup olmadığının tespit edilmesi hedeflenmektedir.

İçerik olarak çalışmaya bakıldığında literatür taramasına yer verildikten sonra veri seti ve metodoloji bölümü yer almaktadır. Bu bölümde analize dahil edilen firmalar hakkında bilgi verilmekle birlikte kullanılan yöntemden de bahsedilmiştir. Akabinde söz konusu yöntemden elde edilen bulgular, tablolar halinde sunulup yorumlanarak analiz ve bulgular bölümünde aktarılmıştır. Son olarak sonuç bölümünde çalışmanın genel değerlendirilmesi ve tartışması yapılmıştır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Geliştirilen tahmin modelleri düşük yatırım riskini garanti altına almak ve piyasa eğilimleri hakkında fikir sahibi olmak için çok sayıda araştırmaya ilham kaynağı olmuştur (Bratian vd, 2021: 1). Bu doğrultuda yerli ve yabancı literatürde Fraktal piyasanın geçerliliğini test eden çalışmalardan bazılarında bu bölümde değinilmektedir.

Mulligan (2004) çalışmasında Hurst üstelini, Mandelbrot-Levy üstelini ve fraktal boyutu tahmin etmek için beş kendine özgü fraktal analiz tekniğini kullanarak teknoloji hisse senedi fiyat serilerini incelemiştir. Yeniden ölçeklendirilmiş aralık analizi, güç-spektral yoğunluk analizi, pürüzlülük-uzunluk analizi, variogram veya yapı fonksiyonu yöntemi ve dalgacık analizi yöntemleri kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen bulgular Etkin Piyasa Hipotezi'nin zayıf formuyla çelişmekle birlikte piyasa katılımcılarının teknoloji firmalarının özsermayelerini verimli bir şekilde değerlendirme konusunda yetersiz olduklarını ortaya koymaktadır.

Aygören (2008) çalışmasında İMKB-100 Endeksinde faaliyet gösteren firmaların 1987-2007 tarihleri arasındaki günlük kapanış verileriyle Fraktal Piyasa Teorisinin geçerliliğini test etmişlerdir. Hurst Üsteli analiz yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada söz konusu endekste fraktal yapının mevcut olduğu tespit edilmiştir. Günay (2015) ise çalışmasında 2000-2014 yılları arasında BİST 100 Endeksi'nin getirileri ve işlem hacminin fraktal yapıda olup olmadığını araştırmışlardır. Analiz yöntemi olarak uygulanan Dönüştürülmüş Genişlik analizi, Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi ve modifiye GPH analizi sonuçlarına göre BİST 100 Endeksi'nde fraktal piyasa hipotezinin geçerli olmadığı tespit edilmiştir.

Moralı ve Uyar (2018) çalışmalarında kıymetli madenler piyasasında fraktal yapının geçerli olup olmadığını araştırdıkları çalışmalarında altın, gümüş, platin ve paladyum kıymetli madenlerinin günlük, haftalık, çeyreklik ve aylık getirileriyle elde edilen verilerle Hurst Üsteli katsayısı tahmin etmişlerdir. R/S tekniği kullanılarak yapılan analizler neticesinde serilerin fraktal yapısına ait bulgular elde edilmiştir. Benzer şekilde Hatipoğlu ve Bozkurt (2018) çalışmalarında Amerika, İngiltere, Türkiye ve Rusya finansal piyasalarının uzun hafıza özelliği gösterip göstermediğini test etmeyi amaçlamışlardır. 2003-2015 yılları arasında günlük verilerle yapılan Eğilimden Arındırılmış Dalgalanma Analizi ve Hurst Üssel Katsayısı yöntemleri uygulanmıştır. Yapılan analizler neticesinde gelişmekte olan ülkelerin piyasalarının gelişmiş ülkelerin piyasalarından daha etkin olduğu bir başka ifadeyle rassal bir yürüyüş sergilediği bulgularına ulaşılmıştır.

Bratian vd (2021) çalışmalarında finansal piyasa endeksleri için getiri dağılımlarının nasıl uygun şekilde modelleneceğini, özellikle de hangi geometrik Brownian hareketi (GBM) ve geometrik kesirli Brownian hareketi (GFBM) dinamik denklemlerinin S&P 500 ve Stoxx Europe 600 hisse senedi endekslerinin gelişimini en iyi tanımladığını göstermeyi amaçlamışlardır. Simülasyon sonuçları, analiz edilen piyasalarda fraktal yapı görüldüğünde GFBM'nin borsa endekslerini tahmin etmek için GBM'ye göre daha uygun olduğunu göstermektedir. Farklı bir bakış açısıyla Aygören ve

Uyar (2022) alışmalarında Londra Menkul Kıymetler Borsası'nda Modern Portföy Teorisinin ve Etkin Piyasa Hipotezi'nin geçerliliğini sorgulamayı amaç edinmişlerdir. Londra Menkul Kıymetler Borsası'nda işlem gören 92 firmanın getirileri ile elde edilen Hurst Üstelleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla 5000 adet portföy oluşturmuşlardır. Bunun yanı sıra sapmaların davranışlarını tespit etmek için Lyapunov üsleri analize dahil edilmiştir. Elde edilen bulgular portföy getirileri ile Hurst üsleri arasında etkin sınır ilişkisinin varlığını göstermektedir.

### 3. VERİ SETİ VE METODOLOJİ

Teknik analistler, fiyat ve hacim verilerinin gelecekteki fiyat hareketlerine ilişkin gösterge olduğunu ve bu verileri inceleyerek getirileri yönlendiren temel bilgiler hakkında bilgi elde edilebileceğini iddia etmektedirler. İşlem hacmi piyasayı tanımlamaktan ziyade piyasanın davranışını etkilemektedir (Blume, vd. 1994). Dolayısıyla, hisse senedi getirisi ile işlem hacmi arasındaki ilişkiyi anlamının yanı sıra, işlem hacminin davranışını incelemek de piyasanın geleceğini tahmin etme imkanı sunmaktadır. (Yılancı ve Bozoklu, 2014:212). Bu motivasyonla çalışmanın amacı Borsa İstanbul'da 01/01/2014 ile 24/01/2024 tarihleri arasında veri devamlılığı gösteren ve işlem hacmi yüksek olan ilk 10 firma ile işlem hacmi en düşük olan ilk 10 firmanın günlük getirilerinden elde edilen verilerle elde edilen Hurst Üsteli katsayıları aracılığıyla fraktal yapının varlığının araştırılmasıdır. Çalışmada verilerin 10 yıllık seçilmesinin sebebi uzun dönem verilerin, uzun vadeli trendleri ve döngüleri daha iyi anlamaya yardımcı olmasının yanı sıra daha fazla verinin istatistiksel modellerin güvenilirliğini artırmasıdır. Bu amaç doğrultusunda hisse senetlerinin uzun hafızaya sahip olup olmadığının tespit edilmesi hedeflenmektedir.

Bu çerçevede analize dâhil edilen firmalar, firmaların ortalama işlem hacimleri ve dahil oldukları sektörler Tablo 2'te gösterilirken ilgili veriler Datastream veri tabanından elde edilmiştir.

**Tablo 3:** Analize Dahil Edilen Firmaların İşlem Hacmi Sıralaması

Firma	İşlem Hacmi Ortalaması	Sektör
KAPLM	75243.52	İMALAR / KAĞIT VE KAĞIT ÜRÜNLERİ BASIM
SARKY	65438.35	İMALAR / ANA METAL SANAYİ
PENGD	42654.69	İMALAR / GIDA, İÇECEK VE TÛTÛN
ARSAN	40584.02	İMALAR / TEKSTİL, GİYİM EŐYASI VE DER
YUNSA	37317.75	İMALAR / TEKSTİL, GİYİM EŐYASI VE DERİ
ERBOS	35372.28	İMALAR / ANA METAL SANAYİ
GUBRF	28350.18	
FRIGO	22602.09	İMALAR / GIDA, İÇECEK VE TÛTÛN
KRDMD	20321.09	İMALAR / ANA METAL SANAYİ
İNTEM	17378.32	TOPTAN VE PERAKENDE TİCARET / TOPTAN TİCARET
AKSUE	132.39	ELEKTRİK GAZ VE SU / ELEKTRİK GAZ VE BUHAR
ESCOM	126.69	TEKNOLOJİ / BİLİŐİM
LUKSK	84.59	İMALAR / TEKSTİL, GİYİM EŐYASI VE DERİ
BRSAN	81.10	İMALAR / ANA METAL SANAYİ
CMBTN	57.74	İMALAR / TAŐ VE TOPRAĞA DAYALI
DYOBY	51.73	MALAR / KİMYA İLAÇ PETROL LASTİK VE PLASTİK ÜRÜNLER
KNFRT	48.51	İMALAR / GIDA, İÇECEK VE TÛTÛN
CEMTS	43.16	İMALAR / ANA METAL SANAYİ
MAALT	40.89	OTELLER VE LOKANTALAR / KONAKLAMA
EMKEL	30.75	İMALAR / METAL EŐYA MAKİNE ELEKTRİK Lİ CİHAZLAR VE ULAŐIM ARAÇLARI

Çalışmanın amacı kapsamında söz konusu firmaların H üstellerinin tahmin edilmesi için Dönüőtürölmüş Genişlik (Rescaled range, R/S) yöntemi ile analiz yapılmıştır.

### 3.1. Dönüştürülmüş Genişlik (Rescaled Range, R/S) Analizi

Hurst (1951) ve Mandelbrot, karmaşık bir davranış sergileyen belirli bir nesne sınıfını tanımlamak için fraktal modelini ileri sürmüşlerdir. Mandelbrot tarafından ilk kez finansal verilere uygulanan Fraktal görünüm temel bir prensipten başlamakta ve bir nesneyi farklı ölçeklerde, farklı çözünürlük dereceleriyle analiz etmek ve sonuçları karşılaştırmak, ilişkilendirmek için kullanılmaktadır. Zaman serileri için bu durum saatlikten günlük, aylık ve yıllık olmak üzere farklı "zaman ölçütlerinin" kullanılması anlamına gelmektedir. Bu, sabit bir zaman aralığı boyutuna sahip düzenli aralıklı gözlemlere odaklanan geleneksel zaman serisi analizinden çok farklı bir analiz yöntemi olarak bilinmektedir (Müller vd, 1993: 1). Hurst Üsteli serilerin uzun hafızalarını analiz etmek için istatistiksel bir yöntem olan yeniden ölçeklendirilmiş aralık analizi olarak geliştirilmiştir. Dönüştürülmüş genişlik analizi, fraktal veri modellemenin merkezi aracı olarak ifade edilmektedir. Bahsi geçen analizde maksimum ve minimum kümülatif değerler arasındaki fark ve gözlemlenen değerlerden standart sapma olmak üzere iki faktör kullanılmaktadır (Kale ve Butar, 2005 :10).

Piyasaların rasgele yürüyüş sergilediğini ve normal dağılımla en iyi şekilde tanımlandığını öne süren Gauss Hipotezi, bir dizi bağımsız, aynı şekilde dağıtılmış rastgele değişkenlerin sınırlayıcı dağılımının normal dağılım olduğunu göstermektedir. Ancak standart Gauss istatistikleri çok kısıtlayıcı varsayımlar altında en iyi şekilde çalışmaktadır. Bunun yanı sıra normal dağılımda süreçlerin rastgele olduğu ve dolayısıyla normal dağılımla limitte tanımlandığı varsayımı altında çok sayıda pratik uygulama ortaya konuştur (Peters, 1994: 197). Buna ek olarak Gauss dışı davranışın dikkate alınmasının ilgili olduğu durumlarda fraktal geometri, finansal modelleme analizinde yardımcı olabilmektedir. Bu durum Fraktal Piyasa Hipotezinin temelini oluşturmaktadır ve en çok fiyat hareketlerinin 'ılımlı' veya 'laminer' varsayımları tam olarak takip etmediği ve uzun vadeli bağımlılığın veya piyasa 'hafızasının' olduğu belirtilen durumlarda geçerli olmaktadır (Blackledge ve Lamphere, 2021: 41). Çalışmada uygulanan R/S analizi parametrik olmayan bir yöntem olması, normal dağılıma ihtiyaç duyulmadığı anlamını taşımaktadır.

Zaman serilerinde gözlenen varyansta durağan olmama problemini çözmek için logaritmik dönüşüm formülü kullanılmıştır:

$$R_t = \ln(P_t - P_{t-1}) * 100 \quad (1)$$

$R_t$  = hisse senedinin t dönemine ait getirinin logaritması

$P_t$  = hisse senedinin t dönemindeki fiyatı

$P_{t-1}$  = hisse senedinin t-1 dönemindeki fiyatı

Geleneksel zaman serisi analizinde, tüm sistemlerin rastgele yürüyüşte olduğu varsayılmaktadır. Sermaye piyasalarında çoğu serinin uzun hafıza etkileri yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Uzun hafıza, trendlerin ortaya çıkmasına neden olmakta ve sadece uzun hafıza etkisinin ve piyasanın önyargısındaki değişimin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmektedir. R/S analizi yoluyla, bu uzun bellek etkisinin var olup olmadığı ve gürültü sürecinin olup olmadığı değerlendirilmiştir. (Peters, 1994: 274).

R/S analizi bir zaman serisinin ortalamasından sapmalarının kısmi toplamlarının aralığını standart sapmasına göre yeniden ölçeklendirmektedir. Sürekli bileşik getiriler  $\{r_1, r_2, \dots, r_t\}$  dizisi olması durumunda  $\tau$  tahmin döneminin uzunluğunu,  $\bar{r}_\tau$  örnek ortalamasını ifade etmektedir. R/S istatistiği şu şekilde gösterilmektedir (Bariviera, 2011: 4):82

$$(R/S)_\tau \equiv \frac{1}{S_t} \left[ \max_{1 \leq t \leq \tau} \sum_{t=1}^t (r_t - \bar{r}_\tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} \sum_{t=1}^t (r_t - \bar{r}_\tau) \right] \quad (2)$$

$$S_t \equiv \left[ \frac{1}{t} \sum_{t=1}^t (r_t - \bar{r}_\tau) \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$(R/S)_\tau = (\tau/2)^H \quad (4)$$

Bu yöntem Hurst üstelinin sayısal değerini elde etmek için geliştirilen çeşitli metodolojiler arasında en yaygın olanıdır. Temel istatistik için bir dağılım teorisinin olmayışı ve açık kısa vadeli bağımlılık yapılarının varlığına olan hassasiyeti, standart R/S analizini daha uygulanabilir kılmaktadır (Bratian vd: 4).

#### 4. ANALİZ VE BULGULAR

Çalışmada Borsa İstanbul'da faaliyet gösteren firmalardan 01/01/2014 ile 24/01/2024 tarihleri arasında işlem hacimleri en yüksek 10 firma (Sırasıyla Kaplamin, Sarkuysan, Penguen, Arsan, Yunsa, Erbosan, Intem, Gübre Fabrikaları, Frigo, Kardemir 'D') ile en düşük 10 firmanın (Sırasıyla Emek Elektrik, Marmaris Altinyunus, Cemtaş, Konfrut, Dyo, Çimbeton, Borusan, Lüks Kadife, Escort, Aksu Enerji) günlük getirilerinden elde edilen verilerde Fraktal Piyasa Hipotezinin varlığının test edilmesi amaçlanmıştır. Söz konusu firmalara ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 4 ve Tablo 5'te gösterilmiştir.

**Tablo 4:** İşlem Hacmi En Yüksek İlk 10 Firmaya Ait Tanımlayıcı İstatistikler

	Kaplamin	Sarkuysan	Penguen	Arsan	Yünsa	Erbosan	Gübre	Frigo	Kardemir	İntema
Ortalama	0.0021	0.0018	0.0015	0.0016	0.0019	0.0018	0.0019	0.0026	0.0016	0.0023
Standart Sapma	0.0392	0.0240	0.0325	0.0291	0.0323	0.0290	0.0290	0.0404	0.0281	0.0374
Basıklık	4.4582	4.8816	4.5936	6.9150	6.1129	3.5179	3.7534	4.2748	1.7909	4.9649
Çarpıklık	0.7184	0.7904	0.5529	0.0662	0.9286	0.6680	0.4429	0.7819	0.2881	1.2114
Max.	-0.2000	-0.1052	-0.1997	-0.1897	-0.1982	-0.1153	-0.1033	-0.2001	-0.1225	-0.1429
Min.	0.2192	0.1486	0.2018	0.2000	0.2000	0.1994	0.1807	0.2001	0.1363	0.2000
Gözlem	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625

**Tablo 5:** İşlem Hacmi En Düşük İlk 10 Firmaya Ait Tanımlayıcı İstatistikler

	Emek	Marmaris	Cemtaş	Konfurt	Dyo	Çimbeton	Borusan	Lüks Kadife	Escort	Aksu
Ortalama	0.0007	0.0017	0.00223	0.00225	0.00209	0.0016	0.00199	0.00184	0.00225	0.00218
Standart Sapma	0.03294	0.03963	0.03405	0.03010	0.03277	0.0329	0.03078	0.02654	0.033401	0.03392
Basıklık	325.803	155.064	3.54653	4.39867	4.100863	6.0854	4.33605	3.18000	4.499689	2.7202
Çarpıklık	-10.1591	-5.49486	0.80458	0.61597	0.82677	0.5145	0.48586	0.30741	1.016023	0.56706
Max.	-0.99841	-0.99574	-0.16623	-0.16718	-0.1251	-0.1990	-0.17607	-0.12029	-0.13025	-0.14684
Min.	0.21574	0.19872	0.20000	0.19963	0.21045	0.1993	0.21040	0.1956	0.199999	0.1952
Gözlem	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625	2625

Gözlem sayısının 2625 olduğu veri setinin incelendiği Tablo 4 ve 5'te veri setine dahil edilen firmalar için ortalama, medyan, maksimum, minimum, standart sapma değerleri ile analize dahil edilen serilerin arpıklık ve basıklık dereceleri tanımlayıcı istatistik verileri ile tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra Borsa İstanbul Tüm Endeksi'nin günlük getiri de alınarak Endeks kapsamında Fraktal yapı da analiz edilmiştir. Çalışmada analize dahil edilen firmaların dnştrlmş getirilerinin kümülatif toplamı ile standart sapmalarının oranlanması aracılığı ile bulunan R/S değerlerinin ortalamalarının logaritması ve gözlem sayılarından oluşturulan verilerin logaritması alınarak elde edilen Hurst stelleri Tablo 6'da gösterilmektedir.

**Tablo 6:** Analiz Sonucunda Tahmin Edilen Hurst stel Sayısı

Firma	H stelleri	P-Değerleri
BİST TÜM	0,57	0.008851074***
KNFRT	0.52	0.113791858

Firma	H üstelleri	P-Değerleri
AKSUE	0.53	0.181242265
ARSAN	0.54	0.119887904
SARKY	0.54	0.039446602**
EMEKEL	0.55	0.045874278**
MAALT	0.55	0.001591353***
PENGD	0.56	0.004512678***
CEMTS	0.56	0.006427031***
FRIGO	0.56	0.004716977***
ERBOS	0.57	0.000280491***
CMBTN	0.57	0.010396524**
DYOBY	0.57	0.001531156***
LUKSK	0.57	0.000401444***
İNTEM	0.57	0.001598794***
KAPLM	0.58	0.0001***
YUNSA	0.58	0.00204923***
KRDMD	0.59	0.002283149***
BRSAN	0.59	0.000189437***
GUBRF	0.63	0.0000001***
ESCOM	0.64	0.00046369***

\*\*\*, \*\*, \* sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılıkları ifade etmektedir.  $0 < p < 0.01$  ise %1 düzeyinde anlamlı etki,  $0.01 < p < 0.05$  ise %5 düzeyinde anlamlı etki,  $0.05 < p < 0.1$  ise %10 düzeyinde anlamlı etki olduğunu ifade etmektedir.

Borsa fiyat değişiklikleri gibi uzun vadeli döngüsel kara gürültü ortaya çıkmaktadır. Hurst süreci, siyah gürültünün ortaya çıkmasının olası bir açıklaması olarak tanımlanmaktadır. Siyah gürültü aynı zamanda yukarı ve aşağı ani süresiz hareketlere işaret etmektedir. Bu süresiz hareketler, siyah gürültü süreçlerinin frekans dağılımının ortalama yüksek zirvelere ve kalın kuyruklara sahip olmasına neden olmaktadır. Bir başka ifadeyle eğer sistem bir önceki dönemde artış gösterdiyse, bir sonraki dönemde de artmaya devam etmesi muhtemeldir. Kalıcı zaman serilerinin uzun bir "belleği" bulunmakla birlikte güncel olaylarla gelecekteki olaylar arasında uzun vadeli bir ilişkinin varlığı iddia edilebilmektedir (Peters, 1994: 310).

Bu perspektifte Hurst üstellerinin yanı sıra yapılan analiz neticesinde bulgularan olasılık (P) değerleri Tablo 6'da gösterilmektedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre BİST Tüm Endeksi ve işlem hacmi en yüksek 10 firma ile en düşük 10 firma arasından Konfurt gıda, Aksu ve Arsan tekstil'e ait olasılık değerleri anlamsız çıkmıştır. Dolayısıyla bu firmaların H üstelleri siyah gürültü aralığında olmasına rağmen uzun hafızaya sahip olduğu söylenememektedir. Aksine diğer 17 firmanın ve kendi özelinde BİST Tüm Endeksi'nin olasılık değerleri anlamlı bulunmakla birlikte, Hurst üsteli değerlerinin  $0.5 < H < 1$  aralığında olan siyah gürültü olarak adlandırılan devamlı ve trendi güçlendiren bir süreçte olduğu tespit edilmiştir. Diğer tüm değişkenlerin sabit olduğu varsayımı altında elde edilen bulgularla BİST Tüm Endeksi'nin tesadüfi bir davranış sergilemediğini ortaya koymakla birlikte, uzun hafızalı fraktal bir yapıya sahip olduğu söylenebilmektedir.

## 5. SONUÇ

Menkul kıymet piyasasının rassal bir yürüyüş gösterdiği ve dolayısıyla getirilerinin tahmin edilmesinin başka bir ifadeyle anormal getiri elde edilmesinin mümkün olmadığı yönünde bir tez ortaya koyan Fama (1970) Etkin Piyasa Hipotezi ile beklenen faydaya vurgu yapmaktadır. Beklenen fayda teorisinin asine Twersky ve Kahneman (1979) tarafından ileri sürülen beklenti teorisi ile yapılan ampirik çalışmalar anomalileri destekler niteliktedir. Bu kapsamda Etkin Piyasa Teorisinin karşıt tezi olarak kabul edilen Fraktal Piyasa Teorisi yatırımcının irrasyonel olduğu kabulüyle elde edilen bilgilerin yatırımcıların davranışları üzerinde etkisi olduğunu iddia etmektedir. Dolayısıyla riski minimize etmek amacıyla piyasanın uzun hafızaya başka bir ifadeyle Fraktal bir yapıya sahip olup



olmadığının tespit edilmesi piyasa katılımcıları açısından önem arz etmektedir. Bu kapsamda çalışmanın amacı 01.01.2014 ile 24.01.2024 tarihleri arasında BİST Tüm Endeksi'nde Fraktal yapının geçerliliğinin test edilmesidir. Bu amaçla BİST Tüm Endeksi'nde faaliyet gösteren firmalardan işlem hacmi en yüksek 10 firma ile en düşük 10 firmanın günlük getirilerinden elde edilen verilerle uzun piyasa hafızasının test edilmesinde kullanılan Dnştrlmş Genişlik (Rescaled Range, R/S) Analizi uygulanmıştır. Analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre analize dahil edilen 20 firmadan 3 firma dışında anlamlılık değeri kapsamında Hurst üsteli değeri 0.5<H<1 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu bulgular bu 17 firmanın devamlı ve trendi güçlendiren siyah gürültü sürecinde olduğu yönündedir. Dolayısıyla söz konusu firmaların uzun hafızalı bir yapıya sahip olduğu söylenilmektedir. Bu bulguların yanı sıra BİST Tüm Endeksi zelinde Fraktal yapının varlığına dolayısıyla uzun hafızanın varlığına rastlanmıştır. Başka bir ifadeyle piyasanın rassal yürüyüş sergilemediği söylenilmektedir.

Bu doğrultuda çalışmadan elde edilen bulgular Aygören (2008); Moralı ve Uyar (2018) alışmaları ile uyumluluk göstermekle birlikte Günay (2015) alışmasıyla çelişmektedir. Çalışmanın Fraktal yapıların piyasa dinamikleri üzerindeki etkilerini ortaya koyarak, yatırımcıların ve analistlerin karar alma süreçlerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Sonraki çalışmalarda menkul kıymet piyasasında fraktal yapının test edilmesinin yanı sıra emtia piyasasında ya da kripto para piyasasında uzun hafızanın benzer veya ilave yöntemlerle ampirik olarak ölçülmesinin ve değeriendirilmesinin literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Etik Beyan:** Bu alışmada "Etik Kurul" izini alınmasını gerektiren bir yöntem kullanılmamıştır.

**Yazar Katkı Beyanı:** 1. Yazarın katkı oranı %50, 2. Yazarın katkı oranı ise %50'dir.

**ıkar Beyanı:** Yazarlar arasında ıkar atışması yoktur.

**Ethics Statement:** In this study, no method requiring the permission of the "Ethics Committee" was used.

**Author Contributions Statement:** 1st author's contribution rate is 50%, 2nd author's contribution rate is 50%.

**Conflict of Interest:** There is no conflict of interest among the authors.

## KAYNAKA

- Awad, I., & Daraghma, Z. (2009). Testing the weak-form efficiency of the Palestinian securities market. <https://dspace.alquds.edu/handle/20.500.12213/895>.
- Aygören, H. (2008). Istanbul menkul kıymetler borsasının fractal analizi. *Dokuz Eyll Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(1), 125-134. <https://dergipark.org.tr/en/pub/deuibfd/issue/22743/242747>
- Aygören, H., & Uyar, U. Portfolio selection and fractal market hypothesis: Evidence from the London stock exchange Portföy seğimi ve fraktal piyasalar: Londra borsasından kanıtlar. doi: 10.5505/pajes.2022.57267
- Bariviera, A. F. (2011). The influence of liquidity on informational efficiency: The case of the Thai Stock Market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(23-24), 4426-4432. <https://doi:10.1016/j.physa.2011.07.032>
- Blackledge, J., & Lamphiere, M. (2021). A review of the fractal market hypothesis for trading and market price prediction. *Mathematics*, 10(1), <https://doi.org/10.3390/math10010117>
- Blume, L., Easley, D., & O'hara, M. (1994). Market statistics and technical analysis: The role of volume. *The journal of finance*, 49(1), 153-181. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1994.tb04424.x>
- Bostancı, F. (2003). *Davranışçı Finans*. İstanbul: Sermaye Piyasası Kurulu Denetleme Dairesi. <https://spk.gov.tr/data/61e48fc71b41c60d1404d68a/82c580bf7800e8553eee6a11143a1cf2.pdf>

- Brătian, V., Acu, A. M., Oprean-Stan, C., Dinga, E., & Ionescu, G. M. (2021). Efficient or Fractal market hypothesis? A stock indexes modelling using geometric brownian motion and geometric fractional brownian motion. *Mathematics*, 9(22), 2983. <https://doi.org/10.3390/math9222983>
- Fama, E. F. (1970). Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383-417. <http://gesd.free.fr/fama1970.pdf>
- Günay, S. (2015). BİST100 Endeksi fiyat ve işlem hacminin fraktallık analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 16(1), 35-50. <https://dergipark.org.tr/en/pub/doujournal/issue/66672/1043086>
- Hurst, H. E (1951). *Long-term storage capacity of reservoirs*. Trans. Amer. Soc. Civ. Engrs, Vol. 116. <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/TACEAT.0006518>
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291. [https://doi.org/10.1142/9789814417358\\_0006](https://doi.org/10.1142/9789814417358_0006)
- Kale, M. D., & Butar, F. B. (2005). Fractal analysis of time series and distribution properties of Hurst exponent (Doctoral dissertation, Sam Houston State University). <http://w.msme.us/2011-1-2.pdf>.
- Liu, G., Yu, C. P., Shiu, S. N., & Shih, I. T. (2022). The Efficient Market Hypothesis and the Fractal Market Hypothesis: interfluves, fusions, and evolutions. *Sage Open*, 12(1), <https://doi.org/10.1177/21582440221082137>.
- Moralı, T., & Umut, U. (2018). Kıymetli metallere piyasasının fraktal analizi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 2203-2218. <https://doi.org/10.17218/hititsosbil.441151>.
- Mulligan, R. F. (2004). Fractal analysis of highly volatile markets: an application to technology equities. *The quarterly review of economics and finance*, 44(1), 155-179. [https://doi.org/10.1016/S1062-9769\(03\)00028-0](https://doi.org/10.1016/S1062-9769(03)00028-0).
- Müller, U., Dacorogna, M., Dav, R., Pictet, O., Olsen, R., & Ward, J. (1993). Fractals and Intrinsic Time qA Challenge to Econometricians. 4.International AEA Conference on Real Time Econometrics, 14 15October 1993. <http://finance.martinsewell.com/stylized-facts/scaling/Muller-et al1993.pdf>
- Palma, A., & Sartoris, A. (2016). Weak-Form Market Efficiency of the Brazilian Exchange Rate: Evidence from an Artificial Neural Network Model. *Latin American Business Review*, 17(2), 163-176. <https://doi.org/10.1080/10978526.2016.1171720>
- Peters, E. E. (1994). *Fractal market analysis: applying chaos theory to investment and economics* (Vol. 24). John Wiley & Sons. [https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=\\_bkoySKyc\\_cC&oi=fnd&pg=PA39&dq=Fractal+market+analysis:+applying+chaos+theory+to+investment+and+economics+&ots=sQvfttY4DH&sig=stIIuXPbzJTfBSdfcR0nI3caRM&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Fractal%20market%20analysis%3A%20applying%20chaos%20theory%20to%20investment%20and%20economics&f=false](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=_bkoySKyc_cC&oi=fnd&pg=PA39&dq=Fractal+market+analysis:+applying+chaos+theory+to+investment+and+economics+&ots=sQvfttY4DH&sig=stIIuXPbzJTfBSdfcR0nI3caRM&redir_esc=y#v=onepage&q=Fractal%20market%20analysis%3A%20applying%20chaos%20theory%20to%20investment%20and%20economics&f=false).
- Rachev, S. T., Weron, A., & Weron, R. (1999). CED model for asset returns and fractal market hypothesis. *Mathematical and computer modelling*, 29(10-12), 23-36. [https://doi.org/10.1016/S0895-7177\(99\)00090-4](https://doi.org/10.1016/S0895-7177(99)00090-4)
- Türkoğlu, D., & Konak, F. (2021). Pazartesi anomalisine farklı bir bakış: ABD ve Avrupa Borsaları üzerine bir uygulama. *Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 1-20. <https://doi.org/10.47140/kusbder.865306>

Yilanci, V., & Bozoklu, Ő. (2014). Türk sermaye piyasasında fiyat ve işlem hacmi ilişkisi: Zamanla Değişen Asimetrik Nedensellik Analizi. *Ege Academic Review*, 14(2). <https://eds.p.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=41cd3c29-17ef-44c9-a57a-7dbd4d491237%40redis>