

## RİSKE MARUZ DEĞER ANALİZİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA: TÜRKİYE'DEN BULGULAR

Onur BAYRAM<sup>1</sup>

Zakayo Samson KISAVA<sup>2</sup>

### ÖZET

Belirli bir zaman diliminde bir portföyün değerinde meydana gelebilecek en büyük kaybın belirlenmesi işletmeler ve yatırımcılar açısından büyük bir öneme sahiptir. Finansal piyasalardaki hızlı büyüme ve küreselleşme olgularıyla beraber risk yönetimi ciddi bir konu haline gelmiştir. Son yıllarda geliştirilen risk ölçüm yöntemlerinin en önemlilerinden birisi Riske Maruz Değer (RMD) yöntemidir. Bu çalışmada, BIST 30 endeksi içerisinde yer alan 5 şirketin hisse senetlerinden oluşan 100,000 TL tutarındaki varsayımsal bir portföy 2015, 2016 ve 2017 yılları için sabit varyans esasına dayanan RMD tekniklerinden Parametrik, Tarihsel Simülasyon ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemleri ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en küçük RMD tutarı, geçmiş koşulların gelecekte de geçerli olacağına dayanan ve serilerin istatistiksel dağılımları ile ilgili herhangi bir varsayımda bulunmayan Tarihsel Simülasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Geriye dönük test kapsamında uygulanan Z Testi, her üç yıl için de Parametrik yöntemin uygun olduğunu işaret ederken, sapma zamanları arasındaki bağımlılığı dikkate alan Karma Kupiec Testi yöntemin yalnızca 2017 yılı için uygun olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Riske Maruz Değer, Simülasyon, Geriye Dönük Test

## AN APPLICATION ON VALUE AT RISK ANALYSIS: EVIDENCE FROM TURKEY

### ABSTRACT

Determining the maximum loss that occurs in the value of a portfolio in a given period of time has a great importance in terms of firms and investors. Risk management has become a serious issue with the rapid growth in financial markets and globalization phenomena. One of the most important risk measurement methods developed in recent years is the Value at Risk (VaR) method. In this study, a hypothetical portfolio amounting to 100,000 TL consisting of the shares of 5 companies in the BIST 30 index was analyzed by Parametric, Historical Simulation and Monte Carlo Simulation methods from VaR techniques based on constant variance for 2015, 2016 and 2017 years. According to the results, the smallest amount of VaR is obtained by the Historical Simulation method which does not have any assumptions about the statistical distributions of the series and based on past conditions to be valid in the future. Z Test which is used for backtesting indicates that the parametric method has been appropriate for all three years, while the Mixed Kupiec Test, which takes into account the dependence between the deviation times, reveals that the method is not suitable only for 2017.

**Keywords:** Value at Risk, Simulation, Backtesting

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat A.B.D., bayram.onur@ogr.deu.edu.tr

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat A.B.D., zakayo.kisava@ogr.deu.edu.tr

## GİRİŞ

Artan küreselleşme eğilimleri ile birlikte finansal piyasaların hacmi büyümüş ve birbirleriyle olan etkileşimi artmıştır. Bu durum, bir ülkede meydana gelen gelişmenin diğer ülkeleri de kısa süre içerisinde etkileyebilmesine olanak vermektedir. Finansal piyasalar arasındaki bu etkileşim, etkin bir risk yönetimini ve risk ölçümünü gerekli kılmaktadır. Riskin ölçülmesine yönelik en sık kullanılan yöntemlerden biri ise RMD (Riske Maruz Değer) yöntemidir. RMD analizi, normal piyasa koşulları altında belirli bir zaman diliminde ve belirli bir güven düzeyinde bir portföyde meydana gelebilecek en yüksek zararın ölçülmesine dayanan bir yöntemdir. Karşılaşılan riski tek bir değer olarak sunması gibi açık ve anlaşılır özelliklere sahip olan RMD yöntemi günden güne yaygınlık kazanmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde RMD yönteminin sonuçlarını ve performansını analiz eden uluslararası ve ulusal literatür incelenmiştir. İkinci bölümde, sabit varyans esasına dayanan RMD tekniklerinden Parametrik, Tarihsel Simülasyon ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemleri ele alınmıştır. Çalışmanın bir sonraki bölümünde geriye dönük test yöntemlerinden olan Z, Kupiec HO, Kupiec İSKZ ve Karma Kupiec Testleri incelenmiştir. Dördüncü bölümde çalışmada kullanılan veri setine ilişkin tanımlayıcı istatistikler ele alınmıştır. Araştırmanın beşinci ve son bölümünde ise ulaşılan ampirik bulgular ortaya konularak değerlendirilmiştir.

## 1. LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışmanın bu bölümünde RMD teknikleriyle ilgili uluslararası ve ulusal çalışmalar özetlenecektir.

RMD yöntemlerinin sonuçlarını ve performanslarını analiz eden çok sayıda uluslararası çalışma bulunmaktadır. Örneğin; Jackson, Maude ve Perraudin (1997) 1987-1995 dönemi için çeşitli ülke borsalarında işlem gören hisse senetlerinin günlük getiri serilerini kullanarak Parametrik ve Parametrik Olmayan RMD yöntemlerinin performanslarını karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular simülasyona dayalı RMD yöntemlerinin Parametrik RMD yöntemine göre daha tutarlı sonuçlara sahip olduğunu ifade etmektedir. Sonuçlar ayrıca kısa süreli veri ile elde edilen RMD tutarlarının uzun süreli veri ile elde edilen RMD tutarlarına göre daha iyi performans sergilediğini ortaya koymaktadır.

Vlaar (2000) 1980-1997 dönemini kapsayan çalışmasında 8 farklı vadedeki sabit faizli Hollanda hükümet bonolarından oluşan 25 varsayımsal portföyün günlük getiri serileri ile RMD tekniklerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, başarılı sonuçların elde edilebilmesi için Tarihsel Simülasyon yönteminin tatmin edici bir uzunluğa, Monte Carlo yönteminin ise çok sayıda veriye sahip olması gerektiği ifade edilmiştir. Çalışmada ayrıca Parametrik ve Monte Carlo tekniklerinin birlikte uygulandığı yöntemin normal dağılıma ve değişen varyansa sahip modeller için daha iyi performans gösterdiği vurgulanmıştır.

Mentel (2013) çalışmasında 2010-2012 döneminde Polonya WIG 20 içerisinde yer alan şirketlerin günlük hisse senedi getiri serileri ile RMD yöntemlerini karşılaştırmıştır. Ulaşılan sonuçlar Monte Carlo Simülasyon yönteminin Tarihsel Simülasyon yönteminden daha tutarlı göstergelere sahip olduğunu ve aşırı gözlemler karşısında daha dirençli olduğunu ortaya koymaktadır.

Oppong, Asamoah ve Oppong (2016) 2007-2014 yılları için Gana Borsasındaki 10 şirketin günlük hisse senedi getirilerini RMD yöntemleriyle incelemiştir. Çalışmadan elde

edilen bulgular Monte Carlo Simülasyon yönteminin Tarihsel Simülasyon yöntemine göre daha iyi performans sergilediğini göstermektedir.

RMD yöntemleri ile elde edilen sonuçların karşılaştırılmasına dayanan ulusal çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin Gürsakal (2007) çalışmasında 2000-2006 dönemi için BIST 30 endeksi günlük getiri serileri yardımıyla RMD tekniklerini ele almıştır. Araştırma kapsamında elde edilen bulgular Parametrik RMD tutarlarının Tarihsel Simülasyon RMD tutarlarından daha düşük olduğunu göstermektedir. Çalışmada ayrıca BIST 30 endeksi getiri serilerinin normal dağılmadığı ve normal dağılımı varsayan Parametrik yönteminin gerçek RMD'leri olduğundan küçük tahmin ettiği vurgulanmıştır. Elde edilen bir diğer önemli bulgu ise elde tutma süresi arttıkça Tarihsel Simülasyon yöntemi ile elde edilen risk tutarının azalmasıdır. Yazar bu durumu portföyün fiyat değişikliklerine karşı duyarlı olması ile açıklamaktadır.

Ural ve Adakale (2009) 1998-2008 yılları arasındaki BIST 30 endeksi günlük getiri serilerini kullanarak RMD yaklaşımlarını normal ve kriz dönemleri açısından karşılaştırmıştır. Elde edilen bulgular normal dönemde Parametrik ve Tarihsel Simülasyon yöntemi ile hesaplanan RMD tutarlarının birbirine yakın olduğunu fakat kriz dönemlerinde Tarihsel Simülasyon RMD tutarının daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Ulaşılan bu sonuç Tarihsel Simülasyon yaklaşımının, kriz dönemlerinde artan asimetri ve şişman kuyruk yapısına daha duyarlı olması ile açıklanmıştır.

Avşarlıgil, Demir ve Doğru (2015) BIST'te işlem gören 4 Spor Kulübün günlük getiri serilerini kullanarak 2005-2013 dönemi için RMD yaklaşımlarını incelemiştir. Araştırma sonucunda eşit ağırlıklarla oluşturulmuş bir portföy için %5 güven düzeyinde Tarihsel Simülasyon RMD tutarının, %1 güven düzeyinde ise Parametrik RMD tutarının daha az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. RMD yöntemlerinin geriye dönük test sonuçları incelendiğinde ise Parametrik modelin daha başarılı olduğu ve yatırımcı açısından daha tutarlı sonuçlar verdiği ifade edilmiştir.

Demireli ve Taner (2009) çalışmalarında 2008-2009 yılları için Euro, Altın ve ABD Dolarından eşit ağırlıklarla oluşturulmuş bir portföyün günlük getiri serilerini incelemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Monte Carlo Simülasyon yönteminin Türkiye piyasalarında en geçerli yöntem olduğunu göstermektedir. Çalışmada ayrıca Parametrik yöntemin normal dağılım varsayımı nedeniyle tutarlı sonuçlar vermediği ve bu varsayımın RMD yöntemlerinin etkinliğini etkilediği belirtilmiştir.

Yıldırım ve Çolakyan (2014) 2008-2012 dönemi için BIST 30, BIST 100 ve Döviz Piyasasına ait günlük getiri serilerini kullanarak RMD yöntemlerini karşılaştırmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular Monte Carlo Simülasyon ve Parametrik RMD teknikleriyle hesaplanan tutarın Tarihsel Simülasyon yaklaşımı ile hesaplanan tutardan daha az olduğunu göstermektedir. Geriye dönük test sonuçlarından elde edilen sonuçlar Riskmetrics tarafından da önerilen EWMA ile hesaplanan RMD'nin Parametrik RMD'ye göre daha güvenilir olduğunu ortaya koymaktadır.

## 2. RİSKE MARUZ DEĞER YÖNTEMİ

Gelişen finansal piyasaların risklerini ölçmede geleneksel risk analizlerinin yetersiz kalmaları, 1990'lı yıllarda daha etkin ve tutarlı sonuçlar elde edilmesini sağlayan RMD yönteminin ortaya çıkmasına yol açmıştır. "RMD yöntemi, normal piyasa koşullarında belirli bir zaman diliminde ve belirli bir güven düzeyinde ortaya çıkabilecek en yüksek zarar miktarını ölçmektedir" (Jorion, 2010: 10). RMD analizi ilk olarak 1994 yılında J.P. Morgan tarafından geliştirilen RiskMetrics analiz programı kapsamında ileri sürülmüştür. Takip eden aylarda ilgili analiz programı ve gerekli veri seti ücretsiz kullanıma

sunulmuştur. Yöntem BIS (Uluslararası Ödemeler Bankası) ve BDDK (Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu) tarafından risk ölçümünde tavsiye edilen ve yaygın kullanıma sahip bir uygulama haline gelmiştir. Türkiye’de 2006 yılında BDDK tarafından yayınlanan bir tebliğ ile RMD yönteminin piyasa riskinin hesaplanmasına kullanılabileceği belirtilmiştir.

Yöntemin yaygınlık kazanmasıyla birlikte zaman içerisinde farklı RMD teknikleri geliştirilmiştir. “Her yöntemin farklı giriş parametrelerine ihtiyaç duyması, farklı varsayımlara dayanması ve farklı hesaplama yoğunluğu gerektirmesi, duruma göre farklı yöntemlerin tercih edilmesine yol açmaktadır” (Korkmaz ve Bostancı, 2011: 2). Farklı yöntemlerle elde edilen RMD tutarları önemli derecede farklılık gösterebilmektedir. Portföyün RMD tutarının sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için varlık kompozisyonuna uygun bir yöntem tercih edilmelidir. RMD hesaplamalarında genel olarak 3 yaklaşım benimsenmektedir. Sabit varyans esasına dayalı bu yaklaşımlar Parametrik yöntem, Tarihsel Simülasyon yöntemi ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemidir. Bu yöntemlerde, ele alınan finansal varlıklara ilişkin varyansın analiz dönemi içerisinde değişmediği varsayılmaktadır. Aşağıdaki alt bölümlerde bu yaklaşımlar sırasıyla ele alınacaktır.

### 2.1. Parametrik Yöntem

Varyans-Kovaryans ya da Delta-Normal yaklaşımı olarak da bilinen bu yaklaşım portföyün değerini etkileyen parametrelerin belirlenmesine ve belirli bir olasılık düzeyinde fiyat değişimleri yoluyla ortaya çıkabilecek en yüksek değer kaybının hesaplanmasına dayanmaktadır. Yöntemin dayanmış olduğu en önemli varsayım varlık getirilerinin normal dağılıma sahip olduğu şeklindedir. “Yöntem, özellikle doğrusal getiri fonksiyonuna sahip finansal enstrümanlar için kullanılan ve uygulanması oldukça kolay olan parametrik bir yaklaşımdır. Yöntemde kullanılan parametreler ise dağılımın ortalama ve standart sapması ile seçilen güven aralığına isabet eden değerdir” (Akan, Oktay ve Tüzün, 2003: 31).

Parametrik RMD yönteminin genel bir gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$RMD = PV \times \alpha \times \sigma_p \times \sqrt{t} \quad (1)$$

Burada  $PV$ : portföyün bugünkü değerini;  $\alpha$ : güven düzeyini;  $\sigma_p$ : portföyün standart sapmasını ve  $t$ : elde tutma süresini göstermektedir. Oynaklığın bir göstergesi olan portföyün standart sapması ise aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=0}^n (w_i^2 \sigma_i^2) + 2 \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_{ij} w_i \sigma_i w_j \sigma_j \right)} \quad (2)$$

Burada  $w_i$ : i. varlığın portföydeki ağırlığını;  $w_j$ : j. varlığın portföydeki ağırlığını;  $\sigma_i$ : i. varlığın standart sapmasını;  $\sigma_j$ : j. varlığın standart sapmasını;  $\rho_{ij}$ : i. ve j. varlıklar arasındaki korelasyon katsayısını ve  $n$ ; portföy içindeki varlık sayısını göstermektedir.

Parametrik RMD yöntemi, bir portföyün belirli bir zaman diliminde belirlenmiş bir değer altına düşme olasılığını ölçtüğünden, muhtemel değerlerin olasılık dağılımı türetilmediğinde hesaplanması oldukça kolaydır. Bu basitlik modelin en temel avantajıdır. Fakat olasılık dağılımının türetilmesiyle ilgili zorluklar modelin basitliğinden elde edilen kazanımları sınırlandırmaktadır. Doğal olarak bu yöntemin temel zayıflığı dayandığı temel varsayımlardır ve eğer bu varsayımlar sağlanmıyorsa yöntem ciddi yanlışlıklara yol açmaktadır. Örneğin veri şişman kuyruk özelliği sergiliyorsa normal dağılım tercih

edilmemelidir. “Olasılıklar ortalamadan ciddi biçimde uzaklaşmaktayken merkezi limit teoremine başvurmanın herhangi bir yararının bulunmadığı akılda tutulmalıdır. Bunun yerine şişman kuyruk yapısına uygun bir dağılım kullanılmalıdır” (Dowd, 2002 :102).

## 2.2. Tarihsel Simülasyon Yöntemi

Tarihsel Simülasyon yaklaşımı Parametrik yaklaşım gibi uygulanması oldukça kolay ve yaygın kullanıma sahip bir yöntemdir. Bir portföyün geçmişteki kâr veya zararını ortaya koyan bir serinin kullanılarak belirli bir güven düzeyinde riske maruz değerin belirlenmesine dayanmaktadır. “Bu yaklaşımda portföyün olası kâr ve zararlarının dağılımı, piyasa etkenlerinin geçmiş N dönem boyunca gerçekleşmiş olan değişimlerinin mevcut portföye uygulanması suretiyle elde edilmektedir” (Demireli ve Taner, 2009: 133). Parametrik yaklaşımdan farklı olarak finansal varlıklar arasındaki korelasyon veya kovaryans matrisinin hesaplanmasını gerektirmemektedir. Bu nedenle parametrik olmayan bir yöntemdir.

Tarihsel Simülasyon RMD yönteminin genel bir gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$R_{p,t} = \sum_{i=1}^n w_i r_{i,t} \quad t = 0, 1, 2, 3, \dots, T \quad (3)$$

Burada  $R_{p,t}$ : t dönem boyunca portföyün getirisini;  $w_i$ : i. varlığın portföydeki ağırlığını ve  $r_{i,t}$ : i. varlığın t. dönemdeki getirisini göstermektedir. “Kullanılan senaryolar seçilmiş geçmiş dönemlerde gözlemlenen fiyat değişmelerine bağlı tahminlerle oluşturulur. Seçilen ilgili dönem, senaryonun amacına yönelik özel bir dönem ya da mevcut piyasayı en iyi yansıttığı varsayılan dönem olabilir” (Akın ve Akduğan, 2012: 231). Standart uygulamalarda her bir risk faktörü için en az bir yıllık işgünü bazında yeni değerler hesaplanmakta ve elde edilen portföy değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır. Eğer gözlem sayısı  $n$  ve belirlenen güven düzeyi  $cl$  ise RMD tutarını veren formül aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$(1 - p)n + 1 \quad (4)$$

Böylece  $(1 - p)n + 1$ . sıradaki en yüksek değer portföyün RMD tutarını gösterir. Yöntemin en önemli üstünlüğü doğrusal olmayan pozisyonlar için uygulanabilir olması ve serilerin dağılımı ile ilgili bir ön kabulde bulunmamasıdır. Normal dağılım gibi herhangi bir varsayımda bulunmamakla birlikte gelecekteki koşulların geçmişteki koşullarla aynı olacağı üstü kapalı olarak kabul edilmektedir. Yaklaşımın sahip olduğu önemli bir eksiklik ise kullanılan veri setinin kapsamadığı durumların bütünüyle yok sayılmasıdır. Gelecekte yaşanabilecek muhtemel değişimleri dikkate almadığı için bazı riskler göz ardı edilmektedir. Bu yüzden portföyün kâr/zarar dağılımı ile ilgili önemli bilgilerin bulunduğu görece uzun dönemler için uygun kullanıma sahip değildir.

## 2.3. Monte Carlo Simülasyonu Yöntemi

“Monte Carlo Simülasyonu yaklaşımı normal dağılıma yakınsayacak rassal sayı üretilmesi esasına dayanarak risk değerini hesaplayan bir yöntemdir” (Ural ve Adakale, 2009: 24-25). Oldukça esnek bir uygulamaya sahip olmasından dolayı finansal fiyatlama modellerinde sıkça tercih edilmektedir.

Yöntem, portföy içerisinde yer alan finansal varlıkların getiri serilerinin geçmiş değerlerinin kovaryansını baz almaktadır. Tarihsel Simülasyon yöntemi ile benzer özelliklere sahip olmakla birlikte bu yöntemde tarihsel olarak gözlemlenen gerçek verilerin kullanılması yerine getirilerdeki muhtemel değişimleri yansıtacağı düşünülen istatistiksel bir

dağılıma sahip rassal sayılar kullanılmaktadır. “Yöntem, en kapsamlı ve en güçlü RMD yöntemi olarak bilinmektedir. Çünkü portföy içerisindeki doğrusal olmayan ilişkileri ve gelecekte meydana gelebilecek olası değişimlerin etkilerini de içermektedir” (Demireli ve Taner, 2009: 135).

Monte Carlo Simülasyonu RMD yöntemi zahmetli ve karmaşık olmasına rağmen günümüzde gelişen bilgi-işlem teknolojileri sayesinde bu problemin üstesinden gelinebilmektedir. Yöntem, rassal sayı üretme süreci sonucunda ele edilen seriler arasındaki korelasyonun sağlanabilmesi için risk faktörlerinin geçmiş değerlerinden hareketle hesaplanan kovaryans matrisinin Cholesky Ayrıştırma matrisinin devriği ile çarpılarak ayrıştırılması esasına dayanmaktadır<sup>3</sup>. Bu işlem sonucunda elde edilen ayrıştırılmış getiri serileri, portföy içerisinde yer alan finansal varlıkların tutarlarıyla çarpılarak yeniden değerlendirilir. Elde edilen portföy kâr veya zararları en yüksek zarardan en düşük kâra doğru sıralanır ve seçilen güven düzeyine karşılık gelen RMD tutarı elde edilmiş olur (Dowd, 2002; Ural, 2010). Yöntemin sağlıklı sonuç verebilmesi için en az 10.000 adet rassal sayı üretilmelidir.

### 3. GERİYE DÖNÜK TEST YÖNTEMİ

Araştırmacılar çoğu durumda farklı RMD tekniklerine başvurmuşlardır. Farklı RMD teknikleri kadar önemli bir başka konu ise bu tekniklerin test edilmesi yöntemidir. RMD modelleri yalnızca gelecekteki riski doğru tahmin edebildikleri sürece kullanışlı olabilmektedir. En tutarlı risk düzeyinin ve yöntemin belirlenmesi sürecinde en sık kullanılan yöntem ise Geriye dönük test (Backtesting) yöntemidir. Geriye dönük test yöntemi, farklı RMD yöntemlerinin gerçekleşen kâr ve zararların sistematik bir şekilde karşılaştırılma sürecini ifade etmektedir.

Uygulamalı çalışmalarda en sık kullanılan geriye dönük test yöntemlerinden birisi sapma sayısı yöntemidir. Bu yöntemde hesaplanan risk düzeyi ile gerçekleşen risk düzeyi karşılaştırılmaktadır. RMD yönteminin geçerliliğinin sınanması için bir  $Z$  değeri hesaplanarak  $Z$  tablosunda yer alan kritik değerler ile karşılaştırılır.  $Z$  değerinin hesaplanma formülü aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$z = \frac{x - pT}{\sqrt{p(1-p)T}} \approx N(0,1) \quad (5)$$

Burada  $x$ : sapma sayısını;  $p$ : anlamlılık düzeyini ve  $T$  ise gözlem sayısını ifade etmektedir.  $H_0$  hipotezinin reddedilememesi, kullanılan yöntemin geçerli olduğu anlamına gelmekteyken;  $H_0$  hipotezinin reddedilmesi, kullanılan yöntemin geçersiz olduğu anlamına gelir.

Geriye dönük test yöntemlerinde tercih edilen bir başka yaklaşım ise Kupiec testleridir. Bu testlerden en yaygın olanı Kupiec (1995) tarafından ortaya konan Kupiec HO (Hataların Oranı) Testidir. Bu test sapma sayısının, güven düzeyi ile tutarlı olup

<sup>3</sup> Cholesky Ayrıştırma (Cholesky Decomposition) yaklaşımı kovaryans matrisinin pozitif belirli olduğu durumlarda etkin bir yaklaşımdır. Alternatifi olan Özdeğer Ayrıştırma (Eigenvalue Decomposition) ve Tekil Değer Ayrıştırma (Singular Value Decomposition) yaklaşımları çok daha yoğun hesaplama yöntemleri gerektirmektedir (Dowd, 2002: 294). Bu yüzden sıkça tercih edilen bir ayrıştırma yöntemidir. 2x2 boyutlu Korelasyon matrisinin ve Cholesky Ayrıştırma matrisinin genel bir gösterimi aşağıdaki gibidir;

$$C = AA^T \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \rho & (1 - \rho^2)^{1/2} \end{bmatrix}$$

Burada  $C$ : korelasyon matrisini;  $A$ : Cholesky Ayrıştırma matrisini;  $A^T$ : Cholesky Ayrıştırma matrisinin devriğini ve  $\rho$ : finansal varlıklar arasındaki korelasyonu göstermektedir.

olmadığını ölçmektedir. Kupiec HO Testinin genel bir gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$Kupiec_{HO} = -2 \ln \left( \frac{(1-p)^{T-x} p^x}{\left[1 - \left(\frac{x}{T}\right)\right]^{T-x} \left(\frac{x}{T}\right)^x} \right) \quad (6)$$

Modelin uygun olduğu anlamına gelen  $H_0: p = x/T$  hipotezi altında Kupiec HO Testi asimptotik olarak bir serbestlik derecesinde  $\chi^2$  dağılımına sahiptir. Ancak model yalnızca sapmaların sayısına odaklanmakta ve sapmaların ne zaman gerçekleştiğini dikkate almamaktadır. Dolayısıyla bir sapma kümelenmesi durumunda model sağlıklı bir sonuç sunamayabilir.

Kupiec (1995) tarafından önerilen bir diğer test de Kupiec İSKZ (İlk Sapmaya Kadarki Zaman) Testidir. Bu test, sapmanın gerçekleştiği ilk tarihi dikkate alan ve Kupiec HO Testinin bu eksikliğini gideren bir yöntemdir. Kupiec İSKZ Testinin genel bir gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$Kupiec_{ISKZ} = -2 \ln \left( \frac{p(1-p)^{v-1}}{\left(\frac{1}{v}\right) \left(1 - \frac{1}{v}\right)^{v-1}} \right) \quad (7)$$

Burada  $v$ : ilk sapmanın gerçekleştiği güne karşılık gelen gözlemi ifade etmektedir. Kupiec İSKZ Testi de asimptotik olarak bir serbestlik derecesinde  $\chi^2$  dağılımına sahiptir. Test istatistiğinin kritik değerinin altında olması halinde modelin uygun olduğu kabul edilmektedir. Dowd (1998), Kupiec İSKZ Testinin yalnızca geniş bir veri setinin bulunmadığı durumlarda Kupiec HO testine tercih edilebileceğini ifade etmektedir.

Geriye dönük test yöntemlerinden bir diğeri ise Haas (2001) tarafından ortaya konan Karma Kupiec yöntemidir. Bu test, yalnızca belirli bir günde gerçekleşen sapmayı dikkate almak yerine gerçekleşen sapmalar arasındaki zamanı dikkate almaktadır. Diğer testlerden farklı olarak Karma Kupiec Testi, sapma zamanları arasındaki bağımlılığı dikkate alan bir yapıdadır. Testin genel bir gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir;

$$Kupiec_{Karma} = \sum_{i=2}^n \left[ -2 \ln \left( \frac{p(1-p)^{v_i-1}}{\left(\frac{1}{v_i}\right) \left(1 - \frac{1}{v_i}\right)^{v_i-1}} \right) \right] - 2 \ln \left( \frac{p(1-p)^{v-1}}{\left(\frac{1}{v}\right) \left(1 - \frac{1}{v}\right)^{v-1}} \right) \quad (8)$$

Burada  $v_i$ :  $i$ . ile  $(i-1)$ . sapmalar arasındaki süreyi göstermektedir. İlk sapma için test istatistiği Kupiec İSKZ Testinde olduğu gibi hesaplanır. Daha sonra ise her bir sapma için test istatistiği hesaplanır. Her bir sapmanın birbirinden bağımsız olduğunu ifade eden  $H_0$  hipotezi altında Karma Kupiec Testi asimptotik olarak  $n$  serbestlik derecesinde  $\chi^2$  dağılımına sahiptir.

#### 4. VERİ SETİ

Çalışmada BIST30 endeksi içerisinde yer alan 5 Banka'nın (Akbank T.A.Ş., T. Garanti Bankası A.Ş., T. Halk Bankası A.Ş., T. Vakıflar Bankası T.A.O., Yapı ve Kredi Bankası A.Ş.) hisse senetlerinin 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait günlük getiri serileri kullanılmıştır. 100,000 TL tutarındaki varsayımsal bir portföyün bu şirketlerin hisse senetleri için eşit bir şekilde dağıtıldığı varsayılmıştır. 2015 yılına ilişkin seriler 05.01.2015-31.12.2015 tarihlerini (252 gözlem), 2016 yılına ilişkin seriler 05.01.2015-30.12.2016 tarihlerini (250 gözlem) ve 2017 yılına ilişkin seriler ise 03.01.2017-

29.12.2017 tarihlerini (252 gözlem) kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan veri setine ilişkin tanımlayıcı istatistikler yukarıda yer alan Tablo 1 yardımıyla gösterilmiştir. Sonuçlar, her üç yıla ilişkin serinin de normal dağılmadığını ortaya koymaktadır. 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ilişkin standart sapma değerleri ise sırasıyla %2.06, %1.77 ve %1.63'tür

**Tablo 1: Tanımlayıcı İstatistikler**

|               | 2015       | 2016        | 2017       |
|---------------|------------|-------------|------------|
| Gözlem Sayısı | 252        | 250         | 252        |
| En Çok        | 0.10160    | 0.04838     | 0.06630    |
| En Az         | -0.08819   | -0.09362    | -0.05170   |
| Std. Sapma    | 0.02067    | 0.01772     | 0.01632    |
| Çarpıklık     | 0.21874    | -0.80254    | 0.23815    |
| Basıklık      | 5.68076    | 6.29773     | 4.93456    |
| Jarque-Bera   | 77.4679*** | 140.1183*** | 41.8777*** |

Not: \*\*\*, %99 güven düzeyinde boş hipotezin reddedildiğini ifade etmektedir.

## 5. AMPİRİK BULGULAR

100,000 TL tutarındaki varsayımsal bir portföye ilişkin Parametrik, Tarihsel Simülasyon ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemleri ile 2015, 2016 ve 2017 yılları için hesaplanan RMD tutarları Tablo 2 yardımıyla gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre her üç dönem için de %99 güven düzeyinde en düşük RMD tutarını veren yöntem Tarihsel Simülasyon yöntemi iken en yüksek RMD tutarını vere yöntem 2015 ve 2016 yılları için Monte Carlo Simülasyonu yöntemi, 2017 yılı için ise Parametrik yöntemdir.

**Tablo 2: RMD Analiz Sonuçları**

|                 | 2015      | 2016      | 2017      |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| Parametrik RMD  | 15,180.23 | 13,015.78 | 15,045.09 |
| Tarihsel RMD    | 13,949.61 | 11,828.28 | 11,108.20 |
| Monte Carlo RMD | 18,801.75 | 16,370.62 | 11,988.33 |

Not: RMD tutarları, %99 güven düzeyi ve 10 günlük elde tutma süresi için 100,000 TL tutarında bir portföye göre hesaplanmıştır.

Normal dağılım ve doğrusal risk faktörleri gibi varsayımlara dayanan Parametrik yöntemle elde edilen sonuçlara göre mevcut portföyün kaybedebileceği en yüksek tutar 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 15,180.23, 13,015.78 ve 15,045.09 TL'dir. Çalışmada kullanılan serilerin normal dağılıma uymaması, normal dağılım ile ilgili herhangi bir varsayıma dayanmayan Tarihsel Simülasyon yöntemi ile elde edilen sonuçları daha güvenilir kılmaktadır. Geçmişteki koşulların gelecekteki koşullara benzer olması durumunda mevcut portföyün kaybedebileceği en yüksek tutar 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 13,949.61, 11,828.28 ve 11,108.20 TL'dir. Portföy içerisindeki doğrusal olmayan ilişkileri ve geleceğe ilişkin risk faktörlerini de yansıtan Monte Carlo Simülasyonu yöntemine göre ise mevcut portföyün kaybedebileceği en yüksek tutar 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla 18,801.75, 16,370.62 ve 11,988.33 TL'dir.



Çalışmadan elde edilen Parametrik RMD tutarlarına ilişkin %95 ve %99 güven düzeylerin göre geriye dönük test sonuçları Tablo 3 yardımıyla sunulmuştur. Buna göre Z Testi için elde edilen sonuçlar, Parametrik yöntemin her üç yıl için de uygun bir yöntem olduğunu göstermektedir. Sapma sayısının güven düzeyi ile tutarlı olup olmadığını ölçen Kupiec HO Testine göre Parametrik yöntemin uygunluğu her üç yıl için de %99 güven düzeyinde reddedilemez iken %95 güven düzeyinde reddedilmektedir. Sapmanın gerçekleştiği ilk zamanı dikkate alan Kupiec İSKZ Testine göre Parametrik yöntemin uygunluğu her üç yıl için de %99 güven düzeyinde reddedilemezken %95 güven düzeyinde yalnızca 2015 yılı için reddedilememektedir. Sapma zamanları arasındaki bağımlılık ilişkisini dikkate alan Karma Kupiec Testine göre ise Parametrik yöntemin uygunluğu yalnızca 2017 yılı için reddedilmektedir. 2017 yılında gerçekleşen sapma zamanlarının birbirine oldukça yakın olması, Parametrik yöntemin bu yıl için uygulanabilir bir yöntem olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır.

**Tablo 3: Geriye Dönük Test Sonuçları**

| Yıllar | Z Testi           |                   |              |                         | Kupiec HO Testi    |              |                         |
|--------|-------------------|-------------------|--------------|-------------------------|--------------------|--------------|-------------------------|
|        | Güven Düzeyi      | İstatistik Değeri | Kritik Değer | Sonuç (H <sub>0</sub> ) | İstatistik Değeri  | Kritik Değer | Sonuç (H <sub>0</sub> ) |
| 2015   | 99%               | -0.32922          | 2.326        | Reddedilemez            | 0.116636           | 6.6349       | Reddedilemez            |
|        | 95%               | -3.06379          | 1.645        | Reddedilemez            | 14.30036           | 3.8415       | Red                     |
| 2016   | 99%               | 1.5891            | 2.326        | Reddedilemez            | 1.95681            | 6.6349       | Reddedilemez            |
|        | 95%               | -2.17643          | 1.645        | Reddedilemez            | 6.07148            | 3.8415       | Red                     |
| 2017   | 99%               | 1.57012           | 2.326        | Reddedilemez            | 1.916525           | 6.6349       | Reddedilemez            |
|        | 95%               | -2.19668          | 1.645        | Reddedilemez            | 6.196167           | 3.8415       | Red                     |
| Yıllar | Kupiec İSKZ Testi |                   |              |                         | Karma Kupiec Testi |              |                         |
|        | Güven Düzeyi      | İstatistik Değeri | Kritik Değer | Sonuç (H <sub>0</sub> ) | İstatistik Değeri  | Kritik Değer | Sonuç (H <sub>0</sub> ) |
| 2015   | 99%               | 0.45611           | 6.635        | Reddedilemez            | 0.667222           | 9.2103       | Reddedilemez            |
|        | 95%               | 1.03158           | 3.841        | Reddedilemez            | 2.972977           | 5.9942       | Reddedilemez            |
| 2016   | 99%               | 0.04641           | 6.635        | Reddedilemez            | 9.53507            | 15.086       | Reddedilemez            |
|        | 95%               | 6.89081           | 3.841        | Red                     | 10.3503            | 11.07        | Reddedilemez            |
| 2017   | 99%               | 0.47357           | 6.635        | Reddedilemez            | 15.10648           | 15.086       | Red                     |
|        | 95%               | 12.4321           | 3.841        | Red                     | 17.48895           | 11.07        | Red                     |

## 6. SONUÇ

Finansal piyasalar için karşılaşılabilecek risklerin ölçülmesi oldukça önemlidir. Bu risklerin ölçümüne dayanan en temel yöntemlerden biri ise RMD yöntemidir. Günümüzde sabit varyans esasına dayanan RMD yöntemlerinden en sık kullanılanları Parametrik, Tarihsel Simülasyon ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemleridir. Bu yöntemlerle elde edilen RMD tutarlarının ve yöntemlerin dayandığı temel varsayımların önemli farklılıklar gösterebilmesi ise hangi yöntemin hangi koşullarda daha iyi sonuçlar verdiğini ve elde

edilen sonuçların istatistiksel olarak güvenilir olup olmadığı sorularını beraberinde getirmektedir.

Çalışmada BIST 30 endeksi içerisinde yer alan 5 finansal kuruluşa ait hisse senetlerinin 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait günlük getiri serileri kullanılmış ve sabit varyans esasına dayanan RMD yöntemleri ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre her 3 yıl için de en düşük RMD tutarını veren yöntem, geçmişteki koşulların gelecekte de geçerli olacağı varsayımına dayanan Tarihsel Simülasyon yöntemidir. Analizde kullanılan getiri serilerinin normal dağılıma uymaması da bu yöntem ile elde edilen sonuçları daha güvenilir kılmaktadır. 2015 ve 2016 yılları için en yüksek RMD tutarını veren yöntem, doğrusal olmayan risk faktörlerini de hesaba katan Monte Carlo Simülasyonu iken 2017 yılı için ise Parametrik yöntemdir. Ancak RMD analizi ile elde edilen sonuçların yüksek veya düşük olması sonucunda uygulanan yöntem ile ilgili herhangi bir yargıya varılamamaktadır. Uygulanan yöntemin geçerliliğini test edilebilmesi için geriye dönük test kullanılmaktadır.

Sabit varyans esasına dayanan Parametrik yöntem sonuçlarına yönelik geriye dönük test kapsamında uygulanan Z Testine göre her üç yıl için de %99 ve %95 güven düzeylerinde Parametrik yöntemin uygunluğu reddedilememektedir. Gerçekleşen sapmalar arasındaki bağımlılığı dikkate alan Karma Kupiec Testine göre ise Parametrik yöntemin uygunluğu yalnızca sapma tarihlerinin birbirine oldukça yakın olduğu 2017 yılı için reddedilmektedir.

#### KAYNAKÇA

- Akan, N., Oktay, L., & Tüzün, Y. (2003). Parametrik Riske Maruz Değer Yöntemi Türkiye Uygulaması. *Bankacılar Dergisi*(45), 29-39.
- Akın, Y., & Akduğan, U. (2012). Finansal Piyasalarda Risklerin Belirlenmesinde Riske Maruz Değer Yöntemine İlişkin Bir Uygulama. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 225-236.
- Avşarlıgil, N., Demir, Y., & Doğru, E. (2015). Riske Maruz Değer Ölçüm Yöntemleri Aracılığıyla BIST’te İşlem Gören Spor Kulüpleri Üzerine Bir Uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 16(1), 81-107.
- Demireli, E., & Taner, B. (2009). Risk Yönetiminde Riske Maruz Değer Yöntemleri ve Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 127-148.
- Dowd, K. (1998). *Beyond Value at Risk: The New Science of Risk Management*. Chichester: John&Wiley & Sons.
- Dowd, K. (2002). *Measuring Market Risk*, 1st Edition, John Wiley & Sons Inc., Chichester
- Gürsakal, S. (24-25 Mayıs 2007). İmkb 30 Endeksi Getiri Serisinin Riske Maruz Değerlerinin Tarihi Simülasyon ve Varyans-Kovaryans Yöntemleri ile Hesaplanması. 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi (s. 1-13). Malatya: İnönü Üniversitesi.
- Haas, M. (2001). *New Methods in Backtesting*. Financial Engineering Research Center, Working Paper.
- Jackson, P., Maude, D., & Perraudin, W. (1997). Bank Capital and Value at Risk. *The Journal of Derivatives*, 4(3), 73-89.

- Jorion P. (2000). *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, 2nd Edition, McGraw-Hill Inc., New York
- Korkmaz, T., & Bostancı, A. (2011). RMD Hesaplamalarında Volatilite Tahminleme Modellerinin Karşılaştırılması ve Basel II Yaklaşımına Göre Geriye Dönük Test Edilmesi: IMKB 100 Endeksi Uygulaması. *Business and Economics Research Journal*, 2(3), 1-17.
- Kupiec, P. (1995). Techniques for Verifying The Accuracy of Risk Management Models. *Journal of Derivatives*, 3(2), 73-84.
- Mentel, G. (2013). Parametric or Non-Parametric Estimation of Value-at-Risk. *International Journal of Business and Management*, 8(11), 103-112.
- Oppong, S., Asamoah, D., & Oppong, E. (2016). Value at risk: historical simulation or monte carlo simulation. *International Conference On Management, Communication and Technology (ICMCT)*, 4(1), 45-51.
- Ural, M., & Adakale, T. (2009). Beklenen kayıp yöntemi ile riske maruz değer analizi. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 9(17), 23-39.
- Ural, M. (2010). *Yatırım fonlarının performans ve risk analizi*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Vlaar, P. (2000). Value at risk models for dutch bond portfolios. *Journal of Banking & Finance*, 24(7), 1131-1154.
- Yıldırım, H., & Çolakyan, A. (2014). Finansal yatırım araçlarında riske maruz değer uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(1), 1-24.