

# PETROL FİYATLARINDAN KAYNAKLANAN RİSKİN TAHMİN EDİLMESİ: MONTE CARLO SİMULASYONU YÖNTEMİYLE RmD YAKLAŞIMI<sup>1</sup>

Doç. Dr. Erdinç ALTAY\*

## Özet

*Ekonomi literatüründe çok çeşitli çalışmalar tarafından farklı yönleri ortaya konulan petrol fiyatlarındaki değişimin ekonomi üzerinde yarattığı etkilerden hareketle, söz konusu fiyat değişimlerinin yaratacağı risklerin öngörülmesi, hesaplanması ve yönetilmesi sorunu gerek makro politikaları belirleyen otoriteler, gerekse işletmeler tarafından oldukça önemlidir. Riskin yönetilmesi kavramı içinde en önemli unsurlardan biri ise riskin ölçülmesidir. Bu çalışmada da petrol fiyatlarından kaynaklanan riskin tahmin edilmesinde Monte Carlo simülasyonu yöntemiyle RmD yaklaşımı uygulanmıştır. Haftalık ham petrol fiyatlarının kullanılmasıyla 10/01/1997 – 16/06/2006 tarihleri arası olarak belirlenen tahmin dönemine dayalı olarak gerçekleştirilen simülasyon sonuçları, test dönemine (23/06/2006-16/05/2008) uygulandığında elde edilen bulgular, ham petrol fiyatlarındaki değişimlerden kaynaklanan riskin ölçümünde Monte Carlo simülasyonuna göre tahmin edilen RmD'nin, hesaplandığı güven düzeyleri ile ilgili olarak beklenen sonuçları verdiği yönündedir. Binary ve kuadratik kayıp fonksiyonlarının performans kriteri olarak kullanılmasıyla ulaşılan sonuçlar, fiyat yükselişleri ile fiyat düşüşleri açısından karşılaştırmalı olarak incelendiğinde ise, söz konusu test döneminde yöntemin fiyat yükselişlerinden kaynaklanan risklerin ölçümünde daha iyi performans gösterdiği yönündedir. Dolayısıyla yöntemin, gerek makro politika belirleyiciler, gerekse işletmeler için petrol fiyatlarındaki değişimlerden kaynaklanan risklerin öngörülmesinde ve yönetilmesinde kullanışlı bir araç olacağı kabul edilebilir.*

**Anahtar Kelimeler:** Riske Maruz Değer, Petrol piyasası, Enerji risk yönetimi, Risk Yönetimi, Monte Carlo Simülasyonu

<sup>1</sup> Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na desteklenmektedir. Proje No: 3016.

\* İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İşletme Bölümü.

### Abstract

*The impacts of the variation in the oil prices are stated by various research in economic literature. Thus, the problem of forecasting, measuring and managing the risks which arise from the oil price fluctuations are very important for both macro level policy makers and businesses. One of the most important aspects of risk management is risk measurement. In this research, the Monte Carlo simulation VaR method is implemented in order to forecast the risk of oil prices. Simulation results of weekly oil price data in 10/01/1997-16/06/2006 period are implemented on the test period (23/06/2006-16/05/2008) in order to forecast VaR's at different confidence levels. The results are parallel to the expectations according to the confidence levels. By implementing binary and quadratic loss functions as performance criteria, the relative performance of the method in long and short positions in the test period are investigated. The results show that the method is superior for short positions in the test period. As a result, the Monte Carlo simulation VaR can be used as a vital tool for macro policy makers and businesses in managing the risks arise from the oil price fluctuations.*

**Keywords:** Value at Risk, Oil market, Energy risk management, Risk management, Monte Carlo Simulation

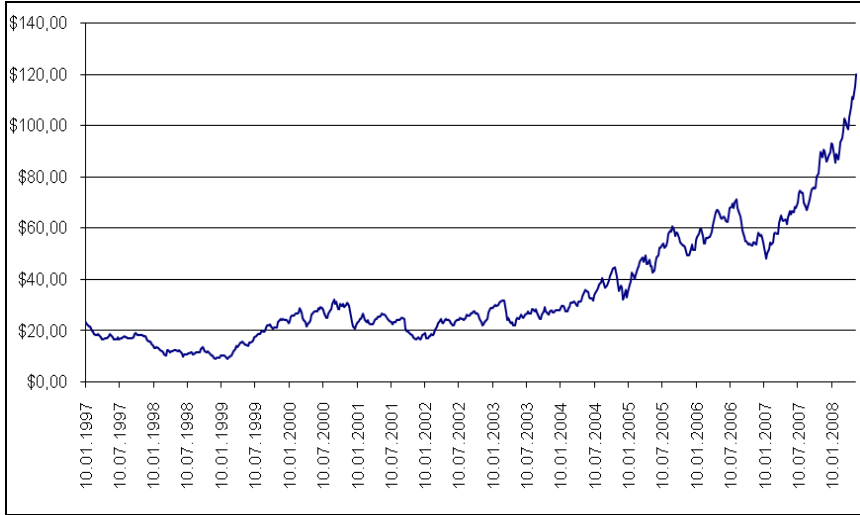
## 1. Giriş

Bir ekonomide üretimin yapılabilmesi, ekonomik büyümenin devamlı kılınabilmesi ve buna bağlı olarak istihdam ve refahın artırılabilmesi, mevcut teknolojinin gerektirdiği enerji kaynaklarının elde edilebilmesinin yanında söz konusu enerji kaynaklarındaki fiyat değişimlerinin yansımalarının hesaplanmasını da gerektirmektedir. Günümüzde, dünyada yaygın olarak kullanılan teknolojinin gereksinim duyduğu enerji kaynağının ağırlıklı olarak petrole dayandığı söylenebilir. Dolayısıyla özellikle Türkiye gibi net petrol ithalatçısı konumda olan ülkeler, uluslararası petrol fiyatlarındaki değişimlerden doğrudan etkilenmektedir. Gerek makro, gerekse mikro düzeyde planlamaların yapılabilmesi ve risk yönetimi için petrol fiyatlarındaki değişimin öngörülebilmesinin ve riskin etkin bir biçimde ölçülebilmesinin gerekliliği açıktır.

Özellikle 1970'lerden sonra gerçekleşen OPEC anlaşmaları sonucu enerji piyasalarındaki deregülasyon ve artan rekabet, söz konusu piyasaların serbestleşmesine ve dolayısıyla fiyat değişimlerinin artmasına yol açmıştır (Sadeghi ve Shavvalpour, 2006:3367). Çalışmanın inceleme dönemini kapsayan ve Şekil 1'de yer alan ham petrol fiyatlarının 1997-2008 dönemindeki gelişimi

incelendiğinde ise özellikle son yıllarda oldukça yüksek fiyat artışlarının yaşandığı, varil başına ham petrol fiyatlarının 1997 yılı başındaki 20\$ düzeyinden 2008 yılında 120\$ seviyesine kadar ulaşarak altı katı kadar artış gösterdiği görülmektedir. Sözkonusu dönemde yaşanan uluslararası politik gelişmeler ve giderek artan küresel enerji talebine rağmen petrol arzının sınırlı kalması ve geleceğe yönelik beklentilerin etkisi, söz konusu dönemdeki fiyat yükselişinin yaşanmasına, değişkenliğinin ve dolayısıyla da riskin artmasına neden olmuştur. Diğer yandan 2008 yılından itibaren olumsuz etkileri ortaya çıkan ve uluslararası ölçekte ekonomik büyümenin, talebin ve üretimin azalmasına yol açan küresel kriz de petrol fiyatlarına yansımış, 2005-2008 döneminde yaşanan sürekli artışın aksine 2009 yılında fiyatlar yaklaşık 40\$'lar düzeyine gerilemiştir.

**Şekil 1:** Ham petrol fiyatları: 10/01/1997-16/05/2008 dönemi



**Kaynak:** Energy Information Administration'da yayınlanan verilerden üretilmiştir: [http://tonto.cia.doe.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_wco\\_k\\_w.htm](http://tonto.cia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_wco_k_w.htm)

Petrol fiyatlarındaki artışların ekonomi üzerinde oluşturabileceği çok yönlü ve derin etkilerin, birçok çalışma tarafından ortaya konulması, fiyat değişimlerinin yaratacağı risklerin yönetilmesinin ne derecede önemli olduğunu

göstermektedir. Riskin yönetilmesi olgusu, beraberinde riskin ölçülmesini de getirmektedir. Ne düzeyde bir riskle karşı karşıya bulunulduğunun hesaplanması ise risk yönetiminin ilk adımı olmaktadır.

Bu çalışmada, enerji politikalarının geliştirilmesinde ve gerek makro gerekse mikro düzeyde ekonomik planlamalarda göz önüne alınması gereken risk düzeyinin belirlenmesinde, JP Morgan tarafından 1990'ların başında ortaya atılan ve son yıllarda oldukça geniş bir uygulama alanı bulan Riske Maruz Değer (RmD) yaklaşımı kullanılmaktadır. RmD, bir varlığın belirli bir zaman aralığında karşılaşılabileceği en yüksek zararı, istenen güven düzeyinde ve bir para birimi cinsinden ortaya koymaktadır. RmD, bu yönüyle Basel düzenlemeleriyle birlikte piyasa riskinin ölçülmesinde özellikle bankacılık sektöründe yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmuştur. RmD'nin kolay anlaşılabilir, elde tutma süresinin uzunluğuna göre uyarlanabilir ve seçilen güven düzeyine göre hesaplanabilir olması, yalnızca finans sektöründe değil diğer sektörlerde ve finansal olmayan varlıkların fiyat değişimlerinden kaynaklanan risklerin ölçülmesinde de kullanılabilir bir araç olmasını sağlamaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde RmD'nin, petrol fiyatlarındaki değişkenlikten kaynaklanan risklerin daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilerek uygun kararların verilmesine yardımcı olabileceği söylenebilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, RmD tahmininde doğru modellemenin yapılması ve risk ölçümüne konu olan varlık için alternatif yaklaşımlar arasından uygun RmD hesaplama yaklaşımının uygulanmasıdır. Bu çalışmada, varyans kovaryans RmD, tarihi simülasyon RmD ve Monte Carlo simülasyonu RmD yöntemleri arasından model riskini ortadan kaldıran ve karmaşık portföylerin modellenmesinde daha etkin sonuçlar veren Monte Carlo simülasyonu yöntemine göre tahmin edilen RmD ile petrol fiyatlarındaki değişimden kaynaklanan risklerin tahmin edilmesi ve yöntemin performansı incelenmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki kısmı şu şekilde planlanmıştır: ikinci bölümde petrol fiyatlarındaki değişimlerin ekonomi üzerinde yarattığı etkiler ele alınmakta, üçüncü bölümde ise RmD kavramı ve hesaplama yöntemleri açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde petrol fiyatlarındaki değişimden kaynaklanan riskin tahmini için Monte Carlo Simülasyonu yöntemi ile RmD'nin hesaplanması yapılmakta ve yöntemin performansına dair bulgular incelenmektedir.

## 2. Petrol Fiyatlarındaki Değişimlerin Ekonomi Üzerindeki Etkileri

Ekonomilerin, yenilenemeyen bir enerji kaynağı olarak petrole olan bağımlılığı, tükenebilir bir arza karşılık sona ermeyen bir talebin varlığına neden olmaktadır. Özellikle son yıllarda artan ekonomik büyümenin yarattığı enerji talebi artışının yanında, dönem dönem petrol üretilen bölgelerde meydana gelen siyasi gelişmeler de petrol fiyatlarının değişkenliğinin artmasına ve derin küresel ekonomik etkilere yol açmaktadır.

Toplumların mal ve hizmet ihtiyacının karşılanmasında oldukça önemli bir girdi olarak petrolün sahip olduğu özellikler, petrol piyasasının da kendine özgü bazı özelliklere sahip olmasına yol açmaktadır. Öncelikle normal şartlar altında petrole olan talebin büyük sıçramalar yapamaması, üretimin planlı bir şekilde gerçekleştirilmesine neden olmaktadır. Petrol arama ve üretiminin büyük ölçekli ve yüksek teknolojiye yatırımını gerektirmesi, bir yandan bu şirketlerin teknolojik gelişmeleri sürekli olarak takip etmelerini gerektirirken diğer yandan ekonomik güç olarak bu olanaklara sahip olabilen uluslararası şirketlerin yatırım politikaları, dünya ekonomisi üzerindeki dengeleri etkileyebilecek güçte olabilmektedir (Ercan, 1996: 6).

Petrol piyasasına etkinlik açısından bakıldığında ise Alvarez-Ramirez, Alvarez ve Rodriguez (2008)'in yapmış oldukları çalışma dikkate değerdir. Söz konusu çalışmada, eğilimden arındırılmış dalgalanma analizi yöntemiyle 1987-2007 dönemi ham petrol fiyat değişiminin otokorelasyonu farklı zaman ufukları bazında incelemiştir. Elde edilen bulgular, aylık petrol fiyatlarının otokorelasyon özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Aynı sonuç 1 aydan daha kısa dönemlik veriler için de geçerlidir ancak 1 aydan daha uzun dönemli petrol fiyatları incelendiğinde otokorelasyonun ortadan kalktığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla elde edilen, bulgular petrol piyasasının her ne kadar kısa dönemli verilerle etkin olmasa da uzun dönemli verilerle etkin piyasa özelliği sergilediğini ortaya koymaktadır.

Petrol fiyatlarındaki değişimin arkasında yatan petrol arzı ve talebi incelendiğinde, sektöre ait bir takım özelliklerin etkisi görülmektedir. Enerji sektöründeki kapasitenin kısıtlı olması ve yeni petrol rezervlerinin bulunması ile piyasaya sunulması arasında bir zaman farkının olması, arzın kısa vadede inelastik olmasına ve meydana gelebilecek talep artışlarının arz artışı ile dengelenememesi nedeniyle fiyat değişimlerine neden olmaktadır. Diğer yandan

teknolojinin ya da petrole dayalı enerji etkinliğinin kısa vadede değiştirilememesi, talebin de inelastik olmasına yol açmaktadır. Hem talebin hem de arzın inelastik yapısı, piyasada meydana gelen değişimlerin fiyatlar üzerinde büyük değişimler meydana getirmesine neden olmaktadır (Elekdağ, vd., 2008:300).

Literatürde petrol fiyatlarındaki şokların ekonomi üzerinde yarattığı olumsuz etkiler konusunda birçok çalışma yapıldığı görülmektedir. Hamilton (1983, 1996, 2003), yapmış olduğu çalışmalarda petrol fiyatlarında meydana gelen şokların ekonomik durgunlukla yakından ilgili olduğunu ileri sürmektedir. Hamilton, cari petrol fiyatı ile geçmiş dört çeyrekte yaşanan en yüksek fiyat artışı arasındaki pozitif fark olarak tanımladığı net fiyat artışı değişkeni ile ABD reel Gayri Safi Yurtiçi Hasılası (GSYH) arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varmıştır. Bununla birlikte elde ettiği bulgular, meydana gelen fiyat değişimlerinin ekonomi üzerindeki etkilerinin asimetrik olduğu, fiyat artışlarının yarattığı durgunluğun şiddetine nazaran fiyat düşüşlerinin oluşturduğu canlanmanın zayıf kaldığı yönündedir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), OECD ekonomi bölümü ve İMF'nin yaptıkları bir ortak çalışma, petrol fiyat artışlarında yaşanan yükselişle OECD ülkelerinin GSYİH arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Bu araştırmaya göre petrol fiyatlarının 25\$'dan 35\$'a yükselerek meydana getirdiği 10\$'lık sürekli bir artış, izleyen iki yılda OECD ülkelerinin GSYİH'sını % 0,4 düzeyinde azaltmaktadır. Bunun yanında enflasyonda meydana getireceği artış % 0,5 düzeyinde olmakta, işsizlik de bu gelişmelere paralel olarak artmaktadır. Araştırmaya göre söz konusu etkinin Avrupa ülkelerinde %0,5, ABD'de %0,3 ve Japonya'da %0,4 düzeyinde olması beklenmektedir (International Energy Agency, 2004: 2).

Bir başka çalışmada Gisser ve Goodwin (1986), nominal ham petrol fiyatlarındaki artış oranının, ABD ekonomisinde reel GSYH, genel fiyat seviyesi, işsizlik oranı ve reel yatırımlar gibi makroekonomik değişkenler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkilere sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ancak Bohi (1991) ve Bernanke, Gertler ve Watson (1997)'in yaptığı çalışmalar, İkinci Dünya Savaşı sonrasında yaşanan durgunluklara bakıldığında petrol şoklarının yanında merkez bankasının uyguladığı sıkı para politikalarının rolünün de büyük olduğunu ileri sürmektedir.

Petrol fiyatlarındaki artışların ekonomi üzerindeki etkilerini araştıran bir başka çalışmada Sadorsky (1999), sözkonusu etkilerin oldukça derin olduğu ancak buna karşın, ekonomik faaliyetlerin petrol fiyatları üzerindeki etkisinin çok da etkili olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Diğer yandan, petrol fiyatlarındaki değişimin ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisinin asimetrisini inceleyen Mory (1993), Olsen ve Mysen (1994), Federer (1996), Brown ve Yücel (2002), ve Lardic ve Mignon (2008) ise petrol fiyatlarındaki artışın ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisinin, fiyatlardaki düşüşün yol açtığı etkiden daha derin olduğu sonucuna varmışlardır. Dolayısıyla günümüzde yaşanmakta olan petrol fiyat artışlarının petrol ithalatçısı ülkeler üzerinde yaratacağı olumsuzlukların, ileride meydana gelebilecek fiyat düşüşleri tarafından kolaylıkla telafi edilemeyebileceği söylenebilir.

Petrol fiyatlarındaki artışlar, yalnızca önemli bir üretim girdisinin maliyetinin artması anlamına gelmemekte, petrol ihraç eden ülkeler tarafından petrol tüketicileri üzerine salınan bir çeşit vergi etkisi de yaratmaktadır. Bununla birlikte servet, tüketim, üretim, belirsizlik ve para otoritelerinin uyguladıkları politikalar üzerinde etkide bulunarak ulusal ve küresel ekonomiyi etki altına alabilmektedir (Cognigni ve Manera, 2006: 2). Akademik çalışmalar, petrol fiyatlarındaki değişimin altı farklı yolla ekonomik faaliyetler üzerinde etkide bulunduğunu göstermektedir. Bu etkiler şu şekilde sıralanabilir (Lardic ve Mignon, 2008: 848 ve International Energy Agency, 2004: 5-6):

- Petrol fiyat artışları, temel bir üretim girdisi olarak petrolün maliyetinin artması dolayısıyla kullanımının azalmasına ve bu nedenle üretimin azalmasına neden olmaktadır.
- Petrol fiyatlarının artması, dış ticaret hadlerini değiştirmekte, petrol ihraç eden ülkeler lehine gelir transferine neden olmakta ve ithalatçı ülkelerdeki alım gücünü ve refahı azaltmaktadır. Söz konusu etkinin büyüklüğü, petrol ithal eden ülke ekonomisinin özelliklerine göre değişmektedir. Petrol maliyetinin milli gelir içindeki payının büyüklüğüne, petrole bağımlılığın derecesine, petrol kullanıcılarının fiyat artışlarına göre taleplerini azaltabilme kabiliyetlerine ve alternatif enerji kaynaklarının maliyetlerine bağlı olarak petrol fiyatlarında meydana gelen artışlar, ülkeler arası gelir transferine neden olmaktadır. Petrol ihracatçısı ülkeler açısından fiyat artışlarına

bakıldığında ise, ithalatçı ülkelerden sağladıkları gelir artışlarının, ithalatçı ülkelerin gelirlerinin azalması ya da durgunluğa girmesi dolayısıyla bu ülkelere yapacakları ihracatın azalması sonucuyla kısmen bertaraf olacağı söylenebilir.

- Artan petrol fiyatları, beraberinde para talebini de artırmaktadır. Para talebinin artmasına karşın para otoritelerinin yeterli likiditeyi sunmaması, faiz oranlarının yükselmesine ve ekonomik büyümenin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır.
- Petrol fiyatlarının artması, enflasyonun artmasına neden olmaktadır. Önemli bir maliyet unsuru olarak petrol fiyatlarında meydana gelen sert yükselişler, bir yandan fiyatlar genel seviyesinin yükselmesine neden olurken, diğer yandan da petrol dışı talebin ve yatırımların daralmasına, vergi gelirlerinin düşerek kamu açıklarının doğmasına ve faiz oranlarının artmasına neden olmaktadır.
- Özellikle uzun süreli fiyat artışları, üretimin yapısı üzerinde değişimler meydana getirmektedir. Petrol fiyatlarının uzun süre yüksek seviyelerde seyretmesi petrole dayalı üretim yöntemleri kullanan sektörlerin daha farklı üretim yöntemleri arayışına girerek petrole bağımlılığı azaltmaya çalışmalarına yol açabilmektedir. Bu da ekonomide sermaye ve emeğin yeniden tahsisinin yanında uzun dönemde istihdamın azalması sonucunu da doğurabilmektedir. Petrol fiyatlarındaki artışın istihdam üzerindeki bir diğer etkisi de ücretler yoluyla gerçekleşmektedir. Maliyet artışı, talep daralması ve enflasyon artışı yanında reel ücretlerde azalışa karşı gösterilen direnç, nominal ücretlerin arttırılmasına ve dolayısıyla işsizliğin artmasına yol açmaktadır.

Petrol fiyatlarındaki artışların özellikle petrol ithalatçısı gelişmekte olan ülkeler üzerinde olumsuz etkileri olduğu görülmektedir. Söz konusu ülkelerde yukarıda sayılan etkilerin ortaya çıkması yanında, artan petrol maliyetleri, mevcut borç yüklerinin ve cari işlemler açıklarının daha da artmasına ve ekonomik kalkınmada kullanabilecekleri fonların hızla azalmasına da yol açabilmektedir (Basher and Sadorsky, 2006:226). Petrol fiyat şoklarının gelişmekte olan ülkelerdeki etkisinin, gelişmiş OECD ülkelerine göre daha şiddetli olması, bu ülkelerin ne düzeyde net ithalatçı oldukları ve üretimlerinin



ne düzeyde petrole dayalı olduğu ile yakından ilgilidir. Bununla beraber, bu ülkelerin petrol ithalatına bağımlı olmaları ve enerji kullanımlarının etkin olmaması da şokların etkisinin derinleşmesinin nedenleri arasında gösterilebilir. Özellikle bir birim çıktının üretilmesi için petrol ithalatçısı geliştirmekte olan ülkelerin, OECD ülkelerine göre iki kat kadar daha fazla petrole ihtiyaç duyması, petrol fiyat artışlarının geliştirmekte olan ülke ekonomileri üzerinde yaratacağı yükün anlaşılmasına yardımcı olacaktır. 10\$'lık petrol fiyat artışının Asya ülkelerinin GSYİH'sını %0,8, yüksek derecede borçlu fakir ülkelerin GSYİH'sını %1,6 ve Sub Sahara Afrika ülkelerinin GSYİH'sını ise %3'ten fazla düşüreceği beklenmektedir (International Energy Agency, 2004: 2).

Petrol ithalatçısı geliştirmekte olan bir ülke olarak Türkiye ekonomisi ile enerji piyasaları etkileşimi üzerine yapılan çalışmalardan biri Lise ve Van Montfort (2007)'un yaptığı çalışmadır. Söz konusu çalışmada Türkiye'de enerji tüketimi ile GSYH arasındaki ilişki incelenmiştir. Elde edilen bulgular, GSYH'dan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu, dolayısıyla enerji tasarrufunun ekonomik büyümeyi azaltmayacağı yönündedir. Türkiye'de enerji ve üretim ilişkisini imalat sanayi çerçevesinde ortaya koyan Soytaş ve Sarı (2007) ise, enerji tüketiminin katma değer üzerinde tek yönlü bir nedenselliğe sahip olduğunu, enerji tasarrufunun ve etkinliğinin imalat sanayisinde katma değeri artırıcı bir etkisi olabileceğini ileri sürmektedir.

### **3. Riske Maruz Değer**

Risk, olumsuz bir durumun ifadesi olarak çok uzun zamandır kullanılan bir kavram olmakla beraber, beklenmeyen bir olumsuz sonucun gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanması ve standart sapma istatistiği ile ölçülebilir bir olgu olarak karşımıza çıkması Markowitz (1952)'in ünlü çalışmasının yayınlanması ile söz konusu olmuştur. Ancak standart sapmanın herkes tarafından kolayca anlaşılacak bir ölçüt olmaması ve karşı karşıya kalınabilecek kayıp düzeyinin tutarını belirtmede yetersiz kalması, bir başka risk ölçüsü olan RmD'nin yaygın olarak kullanılmaya başlanmasına neden olmuştur.

RmD, belirli bir zaman aralığında ve belirli bir güven düzeyinde karşılaşılabilecek en yüksek tahmini zarar düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Bu risk ölçüsü, özellikle gerek tek bir varlıkta alınan pozisyon bazında, gerekse portföy bazında hesaplanabilmesiyle fiyat değişimlerinden kaynaklanan piyasa

riskinin hesaplanmasında geniş uygulama alanı bulmaktadır (Gallati, 2003; 363-364). %100(1- $\alpha$ ) güven düzeyinde hesaplanan RmD'nin matematiksel ifadesi aşağıdaki gibi gösterilebilir (Bozkuş, 2005: 28-29):

$$RmD_{\alpha} = -\inf \{x/P[X \leq x] > \alpha\} \quad (1)$$

denklemden yer alan  $RmD_{\alpha}$ , riske maruz değeri;  $X$ , kar ya da zarar düzeyini;  $\alpha$ , kar zarar dağılımının güven düzeyinin hesaplanması için kullanılan alfa değerini ( $0 < \alpha < 1$ ) ve  $[\inf \{x/A\}]$  A olayının  $x$  alt limiti olmak üzere  $[\inf \{x/P[X \leq x] > \alpha\}]$  ise kar zarar dağılımının  $100 - \alpha$  alt limit değerini ifade etmektedir.

RmD hesaplaması, gelecekte ortaya çıkacak fiyat değişimlerinin olasılık dağılımının normal olup olmadığına ve modelde yer alan risk faktörlerinin aralarındaki ilişkinin doğrusallığına bağlı olarak üç farklı yöntemle yapılabilir. Bu yöntemler varyans kovaryans yöntemi, tarihi simülasyon yöntemi ve Monte Carlo simülasyonu yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

Varyans kovaryans RmD yöntemi, Doğrusal RmD, Grek-Normal RmD, Delta Normal RmD, Parametrik RmD veya Delta-Gamma Normal RmD olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntemde riski hesaplanacak olan varlıkların getirilerinin normal dağıldığı varsayılmaktadır. Ancak bu yönüyle varyans kovaryans yöntemi, gerçekte kalın kuyruklu dağılıma sahip varlıkların riskinin hesaplanmasında kullanıldığında yanıltıcı sonuçlar verebilmektedir. Varlık getirilerinin kalın kuyruklu bir dağılıma sahip olması, fiyatlarda meydana gelen değişimlere ait uç değerlerin ya da aşırı yüksek veya düşük getiri oranlarının, normal dağılıma göre daha yüksek bir olasılıkla gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla getiri oranı olasılık dağılımı kalın kuyruklu olan varlıklara yapılan yatırımlarda olağandışı yüksek kayıplarla karşılaşma olasılığı, varsayıldığından daha yüksek olacaktır. (Marrison, 2002: 103-105) Enerji piyasasında getiri oranlarının normal dağılmadığına ve bu nedenle varyans kovaryans RmD yönteminin yanıltıcı sonuçlar verebileceğine ilişkin çalışmalara örnek olarak Thain (2000) ve Clewlow, Strickland ve Kaminsky (2000)'nin çalışmaları verilebilir. Bu amaçla, kalın kuyruk özelliğinin dikkate alındığı yöntemlerin kullanılmasına ilişkin çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Hung, Lee ve Liu (2008)'nin GARCH-HT modeli bu çalışmalara örnek olarak verilebilir.

Parametrik olmayan RmD olarak da adlandırılan Tarihi Simülasyon RmD yönteminde ise, varlığın geçmiş fiyat değişimleri hesaplanmakta ve cari dönemdeki fiyata bu tarihi fiyat değişimlerinin eklenmesiyle çok sayıda senaryo elde edilmektedir. Elde edilen senaryolarla hesaplanan tahmini varlık değerlerinin olasılık dağılımının türetilmesinden sonra ortaya çıkan dağılımın içinde en olumsuz %1, %5 ya da %10'luk uç değerler sırasıyla %99, %95 ya da %90 güven düzeyinde hesaplanan RmD'ler olarak elde edilmektedir. Bu yöntem, varyans kovaryans yönteminde olduğu gibi bir normal dağılım varsayımı yapılmaması nedeniyle daha avantajlı bir yöntem olarak değerlendirilebilir. Ancak senaryoların yalnızca geçmişte yaşanmış fiyat değişimlerine bağlı olarak üretilmesi, gelecekte ortaya çıkması muhtemel şokların etkilerinin öngörülememesine neden olabilmektedir (Marrison, 2002: 116-118). Yöntemin dezavantajı ise, zımnî olarak varlık için beklenen getiri dağılımının, senaryoların oluşturulmasında kullanılan geçmiş verilerin dağılımının aynısı olacağına varsayılması olarak açıklanabilir (Manganelli ve Engle, 2001:10).

RmD hesaplama yöntemlerinden üçüncüsü olan Monte Carlo simülasyonu yöntemi, riski hesaplanacak varlığın getiri oranlarına ait gerçekleşen olasılık dağılımına bağlı olarak çok sayıda rassal senaryonun üretilmesine dayalı bir yöntemdir. Yöntem, varlığa ait geçmiş verilerin dağılımının aynısını sağlayan çok sayıda rassal verilerin oluşturulması sonucu elde edilen senaryolar arasından en yüksek %1, %5 ya da %10'luk uç değere denk gelen kayıp düzeyini RmD olarak belirlemektedir. Bu yöntemin başlıca avantajı, getirilerin normal dağıldığına dair kısıtlayıcı bir varsayımda bulunmayarak veriye ait gerçek dağılıma ait çok sayıda senaryo üretilebilmesidir. Diğer bir avantaj ise, çok sayıda senaryonun üretilebilmesi sonucu varlık fiyatlarında meydana gelebilecek olası olağanüstü değişimlerin de risk hesaplamasına dahil edilebilmesidir (Marrison, 2002: 118).

Enerji sektöründe risk yönetimi ve risk ölçümü konusu ile ilgili çalışmalarda, enerji piyasasının kendine özgü özelliklerinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Fiziksel bir ürün olarak enerji, ulaştırma, stoklama, hava koşulları, teknoloji, kısa vadeli arz talep dengesizlikleri, fiyatlarda ortalamaya geri dönüş etkisinin güçlü olması, düşük likidite, piyasanın bölünmüşlüğü, fiyat sıçramaları, normal olmayan dağılım ve aşırılıklar, yüksek

ve istikrarsız değişkenlik, standart olmayan sözleşmeler ve yüksek karşı taraf riski gibi özelliklere sahiptir. Dolayısıyla tüm bu özelliklerin de risk yönetiminde göz önüne alınması gereklidir (Khindanova ve Atakhanova, 2002: 226-227).

Son yıllarda enerji sektöründe risk ölçümünü konu alan ve farklı yöntemlerle RmD yaklaşımları ile çeşitli enerji ürünlerine ait piyasa riskinin ölçümüyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak Khindanova ve Atakhanova (2002), RmD hesaplamasında durağan modelleme yönteminin enerji ürünlerinin getiri oranlarındaki asimetri ve kalın kuyruk problemlerine karşı başarıyla kullanılabileceğini ileri sürmüştür. Cabedo ve Moya (2003) ile Sadeghi ve Shavvalpour (2006), ise ham petrol riskinin ölçümünde, tarihi simülasyon ARMA modellemesi ile tahmin edilen RmD'nin, GARCH modeli ile tahmin edilen RmD'den daha üstün bir performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Bir başka çalışmada Giot ve Laurent (2003), skewed student APARCH yönteminin ham petrol yanında metal ürünlerinin piyasa riskinin ölçümünde başarılı sonuç verdiğiğine dair bulgular elde etmiştir. Diğer yandan Sadorsky (2006) ise TGARCH yönteminin kalorifer yakıtı ve doğalgaz, GARCH yönteminin ise ham petrol ve kurşunsuz benzin volatilitesinin modellenmesinde etkin olduğu ve parametrik olmayan RmD yaklaşımlarının enerji sektöründe risk ölçümü için daha başarılı olduğu sonuçlarına varmıştır. Costello, Asem ve Gardner (2008)'in çalışması ise ham petrol riskinin tahmininde yarı parametrik GARCH yönteminin tarihi simülasyon ARMA yöntemine göre daha başarılı olduğunu göstermektedir. Hung, Lee ve Liu (2008) ham petrol, kalorifer yakıtı, propan ve benzin verilerini kullanarak yaptığı çalışmada söz konusu ürünlerin getiri oranı dağılımlarındaki kalın kuyruk özelliğini dikkate alan GARCH-HT yönteminin diğer GARCH yöntemlerine göre düşük ve yüksek güven düzeylerinde daha başarılı olduğu sonucuna varmıştır.

Bu çalışmada ise diğer çalışmalardan farklı olarak Monte Carlo Simülasyonu yöntemiyle tahmin edilen RmD yaklaşımının, petrol piyasasında karşılaşılan riskin ölçümünde uygulanması ve risk ölçüm performansının ortaya konulması amaçlanmaktadır. Böylelikle gerek makro ekonomik karar alıcıların, gerekse petrolü bir girdi olarak kullanan işletme yöneticilerinin enerji fiyatlarından kaynaklanan riskleri yönetmekte kullanabilecekleri bir araç olarak

Monte Carlo Simülasyonu yöntemiyle RmD uygulamasının gerçekleştirilmesi ve risk yönetiminin öneminin vurgulanması amaçlanmaktadır.

#### 4. Petrol Piyasasında Monte Carlo Simülasyonu Yöntemiyle RmD

Bu çalışmada, Monte Carlo Simülasyonu yöntemiyle hesaplanan RmD'lerin ham petrol fiyatlarındaki değişimlerden kaynaklanan riskleri etkin bir şekilde tahmin edebileceği hipotezi sınanmaktadır. Bunun için ilk önce çalışmada kullanılan veri seti ve örnek dönem açıklandıktan sonra, çalışmada uygulanan yöntem açıklanacak, daha sonra ise elde edilen bulgular değerlendirilecektir.

##### 4.1. Veriler

Bu çalışmada kullanılan veriler, Enerji Bilgi İdaresi (Energy Information Administration: EIA)'nin yayınladığı<sup>2</sup> 10/01/1997-16/05/2008 tarihleri arasındaki haftalık ham petrol varil fiyatlarıdır. Söz konusu fiyatlar, tüm üretici ülkelerin tahmini petrol ihracatı hacmine göre ağırlıklandırılmış FOB spot fiyatları ortalamasıdır. Ham petrol fiyatlarından türetilen getiri oranları ise, ardışık haftalık fiyat verilerinin birinci logaritmik farkları olarak hesaplanmıştır. Örnek dönem içinde ham petrol getiri oranlarına ait özet istatistikler Tablo 1'de yer almaktadır.

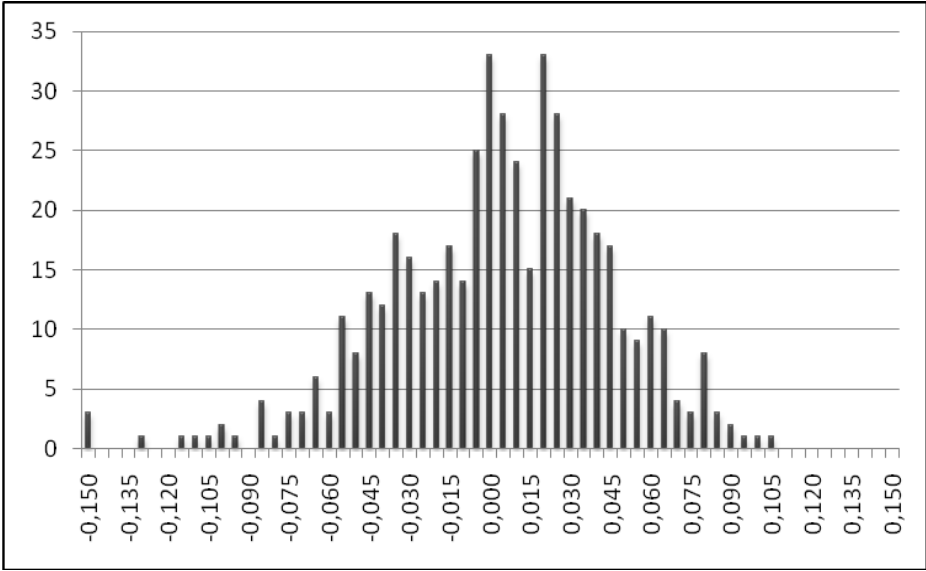
**Tablo 1:** Ham petrol haftalık getiri oranlarına ait özet istatistikler

Dönem	17/01/1997-16/05/2008
Gözlem sayısı	592 hafta
Ortalama	0,0027
Medyan	0,0034
Maksimum	0,1760
Minimum	-0,1702
Standart Sapma	0,0404
Çarpıklık	-0,4235
Basıklık	4,3516
Jarque Bera İstatistiği (Prob.)	62,75 (0,0000)

<sup>2</sup> Bkz.: [http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_wco\\_k\\_w.htm](http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_wco_k_w.htm)

Tablo 1’de yer alan çarpıklık istatistiği incelendiğinde, değerin negatif olduğu, diğer bir deyişle getiri oranı dağılımının simetrik olmadığı, uzun sol kuyruklu olduğu görülmektedir. Basıklık değeri ele alındığında ise istatistiğin 3’ten büyük olduğu, diğer bir deyişle getiri oranı dağılımının kalın kuyruklu olduğu söylenebilir. Çarpıklık ve basıklık istatistiklerinden elde edilen bulgular, Jarque-Bera test istatistiğinden elde edilen bulgularla da desteklenmekte, sonuçlar, ham petrol fiyatlarından türetilen değişim oranlarının dağılımının normal dağılıma uymadığını teyit etmektedir. Getiri oranlarının sıklık dağılımı ise Şekil 2’de yer almaktadır.

**Şekil 2:** Ham petrol haftalık getiri oranlarının sıklık dağılımı



Ham petrol getiri oranlarının normal dağılıma sahip olmamasının tespiti, risk hesaplamasında normal dağılım varsayımı yapan yöntemlerin yanıltıcı sonuçlar verebileceğini değerlendirme konusunda önemlidir. Dolayısıyla ham petrol verilerinin normallik varsayımı yapmayan bir yöntem olan Monte Carlo simülasyonu ile RmD’nin ölçülmesinin uygun olabileceği söylenebilir.

## 4.2. Yöntem: Monte Carlo Simülasyonu

Simülasyon, bir sistemin direkt olarak kendisi üzerinde denemeler yapmak yerine sistemin bir modelinin oluşturularak analizlerin model üzerinde gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir (Foster ve Arthur, 1982). Monte Carlo simülasyonu yöntemi ise kısaca, belirli bir sistemin modellenerek veri üretilmesi süreci olarak tanımlanabilir (Mansfield, 1994:256).

Monte Carlo simülasyonu yöntemi ilk olarak, iki matematikçi olan von Neumann ve Ulam tarafından 1944 yılında geliştirilmiş, daha sonra ise Metropolis ve Ulam (1949)'ın çalışmasıyla birlikte sistematik bir çerçeveye oturtulmuştur. Yöntemin bu ismi almasının nedeni, kumarhane kenti Monte Carlo'ya ithafen, ruletin "rassal sayı üretmenin" en basit yollarından biri olmasından kaynaklanmaktadır. Rassal sayı üretimine dayalı olan yöntemin çok çeşitli tanımları arasından Halton (1970)'un yaptığı tanım Monte Carlo simülasyonunu şu şekilde tarif etmektedir: bir problemin çözümünün, hipotetik bir ana kütleyle ait bir parametre olarak tasvir edilmesi ve ana kütleyle ait örneklemin üretilmesinde rassal sayıların kullanılmasıyla parametreye ait istatistiksel tahminin yapılmasıdır. Diğer yandan James (1980), çok daha geniş bir tanım yapmakta, bir problemin çözümünde rassal sayıların kullanıldığı herhangi bir yöntemi, Monte Carlo simülasyonu olarak tanımlamaktadır. (Elishakoff, 2003:753) Dolayısıyla Monte Carlo simülasyonunun birinci özelliği, problem çözümü için bir modelleme yapılması, ikinci özelliği ise rassal sayıların üretilmesi yoluyla çözüme gidilmesi olarak açıklanabilir.

Bu çalışmada, petrol fiyatlarındaki riskin Monte Carlo simülasyonu ile RmD yöntemiyle ölçülebilmesi için 10/01/1997-16/05/2008 tarihleri arasındaki 593 haftalık ham petrol fiyatları kullanılmıştır. Söz konusu veriler, iki ayrı döneme ayrılmıştır. Tahmin dönemi olarak adlandırılan ilk dönem 17/01/1997-16/06/2006 tarihleri arasındaki dönemi kapsamakta ve petrol fiyatlarından hesaplanan getiri oranlarının dağılım özelliklerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Rassal sayı üretilmesi yoluyla simülasyonun gerçekleştirileceği dağılım özellikleri bu dönemden elde edilmektedir. Geri kalan 100 haftalık dönem (23/06/2006-16/05/2008) ise test dönemi olarak adlandırılmakta ve RmD

tahminlerinin gerçekleşen kayıplarla karşılaştırılarak yöntemin ne derecede başarılı olduğunun sınanması için kullanılmaktadır<sup>3</sup>.

Bu çalışmada kullanılan yöntemin ilk aşamasında, tahmin dönemine ait 492 haftalık getiri oranının istatistiksel dağılımı çıkarılmıştır. Elde edilen dağılımın özelliklerine bağlı olarak rassal sayı üretme yöntemiyle 5000 iterasyon yapılmış ve elde edilen 5000 adet rassal getiri oranı serisinin ortalaması alınarak yeni bir getiri oranı serisi elde edilmiştir. Oluşturulan seri 100 adet kantile ayrılarak dağılımın sol tarafında kalan ilk %1, %5 ve %10'luk uç değerler fiyat düşüşleri nedeniyle karşılaşılabilecek riskin ölçülmesi için, dağılımın sağ tarafında kalan %1, %5 ve %10'luk uç değerler ise fiyat artışları nedeniyle karşılaşılabilecek riskin ölçülmesi için hesaplanmıştır. Söz konusu uç değerlere denk gelen getiri oranları, test döneminin başladığı haftadan bir hafta önceki petrol fiyatına uygulanarak test döneminin birinci haftasındaki RmD'nin hesaplanmasında kullanılmıştır. Bir sonraki hafta için RmD'lerin hesaplanması ise tahmin döneminin ilk verisi çıkarılıp, test döneminin ilk haftasındaki veri eklenerek, pencere uzunluğu 492 olarak sabit kalmak üzere elde edilen yeni veri setinin olasılık dağılımının çıkarılması ve bu dağılımın özelliklerine sahip 5000 adet rassal seri üretilmesi ile aynı yöntemin uygulanması yoluyla elde edilmiştir. Yöntem, pencere uzunluğu her defasında bir hafta kaydırılarak sabit tutulmak üzere test döneminin tamamı için toplam 100 kez tekrarlanmış ve tüm test dönemi için %99, %95 ve %90 güven düzeylerinde RmD'ler hesaplanmıştır.

### 4.3. Bulgular

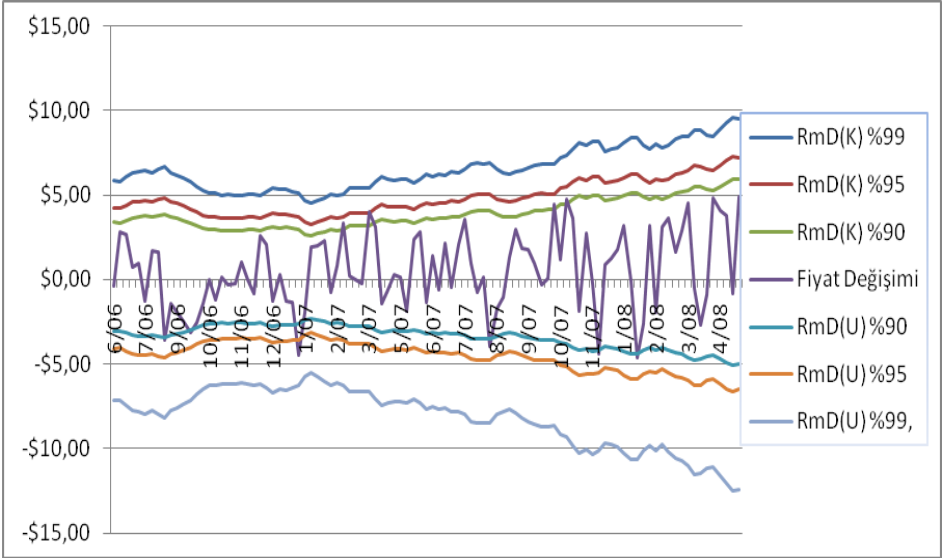
Her ne kadar enerji ithal eden ülkeler ve üretimde girdi olarak kaçınılmaz bir şekilde enerjiye ihtiyaç duyan işletmeler için enerji fiyat artışı, bir risk kaynağı olsa da, enerji üreten işletmeler ve enerji ihracatçısı ülkeler için fiyat düşüşleri, bir risk unsuru olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla bu çalışmada risk kavramı, petrol ihracatçısı ülkeler ya da uzun pozisyon sahibi işletmeler/yatırımcılar için petrol fiyatlarındaki düşüş olarak değerlendirilirken, petrol ithalatçısı ülkeler ya da petrolde kısa pozisyon sahibi işletmeler /yatırımcılar için petrol fiyatlarındaki artış şeklinde değerlendirilmektedir.

<sup>3</sup> Yazılan Monte Carlo simülasyonu kodu için Yrd. Doç. Dr. Mehmet Hakan Satman'a teşekkür ederiz.



Monte Carlo simülasyonu yöntemi ile fiyat artışları ve fiyat düşüşleri için tahmin edilen %99, %95 ve %90 güven düzeyindeki RmD'ler ve test dönemi boyunca gerçekleşen fiyat değişimleri Şekil 3'te gösterilmektedir.

Şekil 3: Gerçekleşen fiyat değişimleri ve RmD tahminleri



Şekil 3'te yer alan RmD(K) %99; %99 güven düzeyinde tahmin edilen en yüksek fiyat artışlarından hareketle ham petrolde kısa pozisyon sahipleri için risk düzeyini göstermektedir. Diğer yandan RmD(U) ise petrolde uzun pozisyon sahibi olan taraflar için tahmin edilen risk düzeylerini göstermektedir. Buna göre bu çalışmada yer alan RmD(U) %99; %99 güven düzeyinde tahmin edilen en yüksek fiyat düşüşünden hareketle hesaplanan fiyat riskini göstermektedir.

Şekil 3'te yer alan bulgular, test dönemi boyunca gerek yükseliş yönünde gerekse düşüş yönünde gerçekleşen fiyat değişimlerinin tümünün %99 düzeyinde tahmin edilen RmD'lerden daha düşük olduğunu göstermektedir. Ancak %95 ve %90 güven düzeyleri için tahmin edilen RmD'lerin tamamı, gerçekleşen fiyat değişimlerinden daha düşük değildir.

RmD, belirli bir zaman aralığında, belirli bir güven düzeyinde yatırımcının karşılaşacağı maksimum zarar tutarı olarak tanımlandığına göre, %99 (%95 ya da %90) güven düzeyi için hesaplanan RmD'lerin gerçekleşen kayıplardan daha yüksek gerçekleşme olasılığı %1 (%5 ya da %10)'den daha az olmalıdır. Dolayısıyla belirli bir dönemde, belirli bir ürün için RmD hesaplama yönteminin başarısı, gerçekleşen kayıpların yüzde kaçının tahmin edilen RmD'den daha yüksek olduğunun hesaplanmasıyla ilişkili olacaktır. Bu amaçla Hung, Lee ve Liu (2008)'nin binary kayıp fonksiyonu olarak adlandırılan performans ölçüsünden yararlanılabilir. Binary kayıp fonksiyonu matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilir (Hung, Lee ve Liu, 2008: 1178-1179):<sup>4</sup>

$$\text{Kısa pozisyon için: } BK_t = \begin{cases} 1, & \text{if } \Delta P_t > RmD_t(K) \\ 0, & \text{if } \Delta P_t \leq RmD_t(K) \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{Uzun pozisyon için: } BK_t = \begin{cases} 1, & \text{if } \Delta P_t < RmD_t(U) \\ 0, & \text{if } \Delta P_t \geq RmD_t(U) \end{cases} \quad (3)$$

$BK_t$ , t zamanında hesaplanan binary kayıp fonksiyonu;  $\Delta P_t$ , t zamanında gerçekleşen fiyat değişimi ve  $RmD_t$  ise t zamanındaki riske maruz değerdir. RmD'nin hesaplandığı güven düzeyleri (alfa değerleri) ile kıyaslanacak binary kayıp fonksiyonunun ortalaması [ $ort(BK_t)$ ] ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$ort(BK_t) = \frac{\sum_{t=1}^n BK_t}{n} \quad (4)$$

Binary kayıp fonksiyonu ile test dönemi içinde tahmin edilen RmD'lerin, gerçekleşen fiyat değişimleri ile karşılaştırılmasıyla yüzde kaçının RmD'den daha yüksek gerçekleştiğinin hesaplanması, diğer bir deyişle beklenmeyecek kadar yüksek kayıpların ortaya çıkma sıklığının hesaplanması, RmD tahmin yönteminin başarısının yalnızca bir yönünü ortaya koyacaktır. Böyle bir performans ölçüsünün, RmD'nin öngöremediği zararların büyüklüğünü ortaya koymaması, bir başka performans ölçüsünün de kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Öngörülemeyen kayıp tutarının büyüklüğünün de RmD

<sup>4</sup> Hung, Lee ve Liu (2008)'in çalışmasında binary kayıp fonksiyonu yalnızca uzun pozisyonda olan yatırımcı için hesaplanmıştır.

performansının ölçülmesinde hesaba katılması, kuadratik kayıp fonksiyonunun hesaplanması ile mümkün olmaktadır. Kuadratik kayıp fonksiyonu ( $KK_t$ ) ise şu şekilde hesaplanmaktadır (Hung, Lee ve Liu, 2008: 1178-1179)<sup>5</sup>:

$$\text{Kısa pozisyon için: } KK_t = \begin{cases} 1 + (\Delta P_t - RmD_t(K))^2, & \text{if } \Delta P_t > RmD_t(K) \\ 0, & \text{if } \Delta P_t \leq RmD_t(K) \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{Uzun pozisyon için: } KK_t = \begin{cases} 1 + (\Delta P_t - RmD_t(U))^2, & \text{if } \Delta P_t < RmD_t(U) \\ 0, & \text{if } \Delta P_t \geq RmD_t(U) \end{cases} \quad (6)$$

Kuadratik kayıp fonksiyonunun ortalaması [ $ort(KK_t)$ ] ise aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$ort(KK_t) = \frac{\sum_{t=1}^n KK_t}{n} \quad (7)$$

Tahmin edilen RmD'lerin performanslarının değerlendirilmesi için hesaplanan binary ve kuadratik kayıp fonksiyonlarının ortalamaları Tablo 2'de yer almaktadır.

**Tablo 2:** Monte Carlo Simülasyonu Yöntemiyle tahmin edilen RmD'lerin performansı (23/06/2006-16/05/2008: Test Dönemi)

	RmD(K) %99	RmD(K) %95	RmD(K) %90	RmD(U) %99	RmD(U) %95	RmD(U) %90
$ort(BK_t)$	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01	0,06
$ort(KK_t)$	0,0000	0,0101	0,0510	0,0000	0,0188	0,0995

Elde edilen bulgular, tüm RmD'ler için  $ort(BK_t)$  değerlerinin hesaplandıkları güven düzeyleri için  $\alpha$  (=1-güven düzeyi) değerlerinden daha düşük olduğunu göstermektedir. Diğer bir deyişle ham petrol fiyatlarındaki risk düzeyinin hesaplanması için Monte Carlo simülasyonu yöntemiyle farklı güven düzeyleri için test döneminde hesaplanan 100'er adet RmD ile gerçekleşen fiyat değişimleri karşılaştırıldığında, gerçekleşen tüm fiyat değişimlerinin RmD tarafından öngörülen maksimum değerinden daha fazla olanlarının sayısı,  $\alpha$

<sup>5</sup> Binary kayıp fonksiyonu için yapılan düzenleme, kuadratik kayıp fonksiyonu için de yapılmıştır.

düzeyinden daha fazla değildir. Dolayısıyla Monte Carlo simülasyonu yönteminin RmD tahmininde başarılı bir yöntem olduğu söylenebilir.

Yöntemin, fiyat artışlarından kaynaklanan kısa pozisyon riski ile fiyat düşüşlerinin uzun pozisyona sahip olan taraflara doğuracağı riski öngörmedeki performansı incelendiğinde ise, gerçekleşen fiyat değişimlerinin hiçbirinin %99 güven düzeyinde tahmin edilen tüm RmD'lerden daha yüksek olmadığı görülmektedir. Diğer bir deyişle %99 güven düzeyinde uzun ve kısa pozisyonlar için hesaplanan RmD'lerin öngöremediği düzeyde bir risk gerçekleşmemiştir.

%95 güven düzeyinde tahmin edilen RmD'ler incelendiğinde ise, her iki yönde öngörülen fiyat değişimlerinden daha yüksek düzeyde gerçekleşen fiyat değişimi sayısının 100 hafta içinde yalnızca 1'er hafta olduğu görülmektedir. Ancak, bu durum, %90 güven düzeyi için geçerli değildir. Test dönemi içinde kısa pozisyon sahipleri için petrol fiyatlarındaki artışlardan kaynaklanan kayıp, RmD'nin %90 güven düzeyinde öngördüğü en yüksek kayıp düzeyinden dört kez daha fazla gerçekleşmiştir. Oysaki aynı 100 haftalık dönemde gerçekleşen fiyat düşüşlerinden altısı, fiyat düşüşlerinin, uzun pozisyon sahipleri için yaratacağı riskin %90 güven düzeyinde öngörülmesi için hesaplanan RmD(U) %90 değerlerinden daha yüksek gerçekleşmiştir. Dolayısıyla ele alınan dönemde bu yöntemle tahmin edilen RmD'nin fiyat yükselişleri için daha etkin bir sonuç verdiği söylenebilir. Uzun pozisyon ile kısa pozisyon için meydana gelen bu asimetric durum, petrol fiyatlarının yükseliş ve düşüş yönündeki değişim şiddetlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

Diğer yandan, RmD'nin öngördüğünden daha yüksek bir kaybın gerçekleşmesi durumunda karşılaşılan kayıp tutarının büyüklüğü, diğer bir deyişle RmD'nin riski öngörmedeki yetersizliğinin şiddeti  $ort(KK_t)$  istatistiği ile değerlendirilebilir. Gerek uzun, gerekse kısa pozisyonlar için %99 güven düzeyinde tahmin edilen RmD'lerin tümü test dönemi içinde gerçekleşen fiyat değişimlerinden daha yüksek düzeyde olduklarından,  $ort(KK_t)$  istatistiği 0 olarak hesaplanmıştır. Öngörülemeyen kayıp sayısına bağlı olarak %95 ve %90 güven düzeylerinde hesaplanan  $ort(KK_t)$  istatistiklerinin büyüklüğü de değişmektedir. Doğal olarak %90 güven düzeyindeki değerler, % 95 güven düzeyi için hesaplanan istatistiklerden daha yüksek bir seviyededir. Ayrıca, her iki güven düzeyinde de kısa pozisyon için tahmin edilen RmD'den türetilen  $ort(KK_t)$  istatistiklerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, bu

performans kriterine göre de incelenen dönem içinde Monte Carlo simülasyonu yöntemi ile tahmin edilen RmD'nin kısa pozisyon için daha başarılı olduğu söylenebilir.

## 5. Sonuç

Mal ve hizmet üretiminin sürdürülebilmesi ve ekonomik büyümenin sürekli kılınabilmesi için üretim sürecinin en önemli girdilerinden olan enerjinin istikrarlı olarak sağlanması gerekmektedir. Günümüzde en yoğun olarak kullanılan enerji kaynakları petrol ve dolayısıyla petrole dayalı ürünlerdir. Petrolün ekonomik açıdan sahip olduğu stratejik önem, politik önemini de beraberinde getirmekte ve petrol fiyatları yalnızca ekonomik gereksiniminden değil aynı zamanda siyasi manevralardan da etkilenmektedir.

Ekonomi literatüründe çok çeşitli çalışmalar tarafından farklı yönleri ortaya konulan petrol fiyatlarındaki değişimin ekonomi üzerinde yarattığı etkilerden hareketle, söz konusu fiyat değişimlerinin yaratacağı risklerin öngörülmesi, hesaplanması ve yönetilmesi sorunu gerek makro politikaları belirleyen otoriteler, gerekse mikro düzeyde işletmeler tarafından oldukça önemlidir. Riskin yönetilmesi kavramı içinde en önemli unsurlardan biri ise riskin ölçülmesidir. Özellikle son yıllarda, RmD yaklaşımı farklı modelleme yöntemleriyle riskin ölçülmesinde oldukça yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu çalışmada da petrol fiyatlarından kaynaklanan riskin tahmin edilmesinde Monte Carlo simülasyonu yöntemiyle RmD yaklaşımı uygulanmıştır.

Çalışmada 10/01/1997 – 16/05/2008 tarihleri arasında yer alan haftalık ham petrol fiyatları kullanılmaktadır. Tahmin dönemine (10/01/1997 – 16/06/2006) dayalı olarak gerçekleştirilen simülasyon sonuçları, test dönemine (23/06/2006-16/05/2008) uygulandığında elde edilen bulgular, ham petrol fiyatlarındaki değişimlerden kaynaklanan riskin ölçümünde Monte Carlo simülasyonuna göre tahmin edilen RmD'nin, hesaplandığı güven düzeyleri ile ilgili olarak beklenen sonuçları verdiği yönündedir. Uygulamada, test dönemi süresince RmD'nin öngördüğünden daha fazla gerçekleşen fiyat değişimlerinin yüzdesinin,  $\alpha$  düzeylerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Ancak fiyat yükselişleri ile fiyat düşüşleri açısından karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, petrol fiyatları için Monte Carlo simülasyonu yöntemi ile RmD'nin

performansının söz konusu test döneminde, fiyat yükselişlerinden kaynaklanan risklerin ölçümünde daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Elde edilen bulgular, model riskini ve zaman serilerindeki kalın kuyruk problemini ortadan kaldıran Monte Carlo simülasyonu ile RmD hesaplamasının, başarılı olduğu ve gerek makro politika belirleyiciler, gerekse işletmeler için petrol fiyatlarındaki değişimlerden kaynaklanan risklerin öngörülmesinde ve yönetilmesinde kullanışlı bir araç olacağı yönündedir.

### KAYNAKLAR

- Alvarez-Ramirez, Jose, Jesus Alvarez ve Eduarda Rodriguez (2008), "Short-term Predictability of Crude Oil Markets: A Detrended Fluctuation Analysis Approach", **Energy Economics**, Vol.30, pp.2645-2656.
- Basher, Syed A. ve Perry Sadorsky (2006), "Oil Price Risk and Emerging Stock Markets", **Global Finance Journal**, Vol:17, ss.224-251.
- Bernanke, B.S., M.Gettler ve M.Watson (1997), "Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks", **Brookings papers on Economic Activity**, Vol.1, pp.91-142.
- Bohi, D.R. (1991), "On the Macroeconomic Effects of Energy Price Shocks", **Resources and Energy**, Vol.13, pp.145-162.
- Bozkuş, Sezer (2005), "Risk Ölçümünde Alternatif Yaklaşımlar: Riske Maruz Değer (Var) ve Beklenen Kayıp (ES) Uygulamaları", **D.E.Ü.İ.B.F.Dergisi**, Cilt: 20, Sayı:2, ss.27-45.
- Brown, S.P.A. ve M.K. Yücel (2002), "Energy Prices and Aggregate Economic Activity: An Interpretative Survey", **Quarterly Review of Economics and Finance**, Vol.42, ss.459-484.
- Cabedo, J.D. ve I.Moya (2003), "Estimating Oil Price Value at Risk Using the Historical Simulation Approach", **Energy Economics**, Vol.25, pp.527-539.
- Clewlow, L., C.Strickland ve V.Kaminsky (2000), "Which VaR for Energy Derivatives?" **Energy and Power Risk Management**, Ekim.
- Cogni, Alessandro ve Matteve Manera (2006), "The Asymmetric Effects of Oil Shocks on Output Growth: A Markov-Switching Analysis for the G-7 Countries", **The Fondazione Eni Enrico Mattei Note di Lavoro Series Index**: <http://www.feem.it/Feem/Pub/Publications/WPapers/default.htm>
- Costello, Alexandra; Ebenezer Asem ve Eldon Gardner (2008), "Comparison of historically simulated VaR: Evidence from oil prices", **Energy Economics**, Vol. 30, No.5.

- Elekdağ, Selim, Rene Lalonde, Douglas Laxton, Dirk Muir ve Paolo esenti (2008), “Oil Price Movements and the Global Economy: A Model-Based Assessment”, **IMF Staff Papers**, Vol.55, No.2, pp.297-311.
- Elishakoff, I (2003), “Notes on Philosophy of the Monte Carlo Method”, **International Applied Mechanics**, Vol.39, No.7, pp.753-762.
- Ercan M. Kamil (1996), **Uluslararası Petrol Arama ve Üretim Yatırımlarının Yapısı ve Finansal Yönden İncelenmesi**, Ankara: Turkish Petroleum International Company Limited Yayıncılık, Eğitim Yayın No:1.
- Federer, J.P. (1996), “Oil Price Volatility and the Macroeconomy: A Solution to the Asymmetry Puzzle”, **Journal of Macroeconomics**, Vol:18, ss.1-16.
- Foster, D. ve G.Arthur (1982), “Average Neutronic Properties of Prompt Fission Products”, Los Alamos National Laboratory Report LA-9168-MS.
- Gallati, Reto (2003), **Risk Management and Capital Adequacy**, McGraw-Hill, New York.
- Giot, P. ve S.Laurent (2003), “Market Risk in Commodity Markets A VaR Approach”, **Energy Economics**, Vol.25, pp.435-457.
- Gisser, Micha ve Thomas H. Goodwin (1986), “Crude Oil and the Macroeconomy: Tests of Some Popular Notions”, **Journal of Money, Credit and Banking**, Vol.18, pp.95-103.
- Halton, I.H. (1970), “A Retrospective and Prospective Survey of the Monte Carlo Simulation”, **SIAM Review**, Vol.12, No.1, pp.1-36.
- Hamilton, James (1983) “Oil and the Macroeconomy since World War II”, **Journal of Political Economy**, Vol.91, No.2, pp.228-248.
- Hamilton, James (1996) “This is What Happened to the Oil Price-Macroeconomy Relationship”, **Journal of Monetary Economics**, Vol.38, No.2, pp.215-220.
- Hamilton, James (2003) “What is an Oil Shock?”, **Journal of Econometrics**, Vol.113, pp.363-398.
- Hung, Jui-Cheng, Ming-Chih Lee ve Hung-Chun Liu (2008), “Estimation of Value-at-risk for Energy Commodities via Fat-Tailed GARCH Model”, **Energy Economics**, Vol.30, ss.1173-1191.
- International Energy Agency, (2004), “Analysis of the Impact of High Oil Prices on the Global Economy”, Mayıs.
- James, F. (1980), “Monte Carlo Theory and Practice”, **Reports on Progress in Physics**, Vol.43, pp.1145-1189.
- Khindanova, Irina ve Zauresh Atakhanova (2002), “Stable Modeling in Energy Risk Management”, **Mathematical Methods of Operations Research**, Vol.55, pp.225-245.
- Lardic, Sandrine ve Valerie Mignon (2008), “Oil Prices and Economic Activity: An Asymmetric Cointegration Approach”, **Energy Economics**, Vol: 30, ss.847-855.
- Lise, Wietze ve Kees Van Montfort (2007), “Energy Consumption and GDP in Turkey: I there a Co-integration Relationship?”, **Energy Economics**, Vol.29, pp.1166-1178.
- Manganelli, By Simone ve Robert F. Engle (2001), “Value at Risk Models in Finance”, **European Central Bank working paper series**, working paper no.75.

- Mansfield, E. (1994), **Statistics for Business and Economics**, 5th Edt., Norton Company, NewYork.
- Markowitz, Harry (1952), "Portfolio Selection", **Journal of Finance**, Vol.7, No.1, pp.47-62.
- Marrison, Chris (2002), **The Fundamentals of Risk Measurement**, MacGraw-Hill, Boston.
- Metropolis, N.M. ve S.Ulam (1949), "The Monte Carlo Method", **Journal of American Statistical Association**, Vol.44, No.247, pp.385-391.
- Mory, F.J. (1993), "Oil Prices and Economic Activity: Is Relationship Symmetric?", **Energy Journal**, Vol: 14, ss.151-161.
- Olsen, O. ve H. Mysen (1994), "Macroeconomic Responses to Oil Price Increases and Decreases in Seven OECD Countries", **Energy Journal**, Vol: 15, ss.19-35.
- Sadeghi, Mehdi ve Saeed Shavvalpour (2006), "Energy Risk Management and Value at Risk Modelling", **Energy Policy**, Vol.34, ss.3367-3373.
- Sadorsky, P. (1999), "Oil Price Shocks and Stock Market Activity", **Energy Economics**, Vol:21, No:5, ss.449-488.
- Sadorsky, P. (2006), "Modeling and Forecasting Petroleum Future Volatility", **Energy Economics**, Vol.28, pp.467-488.
- Soytas, Ugur ve Ramazan Sarı (2007), "The Relationship between Energy and Production: Evidence from Turkish Manufacturing Industry", **Energy Economics**, Vol.29, pp.1151-1165.
- Thain, G. (2000), "Energy Risk Management", **The Professional's Handbook of Financial Risk Management**, Mare Lore ve Lev Borodovsky (ed.), Butterworth-Heinemann.