

# VADELİ TÜREV POZİSYONLARINDA RİSKE MARUZ DEĞER (RMD) MODELİ İLE RİSK LİMİTLEMESİ

**Dr.K.Evren BOLGÜN – O.Serhan ÇOKAKLI**  
İş Yatırım Menkul Değerler A.Ş. | Risk Yönetimi Müdürlüğü  
İş Kuleleri Kule-2 Kat:12 4.Levent İstanbul  
[ebolgun@isyatirim.com.tr](mailto:ebolgun@isyatirim.com.tr) | [scokakli@isyatirim.com.tr](mailto:scokakli@isyatirim.com.tr)

Finansal kurumların 1990'lı yılların başlarından itibaren karşılaştıkları risklerden korunma amacı ile geliştirdikleri yapılandırılmış finansal ürünler, beraberinde alınan risklerin dinamik yöntemler ile ölçüm ihtiyacını da getirmiştir. Bu çalışma kapsamında da VOB'nda alınan vadeli döviz kontratları üzerinden hesaplanan RMD sonuçlarının kurum sermayesi ile ilişkilendirilmesi sureti ile risk limitlendirilmesi konusu incelenmektedir. Sermaye ile ilişkilendirilen RMD oranlarının belirli bir maksimum eşik değer üzerinden uygulanması gerekmektedir.

Riske maruz değer modelleri (RMD), risk yönetimi konsepti içerisinde son derece önemli yeri olan uygulamalardır. Finansal risklerin ve belirsizliklerin ölçülmesinde kullanılan RMD modelleri, finansal piyasalarda faaliyet gösteren tüm kurum ve kişiler için üstlenilen riskin boyutunu anlamada bir ölçüm birimi olarak görülmektedir. Bank for International Settlement, çalışmalarında ve önerilerinde piyasa risklerinin ölçümlerinde içsel RMD modelleri kullanılmasının gerçek risk boyutunu belirlemede en etkili yöntem olduğunu vurgulanmaktadır. Parametrik, Tarihsel Simülasyon ve Monte Carlo RMD modelleri finansal kurumlarca ve denetim gözetim otoritelerince kabul görmüş en yaygın olarak kullanılan piyasa riski ölçüm modelleridir.

### 1. Riske Maruz Değer (Value-At-Risk)

Riske maruz değer, finansal piyasalarda belli bir güven aralığında, belli bir dönem içinde meydana gelebilecek en yüksek zararı geleceğe dönük bir bakışla, herkesin anlayabileceği bir cinsten (para değeri olarak) ifade eden yöntemdir. (Jorion, 2000 s.86) Bir başka deyişle RMD, elde tutulan portföy veya varlığın değerinde belli bir zaman dilimi içinde ve belli bir olasılıkla meydana gelebilecek maksimum değer kaybının tahminine dayanan bir ölçüttür. Firmaların kurum içindeki tüm risklerini bir bütün olarak ölçme yolundaki çalışmaları 1970'li ve 1980'li yıllarda başlamıştır. Daha sonra bu çalışmalar, danışmanlık firmalarına ve içsel bir model geliştirebilecek durumda olmayan ancak böyle sistemlere ihtiyaç duyan finansal kurum ve şirketlere satılarak gelişme kaydetmiştir. Bu sistemlerden en yaygın bilineni, JP.Morgan tarafından geliştirilen ve RMD ölçütünü kullanan "RiskMetrics'dir".

Geliştirilen RMD sistemlerinin tamamı portföy teorisine dayalı olmamış, bazıları tarihsel kar ve zarar değişimlerini kullanmış, bazıları ise, Monte Carlo simülasyon tekniğine dayalı olarak geliştirilmiştir. JP.Morgan RiskMetrics'i ve onun için gerekli veri setini, Kasım 1994'te ücretsiz olarak web sitesi aracılığı ile ortak kullanıma sunmuştur. Bu gelişmenin ardından RMD daha geniş kesimce kabul görmüş ve kullanım imkanı bulmuştur. RMD, sadece menkul kıymet işlemleri ile uğraşanlarca değil bankalar, emeklilik fonları, diğer finansal kurumlar ve mali olmayan şirketler tarafından da uygulanır hale gelmiştir.

Varyans-Kovaryans modeli ile RMD model ölçümü aşağıda ifade edilen şekilde gerçekleştirilmektedir:

$$\sigma_p^2 = \vec{W} \times \vec{V} \times \vec{W}^T \quad (1)$$

$$RMD_p = MTM \times Z_{CL} \times \sigma_p \times \sqrt{HP} \quad (2)$$

- MTM : Pozisyonun piyasa (mark to market) değeri
- W : Portföyün ağırlık matrisi
- V : Portföyün kovaryans matrisi
- W<sup>T</sup> : Portföyün ağırlık matrisinin transpozesi
- Z<sub>CL</sub> : Standart normal dağılıma göre güven düzey ortalamasının standart sapma cinsinden uzaklığı
- HP : Elde Tutma Süresi (Holding Period)

Esasında RMD, farklı pozisyonlar ve risk faktörlerinden kaynaklanan finansal riski bir araya getirebilme, tek bir değerde ifade edebilme şansı vermektedir. Ayrıca RMD, risk faktörleri arasındaki korelasyonu da dikkate almakta, birbirini yok eden/azaltan riskler var ise, toplam risk daha düşük olarak bulunmaktadır. J.P. Morgan'ın RiskMetrics modelini açıkladığı ve ücretsiz olarak yayınladığı çalışma olan "Technical Document" içerisinde yer alan tanıma göre RMD, belirli bir zaman dilimi için %x olasılıkla ne kadar kaybederim? sorusunun yanıtını vermektedir.

- Son dönemde finans piyasasında riskler çeşitlenerek artmakta ve bu risklerin doğru ölçülerek yönetilememesinden dolayı çeşitli mali skandallar yaşanmaktadır. (Barings, Metalgesellschaft, Long Term Capital Management, Orange County, Enron, Amarth,..vb.) İşte bu risklerin yönetilmesi ve ölçülebilmesi için farklı yapılarıdaki RMD modelleri son yıllar içerisinde en çok kullanılan ölçüm araçlarından biri olmuştur.

Tarihi RMD, Monte Carlo Simülasyonu metodunun basitleştirilmiş bir halidir. Burada tesadüfi olarak senaryolar yaratılması yerine tarihi piyasa verilerinden senaryolar üretilmektedir. Risk faktörlerindeki tarihi

değişimler kullanılarak portföy değerlendirilmektedir. Buna bağlı olarak portföyün Kar/Zarar dağılımı hesaplanır. Getirilerin normal dağılması gibi bir varsayım içermemektedir. Volatilite, korelasyon ya da başka parametrelerin hesaplanmasına gerek yoktur. Model riski olasılığı çok düşüktür. Tarihi simülasyon metodundaki sıkıntı veri setinde ortaya çıkabilmektedir. Veri seti içine yansıtılmayan durumlar tamamen gözardı edilmektedir.

Tarihi Simülasyon yöntemi geçmiş 250 günlük tarihi varlık getirilerinin zaman serilerine, mevcut portföy ağırlıklarının uygulanmasını kapsamaktadır.

$$R_{p,k} = \sum_{i=1}^N w_{i,t} R_{i,t} \quad (3)$$

$$k \in (1, 2, \dots, t)$$

w; Portföy içindeki risk faktörlerinin bugünkü ağırlıkları

R; Getiri değişimleri

Portföyde w ağırlıkları, t zamanı için getiri değişimleri kullanılarak olası portföy değeri hesaplanmakta, daha sonra %95 ya da %99 güven düzeyi için RMD değeri bulunmaktadır. Tam değerlendirme metodu kapsamında tüm fiyat seti gerekmekte iken, Tarihsel RMD için verim eğrisi oluşturmaya ihtiyaç duyulmaktadır.



**Şekil 1. Tarihsel Simülasyon Adımları**

Simülasyonlarda kullanılan senaryolar genellikle seçilmiş geçmiş dönemlerde gözlemlenen fiyat/oran değişimleri ile bilinçli tahminlerin bir karışımı olarak oluşturulur. Bilinçli tahminler kullanılmadan oluşturulan senaryo yöntemine “Geçmiş Verilere Dayanarak Hesaplanan RMD” ya da kısaca “Tarihsel Simülasyon” modeli olarak ifade edilmektedir. Seçilen ilgili periyod, senaryonun amacına yönelik özel bir dönem ya da mevcut piyasayı en iyi yansıttığı varsayılan dönem olabilmektedir. Tarihsel RMD yönteminde, mevcut pozisyona Tam Değerleme Yöntemi (Full Valuation) uygulanarak çeşitli senaryolardan değişik Kar/Zarar sonuçları elde edilir. Yani belli bir olasılığa sahip tek bir RMD değeri değil, olası sonuçların toplam dağılımı elde edilir. Bu toplam dağılım normal olmamakla beraber, gerçek yüzdesel olasılıklar kullanılarak bir RMD rakamı hesaplanabilir.

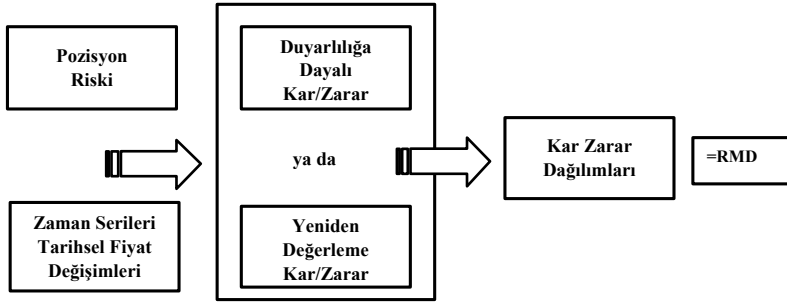
Bu yöntemin en temel avantajları:

- Doğrusal olmayan pozisyonlar için kolaylıkla uygulanır. Opsiyon tipi bir ürün içeren her pozisyon pratikte doğrusal olmayan pozisyonudur. Bütün diğer metotlarda olduğu gibi, fiyatları etkileyen her faktör simüle edilmelidir. Yani sadece oran ve fiyatlar değil, aynı zamanda gösterge volatilitelerin de gelecekteki olası değerleri de simüle edilmektedir.
- Dağılımlar hakkında herhangi bir varsayımda bulunmaz.
- Zaman serilerinden türetilen volatiliteler ve korelasyonlara güvenilmektedir.
- Bilinçli tahminlerle oluşturulan senaryolar normal dağılımı olmayan ve dengesiz piyasaları kolaylıkla tanımlayabilir. Yani, senaryolar normal dağılımlı geçmiş dönemlerin ekstrapole edilmesi ile oluşturulmazlar.

Dezavantajları:

- Yöntem tam değerlendirme olduğu için hesaplanması yoğun işlem gerektirir.
- Senaryo üretimi bizi yanlış yerlere götürebilir. Bilinçli tahminler ile geçmiş dönemlerden rastgele seçim genellikle tutarlı olmayabilir. Makul bir seviyede tahmin edilmesi beklenen senaryoların ve değişkenlerin sayısı sınırlı kalacaktır.

- Sadece geçmişte yaşanmış değişimleri dikkate alması nedeniyle senaryolarda gözlemlenen periyotlardaki değişimler dikkate alınmış olmaktadır. Gelecekte yaşanabilecek olası değişimler dikkate alınmamaktadır. Eğer son 1 yıllık süre içerisinde piyasalardaki fiyat ve oranlarda volatilité az ise, simülasyon seti içinde önceki dönemlerde yaşanan volatilité hareketleri dikkate alınmayacaktır. Bu konu modelin en çok eleştiri alan noktasıdır.



**Şekil 2. Tarihsel Simülasyon Modeli**

Kaynak: "3 VaR Methodologies" Capital Market Risk Advisors, (CMRA)

RMD, risk raporlaması, risk limitlerinin belirlenmesi, sermaye yeterliliği uygulamaları, sermayenin iç dağılımının belirlenmesi, performans ölçümü gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. RMD, piyasa verilerinin mevcut olduğu sık sık alınıp satılan araçlarda daha iyi sonuçlar vermektedir. Diğer aktif/pasif ürünlerinin ikincil piyasalarda alım satımı olmadığı için risklerin ölçümünde RMD'ye dayalı yeni geliştirilen yöntemler ve geleneksel risk ölçüm yöntemlerinin ortak kullanılması sonucunda daha etkili sonuçlar alınabilmektedir.

RMD modelleri yardımıyla risk ölçümünün en zayıf noktası, "en kötü durumu" göstermemesidir. Bilindiği üzere olasılık dağılımları, belirlenen güven aralığı içindeki alanı temsil ederler. Oysa gerçek hayatta olasılığı çok düşük de olsa bu alanın dışında da bazı olaylar yaşanmaktadır. Olasılık çok düşük olmakla birlikte böyle bir olayın hiç bir zaman gerçekleşmeyeceği söylenemez. Aslında bu noktada sorun, RMD modelinin çıktısının okunma biçimiyle doğrudan ilişkilidir. Diğer bir önemli konu da RMD modellerinin toplam kaybı göstermemesidir. Örneğin, bir işlem gününde bir milyon doların risk altında olduğunu gösteren RMD, ikinci, üçüncü ve takip eden günlerdeki kayıplarla ilgili bir bilgi sağlamamaktadır.

RMD sistemleri yoğun olarak kullanılsa da, limitlerin sistemli tahminlere dayandırılmamasına, dengelemenin riske göre düzeltilmiş getirilerle ilişkilendirilmemesine uygulamada sıkça karşılaşılmaktadır. Model varsayımlarının doğruluğu, volatilité ölçümünün istikrarı ve zaman içinde farklılaşması konularında güncellemelerin yapılması gerekmektedir.

RMD modellerinin bu eksikliklerini telafi etmeye yönelik çabalar, senaryo analizleri ve stres testi modellerini gündeme getirmiştir. Stres testleri ve senaryo analizleri, portföy stratejisi çerçevesinde RMD modellerinin tüm piyasa değişimlerini yansıtmama dezavantajını ortadan kaldırmaktadır. Stres testleri, finansal portföy üzerindeki olumsuz etki yapabilecek olası bir olayın veya piyasalardaki sert bir değişimin, kurum bilançosuna, gelir tablosuna ve rasyolarına etkisini analiz etmeye yardımcı olmaktadır.

### 1.1. Finansal Varlıkların Ölçeklendirilmesi (Mapping):

RMD metodolojisi içerisinde önemli bir yer tutan "Ölçeklendirme" (Mapping) kavramı, 1994 yılında Riskmetrics tarafından geliştirilen bir risk ölçüm uygulaması olmakla birlikte risk hesaplamaları içerisinde bir standart şeklini almıştır. Ölçeklendirme kavramı, temelinde riske maruz enstrümanın risk miktarının (exposure) belirlenmesi ve daha sonra hesaplamaya konu olacak olan kullanıcıya özgü bir vade skalası çerçevesinde enstrümanın nakit akışlarının ilgili vade aralığı içerisine dağıtılması işlemidir. Finansal portföyler üzerinden RMD hesaplamaları yapabilmek için, öncelikle uygun vade skalalarının (vertex) oluşturulması daha sonra ilgili finansal enstrümanın vade yapısına uygun bir şekilde nakit akımlarının belirlenmesi ardından da nakit akımlarının ölçeklendirme işlemi ile dağıtımının yapılması gerekmektedir. Nakit akımlarının dağıtım sürecinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus, dağıtım sonrasında oluşturulan dağınık nakit akım miktarlarının ana nakit akış miktarına eşit olması prensibidir. Bir diğer dikkat edilmesi gereken nokta ise, nakit akım dağıtım vadelerinin finansal enstrümanın ihtiva ettiği risk faktörlerine direkt bağımlı olduğudur. Yöntem olarak da standart olarak belirlenmiş bulunan vade skalaları üzerine finansal enstrümanın nakit akış vadelerinin yerleştirilmesi için kuadratik formülasyonundan yararlanılmaktadır.

## 1.2. Risk Düzeyinin ve Nakit Akışların Belirlenmesi:

Nakit akım miktarı vadeye bağlı olarak ilgili finansal enstrüman için belirlendikten sonra ilgili nakit akımları piyasa değerleri (mark to market) ile değerlendirilir. Bir pozisyonun nakit akımlarının piyasa rakamları ile değerlendirilmesi mantığının arkasında, cari piyasa oranları ve fiyatları kullanılarak bugünkü değerlerinin bulunması yer almaktadır. Bu işlem cari piyasa oranları üzerinden, yeni sahip olunan finansal bir kıymete ilişkin cari verim eğrisini ve iskontolu bir bono ya da tahvil için sıfır kuponlu (zero coupon) verim eğrisinin oluşturulması gibi aşamaları kapsamaktadır. Sıfır kuponlu tahvillerde ilgili değer vadeye bağlı iskonto faktörü olmaktadır.

Finansal pozisyonlar ne şekilde olurlarsa olsunlar, sabit getirili, menkul kıymet, döviz, hisse senedi, emtia şeklinde üzerinde taşıdıkları nakit akımları ile değerlendirilirler. Bir pozisyonun nakit akışlarının dağıtımının genel ifade şekline ise, "Ölçeklendirme" (Mapping) denilmektedir. Ülkemiz piyasaları içerisinde oldukça geniş bir yere sahip olan sabit getirili finansal enstrümanların ölçeklendirilmesinde, karşımıza 3 ayrı yöntem çıkmaktadır. Bunlar "Süre Ölçeklendirmesi" (Duration Mapping), "Temel Ölçeklendirme" (Principal Mapping), "Nakit Akım Ölçeklendirme" (Cash Flow Mapping) şeklindedir.

Ölçeklendirme işlemlerinde ülkemiz uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bir önemli nokta da, FX/FX cinsinden gerçekleşen işlemlerin dışında TL/FX nitelikli işlemlerin faiz riski yanında kur riski taşıdıklarının da göz önüne alınmasıdır. Özellikle ölçeklendirme işlemi sırasında, risk faktörlerine bağlı nakit akımlarının vade sonundaki nominal değerlerinin, uygun verim eğrisine bağlı bir iskonto oranı üzerinden bulunan bugünkü değer toplamı kadar miktarı ayrıca spot vade dilimine de hesaplanan nakit akım miktarının yerleştirilmesi gerekmektedir. Böylelikle ilgili finansal enstrümanın spot TL/FX riski nakit akım miktarlarına bağlı biçimde ölçülerek RMD hesaplaması yapılabilmektedir. Hisse senetleri de nakit akım ölçeklendirilmesi işlemi yerine kur cinsinden spot pozisyon şeklinde ifade edilmektedir. Ancak yabancı ülkelerin hisse senetlerinin portföyde bulundurulması durumunda doğal olarak kur riski de ortaya çıkmaktadır.

## 1.3. Riskmetrics Metodu ile Nakit Akımların Bulunması:

Cari nakit akımların vade vektörlerine ayrıştırılması işlemi temel olarak finansal getirilerin varyansına ( $\sigma$ ) dayanmaktadır. Daha sonra da nakit akımları enterpole edilmiş şekilde verimleri hesaplanmaktadır. Aşağıdaki örnek bir şekilde ifade edildiği gibi 6 yıllık verim oranı  $y_6$ , 5 ve 7 yıllık verim oranları arasında gerçekleştirilen doğrusal enterpolasyon ile elde edilmektedir.

$$y_6 = \hat{a}y_5 + (1 - \hat{a})y_7 \quad 0 \leq \hat{a} \leq 1$$

$y_6$  = enterpole 6 yıl vadeli "0" kupon verimi

$\hat{a}$  = doğrusal ağırlık katsayısı,  $\hat{a} = 0.5$  (örnek için)

$y_5$  = 5 yıllık "0" sıfır kupon (zero coupon) verimi

$y_7$  = 7 yıllık "0" sıfır kupon (zero coupon) verimi

Yukarıda ifade edilen parametrelere bağlı olarak 2.aşamada, cari nakit akımlarının bugünkü değerleri bulunmaktadır. Daha sonra 3. aşamada ise, cari nakit akımları üzerindeki fiyat getirilerinin standart sapması hesaplanmaktadır.

$$\sigma_6 = \hat{a}\sigma_5 + (1 - \hat{a})\sigma_7 \quad 0 \leq \hat{a} \leq 1$$

$\hat{a}$  = doğrusal ağırlık katsayısı;  $\hat{a} = 0.5$  (örnek için)

$\sigma_5$  = 5 yıllık getiri oranının standart sapması

$\sigma_7$  = 7 yıllık getiri oranının standart sapması

$$\text{Varyans } (r_{6yr}) = \text{Varyans } [\alpha r_{5yr} + (1-\alpha) r_{7yr}]$$

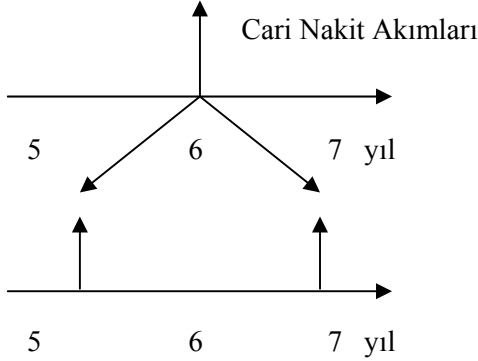
$$\sigma_6^2 = \alpha^2 \sigma_5^2 + 2\alpha(1-\alpha)\rho_{5,7}\sigma_5\sigma_7 + (1-\alpha)^2\sigma_7^2$$

$\rho_{5,7}$ , 5 ve 7 yıllık getiri oranları arasındaki korelasyonu ifade etmektedir.

Son olarak da cari nakit akımları, belirli vade skalalarına yerleştirilmektedir. Neticede bu model perspektifinde, Riskmetrics standart vade vektörleri yerine, ülkemizdeki geçmiş şokların daha kısa vade dilimlerinde yoğunlaşması sebebi ile kısa vadelere ağırlık veren O/N, 1Hafta, 1Ay, 3Ay, 6Ay, 9Ay, 12Ay... şeklindeki farklı bir vade vektör skalası kullanılmalıdır. Ancak varyans ve korelasyon matrisleri öncesinde, portföy içerisindeki finansal enstrümanların nakit akımlarının ayrıştırılması ve ölçeklendirilmesi prosesi, Riskmetrics temelinden herhangi bir farklılık arz etmemektedir.

Riskmetrics metodunun gelişmiş piyasalara özgü biçimde geliştirdiği 1ay, 3ay, 6ay, 1yıl, 2yıl, 3yıl, 5yıl, 7yıl, 9yıl, 10yıl, 15yıl, 20yıl, 30yıl şeklinde standart bir vade skalası bulunmaktadır. Burada önemli olan konu, bu vade dilimlerinin her şekilde ve zamanda her türlü finansal enstrümanın riske maruz değere konu

hesaplamasında standart olarak dikkate alınmasıdır. JPMorgan firması düzenli bir şekilde yukarıda belirtilen vade dilimleri için gerekli olan volatiliteler ve korelasyon veri setlerini abonelerine temin etmektedir. Ölçeklendirilecek finansal enstrümanın nakit akışları, Riskmetrics vade vektörleri arasında en yakın iki skalaya dağıtılması prensibine dayanmaktadır. Mesela 6yıl vadeli bir nakit akışına sahip olan bir finansal enstrüman için 5yıl ve 7 yıl vade vektörleri dikkate alınacaktır.



**Şekil 3. RiskMetrics Nakit Akım Ölçeklendirme Metodu**

**Örnek: Nakit Akım Ölçeklendirmesi**

Portföyümüzde 10 ay vadeli 100milyarTL tutarında T.C.Hazine bonusu bulunmaktadır. Finansal enstrümanın nakit akışını, aşağıda getiri volatilitesi, vade korelasyonu ve verim oranları hesaplanmış parametreler dikkate alınarak standart vade dilimlerine nakit akım dağıtım işlemini gerçekleştirebiliriz.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{6AY}^2 &= 0.003 & y_{6AY} &= 0.47 \\
 \sigma_{1YIL}^2 &= 0.004 & y_{1YIL} &= 0.52 \\
 \rho_{6AY,1YIL} &= 0.8
 \end{aligned}$$

180
300
365

$$S = 120 / (120+65) = 0.65 \implies 1-S = 0.35$$

$$y_{10AY} = S \times y_{6AY} + (1-S) \times y_{1YIL}$$

$$= 0.65 \times 0.47 + 0.35 \times 0.52 = 0.49$$

$$PV = \frac{100}{\left(1 + \frac{300}{365} \times 0.49\right)} = 71.37$$

$$a = \sigma_{6AY}^2 + \sigma_{1YIL}^2 - 2 \times \sigma_{6AY} \times \sigma_{1YIL} \times \rho_{6AY,1YIL}$$

$$= 0.0015$$

$$b = 2 \times \sigma_{6AY} \times \sigma_{1YIL} \times \rho_{6AY,1YIL} - 2 \times \sigma_{1YIL}^2$$

$$= -0.0025$$

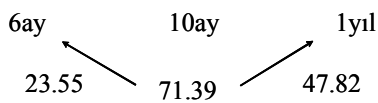
$$c = \sigma_{1YIL}^2 - \sigma_{6AY}^2 = 0.0006$$

Kuadratik formülasyon ile yukarıda hesaplanan parametreleri kullanarak vade dağıtım katsayılarını bulabilmekteyiz.

$$\alpha = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = 1.37, 0.33$$

$$71.49 \times 0.33 = 23.55$$

$$71.49 \times (1-0.33) = 47.82$$



Oluşturduğumuz standart vade dilimlerine portföyümüzdeki kıymetin 100milyarYTL nominal miktarının bugünkü değerini de yerleştirerek 71.39milyarTL'lik portföyün 23.55milyarTL'si 6ay'a, 47.82milyarTL'si ise, 1yıl'a dağıtılarak RMD hesaplaması yapılabilir.

Sonuç olarak nakit akımları aşağıdaki 3 koşul dikkate alınarak ağırlıklandırılmaktadır:

- Finansal enstrümanların piyasa değerleri korunmaktadır. Ayrıştırılan 2 vade skalasının nakit akım toplamları orjinal nakit akımlarının piyasa değeri toplamına eşit olmalıdır.
- Piyasa riski korunmaktadır. Portföy nakit akışlarının piyasa risk değeri, orjinal nakit akışlarının piyasa risk değeri toplamına eşit olmalıdır.
- İşaret korunmaktadır. Nakit akımlarının işareti orjinal nakit akımları ile aynı yönde olmalıdır.
- Risk faktörü sayısını kısıtlamak amacı ile kullanılır. (excel tabanlı programlar) vade volatiliteleri arttığı zaman hatalı dağıtım oluşur. Verim eğrisi modelleri kullanmak dağıtım varsayımlarından kurtarmaktadır.

## 2.Riske Maruz Değer Model Kriterleri

Piyasa riskini hesaplamak için değişik yöntemler vardır. Her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntemler birbirlerinden farklı olmakla beraber, ayrı ayrı veya birlikte de kullanılabilir. Hangi yöntemin en uygun olduğunu belirlemek, kurumun özel durumuna yani portföydeki finansal enstrümanlara ve pazarın özelliklerine bağlıdır. Risk hesaplamasındaki metodların farklılığı iki soruya verilen cevaplardan kaynaklanır:

- *Gelecekteki oran ve fiyat hareketleri normal dağılımın parametreleri ile istatistiksel olarak tanımlanabilir mi? Yani finansal getiri değişimleri normal dağılımı göstermekte midir?*

Şayet geçmiş piyasa hareketlerinin normal dağılıma sahip olduğu kabul edilirse, bu hareketler volatilité ve korelasyonlar ile tanımlanabilir. Yani belli bir olasılıkla beklenen değişim, bir başka olasılıkla diğer oran değişimlerine dönüştürülebilir. Eğer piyasa hareketleri normal dağılım sergilemiyorsa (veya bir başka parametrik dağılım) her beklenen değişimin kendine özgü olasılığı olacaktır ki bu olasılıkları ölçmek zordur. Piyasanın çökmesi veya aniden değişmesi böyle bir olasılık dağılımının tipik örnekleridir. Bu tür piyasa hareketleri, en iyi Senaryo Analizleri ve Stres Testleri ile incelenebilir.<sup>1</sup>

- *Pozisyonların değeri, oran ve fiyatlardaki değişmeler ile doğrusal mı değişmektedir?*

Eğer pozisyon getirisi doğrusal ise, bu pozisyonun değerindeki değişmeler pozisyonun fiyat ve oran değişmelerine olan duyarlılıkları ile tanımlanabilir. Opsiyon ve türevler hariç tüm pozisyonların getirileri yaklaşık olarak doğrusal kabul edilebilir. Opsiyon içeren pozisyonların değerindeki değişmeler, sadece içerdikleri ürünün fiyat değişmesine bağlı olmayarak aynı zamanda opsiyonun kar'da olup olmamasına, gelecekteki volatilité beklentilerine, vadesine kalan gün sayısına da bağlıdır. Doğrusal olmayan pozisyonların değer değişimleri en efektif olarak simülasyon modelleri ile hesaplanır. RMD'in hesaplanmasında temel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birinci grup, "Parametrik Yöntemler" olarak bilinir. Varyans-Kovaryans ya da Parametrik RMD olarak adlandırılan yöntemde, taşınan alım-satım portföyünün (trading portfolio) değerini etkileyen parametreler belirlenmekte ve bunlarda belirli bir olasılık dahilinde meydana gelebilecek dalgalanmalardan yola çıkılarak portföydeki değer kaybı hesaplanmaktadır. İkinci grup ise, simülasyon teknikleridir. Geleceğe ilişkin piyasa fiyatlarının belirlenmesi ve buna bağlı olarak portföyün piyasa değeri dağılımının hesaplanmasına dayanmaktadır. Yeni piyasa fiyatlarının simülasyonunda geçmiş verilerin kullanılması ile RMD hesaplama yöntemi "Tarihi Simülasyon" olarak adlandırılmaktadır. Monte Carlo Simülasyonun da ise, rastgele seçilmiş ve birbirinden bağımsız değişkenler geçmişe dönük veriler kullanılarak birbiri ile ilişkili piyasa fiyatları haline dönüştürülmekte ve bu veriler kullanılarak portföyün değer dağılımı belirlenmektedir.

## 3. Vadeli Türev Pozisyonun Tarihsel RMD Modeli İle Ölçümlemesi

Vadeli opsiyon borsasındaa alım/satım işlemlerinde bulunan ABC Menkul Değerler A.Ş.'inin 15.11.2006 tarihi itibari ile yapmış olduğu işlem bilgileri aşağıda yer almaktadır.

### Pozisyon Bilgileri:

- 29.12.2006 vadeli 15.000 adet USD Kontrat Alım
- 28.02.2007 vadeli 35.000 adet USD Kontrat Alım

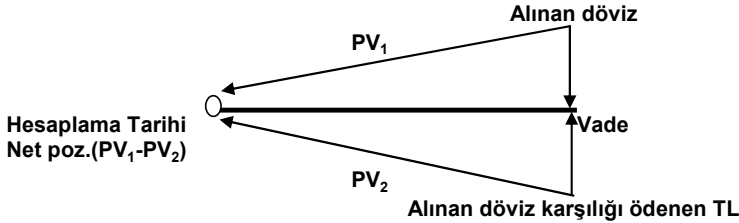
<sup>1</sup> Alexander Carol,(1998); Risk Management & Analysis,John Wiley & Sons,England,s.69

### VOB Kontrat Vadeleri:

Vade	Vadeye Kalan Gün Sayısı
29.12.2006	44 Gün
28.02.2007	105 Gün

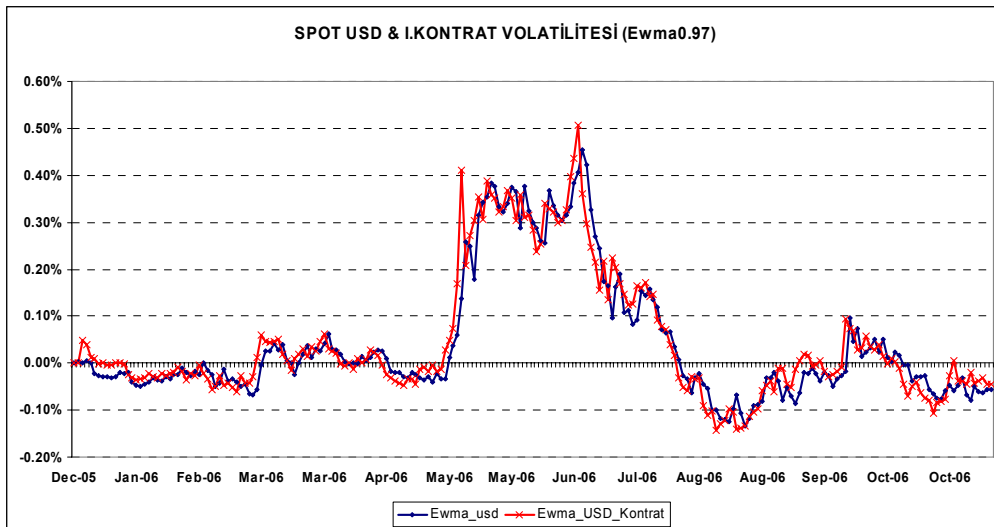
### 3.1. Futures Pozisyon Nakit Akış Yapısı

Vadeli türev (Futures) pozisyonlarında RMD ölçüm modellerine konu olabilmesi için öncelikle forward işlemlerinde olduğu biçimde, gelecekteki vade tarihinde gerçekleşmesi sözkonusu olan her iki para miktarlarının hesaplama yapılan gün itibari ile bugünkü değerlerinin oluşturulması gerekmektedir.



	Nominal	Uzlaşma Fiyatı	Vade	Uzun PV	Kısa PV	Net
1	35.000.000	1,5055	28.02.2007	49.451.804	- 50.203.605	- 751.800
2	15.000.000	1,4710	29.12.2006	21.431.570	- 21.608.562	- 176.992
					<b>Portfoy Net Değeri</b>	<b>- 928.793</b>

Tarihsel benzetim yöntemi ile hesaplanacak olan vadeli döviz pozisyonunun riske maruz değeri aşağıda ifade edilen tarihsel volatilitate hareketlerinden etkilenmektedir.



Şekil 4. Spot & Vadeli Tarihsel Dolar Volatilitesi

Vadeli döviz kontratları ile spot döviz kur volatilitésinin yüksek korelasyona sahip olduğu görülmektedir.

### 3.2. Riske Maruz Değer Ölçüm Aşamaları

Yukarıda detaylandırılan vadeli türev pozisyon bilgilerine dayanarak Tarihsel Simülasyon modeli ile oluşturulan risk ölçüm aşamalarını kısaca şu şekilde ifade etmemiz mümkündür:

- Kurum sistemi içerisindeki Futures işlemlerinin ilgili kontrat vade yapısına göre eşleştirme işleminin gerçekleştirilmesi,
- Vadeli Opsiyon Borsasına bağlı Futures işlemleri karşılığında "Korunma" amaçlı olarak alınmış ters pozisyonların kontrolü,
- RMD hesaplaması yapılan tarih itibari ile (15.11.2006) vadeli pozisyonların vadeye kalan gün sayılarının çıkarılması,
- Pozisyon risk faktörlerinin ( ilgili kur ve faiz bilgilerinin) belirlenmesi,
- Her bir risk faktörünün RMD hesaplamasının yapılacağı gün itibari ile geriye dönük 252 işgünlük veri setinin oluşturulması,



- İlgili risk faktörlerinin geriye dönük logaritmik/yüzdesel getirilerinin hesaplanması, (Örneğimizde logaritmik getiri kullanılmıştır)
- Hesaplanan logaritmik getiri değişimlerinin RMD hesaplama tarihindeki risk faktörlerine olan olası etkilerinin geriye dönük zaman serisi boyunca ilişkilendirilmesi, (Simülasyon)
- Vadeli Opsiyon Borsasında yapılan türev ve varsa korunma amaçlı ters işlemlerin vade sonunda oluşacak olan nakit akışlarının çıkarılması ve hesaplama yapılan güne indirgenmesi ile pozisyon net değerini bulunması,
- Simülasyon sonucu bulunan yeni risk faktörleri ile zaman serisi boyunca yeni portföy net değerlerinin bulunması,
- İlgili hesaplama tarihi itibari ile bulunan portföy net değeri ile simülasyon ile bulunan portföy net değerlerinin zaman serisi boyunca farklarının hesaplanması gerekmektedir. Bu farkların normal dağıldığı varsayımı altında %99 güven aralığına denk gelen en kötü portföy değerinin RMD değeri olarak dikkate alınması ile çalışma tamamlanmaktadır.

TAHVİL TANIMI	VKGS	AĞR. ORT.FİYAT	BASİT GETİRİ %
TRT061206T12	21	99,116	15,49
TRB131206T13	28	98,660	17,25
TRB030107T17	49	97,679	17,62
TRB170107T11	63	97,019	17,77
TRT240107T12	70	96,933	15,79
TRB210207T14	98	95,353	18,12
TRT070307T11	112	95,139	16,34
TRB140307T12	119	94,370	18,28
TRT180407T17	154	92,763	18,44
TRT090507T17	175	92,484	16,73
TRT160507T18	182	91,388	18,87
TRT130607T10	210	90,052	18,98
TRT270607T14	224	90,087	17,77
TRT040707T10	231	89,015	19,45
TRT050907T17	294	86,305	19,69
TRT071107T11	357	83,298	20,48
TRT121207T13	392	81,769	20,73
TRT090408T17	511	76,576	21,80
TRT160708T15	609	72,354	22,77
TRT130808T17	637	71,464	22,67
TRT190111T13	1526	91,500	18,44

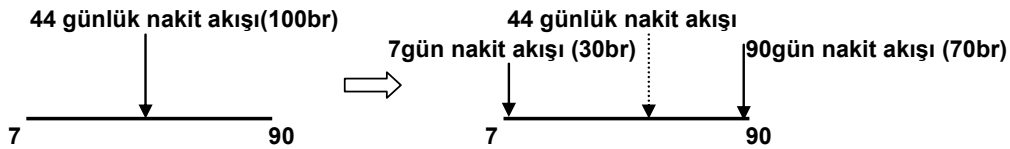
**Şekil 5. 15.11.2006 Tarihli Kamu Menkul Kıymet Bilgileri**

*Not: Vadeli Opsiyon Borsası pozisyonuna dayalı vadeye kalan gün sayısı (VKGS) (15,45,105) için yukarıdaki faiz verisilerinden türetilen verim eğrisine ulaşılması gerekmektedir.*

*Kaynak: İMKB Günlük Bülten(15.11.2006)*

### 3.2.1. Pozisyon Vadesine Dayalı Getiri Değişiminin Hesaplanması :

- Ölçeklendirme (Mapping) yapılması : Vade skalalarının önceden belirlenmesi (1-7-30-90-180vs), nakit akışlarının bu vade dilimlerine dağıtılması,



**Şekil 6. Vade Ölçeklendirmesi**

- Ölçeklendirme (Mapping) yapılmaması: Orjinal vadeye kalan gün sayısı bazında getirilerinin elde edilmesi. Verim eğrisi oluşturma teknikleri (Enterpolasyon, En küçük Kareler, Nelson Siegel; Swenson vs.)

Data					
gun	Usd Kur	trl faiz 44	trl faiz 105	usd faiz 44	usd faiz 105
15.11.2006	1,4414	17,34%	16,82%	7,30%	6,94%
14.11.2006	1,4432	17,28%	16,85%	6,94%	6,65%
13.11.2006	1,4401	17,25%	16,93%	6,40%	6,24%
10.11.2006	1,4424	17,25%	17,23%	6,74%	6,50%
09.11.2006	1,4488	17,21%	17,34%	6,77%	6,53%

Şekil 7. Tarihsel 252 Gün Bazlı Risk Faktörleri

gun	Usd Kur	trl faiz 44	trl faiz 105	usd faiz 44	usd faiz 105
15.11.2006	-0,00125	0,00347	-	0,00178	0,05057
14.11.2006	0,00215	0,00174	-	0,00474	0,08100
13.11.2006	-0,00160	-	-	0,01756	-
10.11.2006	-0,00443	0,00232	-	0,00636	-
09.11.2006	0,00929	0,00058	-	0,00861	0,02090

Şekil 8. Tarihsel Risk Faktör Getiri Değişimi

USD Getirisi:  $\ln(1.4414/1.4432) = -0.00125$

Yukarıda ifade edilen bu işlemin tüm risk faktörleri için zaman serisi boyunca yapılması gerekmektedir.

- Zaman serisi boyunca hesaplanan finansal getirilerin 15.11.2006 tarihli risk faktörlerine olan etkisinin hesaplanması:
  - 15.11.2006 tarihli USD kuru: 1.4414
  - 14.11-15.11.2006 tarihleri arasındaki logaritmik getiri: -0.00125
  - 14.11-15.11.2006 tarihleri arasında yaşanan getiri 15.11.2006'da yaşanırsa, 15.11.2006 tarihindeki USD kuru ne olurdu?

$$1.4414 * \exp(-0.00125) = 1.4396$$

- Bu işlemlerin zaman serisi boyunca tüm risk faktörlerine uygulanması sonucu simüle risk faktörleri bulunması ve bu risk faktörleri kullanılarak simüle nakit akışlarının oluşturulması işlemi yapılmalıdır.
- Bulunan simüle nakit akışları net değerinin 15.11.2006 portföy net değeri ile kıyaslanması, farkların çıkarılması,
- Farklardan oluşan dağılımın oluşturulması ve %99 güven aralığında 15.11.2006 portföy net değerinin kaybedeceği maksimum değer kaybının RMD olarak alınması ile çalışma neticelendirilir.

Kur / Faiz Simülasyonları					
gun	Usd Kur	trl faiz 44	trl faiz 105	usd faiz 44	usd faiz 105
15.11.2006	1,43960	0,17400	0,16790	0,07679	0,07243
14.11.2006	1,44450	0,17370	0,16741	0,07916	0,07396
13.11.2006	1,43910	0,17340	0,16527	0,06932	0,06662
10.11.2006	1,43503	0,17380	0,16713	0,07268	0,06908
09.11.2006	1,45486	0,17350	0,16676	0,07454	0,07048

gun	Simüle Net Portfoy Değeri	Gerçek Net Portfoy Değeri ile Simüle Net Portfoy Değeri Farkı
15.11.2006	-	143.915
14.11.2006	-	60.984
13.11.2006	-	106.397
10.11.2006	-	322.138
09.11.2006	-	621.634

%99 Güven aralığına denk gelen fark RMD olarak alınır

Şekil 9. Tarihsel Benzetim Yöntemi ile RMD Ölçümü

Yukarıdaki metodoloji çerçevesinde bulunan 1 günlük RMD değerinin (1.526.602YTL) kurumun özsermaye toplamına oranlanması sureti ile günlük RMD/Özsermaye rasyosu bulunmaktadır. Risk bazlı vadeli türev pozisyon limitlenmesi ile birlikte, Vadeli Opsiyon Borsası tarafından üyelerin pozisyon limit değişikliği ile ilgili olarak açıklanan 2007/45 sayılı genelge çerçevesinde maksimum RMD/Özsermaye rasyosuna bağlı kalınarak üye kuruluşlar tarafından düzenli olarak türev pozisyon riskleri ölçülebilecektir.

#### 4. Değerlendirme

Geçmiş verilere dayanarak hesaplanan RMD metodu da göreceli olarak uygulanması kolay bir metottur. Teoride, Monte Carlo Simülasyon metodu diğer metodlarla ilgili teknik zorlukları azaltır. Doğrusal olmama, normal dağılmama, parametre seçimi ve hatta kullanıcı tarafından tanımlanan senaryo durumlarını birleştirebilir. Doğal olarak bu tür bir sistem esnekliğine sahip olmanın maliyeti de oldukça fazladır. Delta Normal Metodu hesaplamada hız kazandırır. RMD tahmininin kalitesi doğrusal olmayan enstrümanlardan oluşan portföylerde daha düşüktür. Portföy getirisinin dağılımında normallikten uzaklaşmalar, bu yaklaşım için önemli bir problem oluşturur. Geçmiş verilere dayanarak hesaplanan RMD dağılımları ilgili varsayımlardan bağımsızdır. Fakat portföyün alınan geçmiş örneklem süreci içindeki her gün için bir kez değerlendirilmesini gerektirir. Bunun nedeni de, RMD'in tahmin edildiği histogramın geçmişte piyasada gerçekleşen fiyat değişimlerinden oluşturulmuş olmasıdır. Monte Carlo metoduyla hesaplanan RMD, örneklem dönemi içinde gözlemlenen fiyat değişimleriyle sınırlı değildir. Monte Carlo Metodu genellikle geçmiş verilere dayanarak hesaplanan RMD'den çok daha fazla sayıda portföyün fiyatlamasını içerir ve bu nedenle daha zahmetli bir yaklaşımdır.

#### Kaynaklar:

1. Alexander Carol.(1998);Risk Management&Analysis,John Wiley&Sons,England,sf.69
2. Bolgün K.Evren, Akçay M.Bariş.(2005);Risk Yönetimi,2.Basım,Scala Yayıncılık,İstanbul,sf.389-421
3. CMRA.(1998);3 VaR Methodologies,Capital Market Risk Advisors,s.7
4. Coronado Maria.(2000);Comparing Different Methods for Estimating VaR for Actual Non-Linear Portfolios: Emprical Evidence,s.1-17
5. Jackson Patricia, Maude David J.,Perraudin William.(1997);Value at Risk,The Journal of Derivatives,Spring, slyt.47-56
6. Jorion Philippe.(1996);Risk: Measuring the Risk in Value at Risk,Financial Analysts Journal, November,52,s.47-56
7. Jorion Philippe.(2000);Value at Risk:The new Benchmark for Controlling Market Risk, McGraw-Hill, New York
8. J.P.Morgan.(1996); Riskmetrics-Technical Document. Third Edition
9. J.P.Morgan.(2001); Return To RiskMetrics®:The Evolution of a Standard
10. Mercy Oliver Wyman & Company.(2000);The Need for & Benefits of Integrated Risk/Reward Management