

ÇEVRE FİNANSMANI: KAVRAMSAL BİR YAKLAŞIMLA KARBON FİNANS BORSASI

Erhan DEMİRELİ

Dokuz Eylül Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
E-posta: erhan.demireli@deu.edu.tr

Atilla HEPKORUCU

Dokuz Eylül Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
E-posta: ahepkorucu@gmail.com

ÖZET

Günümüzde teknolojik değişimlere paralel olarak işletmelerin hem üretim hacmi artmış hem de üretim teknolojileri çeşitlenmiştir. Bu durum global düzeyde reel sermaye stokunun artışını ifade etmektedir. Üretim düzeyinin artışına ve kurumsal sosyal sorumluluk gereğine dayanarak işletmeler üretimlerini çevreye duyarlı olarak gerçekleştirmeye başlamış, çevreye duyarlı üretim sistemleri geliştirilmiştir. Bu noktadan hareketle emisyon ticareti gündeme gelmekte, ülkelerin reel sermayeleri karbon salınımları ile ilişkilendirilmektedir. Kyoto protokolü kapsamında ortaya çıkan emisyon ticareti ülkelerin birbirlerine karbon kotalarını pazarlamalarına ve bu yolla GSMH düzeylerini arttırmalarına hizmet etmektedir. Bu çalışmada dünyanın en yeni piyasalarından olan karbon finans borsaları kavramsal bakış açısıyla incelenmiş, emisyon ticaretine ilişkin olarak değerlendirilmelerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Emisyon Ticareti, Çevre Finansmanı, Karbon Salınımı, Karbon Borsası, Karbon Finans

ENVIRONMENT FINANCE: A CONCEPTUAL APPROACH TO CARBON FINANCE MARKET

Abstract

Nowadays, firms production rate is increased and specification of production technology is varied by technological improvements in symmetrically. This situation means that non-financial sector is getting increased. By the increase of the production rate and being sensitive of institutional social responsibility, firms have changed their own production strategies that are being more sensitive to environment. With the accumulation of investment assets of countries is getting related with emission trading that is getting more populated. Emission trading that occurs with Kyoto Protocol, enables to trade quotas of carbon by countries which are improved up accumulation of investment assets for financial sector. In this paper, financial carbon markets which can be categorized as a new market, examined theoretically and emission trading is investigated.

Keywords: Emission Trading, Environmental Finance, Carbon Release, Carbon Finance, Carbon Markets, Carbon Finance

JEL Classification: Q51, Q53, G12

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde nüfus artışı, üretilen mal ve hizmet çeşitlerinin artması, işletmelerde kapasite artırımı olanaklarının ortaya çıkması ve reel sermaye stokunda meydana gelen artışlarla birlikte küresel ısınma sorunu gündeme gelmiştir. Küresel ısınma alanında hükümetler çeşitli organizasyonlar ve finansal araçlar üretmişlerdir. Sözkonusu araçlar emisyon ticaret sistemini oluşturmakta ve bu alanda karbon finans borsası doğmaktadır. Bu çalışmada iklim ve iklim değişikliği kavramları değerlendirilmiş, iklim değişikliğinin ekonomik, sosyal etkileri açıklanarak kavramsal bir bakış açısıyla karbon finans borsası ele alınmıştır. Çalışmanın bundan sonraki bölümleri şu şekilde organize edilmiştir. Birinci bölümdeki giriş kısmının ardından çalışmanın ikinci literatürde yer alan çeşitli araştırmalara yer verilmiştir. Ardından çalışmanın üçüncü bölümünde iklim ve iklim değişikliği kavramları açıklanmış, dördüncü bölümde ise karbon borsası ve gönüllü karbon ticaretine değinilmiş, Türkiye'nin emisyon ticareti karşısındaki durumu değerlendirilmiştir. Çalışmanın beşinci bölümünde karbon salınımlarına ilişkin olarak kirlilik oranları üzerinden bir simülasyon gerçekleştirilmiş ve opsiyon fiyatlaması yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Emisyon ticareti kapsamında karbon finans borsaları yapılan uygulamalardan en önemlisi konumundadır. Çalışmanın bu kısmında ilgili alanda yapılan bilimsel araştırmalara yer verilmiştir.

Aksay vd. (2005) çalışmalarında kavramsal bir bakış açısıyla küresel ısınma ve iklim değişikliğini değerlendirmişlerdir. Çalışmada doğal iklim değişikliğinin nedenleri, akıntı sistemleri, küresel ısınma, sera etkisi ayrıntılı olarak incelenmiş, atmosfer katmanında bulunan gazlar hakkında bilgi verilmiştir. Çalışma kapsamında küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan sosyal ve ekonomik boyutlu etkiler, daha sonra ortaya çıkabilecek potansiyel tehditlerle birlikte değerlendirilmiştir. Güçlü (2006) çalışmasında emisyon ticaret sistemini ve karbon piyasasını incelemiştir. Çalışma kapsamında ABD karbon piyasası, İngiltere emisyon ticaret sistemi, Avrupa Birliği emisyon ticaret sistemi, emisyon azaltma hedefleri ve ulusal tahsisat planları incelenmiştir. Creedy ve Sleeman (2006) çalışmalarında; Yeni Zelanda'da alınan karbon vergilerinin tüketici fiyatları üzerindeki etkisini endüstriler arası ticaret ve endüstriler tarafından kullanılan fosil yakıtları üzerinden incelemişlerdir. Karbon vergilerinin servet etkisi farklı gelir dilimindeki hane halkları açısından değerlendirilmiş ve bu taraflar arasındaki eşitsizlik ortaya konulmuştur. Busch ve Hoffmann (2007) çalışmalarında işletme riskinin yönetiminde karbon kısıtlamalarını incelemişlerdir. Çalışma kapsamında karbon düzeyinde ortaya çıkan değişimler incelenmiş, fosil yakıtlarının yapısı ve iklim etkilerine ilişkin karbon kısıtlamaları tanımlanmıştır. Çalışmada ayrıca makro ekonomi, sektör ve işletme düzeyinde karbon kısıtlamalarının sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda karbon kısıtlamalarının endüstrilere farklı etkileri olduğu, işletme riskinin karbon yoğunluğu, enerji ve karbon temelli ürünlere bağlı olduğu bulgulanmıştır. Show ve Lee (2008) çalışmalarında karbon kredileri ve emisyon ticaretini incelemiş, atık su işlemlerini değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında karbon kredilerinin küresel ısınma nedeniyle düzenlenen Kyoto protokolü çerçevesinde ortaya çıktığı vurgulanmıştır. Çalışmada emisyon salınımının azaltımına ilişkin olarak metan gazının dönüştürülmesine yönelik bir proje örneği sunulmuştur. Peker ve Demirci (2008) çalışmalarında iklim değişikliğini bilim ve ekonomi açısından değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında iklim değişikliğinin bilimsel temellerinin geçerliliğine ilişkin görüş birliği bulunmadığı vurgulanarak, iklim değişikliğinin ekonomik yönünün Kyoto Protokolü kapsamında ifade edilen emisyon ticareti sistemi olduğu belirtilmiştir. Alper ve Anbar (2008) çalışmalarında iklim değişikliğinin finansal hizmetler sektörü üzerindeki

etkilerini değerlendirmişlerdir. Çalışma kapsamında iklim değişikliğinin sigorta sektörüne, bankacılık sektörüne, fon yönetimine etkileri değerlendirilmiş, ekonomik etkiler kapsamında bu alanlarda iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan fırsatlar hakkında bilgi verilmiştir. Chaurey ve Kandpal (2009) çalışmalarında; Hindistan'da kullanılan güneş enerjisi sistemlerinin karbon azaltımına etkisini ve karbon finans nedeniyle maliyet azaltma potansiyelini incelemişlerdir. Çalışmada güneş enerjisi sistemlerinin karbon salımını azaltma potansiyelleri tahminlenmiştir. Çalışma sonucunda karbon finansın, karbon fiyatları ton başına \$10 artması durumunda, güneş enerjisi sistemlerinin etkinliğini %19 oranında azalttığı ve karbon taşıma maliyetlerini ortadan kaldırdığı bulgulanmıştır. Bigsby (2009) çalışmasında, karbon bankacılığı kapsamında emisyon sahiplerinin kredi esnekliğini incelemiş, sözkonusu bankacılık sistemin işlerliği ve yararları değerlendirilmiştir. Karbon bankacılığında ayrıştırılmış karbon, finansal kurumlardaki mevduat gibi işlem görmektedir. Buna göre emisyon sahibi, yıllık bir ödeme getiri karşılığında elindeki emisyonu bankaya depozit olarak yatırmakta, emisyonu ihtiyacı olan taraf da belli bir ödeme karşılığında bu emisyonu ödünç almaktadır. Yani işlemler tıpkı bir mevduat bankası niteliğinde yürütülmektedir. Burada bankanın görevi, emisyon talep eden tarafla, emisyon arz eden tarafı karşılaştırmaktır. Chevallier (2009) çalışmasında, karbon vadeli sözleşmeler ile makro ekonomik koşullardaki değişiklikler arasındaki ilişkileri incelemiştir. Çalışma sonucunda karbon vadeli sözleşmelerin faiz oranlarındaki değişimler, global emtia fiyatlarındaki eğilimler, ABD hazine bonusu faiz oranlarındaki değişimler karşısında duyarlı olduğu bulgulanmıştır. Taşdan (2009) çalışmasında Kyoto Protokolü finansal destek mekanizmaları çerçevesinde Türkiye'de gönüllü salım ticaretini incelemiştir. Çalışma kapsamında Kyoto protokolü mekanizmalarının kontrolündeki piyasa ile protokolün kontrolünde olmayan ve sosyal sorumluluk çerçevesinde gelişen gönüllü salım ticaretinin oluşturduğu karbon ticaretine ilişkin bilgiler verilmiştir. Ayrıca Türkiye'de gönüllü karbon ticareti ve bu ticaretin yatırımları etkileme kapasitesi de çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Şirin vd. (2010) çalışmalarında, geniş bir literatür taraması yaparak Kyoto Protokolü ve emisyon ticaretinin dünyadaki uygulama şekillerini, Kyoto protokolünün Türkiye'ye etkileri ve Türkiye'nin yükümlülüklerini incelemişlerdir.

3. İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KAVRAMLARI

İklim, yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama durumu olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle hava olaylarının/koşullarının ortalama durumu yerine, hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen sentezidir. İklim değişimi ise, nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli ve önemli yerel etkileri bulunan uzun süreli ve yavaş gelişen değişikliklerdir (Türkeş vd., 2000: 8). İklim değişikliği atmosfere salınan sera gazlarının doğal seviyelerinden daha yüksek seviyelerde olmasından kaynaklanmaktadır. Sera etkisine sahip bu gazlar, atmosferin dünya yüzeyine yakın kısımlarında ortalama dünya sıcaklığının artmasına neden olmaktadır (Alper ve Anbar; 2008: 226). Özellikle endüstri devrimi sonrası fosil yakıtların yoğun olarak kullanılması sonucunda dünya atmosferi insan faaliyetleri nedeniyle zarar görmüştür (Samur, 2007:5). Atmosferdeki karbondioksit ve öteki sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden sonra başlayan hızlı büyüme eğilimine paralel olarak küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında belirgin bir ısınma eğilimi gözlenmektedir. Küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında geçen yüzyılda yaklaşık 0,4-0,8 derecelik bir artış yaşanmasına karşın özellikle 1980'lerde çok ciddi bir ısınma eğilimi ortaya çıkarak sıcaklık rekorları kırılmıştır (Kovancılar, 2001: 8).

Sera gazları güneşten gelen ışın enerjisinin katı yeryüzüne çarptıktan sonra atmosferin üst katmanlarına kadar yükselmesini engelleyen yeryüzüne yakın atmosfer tabakalarının ve katı yeryüzünün soğumasını önleyen gazlardır. Sera etkisi, dünyanın sıcaklığının 33 °C daha fazla olmasına yol açan doğal bir olaydır. Sera etkisi nedeniyle dünyanın sıcaklığı -20 °C değil ortalama 14 °C'dir (Samur, 2007:4). Karbondioksit, metan, diazotmonoksit, halojenli bileşikler içeren hidrfloro karbonlar, petroflorokarbonlar ve sülfürhegzaflorid gibi kimyasal gazlar sera etkisine yol açan gazlardır. Başka bir ifadeyle sera etkisi ya da diğer adıyla küresel ısınma, insan etkinlikleri sonucu oluşan sera gazlarının atmosferin iç yüzeyini bir tabaka halinde kaplayıp güneşten gelen ışınların geri yansımını önleyerek yeryüzündeki sıcaklığın artması şeklinde ifade edilebilir (Uğurlu ve Örcen; 2007: 434).

4. KARBON PİYASASI ve GÖNÜLLÜ KARBON TİCARETİ

Karbon finans iklim değişikliğinin finansal çıkarımlarını inceleyen ekonomik bir alandır. Karbon finans, karbon salınımının yüksek olduğu ortamlarda yaşamının maliyetini araştırmaktadır. Karbon finans; çevresel finansmanın özel bir boyutunu temsil eder. Karbon emisyonu yüksek toplumların finansal risk ve fırsatlarını araştırır. Çevresel hedefleri başarmada ve çevresel riskleri önlemede piyasa temelli mekanizmaların kullanılması ve uygunluğunun belirlenmesini ifade etmektedir. Geniş anlamda ise karbon finans iklim değişikliklerine karşın yaratılan piyasa çözümleridir (Labatt and White, 2007; 1-2). Emisyon ticaretinin varlığı her ne kadar gelişmekte olan ülkelere bir kaynak aktarımı gibi görünse de temelde yayılımcı politikanın bir aracı olarak görülebilir. Ayrıca emisyon ticareti ile her ne kadar salınımda belli bir indirim yapılmış gibi görünse de aslında havaya aynı miktarda gaz salınımı gerçekleşmektedir. Bu nedenle sistem bir çevre koruma politikasından çok ekonomik bir emisyon olarak adlandırılabilir. Emisyon ticaretinde tüm sera gazlarına ilişkin olarak önlemler alınsa da salınımı en çok olan gazın karbondioksit olması nedeniyle ticareti yapılan gaz, karbondioksittir. Bu nedenle bu piyasaya da karbon piyasası adı verilmektedir (Şirin vd., 2010: 10). Karbon piyasası finansal piyasalara benzer şekilde, karbondioksit metan ya da diğer sera gazı emisyonlarını temsil eden, kirletme kredileri, kirlilik izinleri, kirlilik hakları, kirlilik kotaları emisyon hisseleri ya da emisyon izinleri gibi farklı piyasalarda farklı şekillerde isimlendirilen karbon hisselerinin alınıp satılmasıyla oluşan piyasadır. Karbon piyasasında karbon izinlerinin alımı, brokerlar aracılığıyla ve yeni yeni oluşmaya başlayan uluslar arası finans kurumları aracılığıyla yapılmaktadır. 2005 yılında başlayan emisyon ticareti fiyatlarının enerji fiyatları, iklim koşulları gibi etkenlerden etkilendiği belirlenmiştir. Fiyatlar forward olarak belirlenmektedir. Karbon piyasasında ödemeler, nakit, vadeli, hisse senedi, borçlanma warrant ya da sera gazı azaltımını sağlayacak teknolojilere katkı sağlanması gibi usullerden biri ya da birkaçı aracılığıyla yapılmaktadır (Ayrıçay, 2008: 9–10). Kyoto protokolünü imzalayan ülkeler, hem emisyon azaltma hedeflerini tutturmak hem de bu piyasadan kar elde edebilmek amacıyla Kyoto mekanizmalarına özellikle de karbon borsasına daha fazla önem vermektedirler. Diğer borsalar gibi, karbon borsası da, siyasi kararlar doğrultusunda oluşturulmuştur ve belli düzenlemeler doğrultusunda faaliyetlerini yürütmektedir. Dolayısıyla petrol, gaz ve enerji piyasaları gibi diğer emtia borsalarına benzer olarak çerçeve şartları ve faaliyet kılavuzları ile ilgili kararlar fiyat oluşumları üzerinde etkili olmaktadır. Ancak diğer borsalarda olduğu gibi fiyatlar arz/talep dengesinde oluşmaktadır. Tahsisat arzını – ton karbondioksit yayabilme hakkı – hükümetler (Ulusal tahsisat planıyla) belirlemektedirler. Genel olarak karbondioksit üretimi hava şartları, yakıt fiyatları, karbon fiyatları ve ekonomik büyüme gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunların arasında hava şartları diğer faktörlere nazaran iki kat önemlidir. Soğuk hava enerji tüketimini artırmakta dolayısıyla güç ve enerji üretimindeki

karbondioksit emisyonunun artmasına sebep olmaktadır. İkinci olarak yağış ve rüzgarın hızı, karbondioksit emisyonu yaymayan kaynaklar tarafından üretilen enerjinin payını ve dolayısıyla da emisyon seviyelerini etkilemektedir (Güçlü, 2006 1-4). Karbon piyasası çok farklı faktörlerden etkilenmektedir. Şirketler, çevresel zararlar, hükümet politikaları, tüketici baskıları, alternatif yatırım fırsatları, yeni finansal ürünler, yeni tüketim ürünleri gibi unsurlar karbon piyasa disiplini etkilemektedir (Labatt and White, 2007; 2). Karbon finans etkileşim çevresinde hükümet politikaları, karbon fiyatı, yatırımcılar, yeni finansal ürünler, alternatif yatırım fırsatları, çevresel zarar, karbon borsaları, tüketici baskıları, yeni tüketim ürünleri, yeni teknolojiler, şirketler yer almaktadır. Gönüllü karbon piyasası ise karbon salınımlarının denetimli Kyoto Protokolü mekanizmalarından bağımsız elde edilmesini kastetmektedir. Kyoto Protokolü piyasa mekanizmalarının aksine gönüllü karbon piyasasında zorunlu bir belirleyici kural veya standart yoktur. Kyoto Protokolü piyasa mekanizmalarına paralel olarak büyüyen gönüllü karbon piyasası hem Kyoto Protokolü yükümlülükleri altında bulunan ülkelerde hem de bunun dışındaki ülkelere gelişme olanağı bulmaktadır. Sosyal sorumluluk çerçevesinde küresel iklim değişikliklerine duyarlı şirketlerin, kuruluşların örgütlerin, bireylerin karbon salınımlarını dengeleme kolaylığını sağlamak amacıyla ortaya çıkmış bir piyasadır. Bununla birlikte gönüllü karbon piyasasında Kyoto protokolü mekanizmasında olduğu gibi karbon ticaretinin kayıt sistemi olmadığı için bu piyasada yapılan ticaretin büyüklüğü tahminlere dayanmaktadır (Taşdan, 2009: 6). Gönüllü karbon piyasası genellikle sera gazı salınımlarını dengelemek isteyen ama bu konuda bağlayıcı herhangi bir denetime tabi olmayan firmalar şahıslar ve kurumlar tarafından oluşturulmuştur. Havacılık, otomotiv, bilişim, finans vb.sektörlerde faaliyet gösteren şirketler bu kredilerin başlıca alıcıları arasındadır. Gönüllü karbon piyasasında süreçler Kyoto protokolü kapsamında zorunlu olarak uygulanan esneklik düzeneklerine göre daha karmaşıktır. Türkiye; BMİDÇS (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) Ek-I Listesinde yer alması nedeniyle CDM projelerine ev sahipliği yapamamakta, Kyoto Protokolü Ek- Listesi'nde yer almayarak emisyon azaltım hedefi belirlemediği için de Esneklik Mekanizmalarında yatırımcı olarak yer alma zorunluluğu bulunmamaktadır. Dolayısıyla Türkiye, 2008–2012 döneminde Kyoto Protokolü esneklik mekanizmalarında yatırımcı (karbon alıcı) ya da ev sahibi (karbon satıcı) ülke olarak yer alamayacaktır (Çevre ve Orman Bakanlığı Özel İhtisas Raporu, 2008: 37). 2006 yılından itibaren gönüllü karbon piyasasında, sera gazı salım azaltım projeleri ile yer alan Türkiye'de ilk kez Futurecamp GmbH adlı danışman şirket tarafından sera gazı salım azaltım projesi olarak hazırlanan 30 MW kurulu gücündeki Bandırma Rüzgâr Enerjisi Santrali (BARES) yıllık 72.000 ton CO₂ azaltımı sağlamıştır. Bu projenin hazırlanmasından sonra Türkiye piyasasında enerji yatırımlarının gönüllü karbon piyasasından yararlanmak için hızla proje hazırlandığı görülmektedir (Taşdan, 2008: 7). Türkiye, BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne 2004'te taraf olmuştur. Diğer taraftan Kyoto Protokolü, Avrupa Birliği'nin çevre müktesebatının bir parçası olduğu için Avrupa Birliği'ne katılmak isteyen Türkiye için Protokolü kabul etmek kaçınılmaz olmuştur. Bunun üzerine yaklaşık beş yıl sonra Türkiye, Şubat 2009'da Kyoto Protokolünü imzalayan ülkeler arasına katılırken, Mayıs 2009'da Protokol Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Türkiye'nin Kyoto Protokolü'nü imzalamış olması, ülkeye 2012'ye kadar bir yükümlülük getirmemektedir. Bu kapsamda Türkiye organize olmayan piyasalarda işlem yapabilmektedir. Türkiye'deki şirketler yaptıkları ve "onaylanmış emisyon indirimi (Verified Emission Reductions-VER)" olarak adlandırılan indirimlerini Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi tarafından akredite edilmiş kurumlara onaylatabilmektedir. Onaylanan bu indirimler ise gönüllü karbon indirimi birimleri olarak tezgahüstü piyasalarda işlem görebilmektedir (Çikot, 2009: 13). Bununla birlikte aralarında Türkiye'nin de bulunduğu ve 2012

yılına kadar yükümlülüğü bulunmayan ülkelerden daha sonrası için bazı çalışmalarda bulunmaları beklenmektedir. Bu çalışmalar, sera gazı emisyonuna sebep olan kullanım alanlarında mevzuat çalışmaları, güneş ve alternatif enerji kaynaklarından etkin şekilde faydalanma, ulaşım ve çöp depolamada çevreciliğin temel ilke olması, ısınma, ulaşım, teknoloji konularında daha az enerji kullanımı, fosil yakıtlar yerine bio-dizel yakıtların kullanılması, termik santrallerde daha az karbon çıkaran sistemlerin kullanılması, sera gazı envanteri çalışmalarının başlatılması, sürdürülebilir atık yönetiminin yaşama geçirilmesi, ormanlaştırma çalışmalarının hızlanması şeklinde sıralanabilir (Çikot, 2009: 12-14)

5. AMPİRİK ÇALIŞMA

Çalışmanın bu kısmında karbon salınımlarına ilişkin bir simülasyon gerçekleştirilmiş ve opsiyon fiyatlaması yapılmıştır.

5.1. Veri Seti

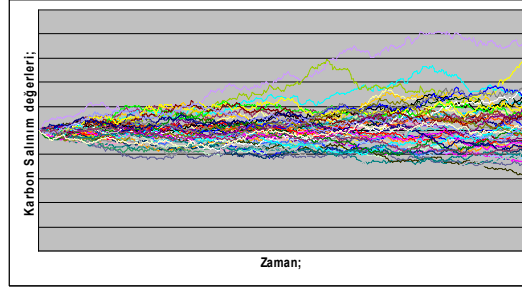
Çalışmada kullanılan kirlenme seviyesi, ülkesel bazda üretilen günlük karbon salınımı olarak kabul edilmiş ve simüle edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın amacı karbon piyasasına ait türev enstrümanların fiyatının belirlenmeye çalışılması olduğu için; salınım kavramı, metreküp hava başına (CO₂ mol/m³ hava) düşen karbondioksit gazının mol sayısı olarak düşünülmüş ve simüle edilmiştir. Sera gazları tanımı sadece karbondioksit gazını içermemektedir. Ancak çalışmada yanma reaksiyonlarında temel çıktı olarak karbondioksit gazının kullanılması da yanlış olmayacaktır. Karbon gazlarının simülasyonu geometrik brownian metodu kullanılarak oluşturulmuştur. Bu metodun kullanılma sebebi; belirli bir ülke veya belirli bir coğrafya üzerindeki karbon salınımının birincil olarak enerji üretimi ve enerji kaynaklarından etkilenmesidir. Bir sonraki adımda üretilen bu değerler belirli ve uluslar arası arenada kabul edilen sabit bir kota değeri ile karşılaştırılmıştır. Kota değeri; Kyoto protokolünü imzalayan ülkeler için üretebilecekleri karbon salınımı bakımından limit bir değerdir. Aşılması halinde, karbon salınımı daha az olan bir ülkeden ilgili karbon salınımı hakkının alınması gerekmektedir zaten bu işlem karbon piyasalarının oluşturulma sebebidir (Özcan ve Kayman,2010: 8) Aşılan kısmın bu şekilde telafi edilmemesi ceza gerektirir. Bu bakımdan kota değeri basit Avrupa tipi opsiyonlarda sabit bir değer olan kullanım fiyatı ile özdeşleştirilebilir. Basit olarak opsiyon fiyatları da Black&Scholes opsiyon fiyatlama teorisi ve varsayımları kullanılarak türetilmiştir.

5.2. Metodoloji

Özellikle fosil yakıtlarından enerji elde edilmesi ile oluşan; karbon dioksit, karbon monoksit, kükürt oksitler, azot oksitler gibi çeşitli gazlar, kurum ve kül gibi katı tanecikler ve çeşitli hidrokarbon bileşikler, havadaki kirlenme derecesinin belirlenmesi bakımından oldukça önemlidir (Ateşok vd;YIL: 2). Sera etkisine neden olan bu çıktıların miktarlarındaki artışın azaltılması istenmektedir. Karbon piyasalarında yer alan türev ürünlerin fiyatlarının hesaplanmasında bu zararlı maddelerin havadaki miktarı belirleyici bir unsur niteliği taşımaktadır. Bu nedenle çalışmada fiyatlamanın birincil unsuru olarak karbon salınımının öngörülmesi ve simüle edilmesi ile fiyatlama işlemine başlanılmıştır. Karbon salınımının simülasyonu için geometrik brownian hareketi ve varsayımları kabul edilmiştir. Rassal yürüyüş olarak da bilinen brownian hareketin özel bir hali olan geometrik brownian hareket kesikli bir zaman aralığında $\Delta S_t = S_t(\mu\Delta t + \sigma\Delta W_t)$ şeklinde tanımlanır. Görüleceği gibi t anındaki kesikli değişim; t anındaki fiyata, ilgili fiyatın zaman serisinin ortalama getiri oranı (μ), oynaklık (σ) değerine ve

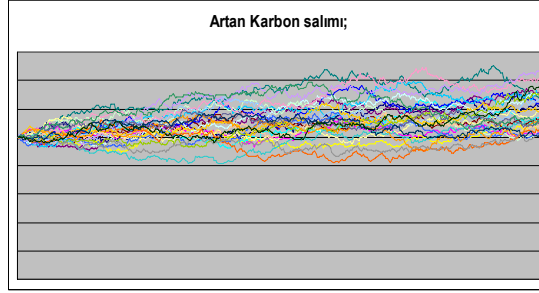
Wiener sürecine (W_t) bağımlıdır. Elde edilen değerlerin, ilgili varlığın beklenti değeri ve oynaklığı değişmemek üzere rassal enformasyon aracılığıyla üretildiği varsayılmıştır. Sürekli zamanda ise çok küçük zaman aralıklarında tanımı Euler metodu kullanılarak; $dS_t = S_t(\mu dt + \sigma dW_t)$ şeklini alır. Temel olarak fiyat değişimi; yoğunluk (drift) ve yayılma (diffusion) terimlerinden oluşmaktadır. Yoğunluk terimi; getiri ortalaması ve zaman değişimi olan terimlerden ibarettir ve doğrusal bir değişim göstermektedir. Yayılma terimi ise; zaman içerisinde sabit kabul edilen oynaklık ve Wiener sürecinden oluşmaktadır. Yayılma terimi, değişkenlik terimi olan oynaklık ile beyaz gürültü olarak da düşünülen Wiener sürecinden oluştuğu için; değişim etkisini sisteme ekleyen kısımdır. Ortalama getiri terimi ile oynaklık terimlerinin süreç boyunca sabit olarak kabul edilmeleri $\frac{dS_t}{S_t} = a dt + b dW_t$ gösterimini kolaylaştırır; (a ve b terimleri süreç boyunca sabit ve pozitifdir). Bu diferansiyel denklemin çözümü; $S_t = S_0 e^{(\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma W_t}$ ($S_0 > 0$) şeklindedir. Her iki tarafın e tabanı ile doğal logaritmasını alarak; $\ln(S_t) = \ln(S_0) + (\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma W_t$ şeklinde de gösterilebilir. Brownian harekette, Wiener sürecinin tanımlanması bazı koşullara bağlıdır. Sürecin sıfır noktasından başlaması ve bu anda sıfır değerine sahip olması gerekmektedir. ($W_0 = 0, t = 0$) Sürecin beklenen değeri sıfır ve oynaklığı \sqrt{t} olan normal bir dağılıma ($N(0, t)$) sahip olmalıdır. Son olarak değişimler birbirinden bağımsız ve değişimlerin kendisi de normal dağılıma sahip olmalıdır. Bu değişimlerin dağılımı ($N(0, dt)$) olarak kabul edilebilir. Bu varsayımlar altında karbon salınımının sürekli zamanda alacağı değerlerin, geometrik brownian hareket ile tanımlanabileceği kabul edilmiştir. Belirli şartlar altında, büyük makroekonomik değişimlerin olmadığı bir ortamda karbon salınımını, bir ülke ve bölge üzerindeki enerji üretim koşullarının belirleyecek olduğu varsayılmıştır. Üretim miktarındaki değişimin enerji üretimini etkilemesi makroekonomik faktörlerin değişimi ile belirlenebilir. Ancak makro ekonomik etkilerin uzun zaman süreleri boyunca etkili olup enerji ihtiyacının belirlenmesinde kısa vadeli ve direkt şoklar yaratmayacağı açıktır. Sonuç olarak; karbon salınımı ile enerji üretimi açısından doğrusal ve pozitif bir korelasyon olduğu sonucuna varılabilir. Bu şekilde karbon salınımını tahminlemek için; aşırılıkların olmadığı düzgün patikalar izleyen bir süreç olan geometrik brownian hareket kullanılabilir. Aşağıda simüle edilmiş karbon salınımı değerleri verilmiştir.

Grafik 1: Zamana Göre Karbon Salınımı Değerleri



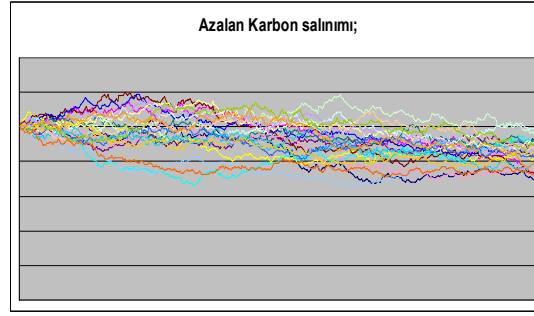
Yukarıda açıklanan varsayımlar altında; Grafik-1’de görülebileceği gibi karbon salınımı değerleri verilmiştir. Temel olarak; dünya üzerindeki karbon salınımının artan hatta monoton artan olarak kabul edilmiştir. Bu sonuç yukarıdaki varsayımlar ile çelişmemektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde açığa çıkan aşırı karbon salınımı, ülkede artan enerji ihtiyacı ile açıklanabilir (Özcan ve Kayman, 14). Bu nedenle gelişmekte olan ülkelerde karbon salınımlarını tahminlemek için; simülasyon serilerinden genel eğimleri sıfır ve sıfırdan büyük olanların tercih edilmesi daha isabetli olacaktır. Burada genel eğim ile kastedilen olgu; $\tan \alpha = \frac{y_T - y_t}{x_T - x_t}$, ($T > t$) şeklinde gösterilebilir.

Grafik 2: Artan Karbon Salınımı



Benzer şekilde gelişmiş olan ekonomilerde çevreye duyarlı enerji üreten sistemler ön plana çıkmaktadır. Gelişmiş ekonomilerin bulunduğu ülke veya bölgelerin bulunduğu yerler karbon salınımının tahminlenmesi için, genel eğimi negatif, sıfırdan küçük simülasyon serileri tercih edilmelidir.

Grafik 3: Azalan Karbon Salınımı



Karbon türev ürünlerini fiyatlamak için gerekli karbon salınımı değişkenini tanımladıktan sonra, fiyatlamaya uygun bir model kullanılmalıdır. Temel varsayımda; karbon salınımı ile enerji üretimi arasında neredeyse tam bir korelasyon olduğu ve üretimi etkileyen birincil faktörlerin başında makroekonomik değişkenlerin geldiği öne sürülmüştür. Bu nedenle düzgün ve aşırılıkların olmadığı bir patikayı takip eden karbon salınımının gerçekleştiği durumda, yine makroekonomik veriler tarafından yön verilen faiz oranlarının da neredeyse sabit olduğu varsayılabilir. Faiz oranlarının sabit kabul edilmesi, Geometrik Brownian Harekete uygun bir değişkenin bulunması ve sabit bir kota değerinin karbon piyasaların temelinde yer alması itibarıyla; söz konusu piyasaya ait türev ürünlerin fiyatlanmasında Black&Scholes opsiyon fiyatlama teoremi ve varsayımlarının kullanılabilceğini düşündürmektedir. Söz konusu kabullenmeler, teoremin varsayımları ile benzeşmektedir.

Karbon Piyasası dahilinde; karbon opsiyonun fiyatı ($f(t, S_t)$); zamana ve dayanak varlık fiyatına göre değişim göstermektedir. Çalışmada dayanak varlık olarak havada bulunan CO₂ miktarı seçilmiştir. Bu karbon salınımı değeri ile birim fiyat (metreküp*birim fiyat/mol CO₂) çarpılarak temel gösterge olan kirlenme derecesinin fiyatı bulunabilir. Havada bulunan CO₂ miktarı S_t ile gösterilsin. Artık karbon türevinin değer değişimi, zaman ve havada bulunan karbondioksit miktarı tarafından belirlenmektedir. Ito-Lemma yöntemi kullanılarak;

$$df = \left(\mu \frac{\partial f}{\partial S} + \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} \sigma^2 S^2 \right) dt + \frac{\partial f}{\partial S} \sigma S dW$$
 şeklinde iki değişkene göre karbon

opsiyonunun fiyat değişimi belirlenir. Black&Scholes opsiyon fiyatlama teoremi, bir martingale koşulu olarak kabul edildiği üzere; getiri risk-yansız bir şekilde risksiz faiz oranı kadardır.

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial S} rS + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 f}{\partial S^2} = rf$$
 .Sonuç olarak fiyatlama teoremi;

$$C_t = e^{-r(T-t)} \int_{-\infty}^{+\infty} (S_t \exp\{(r - \sigma^2/2)(T-t) + \sigma y\} - K)^+ \exp(-y^2/(2(T-t))) dy$$

$$C_t = S_t N(d_1) - Ke^{-r\delta} N(d_2)$$

$$\delta = T - t$$

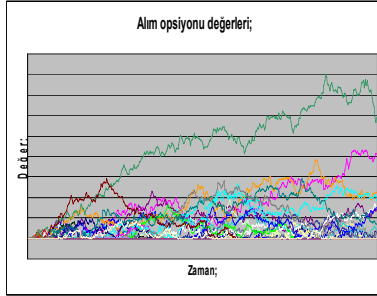
$$N(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^d e^{-x^2/2} dx \quad \text{şeklinde çözülmektedir.}$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_t/K) + (r + \sigma^2/2)\delta}{\sigma\sqrt{\delta}}$$

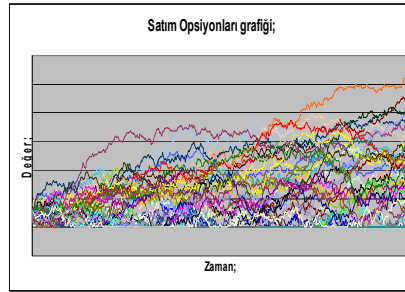
$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{\delta}$$

Bu kabullenme altında; simüle edilmiş karbon salınımı miktarları üzerinden yazılan Alım opsiyonu ve satım opsiyonu değerleri aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.

Grafik 4: Alım Opsiyonu Değerleri



Grafik 5: Satım Opsiyonu Değerleri



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel ısınmaya neden olarak öncelikle fosil yakıtların kullanılması sonucu yerkürede oluşan sera etkisi artık gelişmiş bütün toplumların dikkatini çekmiştir. Doğaya duyarlı enerji üretim sistemlerine yönelen bazı gelişmiş toplumlar, uluslar arası arenada diğer toplumları da bu sisteme yöneltmeye ve karbon salınımını azaltmaya çalışmaktadırlar. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için bu değişiklikler çok fazla maliyete yol açmaktadırlar. Bu nedenle, bir taraftan karbon salınımı arzı diğer taraftan karbon salınımı talebi birbiri ile çakışır hale gelmiştir. Bu süreç içinde özellikle sanayi bakımından az gelişmiş ülkeler doğaya duyarlı teknolojilere yönelmiş, gelişmiş ülkeler karbon kotalarındaki fazlayı, kota miktarını aşan gelişmekte olan ülkelere satma imkanı bulmuşlardır. Firma bazında ise; yeni ve doğaya duyarlı teknolojiye yönelmenin maliyeti ile karbon tüklerini alarak yasal sorumluluklardan kurtulmanın maliyeti karşılaştırılır hale gelmiştir. Bu ikilem temel olarak, karbon piyasalarının oluşum ve gelişim nedenidir. Çalışmada karbon türevlerinin fiyatlandırılması incelenmiş ve alternatif olarak kullanılan baz malın hesaplanmasında kirlenme derecesi kullanılmıştır. Başlangıç olarak geometrik brownian hareket ile türetilen karbon salınımı serisinden yola çıkılarak, kirlenme derecesine bağlı basit Avrupa tipi alım-satım karbon opsiyonları incelenmiştir. Sonuç olarak, henüz Türkiye'de piyasası olmayan bir ürün olan karbon

türevlerinin fiyatlandırılması açısından memnun edici sonuçlar ile karşılaşmıştır. Firmalar, türev ürünlerin sağladığı kaldıraç etkisi ile az bir maliyete katlanarak yasal sorumluluklardan kurtulabilmektedirler. Özellikle kullanılan varsayımların, opsiyon işlemcileri tarafından sıkça kullanılan Black&Scholes opsiyon fiyatlama teoremine uygun belirlenmesi, söz konusu yöntemin kullanılabilirliğini arttırmaktadır.

KAYNAKLAR

A. CHAUREY, T.C. KANDPAL, Carbon abatement potential of solar home systems in India and their cost reduction due to carbon finance, *Energy Policy* 37 (2009) 115–125

Birol KOVANCILAR (2001), Küresel Isınma Sorununun Çözümünde Karbon Vergisi ve Etkinliği, Celal Bayar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim ve Ekonomi Dergisi, Cilt: 8, Sayı: 2, 7-20

Cemal Seçkin AKSAY, Osman KETENOĞLU, Latif KURT, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, Sayı 25, (2005) 29 -41

Çevre ve Orman Bakanlığı Özel İhtisas Komisyonu Raporu (2008). Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları ve Diğer Uluslar arası Emisyon Ticareti Sistemleri, www.iklim.cevreorman.gov.tr/belgeler/03.pdf, (25.01.2010).

Değer ALPER, Adem ANBAR, İklim Değişikliğinin Finansal Hizmet Sektörüne Etkileri, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, Kış 2008, C:7, S:23, 223-253

Erdem Rıfat ÖZCAN, Selçuk KAYMAN, Enerji Tüketimindeki Değişimin Küresel Isınmaya Etkisi ve ABD, AB Ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye Karşılaştırması: 1980-2004, http://www.tcmb.gov.tr/yeni/iletisimgm/Ozcan_Kayman.pdf; Erişim Tarihi: 29.03.2010

Farız TAŞDAN, Kyoto Protokolü Finansal Destek Mekanizmaları Çerçevesinde Türkiye’de Gönüllü Salım Ticareti, 1. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu, 15–16 Ocak 2009, İstanbul

Gönüllü Karbon Piyasaları ve Türkiye İçin Taşıdığı Fırsatlar, GAIA Raporu, Haziran 2008

Gülin ŞİRİN, Nilüfer IŞIK, Sevil Didem GÜLÖZ, Emisyon Ticareti Uygulaması ve Türkiye’ye Etkileri, <http://www.kongreikt.ege.edu.tr/cd/pdf/52.pdf>; Erişim Tarihi: 29.03.2010

Hayriye SAMUR, Küresel İklim Değişikliğinin Etkileri ve Uluslararası Alandaki Mücadele Stratejileri, Uluslar arası “Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri” Konferansı, 18-20 Ekim 2007, Konya

Hugh BIGSBY, Carbon banking: Creating flexibility for forest owners, *Forest Ecology and Management* 257 (2009) 378–383

John CREEDY, Catherine SLEEMAN, Carbon taxation, prices and welfare in New Zealand, *Ecological Economics* 57 (2006) 333– 345

Julien CHEVALLIER, Carbon futures and macroeconomic risk factors: A view from the EU ETS, *Energy Economics* 31 (2009) 614–625

K.Y. SHOW, D.J. LEE, Carbon credit and emission trading: Anaerobic wastewater treatment, *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers* 39 (2008) 557–562

LABATT, S. and WHITE R.R., (2007), Carbon Finance: The Financial Implications of Climate Change, Published by John Wiley&Sons, INC, Hoboken, New Jersey

Murat TÜRKEŞ, Utku M. SÜMER, Gönül ÇETİNER, (2000); Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Seminer Notları, 7-24; ÇKÖK Gn. Md. Ankara

Osman PEKER, Mustafa DEMİRCİ, İklim Değişikliğinin Bilim ve Ekonomi Perspektifinden Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Yıl: 2008, Cilt: 13, Sayı: 1, 239-251

Örgen UĞURLU, İlke ÖRÇEN, Küresel Isınmanın Türkiye'nin Enerji Kaynaklarına Olası Etkileri, TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu- Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye Gerçeği, Ekim, 2007, Ankara.

Özcan ÇİKOT, (2009), Avrupa'da Karbon ve Enerji Borsaları, Sermaye Piyasasında Gündem Dergisi, 82: 9-23.

Sibel Berrin GÜÇLÜ, (2006), Emisyon ticaret sistemi: Karbon Piyasası", Metalurji Dergisi, sayı: 142, http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi142/d142_2632.pdf, (Erişim tarihi: 17.12.2009)

Sibel Berrin GÜÇLÜ, (2009), Kyoto protokolü ve Türkiye'nin Protokol Karşısında Durumu, Metalurji Dergisi, sayı: 142, www.metalurji.org.tr/dergi/dergi142/d142_4851.pdf (Erişim Tarihi: 17.12.2009)

Timo BUSCH, Volker H. HOFFMANN, Emerging carbon constraints for corporate risk management, Ecological economics 62 (2007) 518 – 528

Yücel AYRIÇAY, (2008), Çevre Finansmanında Yeni Bir Trend: Avrupa Birliği Emisyon İzinleri Piyasası, Çevre finansmanı: Muhasebe ve Finansman İçin Yeni Trendler, Editörler: Yücel Ayrıçay, Abdülmecit KARATAŞ, Gazi Kitabevi, 3-23