



TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİNDE TEKNİK ETKİNLİK VE TOPLAM FAKTÖR VERİMLİLİK GELİŞİMİ

Yaşar KASAP

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya, ykasap@dumlupinar.edu.tr

Geliş Tarihi: 31.05.2010 Kabul Tarihi: 23.06.2010

ÖZET

Türkiye Kömür İşletmelerine (TKİ) ait sekiz işletmenin 2007-2008 yılları arasındaki teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği bileşenlerindeki değişimi incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada parametrik olmayan doğrusal programlama metodları kullanılmıştır. Toplam faktör verimlilik (TFV) değişimi; etkinlik değişimi ve teknolojik değişim olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Etkinlikteki değişim; etkin sınıra yaklaşmayı, teknolojik değişim ise etkinlik sınırındaki değişimi ölçmektedir. Elde edilen bulgular 2007 yılına göre 2008 yılında toplam etkinlik değerlerinde azalma olduğunu, teknolojik değişimdeki artışla bağlantılı olarak toplam faktör verimlilik değişiminde %14,6'lık bir gelişme olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Toplam faktör verimlilik gelişimi, etkinlik değişimi, kömür madenciliği*

TECHNICAL EFFICIENCY AND TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY GROWTH OF TURKISH COAL ENTERPRISES

ABSTRACT

In this study non-parametric linear programming methods have been used to examine the change of the technical efficiency and total factor productivity components of eight Turkish Coal Enterprise (TCE) companies between the years 2007 and 2008. Total factor productivity (TFP) change has two components; efficiency change and technological change. While efficiency change measures catching-up to the efficient frontier, technological change measures shifts in the efficiency frontier. Obtained results indicate that between the years 2007 and 2008 total efficiency is decreased, however total factor productivity change is increased by 14,6 percent.

Key Words: *Total factor productivity growth, efficiency change, coal mining*

1. GİRİŞ

Ülkemizin kalkınmasında, enerji potansiyeli açısından olabildiğince bağımsız kalabilmenin ve çeşitlendirmeye gidebilmenin anahtarı, yıllardır ihmal edilen öz kaynaklarımızın geliştirilmesidir. Enerji taleplerini önemli ölçüde karşılayabilecek olan kömür, en yaygın doğal kaynak olarak ekonomik biçimde işletilebilmelidir. Bu çerçevede kömür sektöründe, rezervlerin optimum şekilde işletilip, enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılması ve diğer enerji kaynaklarına iyi bir alternatif oluşturulabilmesi için verimlilik artırıcı çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir.

Verimlilik oranları; işletmelerdeki kaynak kullanım kararlarının alınmasında temel bir gösterge olarak kabul edildiği gibi üretim süreçlerinin kontrol edilip geliştirilmesinde ve de işletmeler arası karşılaştırmalarda kullanılabilir. İşletmeleri yalnızca miktarsal olarak değerlendiren verimlilik ölçümleri, yerini kendinden

daha geniş bir anlam ve içeriğe sahip olan “etkinliğe” bırakmaktadır. Verimlilik; etkinliğin başlıca öğelerinden sadece birisi olarak, çıktılarının maksimizasyonunu etkinlikle birlikte sağlamaya çalışırken, etkinlik; bir işletmenin çıktılarının mümkün olan ekonomik ve siyasi bütün yollardan azamileştirmeyi amaçlamaktadır.

Günümüzde üretim amaçlı kullanılan birbirinden farklı kaynaklar, bu kaynakların kullanımı ile elde edilen farklı ürünler ve girdi-çıkıtı birimlerindeki farklılıklar verimliliğin değerlendirilmesini güçleştirdiğinden dolayı birçok ölçüm yöntemi geliştirilmiştir. Verimlilik ve etkinlik gibi ölçütleri de içerisinde bulunduran performans ölçümlerini gerçekleştirecek, standart biçime gelmiş güvenli ve geçerli ölçüm tekniklerinin bulunmayışı ve analizlerde fonksiyonel form gerektirmemesi parametrik olmayan doğrusal programlama metodlarının öne çıkmasına sebep olmuştur.

Parametrik olmayan doğrusal programlama metodu, tek bir dönemde karar birimlerinin verilerini kullanarak analiz yapmakta, zaman içinde meydana gelebilecek etkinlik değişimlerini dikkate almamaktadır. Bu sebeple etkinlik analizlerinde zaman boyutunu da dikkate alan Malmquist Toplam Faktör Verimlilik indeksi geliştirilmiştir.

Literatürde; madencilik sektöründeki verimlilik ve etkinliğin parametrik olmayan doğrusal programlama ile ölçüldüğü çalışmalara çok az rastlanmaktadır. Kasap vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada, TKİ’ye bağlı işletmelerin etkinlik performansları üzerinde, girdi parametreleri ile birlikte kontrol edilemeyen faktörlerin etkileri araştırılmıştır. Kasap vd. (2007) Fried-Lovell and Muniz modelini kullandıkları çalışmalarında işletmelerin ortalama etkinlik değerlerinin %87,5’den %92,3’e yükseldiğini tespit etmişlerdir. Kulshreshtha ve Parikh (2002), dünyanın üçüncü büyük kömür üreticisi olan Hindistan’da yeraltı ve açık ocak kömür madenciliğindeki etkinlik ve verimlilik gelişimini parametrik olmayan doğrusal programlama modelleri ile belirlemişlerdir. Bu çalışmada kontrol edilemeyen faktörler dikkate alınmaya çalışılmış fakat Banker ve Morey (1986) tarafından geliştirilen tek aşamalı modelin kullanılması sebebiyle kontrol edilemeyen girdilerin etkinlik analizi üzerindeki etkileri hakkında yeterli bilgi edinilememiştir. Thompson vd. (1995) ise Illinois kömür madeni işletmesinin karlılık oranları ve teknik etkinliğini parametrik olmayan doğrusal programlama modeli ile incelemiştir [1,2,3,4].

Byrnes ve arkadaşları (1988) ABD kömür madenciliği verimliliğini iki analitik teknik olan matematiksel programlama ve regresyon analizi ile incelemişlerdir. Parametrik olmayan matematiksel programlamanın, teknik etkinlik ve ölçek etkinliği gibi ayrımlara müsaade ettiği ifade edilerek yöneticilere yol gösterici olması açısından diğer yöntemden daha üstün olduğu ispatlanmıştır. Byrnes ve Fare 1987 yılında ABD’nin açık işletme kömür madenlerinin göreceli etkinliğini incelemişlerdir. Bu araştırmacılar, parametrik ve stokastik olmayan bir metodu 186 gözlem kümesine uygulamış ve her bir firmanın göreceli etkinliğini parçalı doğrusal teknoloji ile hesaplayarak etkisizlik kaynaklarını tanımlanmışlardır [5,6].

Bu çalışmada; gelişen teknolojiyle birlikte artan insan ihtiyaçlarını karşılayacak fosil enerji kaynakları arasında %70’lik bir rezerve sahip olan kömürün mevcut rezervleri dahilinde daha etkin üretim yapabilmesine yardımcı olabilmek amacıyla Türkiye Kömür İşletmelerine bağlı, sekiz bölgenin (içerisinde birçok işletmeyi barındıran) 2007, 2008 yıllarında teknik etkinlik değerleri incelenmiş ve toplam faktör verimlilik değişimi araştırılmıştır. Parametrik olmayan doğrusal karar modellerinin çözümünde DEAP 2.1 (Data Envelopment Analysis Program) paket programı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarında satılabilir kömür üretimine göre kullanılan girdilerin fazlalığı sebebiyle 2007 ve 2008 yılında ortalama teknik etkinlik değerlerinin sırasıyla %52,1 ve %44,3 olduğu tespit edilmiş ve üstelik 2008 yılında ortalama teknik etkinlik değerinde azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Dikkate alınan iki yılda ortalama toplam faktör verimliliği değişiminde meydana gelen %14,6’lık artışın sebebinin teknolojik değişimdeki %49,3’lük artışın olduğu ispatlanmıştır.

2. YÖNTEM

2.1. Parametrik Olmayan Etkinlik Yaklaşımı

Türkiye Kömür İşletmeleri'nde 2007 ve 2008 yıllarındaki etkinlik analizi için girdi bazlı parametrik olmayan doğrusal programlama metodu kullanılmıştır. Bu metod; parametrik yöntemlerde olduğu gibi fonksiyonel bir forma ihtiyaç duymaması ve ortalama bir teknolojik uygulamadan ziyade en iyi teknolojik uygulamaya göre kıyaslama işlemini gerçekleştirmesi sebebiyle seçilmiştir [7,8,9].

Bu çalışmada parametrik olmayan doğrusal programlama modellerinde kullanılan kümeler, parametreler ve değişkenler aşağıdaki gibidir;

- n karşılaştırmanın yapıldığı karar verme birimlerinin (KVB=dikkate alınan işletmeler) sayısı,
 s üretimden elde edilen çıktı sayısı,
 m üretimde kullanılan girdi sayısı,
 $k = (1,2, \dots, n)$ dikkate alınan karar verme birimi kümesi,
 $r = (1,2, \dots, s)$ tüm çıktıların kümesi,
 $i = (1,2, \dots, m)$ tüm girdilerin kümesi,
 λ_{jk} girdi bazlı modelde etkinliği ölçülen "k" karar biriminin diğer birimlere (j) göre aldığı ağırlık değeri,
 θ_k en iyi sınırı elde etmek için dikkate alınan k KVB'nin tüm girdilerini azaltmaya çalışan skaler değişken (etkinlik değeri),
 y_{rj} j karar birimi tarafından üretilen r'inci çıktı miktarı,
 y_{rk} k karar birimi tarafından üretilen r'inci çıktı miktarı,
 x_{ij} j karar birimi tarafından kullanılan i'inci girdi miktarı,
 x_{ik} k karar birimi tarafından kullanılan i'inci girdi miktarı,
 $L(y)$ girdi ihtiyaç serisi,
 s_{ik}^+ aylak değişken (k karar biriminin i'inci girdisine ait atıl değer = fazla miktarda kullanılan girdi),
 s_{rk}^- artık değişken (k karar biriminin r'inci çıktısına ait atıl değer = yeterli miktarda üretilmeyen çıktı),
 t dikkate alınan ilk yıl
 $t+1$ dikkate alınan ikinci yıl

Çizelge 1 Parametrik Olmayan Doğrusal Programlama modelleri [10,11]

Teknik etkinlik (TE)	Saf teknik etkinlik (PTE)
Amaç Fonksiyonu	Amaç Fonksiyonu
$\min \theta_k$	$\min \theta_k$ (1)
Kısıtlar;	Kısıtlar;
$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} \cdot y_{rj} - s_{rk}^- = y_{rk}$; $r = 1,2, \dots, s$	$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} \cdot y_{rj} - s_{rk}^- = y_{rk}$; $r = 1,2, \dots, s$ (2)
$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} \cdot x_{ij} + s_{ik}^+ = \theta_k \cdot x_{ik}$; $i = 1,2, \dots, m$	$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} \cdot x_{ij} + s_{ik}^+ = \theta_k \cdot x_{ik}$; $i = 1,2, \dots, m$ (3)
	$\sum_{j=1}^n \lambda_{jk} = 1$; $j = 1,2, \dots, n$ (4)
$\lambda_{jk}, s_{ik}^+, s_{rk}^- \geq 0$; $\forall i, r, j$	$\lambda_{jk}, s_{ik}^+, s_{rk}^- \geq 0$; $\forall i, r, j$ (5)

Amaç Fonksiyonu;

Girdi minimizasyonu altında yapılacak etkinlik ölçümü için kurulan modellerde çıktılar sabit tutularak girdiler minimum yapılmaya çalışılmaktadır.

Kısıtlar;

Kısıt (2) setleri girdi minimizasyonu altında yapılan parametrik olmayan doğrusal programlama analizinde sabit tutulan çıktıların karşılaştırmasını ifade etmektedir. Bu kısıt ile her bir j KVB'nin r. çıktısı, etkin sınırı oluşturan etkin işletmelerin r. çıktısının maksimum lineer kombinasyonundan daha büyük olmayacaktır. Etkinsiz KVB'lerindeki girdilerin minimum yapılmaya çalışıldığı kısıtlar ise eşitlik (3)'te gösterilmektedir. Her bir j. KVB'nin i. girdisi, tüm işletmeler tarafından kullanılan i. girdinin ağırlıklı lineer kombinasyonu ile oluşturulan seviyeden daha küçük bir girdi seviyesi θ vasıtasıyla ölçülebilmektedir.

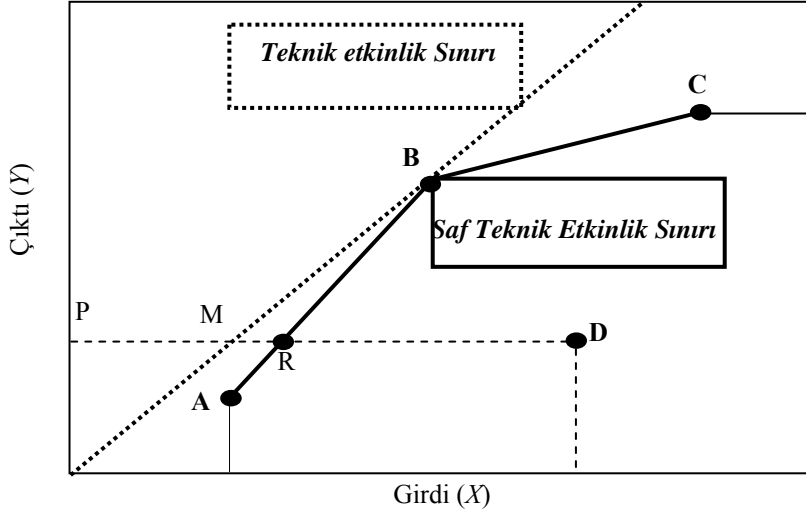
Bir KVB'nin etkin sayılabilmesi için;

- Optimal θ_k değerinin 1'e eşit olması ($\theta < 1$ ise etkinsiz),
- Tüm aylak ve artık değişken değerlerinin sıfır olması ($s_{ik}^+, s_{rk}^- = 0$) gerekmektedir.

Bu yöntemin en önemli avantajı, her karar verme biriminin etkinsizlik miktarını ve kaynaklarını tanımlayabilmesi ve etkin olmayan birimlerin etkin hale gelebilmeleri (etkin işletmeleri referans olarak) için yöneticilere yol gösterebilmesidir [7].

Parametrik olmayan etkinlik analizinin temelini oluşturan teknik etkinlik modelleri Charnes vd. (1978) tarafından ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında geliştirilmiştir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımında; girdi vektöründeki herhangi bir radyal artış (bütün girdi bileşenlerinin aynı oranda artışı) çıktı vektöründe de aynı oranda bir radyal artışa neden olmaktadır. Başka bir ifadeyle üretim ölçeğindeki değişimler verimliliği etkilememektedir. Şekil 1'den de inceleyebileceği gibi etkin birimleri (M ve B KVB'leri) orijinle birleştiren doğru teknik etkinlik sınırını oluşturmakta sınırın altında kalan birimler teknik etkinsiz kabul edilmektedir.

1984 yılında Banker vd. tarafından geliştirilen saf teknik etkinlik modelleri ise ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında analiz yapmaktadır ve etkin sınır parçalı doğrusal bir yapı sergileyen "içbükey zarf" tarafından taranmaktadır. Bu modelde üretim ölçeğindeki değişimlerin verimliliği etkilediği düşünülmektedir. Girdi vektöründeki herhangi bir radyal artışın, çıktı vektöründe daha küçük (büyük) oranda bir radyal artışa neden olması durumunda ölçeğe göre azalan (artan) getiri söz konusudur. Şekil 1'den de görülebileceği gibi saf teknik etkinlik sınırı A, R, B ve C noktalarından oluşmaktadır. Her iki sınır dışında kalan D noktası ise hem teknik etkinsiz hem de saf teknik etkinsiz birimdir. Teknik etkinlik sınırı ile saf teknik etkinliğin kesişiminde bulunan B noktasında ise "ölçeğe göre sabit getiri" söz konusudur ve Banker tarafından tanımlandığı şekliyle en verimli ölçek büyüklüğüne sahiptir. AR, RB doğru parçalarında "ölçeğe göre artan getiri", CB doğru parçasında "ölçeğe göre azalan getiri" özelliği gözlenmektedir. [12,13].



Şekil 1: Parametrik olmayan etkinlik analizi bileşenleri

Teknik etkinlik bileşenlerini, saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Teknik etkinlik (TE) değerinin saf teknik etkinlik (PTE) değerine oranlanması ile ölçek etkinliği (SE) hakkında bilgi edinilebilmektedir (Formül (6)).

$$TE=PTE \times SE \quad (6)$$

Bu ayrıştırma, etkinsizliğin fazla miktarda kullanılan girdiden mi (saf teknik etkinlik), yoksa uygun ölçekte (Şekil 1’deki B noktası) üretim yapılamamasından mı (ölçek etkinliği) ya da her iki sebepten de mi kaynaklandığı konusunda bilgi vermesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Parametrik olmayan doğrusal modellerde karar verme birimlerinin göreceli etkinliğini hesaplamanın iki muhtemel yolu vardır. Bunların ilki belli bir girdi bileşimi ile maksimum çıktı elde edilmesini sağlayan “çıkıtı bazlı parametrik olmayan doğrusal modeller”. İkincisi ise; belirli bir çıktı bileşiminin en az girdi ile üretilmesini sağlayan “girdi bazlı parametrik olmayan doğrusal modeller”dir [14]. Bu çalışmada yapılan etkinlik analizlerinde çıktıları sabit tutularak girdiler azaltılmaya çalışılmıştır.

2.2. Malmquist Toplam Faktör Verimlilik İndeksi

Parametrik olmayan doğrusal programlama metodu, statik bir analiz şekli olup, tek bir dönemde karar birimlerinin verilerini kullanarak analiz yapmaktadır. Ancak etkinliği saptanmış bir karar birimi daha sonraki dönemlerde etkinliğini yitirebilir ve referans olma özelliğini kaybedebilir. Bu açıdan etkinlik değerlendirme sürecinde, zaman içerisinde meydana gelebilecek değişimin incelenebilmesi amacıyla Malmquist toplam faktör verimlilik (TFV) indeksi geliştirilmiştir.

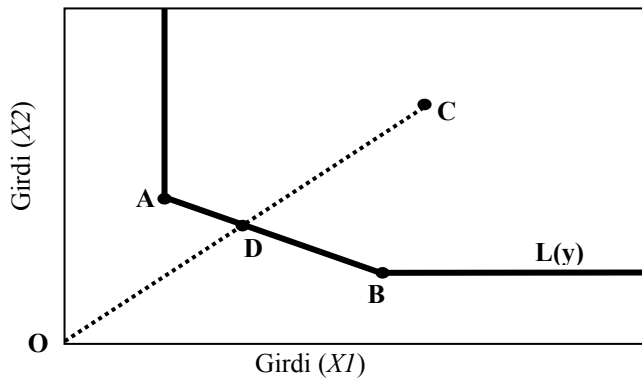
Farrell teknik etkinlik ölçümüne uzaklık fonksiyonları dahil edilerek elde edilen Malmquist indeksi; iki birimin toplam faktör verimliliklerindeki değişimini ortak bir teknolojiye olan uzaklıkların oranı olarak ölçmektedir. Uzaklık fonksiyonu çok-girdili, çok-çıkıtlı üretim teknolojilerini, maliyet minimizasyonu ya da kâr maksimizasyonu gibi hedefleri belirtmeden, tanımlamada kullanılmaktadır. Girdi uzaklık fonksiyonu, çıktı vektörü verildiğinde, oransal olarak en çok daralan girdi vektörüne bağlı olarak üretim teknolojisini tanımlamaktadır. Benzer olarak, çıktı uzaklık fonksiyonu, girdi vektörü verildiğinde, oransal olarak en çok genişleyen girdi vektörüne bağlı olarak üretim teknolojisini tanımlamaktadır [13, 15, 16]. Bu makalede dikkate alınan iki yıl içerisinde karar verme birimlerinin etkinlik değişimlerini inceleyebilmek için yapılan etkinlik analizleriyle uyumlu olması açısından girdi uzaklık fonksiyonundan yararlanılmıştır.

Grifell-Tatje ve Lovell (1995), Malmquist indeksi için gerekli olan uzaklık fonksiyonlarının hesaplanmasında, ölçeğe göre değişken getiri varsayımını kullanmanın, TFV indeksindeki değişimleri (verimlilik kazanımı veya kaybını) doğru ölçmeyeceğini göstermişlerdir. Bu nedenle indeksin, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında hesaplanması gerekmektedir [7, 13, 17].

Girdi uzaklık fonksiyonu;

$$D_i(x, y) = \max \left\{ \theta : \left(\frac{x}{\theta}, y \right) \in L(y) \right\} \quad (7)$$

Uzaklık fonksiyonu $D_i(x,y)$ 'nin alacağı değerler, x vektörü $L(y)$ ekin sınırı üzerinde ise 1.0; x vektörü $L(y)$ içindeki teknik etkin olmayan bir noktayı tanımlıyorsa <1.0 ; ve x vektörü $L(y)$ dışındaki mümkün olmayan bir noktayı tanımlıyorsa >1.0 'dir.



Şekil 2 Girdi uzaklık fonksiyonu grafiği

Şekil 2 girdi uzaklık fonksiyonunun nasıl kurulduğunu göstermektedir. Aynı çıktıyı veren her üç üretimde de A, B ve C noktaları ile ifade edilen girdi vektörlerinin kullanıldığı gözlenir. $L(y)$ etkin sınırı; A noktasına kadar dikey, A-B noktalarını birleştirecek ve B noktasından itibaren yatay uzayacak şekilde biçimlendirilmiştir. Yatay ve dikey uzanımlar, girdilerin ihmal edilmiş kabul edildiği yerlerdir. $D_i(x, y)$ 'in değeri $1/TE$ olarak verilir. C noktası için $TE=OD/OC$ iken $D_i(x, y) = OC/OD$ dir. A ve B etkin sınır üzerinde olduğundan bu noktalar için TE ve $D_i(x, y)$ 1'e eşittir.

Dikkate alınan t dönemi ve bunu izleyen $(t+1)$ dönemi arasındaki girdiye göre Malmquist toplam faktör verimlilik değişim indeksi ($MALM$), uzaklık fonksiyonu çerçevesinde;

$$MALM = \sqrt{\frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}} \quad (8)$$

olarak hesaplanmaktadır. Burada $D_i(x, y)$, $(t+1)$ dönemi gözleminin t dönemi teknolojisinden olan uzaklığını ifade etmektedir. $MALM$ fonksiyon değerinin 1'den büyük olması t döneminden $(t+1)$ dönemine olan toplam faktör verimliliğinde büyüme olduğunu 1'den küçük olması ise aynı dönemler dikkate alındığında toplam faktör verimliliğinde azalma olduğunu göstermektedir.

Uzaklık fonksiyonundan hareketle hesaplanan Malmquist TFV indeksi verimlilikteki değişimleri iki ayrı bileşene göre incelemektedir. Bunlar, teknik etkinlik değişimi ve teknolojik değişimdir. Etkinlik değişimi, karar

verme birimlerinin etkin sınıra yaklaşma sürecinin bir değerlendirmesini verirken, teknolojik değişme etkin sınırın zaman içindeki değişimini vermektedir [17].

Denklem 8 yeniden düzenlendiğinde:

$$MALM = \underbrace{\frac{D_i^t(x^t, y^t)}{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}}_{\text{Teknik Etkinlik Değişimi}} \times \underbrace{\sqrt{\frac{D_i^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_i^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_i^{t+1}(x^t, y^t)}{D_i^t(x^t, y^t)}}}_{\text{Teknolojik Değişimi}} \quad (9)$$

$MALM = TE \times TD$ dir.

$TE = PTE \times SE$ olduğuna göre;

$MALM = PTE \times SE \times TD$ dir.

Malmquist TFV indeksinin hesaplanmasında aşağıdaki dört girdi uzaklık fonksiyonu kullanılmaktadır;

$$\begin{aligned} [D_i^t(x_j^t, y_j^t)]^{-1} &= \min \theta_k & [D_i^t(x_j^{t+1}, y_j^{t+1})]^{-1} &= \min \theta_k \\ &\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t \cdot y_{rj}^t \geq y_{rk}^t & &\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t \cdot y_{rj}^t \geq y_{rk}^{t+1} \\ &\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t \cdot x_{ij}^t \leq x_{ij}^t \cdot \theta_k & &\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^t \cdot x_{ij}^t \leq x_{ij}^{t+1} \cdot \theta_k \\ &\lambda_{jk}^t \geq 0 & &\lambda_{jk}^t \geq 0 \\ [D_i^{t+1}(x_j^{t+1}, y_j^{t+1})]^{-1} &= \min \theta_k & [D_i^{t+1}(x_j^t, y_j^t)]^{-1} &= \min \theta_k \\ &\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^{t+1} \cdot y_{rj}^{t+1} \geq y_{rk}^{t+1} & &\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^{t+1} \cdot y_{rj}^{t+1} \geq y_{rk}^t \\ &\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^{t+1} \cdot x_{ij}^{t+1} \leq x_{ij}^{t+1} \cdot \theta_k & &\sum_{j=1}^n \lambda_{jk}^{t+1} \cdot x_{ij}^{t+1} \leq x_{ij}^t \cdot \theta_k \\ &\lambda_{jk}^{t+1} \geq 0 & &\lambda_{jk}^{t+1} \geq 0 \end{aligned}$$

Tanımlanan bu uzaklık değerlerinin tüm dönemler ve gözlemler için hesaplanabilmesi, n KVB sayısını ve t dönem sayısını göstermek üzere, $n(3t-2)$ tane doğrusal programlama modelinin çözümünü gerektirmektedir [13,18]. Bu çalışmada da dikkate alınan 8 işletme ve 2 yıl olması sebebiyle analizlerin yapılabilmesi için 32 adet doğrusal programlama modeli çözülmüştür.

BULGULAR

Parametrik olmayan doğrusal modellerde Türkiye Kömür İşletmelerine bağlı sekiz işletmenin 2007, 2008 yıllarındaki verileri dikkate alınmıştır. Veriler Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) kurumunun faaliyet raporlarından elde edilmiştir. Ana hedefleri üretimi artırmak, kömür kalitesini iyileştirme çalışmaları yapmak, kömür üretim maliyetlerini en aza indirmek olan TKİ'nin ülkenin değişik yerlerinde kömür üretimi ve pazarlamasını yapan 4 adet müessese Müdürlüğü (Soma, Yatağan, Tavşanlı, Seyitömer) ve bu müesseselere bağlı olarak çalışan 4 adet İşletme Müdürlüğü (Çan, Milas, Ilgın, Orhaneli) bulunmaktadır. Söz konusu

müdürlüklere bağlı çok sayıda işletme olmasına rağmen verilerin sağlıklı bir şekilde elde edilebilmesi ve değerlendirmenin bu başlıklar üzerinden yapılabilmesi açısından KVB'ler bu sekiz ana işletmeden oluşturulmuştur.

Kümeler ve parametreler;

- n sekiz adet işletme (Soma, Çan, Yatağan, Milas, Tavşanlı, Ilgın, Seyitömer, Orhaneli),
 s üretimden elde edilen çıktı sayısı (satılabilir üretim miktarı),
 m üretimde kullanılan girdi sayısı (yatırım giderleri, personel sayısı),
 $k = (1,2,\dots,8)$ dikkate alınan karar verme birimi kümesi,
 $j = (1,2,\dots,8)$ tüm karar verme birimleri kümesi,
 $r = (1)$ tüm çıktıların kümesi,
 $i = (1,2)$ tüm girdilerin kümesi,
 t 2007 yılı
 $t+1$ 2008 yılı

Analizde bir adet çıktı, iki adet girdi ele alınmıştır. Her işletmenin satılabilir üretim miktarı (incelenen yılda satılabilir kömürün ton olarak miktarı) çıktıyı oluşturmaktadır. Girdilerden yatırım giderleri; incelenen yılda işletmeye yatırım amaçlı yapılan harcamaları (TL) ifade etmektedir ve TEFE (2007=100) ile reel hale dönüştürülmüştür. Personel sayısı; işletmede çalışan personel sayısını (adet) temsil etmektedir.

Bu çalışmada dikkate alınan veriler Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2 Analizde Kullanılan Çıktı ve Girdi Değerleri [19, 20]

KVB	2007			2008		
	Satılabilir Üretim (ton)	Yatırım Giderleri (TL)	Personel Sayısı (Adet)	Satılabilir Üretim (ton)	Yatırım Giderleri (TL)	Personel Sayısı (Adet)
Soma	5854652	4850000	2920	6320543	8762330	2452
Çan	1526134	3784000	492	1742254	730033	440
Yatağan	3932203	1925000	1027	4865722	2951432	909
Milas	6386390	2943000	598	7336182	2268923	488
Tavşanlı	3337672	6947600	2835	3814406	11382004	2382
Ilgın	66330	2295000	155	82715	491254	147
Seyitömer	4362808	1310000	1020	6977187	1687845	812
Orhaneli	743495	425000	611	545325	939897	533

TKİ'ye bağlı sekiz işletmenin 2007 ve 2008 yıllarındaki teknik etkinlik ve toplam faktör verimliliği bileşenlerindeki değişimleri inceleyebilmek amacıyla Coelli (1996) tarafından yazılan DEAP 2.1 bilgisayar programı kullanılmıştır [21]. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde Milas ve Seyitömer işletmelerinin hem 2007 hem de 2008 yılında teknik etkinlik değerlerinin %100 olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre en etkisiz işletme Ilgın orak tespit edilmiştir. Bu işletmenin 2007 yılındaki etkinlik değeri %4 ($1-0,04=0,96$ etkisiz), 2008 yılında ise %4,8 ($1-0,048=0,952$ etkisiz) dir. Buradaki etkisizlik dikkate alınan işletmelere kıyasla satılabilir üretim miktarına göre yapılan yatırımın ve çalıştırılan personel sayısının fazlalığından kaynaklanmaktadır. Soma, Yatağan, Tavşanlı ve Orhaneli işletmelerinin toplam etkinlik değerlerinin zaman içerisinde azaldığı, Çan işletmesinin toplam etkinlik değerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Genel olarak incelendiğinde TKİ kurumu etkinlik ortalamalarının 2007 yılında %52,1 iken 2008 yılında %44,3'e gerilediği belirlenmiştir.

Çizelge 3 2007-2008 Yıllarına Ait Teknik Etkinlik Değerleri

KVB	2007	2008
Soma	0,406	0,209
Çan	0,290	0,577
Yatağan	0,720	0,465
Milas	1,000	1,000
Tavşanlı	0,186	0,107
İlgin	0,040	0,048
Seyitömer	1,000	1,000
Orhaneli	0,525	0,140
ORTALAMA	0,521	0,443

Parametrik olmayan etkinlik analizinin en önemli avantajlarından biride etkin işletmelerin etkisizlik sebeplerini tespit ederek yöneticiye önerilerde bulunabilmesidir. Bu çalışmada da girdiye yönelik yapılan etkinlik analizlerinde çıktılar sabit tutularak girdiler azaltılmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre etkisiz işletmeler (Soma, Çan, Yatağan, Tavşanlı, İlgin ve Orhaneli), kullandıkları girdi değerlerini Çizelge 4'te verilen oranlar dahilinde azalttıkları takdirde etkin hale gelebileceklerdir. Her iki yılda da etkin olarak tespit edilen Milas ve Seyitömer işletmelerinin girdi değerlerinde hiçbir iyileştirme yapılmasına gerek yoktur. Ancak en büyük iyileştirmenin en etkisiz olarak tespit edilen İlgin işletmesine uygulanması gerektiği belirlenmiştir.

Etkisiz olarak tespit edilen İlgin işletmesi, Gölyaka ve Çavuşçu sahalarında faaliyetlerini sürdürmektedir. Üretim faaliyetlerinin sürdürüldüğü Gölyaka'da projelendirilen kömür rezervi tükenmek üzeredir [22]. Mevcut rezervlerin geliştirilmesi ve yeni rezervlerin bulunmasına yönelik yapılan sondaj çalışmalarının değerlendirilmesi sonucunda, işletmenin yaptığı yatırımları karşılayacak biçimde, üretim miktarında gözlenecek artışla birlikte etkinlik değerinin de artması beklenmektedir.

2007 ve 2008 yılları için ayrı ayrı teknik etkinlik değerlerini inceledikten sonra zaman içerisinde etkinliklerde meydana gelebilecek değişimleri araştırabilmek için ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında işletmelerin dikkate alınan yıllardaki toplam faktör verimliliği ve bileşenlerindeki değişimlerin analizi için Malmquist TFV indeksinden yararlanılmıştır.

Çizelge 4 2007 ve 2008 Yıllarına Ait Etkinlik İyileştirme Oranları (% olarak)

KVB	2007			2008		
	Satılabilir Üretim	Yatırım Giderleri	Personel Sayısı	Satılabilir Üretim	Yatırım Giderleri	Personel Sayısı
Soma	0,00	59,41	59,42	0,00	79,11	79,12
Çan	0,00	81,41	70,93	0,00	42,27	53,86
Yatağan	0,00	27,98	28,04	0,00	53,53	53,58
Milas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tavşanlı	0,00	81,40	81,41	0,00	89,64	89,34
İlgin	0,00	98,67	96,13	0,00	95,21	95,24
Seyitömer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Orhaneli	0,00	47,47	71,52	0,00	85,96	88,18

Toplam faktör verimliliğindeki değişme, teknik etkinlik değişim ve teknolojik değişim indekslerinin 1'den büyük olması toplam faktör verimliliğindeki, teknik etkinlikteki ve teknolojideki ilerlemeyi ifade ederken, 1'den küçük olması gerilemeyi ifade etmektedir. Ayrıca etkinlikteki değişme indeksinin 1'den büyük olması işletmenin en iyi üretim sınırını yakalama etkisini ve teknolojik değişme indeksin 1'den büyük olması üretim sınırının yukarı kayması veya yeniliği ifade etmektedir. Etkinlikteki değişme kendi içerisinde saf etkinlikteki değişme ve

ölçek etkinliğindeki değişme olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Saf etkinlikteki değişme uygun miktarda girdi kullanımını, ölçek etkinliği ise uygun ölçekte üretim yapma başarısını göstermektedir.

Çizelge 5'ten de inceleyebileceği gibi TKİ kurumuna bağlı sekiz işletmenin 2007-2008 yılları arasındaki etkinlik değişimi 0,768 olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuç; her iki yıl için ayrı ayrı yapılan etkinlik analizlerinde elde edilen sonuçla uyumlu olacak şekilde, zaman içerisinde ortalama teknik etkinlik değerlerinde azalma olduğunu bir kez daha ispatlamaktadır. İşletmeler ayrı ayrı ele alındığında Çan ve Ilgın işletmelerinde etkinlik değişim indeksinin 1'den büyük olduğu görülmektedir. Çan işletmesindeki etkinlik artışı hem saf teknik etkinlikteki artıştan hem de ölçek etkinliğindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Aslında analizler sonucunda en etkisiz olarak belirlenen Ilgın işletmesinin zaman içerisinde etkinlik değerinde az da olsa artışa rastlanmıştır. Buradaki artışta ölçek etkinliğindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Teknik etkinlik değişim indeksine göre Soma, Yatağan, Tavşanlı ve Orhaneli işletmelerinde ilgili dönemde etkinlik azalışı tespit edilmiştir. Buradaki azalışlarda yine saf teknik etkisizlik ve ölçek etkisizliklerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5 2008 Yılı Toplam Faktör Verimlilik Bileşenleri

KVB	Teknik Etkinlik Değişimi	Teknolojik Değişim	Saf Teknik Etkinlik Değişimi	Ölçek Etkinliğindeki Değişim	Malmquist TFV Değişim
Soma	0,515	1,538	0,146	1,236	0,792
Çan	1,988	1,430	1,669	1,191	2,843
Yatağan	0,645	1,576	0,661	0,976	1,017
Milas	1,000	1,486	1,000	1,000	1,486
Tavşanlı	0,573	1,559	0,610	0,939	0,893
Ilgın	1,194	1,490	1,000	1,194	1,779
Seyitömer	1,00	1,461	1,000	1,000	1,461
Orhaneli	0,267	1,415	0,593	0,450	0,378
ORTALAMA	0,768	1,493	0,799	0,961	1,146

Malmquist toplam faktör verimlilik değişimi incelendiğinde 2008 yılında 2007 yılına göre %14,6'lık bir artış gözlenmektedir. Bu artışa teknik etkinlik %23,2'lik olumsuz katkı sağlarken teknolojik değişimin %49,3'lük olumlu katkısı olmuştur. Teknik etkinliğin bileşenleri incelendiğinde ise ölçek etkinliğinde %3,9'luk ve saf teknik etkinlikte %20,1'lik olumsuz etki görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlarda göstermektedir ki teknik etkisizliğin en büyük sebebi gereğinden fazla kaynak kullanımınıdır.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Gelişen teknolojiyle birlikte artan enerji taleplerini karşılayabilecek olan kömür rezervlerimizin optimum şekilde işletilip, enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılması ve diğer enerji kaynaklarına iyi bir alternatif oluşturulabilmesi için verimlilik artırıcı çalışmalara hız verilmesi gerekmektedir.

İşletmelerdeki kaynak kullanım kararlarının alınmasında, üretim süreçlerinin kontrol edilip geliştirilmesinde ve de işletmeler arası karşılaştırmalarda verimlilik analizlerinden yararlanılmaktadır. Ancak verimliliğin işletmeleri sadece miktarsal olarak değerlendirmesi sebebiyle yerini kendinden daha geniş bir anlam ve içeriğe sahip olan etkinliğe bırakmıştır. Etkinlik; bir işletmenin çıktılarını mümkün olan ekonomik ve siyasal bütün yollardan azamileştirmeyi amaçlamayan ve verimliliği de içine alan geniş bir kavramdır.

Verimlilik ve etkinliğin değerlendirilebilmesi için geliştirilen birçok modele rağmen birden fazla girdi-çıkıtı setlerine sahip birimleri kıyaslayabilmesi, analizlerde fonksiyonel form gerektirmemesi ve ortalama bir teknolojik uygulamadan ziyade en iyi teknolojik uygulamaya göre kıyaslama işlemini gerçekleştirebilmesi parametrik olmayan doğrusal programlama metodlarının öne çıkmasına sebep olmuştur. Ancak parametrik olmayan doğrusal programlama metodu, tek bir dönemde karar birimlerinin verilerini kullanarak analiz

yapmakta, zaman içinde meydana gelebilecek etkinlik değişimlerini dikkate almamaktadır. Bunun için, zaman boyutunu da içeren Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi geliştirilmiştir.

Türkiye Kömür İşletmeleri kurumunun mevcut rezervleri dahilinde daha etkin üretim yapabilmesine yardımcı olabilmek amacıyla, sekiz bölgesinin 2007 ve 2008 yıllarında toplam etkinlik değerleri incelenmiş ve toplam faktör verimlilik değişimi araştırılmıştır.

Kuruma bağlı 4 adet müessese Müdürlüğü (Soma, Yatağan, Tavşanlı, Seyitömer) ve bu müesseselere bağlı olarak çalışan 4 adet İşletme Müdürlüğü'nün (Çan, Milas, Ilgın, Orhaneli) etkinlik analizleri 2007 ve 2008 yılları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Milas ve Seyitömer işletmeleri dışında diğer işletmelerin etkisiz çalışmaları tespit edilmiş en büyük etkisizliğin ise mevcut rezervlerinin azalması sebebiyle Ilgın işletmesine ait olduğu belirlenmiştir. Genel olarak incelendiğinde TKİ kurumu etkinlik ortalaması 2007 yılında %52,1 iken etkisiz olan Çan ve Ilgın işletmeleri dışında diğer işletmelerin etkinlik değerlerinde meydana gelen düşmeler sebebiyle etkinlik ortalamasının 2008 yılında %44,3'e gerilediği gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre etkisiz işletmelerin etkisizlik kaynaklarının fazla kullanılan girdiler olduğu gözlenmiş ve bu işletmelerin etkin hale gelebilmeleri için girdilerinde yapmaları gereken iyileştirmeler önerilmiştir.

Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi ile 2007-2008 yılları arasındaki etkinlik gelişimi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda; her iki yıl için ayrı ayrı yapılan etkinlik analizlerinde elde edilen sonuçlarla uyumlu olacak şekilde, zaman içerisinde ortalama etkinlik değerlerinde azalma olduğunu bir kez daha ispatlanmıştır. İşletmeler bireysel olarak ele alındığında Çan ve Ilgın işletmelerinde etkinlik artışının olduğu görülmektedir. Çan işletmesindeki etkinlik artışı hem saf teknik etkinlikteki artıştan hem de ölçek etkinliğindeki artıştan, Ilgın işletmesinin etkinlik değerinde az da olsa rastlanan artışın ölçek etkinliğindeki artıştan kaynaklandığı belirlenmiştir. Teknik etkinlik değişim indeksine göre Soma, Yatağan, Tavşanlı ve Orhaneli işletmelerinde saf teknik etkisizlik ve ölçek etkisizliklerinden kaynaklanan etkinlik azalışı tespit edilmiştir.

Toplam faktör verimlilik değişimi incelendiğinde 2008 yılında 2007 yılına göre %14,6 arttığı, bu artışa teknik etkinliğin %23,2 olumsuz katkı sağladığı, teknolojik değişimin ise %49,3 olumlu katkı sağladığı belirlenmiştir. Teknik etkinliğin bileşenleri incelendiğinde ise ölçek etkinliğinde %3,9'luk ve saf teknik etkinlikte %20,1'lik olumsuz etki işletmelerde görülen teknik etkisizliğin en büyük sebebinin gereğinden fazla kaynak kullanımı olduğunu ispatlamıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Kasap, Y., Konuk, A., Gasimov (Kasimbeyli), R. N. ve Kılıç, A. M., 2007, "The Effects of Non-Controllable Factors in Efficiency Evaluation of Turkish Coal Enterprises", Energy Exploration & Exploitation, Volume 25, Number 6, pp. 429-450.
- [2] Kulshrestha, M., Parikh, J.K., 2002, Study of Efficiency and Productivity Growth in Opencast and Underground Coal Mining in India: a DEA Analysis, Energy Economics 24 p/439-453.
- [3] Banker, R.D., Morey, R.C., 1986a, Efficiency Analysis For Exogenously Fixed Inputs and Outputs, Operations Res., Vol. 34 (4), 513-521.
- [4] Thompson R.G., P. S. Dharmapala and Robert M. Thrall., 1995, Linked-Cone DEA Profit Ratios and Technical Efficiency with Application to Illinois Coal Mines, International Journal of Production Economics, Cilt: 39, No:1-2, Sf: 99-115.
- [5] Byrnes, P., Rolf Fare, Shawna Grosskopf, and C. A. Knox Lovell. 1988. The Effect of Unions on Productivity: U.S. Surface Mining of Coal. Management Science 34, (9): 1037-1053.
- [6] Byrnes, P., and Rolf Fare, 1987, Surface Mining of Coal: Efficiency of US Interior Mines. Applied Economics 19, 1665-1673.

- [7] Kasap, Y., 2008, Türkiye Kömür Madenciliğinde Etkinlik Ve Verimlilik Gelişimi: Veri Zarflama Analizi, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [8] Grosskopf, S., 1986, The Role of the Reference Technology in Measuring Productive Efficiency, *Economic Journal*, Vol. 96, No. 382, pp. 499-513.
- [9] Seiford 1996. Seiford, L.M., 1996. Data envelopment analysis: The evolution of the state of the art (1978–1995). *Journal of Productivity Analysis* 7, pp. 99–137.
- [10] Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E., 1978, Measuring the Efficiency of Decision Making Units *European Journal of Operational Research*, Vol 2, Issue 6, 429 – 444.
- [11] Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W., 1984, Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science* 30(9), 1078–1092.
- [12] Aydemir Z. C., 2002, Bölgesel Rekabet Edilebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Verimlilikleri: VZA Uygulaması, Aralık .
- [13] Tarım, Armağan, 2001, Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görel Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı, Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü, Araştırma / İnceleme / Çeviri Dizisi : 15, Ankara, Şubat.
- [14] Al-Shammari, M., 1999, Optimization Modelling for Estimating and Enchancing Relative Efficiency with Application to Industrial Companies, *European Journal of Operational Research*, 115:488-496.
- [15] Coelli, T.J., Rao, D.S.P. and G.E., Battese, 1998, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer, Boston, <http://books.google.com>.
- [16] Cingi S., Armağan T., 2000, Türk Banka Sisteminde Performans Ölçümü DEA-Malmquist TFP Endeksi Uygulaması, Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliğleri S.: Sayı:2000-01.
- [17] Grifell-Tatje, E. and Lovell, C. A. K.,(1995, A note on the Malmquist productivity index. *Economics Letters*, 47:169–175.
- [18] Fare, R., S. Grosskopf and C.A.K. Lovell, 1994. “Production Funtions”, Cambridge University.
- [19] TKİ, 2008 Faaliyet Raporu.
- [20] TKİ, 2007 Faaliyet Raporu.
- [21] Coelli, T. J. 1996. “A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program.” Center for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA) Working Paper 96/08, University of New England.
- [22] TKİ, 2009 Faaliyet Raporu.