

GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ TORBALAMA TESİSİ
OTOMASYONUNUN İŞLETME VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Yüksek Lisans Tezi

Mehmet Nuri BAŞIŞ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim - 2013

GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ TORBALAMA TESİSİ OTOMASYONUNUN
İŞLETME VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Mehmet Nuri BAHŞİŞ

Dumlupınar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca
Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yaşar KASAP

Ekim - 2013

KABUL ve ONAY SAYFASI

Mehmet Nuri BAHŞIŞ'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Garp Linyitleri İŞletmesi Torbalama Tesisi Otomasyonunun İŞletme Verimliliğine Etkisi" baŐlıklı bu çalışma, jürimizce Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

09/10/2013

Üye (Tez Danışmanı)

Doç. Dr Yaşar KASAP



Üye

Prof. Dr Cem ŐENSÖĐÜT



Üye

Yrd. Doç. Dr Őafak KIRIŐ



Fen Bilimleri Enstitüsünün Yönetim Kurulu'nun/...../2013 gün ve sayılı kararıyla onaylanmıŐtır.

Prof. Dr. Hasan Göçmez
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ TORBALAMA TESİSİ OTOMASYONUNUN İŞLETME VERİMLİLİĞİNE ETKİSİ

Mehmet Nuri BAHŞİŞ

Maden Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, 2013

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yaşar KASAP

ÖZET

Hızla gelişen teknoloji neticesinde otomasyondaki ilerlemeler, hem üretimde hem de işgücünün yapısında çok yönlü değişikliklere yol açmıştır. Üretimi artırmanın, verimliliği çoğaltmanın kaynağı olarak gösterilebilecek otomasyonun, üretimde sağladığı faydalar arasında; yüksek performans, düşük işletme maliyeti, yer ve makinelerin daha verimli kullanımı, organizasyon kolaylığı, hatasız-kaliteli ve aynı standartlarda ürün üretimi, iş güvenliği gibi parametreler sayılabilmektedir. Ülke ekonomisine doğrudan yaptığı katkılar, imalat sektörüne sağladığı girdiler nedeniyle büyük öneme sahip olan madencilik sektörünün de birçok alanında geliştirilen otomasyonlar ile emniyetli, ekonomik ve verimli üretim gerçekleştirilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında Garp Linyitleri İşletmesi torbalama tesisinin tam otomatik sisteme dönüştürülmesi neticesinde işletme verimliliğindeki değişim incelenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre torbalama tesisinin, tam otomatik sisteme çevrilmesi ile verimlilik değerinde %20'lik bir artış olacağı tespit edilmiştir. Kullanılan enerji miktarlarındaki, çalıştırılan işçi sayılarındaki ve üretim kayıplarındaki azalmalar dikkate alındığında işletme verimliliğinde de artış olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kömür Torbalama, Otomasyon, Verimlilik, Malmquist Toplam Faktör Verimliliği.

**EFFECT OF AUTOMATION FOR PACKAGING PLANT AT GARP LIGNITE
ENTERPRISE ON OPERATIONAL PRODUCTIVITY**

Mehmet Nuri BAHŞIŞ

Master of Science, 2013

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yaşar KASAP

SUMMARY

Rapidly evolving advances in automation technology have led to multi-faceted changes both in the production and in the structure of labourship. Regarded as the source of increase in production and productivity, automation brings about several benefits such as higher performance, low operating cost, more efficient use of machinery and space, ease of organization, error-free and qualitative production in the same standards, and labor safety. By means of automations taking place in many areas of mining industry, which provides direct contribution to a country's economy and inputs to the manufacturing sector, safe, economical and efficient production can be realized in mining industry.

Using the Malmquist index total factor productivity, this thesis has been focused on and investigated the change in operational productivity of Garp Lignite Enterprise as a result of the conversion of the packaging plant into fully automated system. The results indicated that the productivity score would increase by 20% due to the implementation of the existing packaging system into fully automated system. The operational productivity is also expected to increase considering the reductions in the amount of energy used, the number of workers employed and the number of production losses.

Keywords: Coal Packaging, Automation, Productivity, Malmquist Total Factor Productivity.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, yoğun uğraşlar sonucunda ortaya çıkan bu tez çalışması boyunca desteğini benden esirgemeyen, bilgi ve birikimiyle yol göstererek, çalışmamın başarıyla sonuçlanmasını sağlayan değerli tez danışmanım Doç. Dr. Yaşar KASAP'a şükranlarımı sunarım.

Ayrıca bu çalışmama sağladıkları katkılarından ötürü Garp Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü yetkililerine teşekkür ederim.

Tez jüri üyelerine de değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak, hayatımın her aşamasında yanımda olarak sevgi ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen sevgili aileme de minnettarlığımı bildiririm.

Mehmet Nuri BAHŞIŞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİ	3
2.1. İşletme İle İlgili Bilgiler	3
2.2. Kömür Torbalama Tesisleri	5
2.2.1. Kırma – Eleme bölümü	6
2.2.2. Torbalama bölümü	6
3. VERİMLİLİK İLE İLGİLİ KAVRAMLAR	8
3.1. Verimlilik	9
3.1.1. Verimlilik türleri	10
3.1.2. Verimliliğin işletmeler ve madencilik sektörü açısından önemi	12
3.2. Verimlilik Ve Etkinlik İlişkisi	14
3.3. İşletmelerde Verimliliği Artırma Çalışmaları	15
3.4. Verimlilik Analizinde Kullanılan Yöntemler	16
4. PARAMETRİK OLMAYAN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ	19
4.1. Parametrik Olmayan Etkinlik Ölçümü Uygulama Aşamaları	23
4.1.1. Karar verme birimlerinin seçimi	23
4.1.2. Girdi-çıktı kümelerinin seçimi	24
4.1.3. Etkinlik ölçümü	24
4.1.4. Karar birimleri için detay analizi ve sonuçların değerlendirilmesi	25
4.2. Malmquist Toplam Faktör Verimlilik İndeksi	25
5. GLİ KÖMÜR TORBALAMA TESİSİNİN ETKİNLİK ANALİZİ	29

İÇİNDEKİLER (devamı)

	<u>Sayfa</u>
5.1. GLİ Kömür Torbalama Tesisi Tanıtımı.....	29
5.2. Karar Verme Birimleri.....	31
5.3. Girdi Ve Çıktı Kümeleri.....	31
5.3.1. Torbalama ünitelerine beslenen kömür miktarı.....	31
5.3.2. Torbalama ünitelerinde çalışan işçi sayısı.....	33
5.3.3. Torbalama ünitelerinde kullanılan enerji miktarları.....	34
5.3.4. Torbalama ünitelerinde üretilen torba kömür miktarı.....	34
5.4. GLİ Torbalama Ünitesinin Verimlilik Ölçümü.....	35
5.5. Duyarlılık Analizleri.....	39
5.6. Tam Otomatik Kömür Torbalama Sistemi.....	41
5.6.1. Tam otomatik kömür torbalama sistemi verileri.....	48
5.6.2. Tam otomatik kömür torbalama sisteminin etkinlik ölçümü.....	50
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	53
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	56
EKLER.....	60
Ek 1. Mevcut Torbalama Tesisinin Malmquist TFV İndeksi Verileri.....	60
Ek 2. Mevcut Torbalama Tesisinin Mamquist TFV İndeksi Komut Dosyası.....	61
Ek 3. Mevcut Torbalama Tesisinin Mamquist TFV İndeksi Çıktı Dosyası.....	61
Ek 4. Mevcut Torbalama Tesisinin 2012 Yılı Duyarlılık Analizi Veri Dosyası.....	65
Ek 5. Mevcut Torbalama Tesisinin 2012 Yılı Duyarlılık Analizi Komut Dosyası.....	65
Ek 6. Mevcut Torbalama Tesisinin 2012 Yılı Duyarlılık Analizi.....	66
Ek 7. Mevcut Torbalama Tesisi ile Tam Otomatik Torbalama Tesisinin Mamquist TFV İndeksi Veri Dosyası.....	74
Ek 8. Mevcut Torbalama Tesisi İle Tam Otomatik Torbalama Tesisinin Mamquist TFV İndeksi Komut Dosyası.....	75
Ek 9 Mevcut Torbalama Tesisi İle Tam Otomatik Torbalama Tesisinin Mamquist TFV İndeksi Çıktı Dosyası.....	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Kömür torbalama tesisindeki bir adet redüksiyonun teknik çizimi.....	7
3.1 Verimlilik ve etkinliğin gösterimi.	14
4.1 Parametrik olmayan etkinlik analizi bileşenleri.....	22
4.2 Girdi uzaklık fonksiyonu grafiği.....	26
5.1 Tunçbilek torbalama tesisi 1 no'lu ünitesi (1,2 ve 3 no'lu üniteler eşdeğer) akım şeması.	30
5.2 Mevcut durumdaki tesiste torba takma işlemi.	44
5.3 Tam otomatik sistemde torba takma işlemi.	45
5.4 Mevcut durumdaki tesiste torba doldurma işlemi.	45
5.5 Tam otomatik sistemde torba doldurma işlemi.	46
5.6 Mevcut durumdaki tesiste torba dikme işlemi.	46
5.7 Tam otomatik sistemde torba dikme işlemi.	47
5.8 Mevcut kömür torbalama ünitesi ile tam otomatik kömür torbalama sisteminin 2012 yılı etkinlik kıyaslaması.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 GLİ'ye ait makine parkı	4
2.2 Tunçbilek ve Ömerler lavvarların özellikleri	4
2.3 Tunçbilek ve Ömerler lavvarlarında zenginleştirilen kömürün analiz değerleri	5
2.4 Kömür torbalama tesisleri ve kapasiteleri	6
4.1 Parametrik olmayan doğrusal programlama modelleri.....	21
5.1 Torbalama ünitelerin girdi ve çıktıları	31
5.2 2006-2012 Yılları arasında Tunçbilek kömür torbalama ünitesine beslenen aylık kömür miktarları	32
5.3 2006-2012 Yılları arasında kömür torbalama ünitesinde çalışan aylık işçi sayıları	33
5.4 2006-2012 Yılları arasında kömür torbalama ünitelerinde kullanılan aylık enerji miktarları	34
5.5 2006-2012 Yılları arasında kömür torbalama ünitelerinde üretilen aylık torba kömür miktarı	35
5.6 Kömür torbalama ünitesinin yıllık Malmquist TFV indeksi bileşenleri.....	36
5.7 Kömür torbalama ünitesinin aylık Malmquist TFV değişimi	38
5.8 Mevcut kömür torbalama ünitesinin duyarlılık analizi sonuçları.....	40
5.9 Mevcut kömür torbalama tesisi ve tam otomatik kömür torbalama sisteminin özellikleri...43	43
5.10 Mevcut durumdaki ve tam otomatik kömür torbalama tesisinin kapasiteleri	48
5.11 2012 yılı tam otomatik kömür torbalama sisteminde kullanılacak enerji miktarı	49
5.12 2012 yıl aylık tüketilen enerji miktarı	50
5.13 2012 yılı için tahmin edilen tam otomatik kömür torbalama sistemi verileri	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
λ_{jk}	Girdiye yönelik modelde etkinliği ölçülen k karar biriminin diğer birimlere (j) göre aldığı ağırlık değeri,
θ_k	Girdiye yönelik zarflama modelinde en iyi sınırı elde etmek için dikkate alınan k KVB'nin etkinlik değeri,
i	$\in \{1,2,\dots,m\}$ tüm girdilerin seti,
j	$\in \{1,2,\dots,n\}$ tüm karar verme birimleri seti,
k	$\in \{1,2,\dots,n\}$ dikkate alınan karar verme birimi seti,
r	$\in \{1,2,\dots,s\}$ tüm çıktıların seti,
m	Üretimde kullanılan girdi sayısı,
n	Karşılaştırmanın yapıldığı karar verme birimlerin sayısı,
s	Üretimden elde edilen çıktı sayısı,
y_{ij}	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,
s_{ik}^-	k karar biriminin i'inci girdisine (VZA ile “radyal” olarak ölçülemeyen fakat azaltılması mümkün olan) ait atıl değer (fazla miktardaki kontrol edilebilen girdi),
s_{rk}^+	k karar biriminin r'inci çıktısına (VZA ile “radyal” olarak ölçülemeyen fakat artırılması mümkün olan) ait atıl değer (yeterli miktarda üretilmeyen çıktı),
$D_i(x,y)$	Girdi Uzaklık Fonksiyonu
$L(y)$	Girdi ihtiyaç Serisi
t	Dikkate alınan zaman

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
GLİ	Garp Linyitleri İşlemesi
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
cm	Santimetre
m	Metre
mm	Milimetre
g	Gram
Lt	Litre
AR-GE	Araştırma Geliştirme
TFV	Toplam Faktör Verimliliği
VZA	Veri Zarflama Analizi
KVB	Karar Verme Birimi
TE	Teknik Etkinlik
PTE	Saf Teknik Etkinlik
SE	Ölçek Etkinliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri

1. GİRİŞ

İnsanoğlu, var olduğu günden bu yana hep yeni buluşların peşinde olmuş, yaşadığı dönem ne olursa olsun bir adım daha ileriye gidebilmek için çalışmış, bir noktadan sonra az emekle çok iş, küçük bütçeler sarf ederek büyük kar marjı elde etmenin yollarını aramıştır. Tüm bu arayışlar neticesinde ortaya konulan buluşların tümü otomasyonu oluşturmaktadır.

Yıllar içerisinde gözlenen teknolojik gelişmelerle hem üretimde (yüksek üretim hızı, iş güvenliği, düşük işletme maliyeti, kaliteli ve standartlaşmış ürün vb.) hem de işgücü yapısında önemli değişimler meydana gelmiştir. Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler, eğitim seviyesinin artması ve ihtiyaç duyulan üründe kalitenin aranması, verimlilik konusuna öncelik tanınmasını sağlamıştır. Verimliliğin temeli daha az masrafla, daha az ekipmanla, daha fazla miktarda ve kaliteli üretim oluşturmaktadır. Otomasyonun verimlilik üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla bir çok çalışma yapılmıştır (Alexander, 1985; Hutchinson, 1991; Rosenford and Sapira, 1998; Pulling et al., 2002).

Hem ülke ekonomisine doğrudan yaptığı katkılar, hem de ekonominin diğer alanlarına, özellikle imalat sektörüne sağladığı girdiler nedeniyle büyük öneme sahip olan madencilik sektörü de büyük yatırımlar gerektiren, jeolojik, topografik, teknolojik ve ekonomik açılardan gerek yatırım gerekse üretim aşamasında risk ve belirsizlikler içeren, iş güvenliği açısından birçok tehlikeleri barındıran bir sektördür. Bu sebeple yapılan yatırımların en kısa sürede karşılanabilmesi, ülke ekonomisine katkı sağlayabilmesi açısından verimlilik, düşük maliyetli üretim, ürün kalitesi, üretimin sürekliliği, bilimsel yöntemlerin kullanımı ve çevreye duyarlı üretim son derece önemlidir.

Ülke ekonomisinin çekirdeğini oluşturan işletmeler ve bu işletmeleri oluşturan üretim birimlerinden başlanması gereken verimlilik artırma çalışmaları içerisinde; gelişen teknolojinin işletmelere uyarlanması ile artan üretim hızı, iş güvenliği, düşük işletme maliyeti gibi faydalarının etkisi göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. Madencilik teknolojisi ölçüm ve kontrol sistemlerinde, son yıllarda gözlenen gelişmelerle emniyetli ve ekonomik üretim için otomasyonun sektöre sağladığı olumlu katkılarına dair birçok çalışma yapılmıştır (Surrey, 1992; Plessman, 1993; Couch, 1996; Jounela, 2001; Feng and Chen, 2013).

Bu tez çalışmasında da; Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) Müessese Müdürlüğü'ne bağlı kömür torbalama tesisinin tam otomatik torbalama sistemine dönüştürülmesi sonucunda işletme verimliliğinin değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Mevcut kömür torbalama tesisinin 2006-2012 yılları arasındaki etkinlik değişimi Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi (Malmquist

TFV) yardımıyla değerlendirilmiştir. Etkinsiz olduğu tespit edilen 2012 yılının etkin hale gelebilmesi için ne yapılması gerektiği konusunda duyarlılık analizleri yapılarak bundan sonraki yıllar için işletmeye yol gsterici olması açısından önerilerde bulunulmaya çalışılmıştır. Son olarak da otomasyonun verimlilik üzerindeki olumlu etkileri göz önünde bulundurularak mevcut torbalama tesisinin tam otomatik torbalama sistemine dönüştürülmesi sonucunda verimlilik değişimlerinin nasıl olacağı ve işletme verimliliğini nasıl etkileyeceği tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. GARPLİNYİTLERİ İŞLETMESİ

2.1. İşletme İle İlgili Bilgiler

1938 yılında devlet eliyle işletilmeye başlanan Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ), müessese statüsüyle 1940 yılından 1957 yılına kadar Etibank'a bağlı olarak faaliyette bulunmuştur. 1957 yılında ise TKİ'ye bağlanarak sırasıyla; müessese, bölge ve işletme müdürlüğü olarak faaliyetlerini sürdürmüştür. En son, Nisan 2004'de yeniden müessese tüzel kişiliği verilen bu işletmenin merkezi Tavşanlı'da olup, Kütahya'ya 45 km mesafededir.

İşletme, ruhsatı TKİ'ye ait, yaklaşık 13.5 bin hektarlık alanı kapsayan Tunçbilek sahasında üretim çalışmalarını sürdürmektedir. Bu alanda, alt ısıl değeri 2560 kcal/kg olan yaklaşık % 90'ı yeraltı işletmeciliği ile alınabilecek toplam 262 milyon ton linyit rezervi bulunmaktadır.

Tunçbilek Ömerler A Panosunda halen kurulum çalışmaları devam eden 2x120 metre ayak uzunluğundaki tam mekanize yeraltı işletme projesinin devreye girmesiyle yeraltı işletmeciliği yöntemiyle yapılan üretim yıllık 1.4 milyon ton kapasiteye ulaşmış olacaktır.

Toplam 365 MW (1x65, 2x150) kurulu güçteki Tunçbilek Termik Santrallerinin yakıt ihtiyacının temin edildiği bu işletmeden, aynı zamanda TKİ'nin ısınma ve sanayiye olan satışlarının da yaklaşık % 30'u karşılanmaktadır (TKİ, 2012).

1 milyon tonu yeraltı işletme projeleri toplamı olmak üzere yıllık üretim kapasitesi yaklaşık 6.3 milyon ton'dur. Linyit üretiminin yaklaşık %85'i açık ocaklardan, %15'lik kısmı ise yeraltı işletmelerinden karşılanmaktadır.

GLİ Müessese Müdürlüğü açık ocak işletmelerinde örtü tabakasının kaldırılmasında shovel+kamyon ve draglayn'dan yararlanılmaktadır. Öncelikle draglayn'ın çalışmasına imkân verecek şekilde panoların shovel+kamyon sistemiyle kazısı yapılmakta ve draglayn dilimleri oluşturulmaktadır. Örtü tabakasının kazısından sonra üzeri açılan kömürün üretiminde ise değişik kapasitelerde hidrolik ekskavatörler ve elektrikli ekskavatörlerden faydalanılmaktadır. Çizelge 2.1'de GLİ makine parkına ait bilgiler verilmiştir.

GLİ Müessese Müdürlüğü yeraltı kömür üretimini, Tunçbilek yeraltı ve Ömerler yeraltı ocağı olmak üzere iki yeraltı ocağından gerçekleştirilmektedir. Tunçbilek yeraltı ocağında hidrolik direk-çelik sarmaların kullanıldığı geri dönümlü uzun ayak ve arkadan göçertmeli klasik üretim yöntemi ile kömür üretimi yapılmaktadır. Ömerler yeraltı ocağında ise şilt tipi

tahkimatların kullanıldığı tavadan göçertmeli, mekanize üretim yönteminden yararlanılmaktadır.

Çizelge 2.1 GLİ'ye ait makine parkı (TKİ, 2011; TKİ, 2012).

Makine	Adet	Makine	Adet
Draglayn	2	Tahta Kasalı Kamyon	6
Elektrikli Ekskavatör	12	Akaryakıt Tankeri	5
Hidrolik Ekskavatör	7	Sulama Tankeri	1
Ağır Kamyon	74	İtfaiye - Arazöz	1
Delik Delme Makinesi	8	Otobüs – Midibüs	2
Sondaj Makinesi	4	Minibüs	3
Buldozer	31	Kamyonet – Pikap	19
Paydozer	3	Jeep	7
Greyder	7	Ambulans	2
Yükleyici	7	Galeri Açma Makinesi	2
İstif Makinesi (Forklif)	7	Yer Altı Yükleyici	5
Vinç	2	Trolay Lokomotif	5
Trayler	7	Dizel Lokomotif	13
Traktör	4	Kompresör	15
Yol Silindiri	2	Jeneratör	13
Damperli Kamyon	15		

Çizelge 2.2 Tunçbilek ve Ömerler lavvarların özellikleri.

	Tunçbilek Lavvarı	Ömerler Lavvarı
Tesis Kapasitesi	700 ton/saat	600 ton/saat
Tesise Beslenen Tüvenan Kömür Boyutu	150 mm	150 mm
Elektrik Tüketimi	3.53 kWh/ton	4.50 kWh/ton
Ağır Ortam Malzemesi (Manyetit) Tüketimi	0.8 kg/ton	1.1 kg/ton
Su tüketimi	1000 m ³ /saat	800 m ³ /saat

Satış öncesi kömür kalitelerini iyileştirmek amacıyla GLİ Müdürlüğü bünyesinde Tunçbilek Lavvarı ve Ömerler Lavvarı olmak üzere iki adet kömür hazırlama tesisi

bulunmaktadır. Tesislerin özellikleri çizelge 2.2’de verilmiştir. Bu lavvarlarda açık ocak ve yeraltı işletmelerinde üretilen kömür yıkandıktan sonra piyasanın talep ettiği nem, kül ve kalori değerlerine sahip ürün elde edebilmek için zenginleştirmeye tabi tutulmaktadır. Zenginleştirilen kömürün analiz değerleri çizelge 2.3’teki gibidir.

Çizelge 2.3 Tunçbilek ve Ömerler lavvarlarında zenginleştirilen kömürün analiz değerleri.

Kömürün Cinsi	Kül (%)	Uçucu Madde (%)	Sabit Karbon (kcal/kg)	Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	Üst Isıl Değeri (kcal/kg)	Toplam Kükürt (%)
<i>Tunçbilek Lavvarı</i>						
+18 mm	19.62	37.40	40.40	5648	5783	3.66
+10 –18 mm	11.89	40.19	42.37	5660	5980	3.19
0 – 0,35 mm	13.84	39.30	32.48	5262	5617	3.23
<i>Ömerler Lavvarı</i>						
+18 mm	22.41	35.74	42.77	5923	6133	1.83
+10 –18 mm	14.35	36.88	49.39	5378	5793	1.79
0 – 0,35 mm	10.77	38.43	44.64	5667	6338	1.42

2.2. Kömür Torbalama Tesisleri

Tunçbilek Torbalama Tesisleri 2000 yılında 1000 ton/gün kapasiteli 4 adet kömür dolum redüksiyonu ile kurulmuştur. 2001 yılında 2’şer adet kömür dolum redüksiyonu daha ilave edilerek kapasite 2000 ton/gün’e çıkarılmıştır. Bunlara ek olarak 2008 yılında 2000 ton/gün kapasiteli 8’er redüksiyondan oluşan 2 yeni ünitenin ilavesi ile tesisin toplam kapasitesi 6000 ton/gün’e ulaşmıştır.

Ayrıca 4 adet kömür dolum redüksiyonuna sahip 1000 ton/gün kapasiteli BEKE Torbalama Tesisi ile 3 adet kömür dolum redüksiyona sahip 750 ton/gün kapasiteli 1B torbalama tesisleri de bulunmaktadır. 1B torbalama tesisinde +10 -18 mm boyutundaki (findık olarak tabir edilen) kömürler torbalanmaktadır. Çizelge 2.4’te kömür torbalama tesislerin kapasiteleri verilmiştir.

Konut ve sanayinin ısınma ihtiyacını karşılamak için lavvarlardan gelen yıkanmış +10-18 mm ve +18 mm boyutundaki kömürler torbalama tesislerinde torbalanmaktadır (25 kg’lık torbalar halinde). Ayrıca torbalama tesislerinde Başbakanlık Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma

Kurumu'nun ihtiyaç sahiplerine ücretsiz olarak dağıttığı kömürlerin torbalanması işi de yapılmaktadır.

Çizelge 2.4 Kömür torbalama tesisleri ve kapasiteleri.

Torbalama Tesisinin Adı	Kapasite	Redüksiyon Sayısı	Torbalanan Kömürün Cinsi
Tunçbilek	6000 ton/gün	24	+18mm ve +10 -18 mm
BEKE	1500 ton/gün	4	+18mm ve +10 -18
1B	750 ton/gün	3	+10 -18 mm

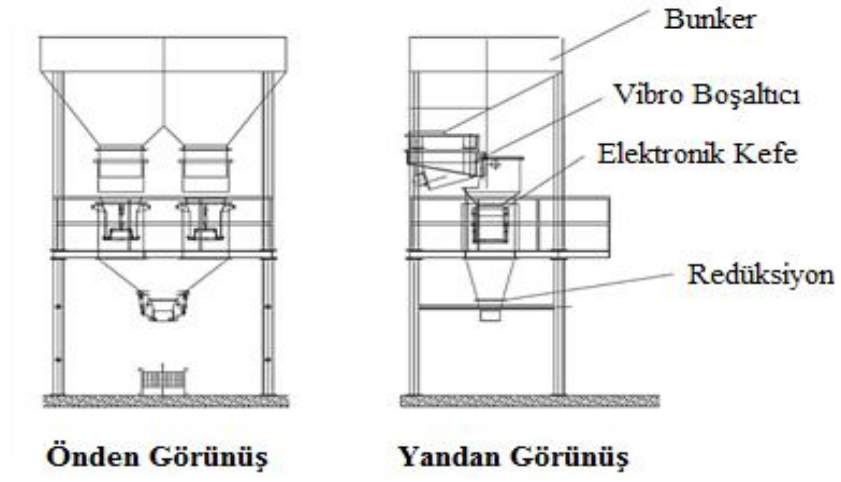
2.2.1. Kırma – eleme bölümü

Tunçbilek Torbalama Tesisleri 3 üniteden oluşmaktadır. Ünitelerin 3'ü de eş olup kapasiteleri aynıdır. Ünitelerin kırma-eleme bölümleri kömür tumbası, titreşimli elek, merdaneli kırıcı ve bant konveyörlerden oluşmaktadır. Ömerler Lavvarı ve Tunçbilek Lavvarından yıkanmış olarak gelen kömürler torbalama tesislerinde bulunan ve her biri 100 ton kapasiteli olan 3 adet tumbaya beslenmektedir. Tumbalardaki kömürler, dozer (tumba altı bant besleyicisi) vasıtası ile kademeli olarak elek besleme bandına aktarılmaktadır. Bant konveyörlerle titreşimli ve iki kademeli eleklerle gelen kömürlerden elenirken +100 mm boyutundaki kömürler elek üstünden merdaneli kırıcıya beslenmektedir. Kırılan kömürler tekrar eleklerden geçirilmekte ve +18 mm -100 mm boyutundaki kömürler torbalama tesislerindeki bant konveyör ile bunkerlere beslenmektedir. -18 mm boyutundaki toz kömür ise elek altında bulunan toz bandıyla toz silosuna aktarılmaktadır.

2.2.2. Torbalama bölümü

Kırma-Eleme bölümünden gelen kömürler torbalama bölümünde bulunan 30 tonluk bunkerlere beslenmektedir. Bunkerlerin altında 8 adet sağ 8 adet sol olmak üzere 16 adet kefe bandı bulunmaktadır. Bunkerlerden kefe bantlarına gelen kömürler, kefelere aktarılmaktadır. Kefelere gelen kömür, elektronik sistemle çalışan yük hücreleri (load cell) vasıtasıyla 25 kg olarak ayarlanmakta ve hazır bekletilmektedir. Burada tartılan kömür hemen alt tarafta bulunan kömür torbalama redüksiyonuna boşaltılmaktadır. Her redüksiyon için iki adet kefe tahsis edilmiş olup kefelere biri boşalırken diğeri ise doldurulmaktadır. Her kömür dolmuş redüksiyonun başında bulunan 1 işçi vasıtasıyla redüksiyona kömür torbası takılmakta ve kefedeki hazır bulunan 25 kg kömür redüksiyondan kömür torbasına boşaltılmaktadır. Kömürle dolmuş torba dikim bandıyla dikim makinesinin başında bulunan işçiye gönderilmekte ve torbanın ağzı

dikilmektedir. Dikilen kömür torbaları toplama bandı ve yükleme bandıyla kömür kamyonlarına yüklenmektedir. Yüklenen kömürler Türkiye'nin her yerine sevk edilmektedir. Şekil 2.1'de 1 adet çuval doldurma redüksiyonu gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Kömür torbalama tesisindeki bir adet redüksiyonun teknik çizimi.

3. VERİMLİLİK İLE İLGİLİ KAVRAMLAR

Verimlilik kavramı, yeryüzünde kurulan ilk işletmeler kadar eski olmakla beraber, bu kavrama verilen önem, modern iktisadi düşüncenin doğuşu ile başlamış ve İkinci Dünya Savaşı'nı izleyen yıllarda bir hayli artmıştır. Savaş sonrasında dünya ülkeleri ilk kez, ekonomik kalkınma bilincine erişmiş ve onu uluslararası politikanın gerekli ve temel bir hedefi yapma yolunda çaba harcamışlardır. Böylece ekonomik üstünlük ağırlık kazanmış, özellikle büyük ülkeler arasında bir “ekonomik yarış” ortamı doğmuştur (Başkan, 1971).

Bugün, gelişmiş ülkelerin içinde buldukları ekonomik yarışın yanı sıra gelişmekte olan ülkeler de kalkınma çabası içindedirler. Gelişmişlik düzeyine ulaşabilmek için modern donanımın ve insan kaynaklarının gelişmesi birlikte yürütülmelidir. Bu nedenle, verimlilik artışı ya da var olan kaynakların etkin kullanımının, herhangi bir toplumun gelişebilmesinin en iyi, hatta tek yolu olduğunun bilinmesi gerekir (Prokopenko, 1992).

Verimlilik artışının sağlandığı asıl yerler, ulusal ekonominin çekirdeğini oluşturan işletmelerdir. İşletmelerin verimsiz çalışmaları durumunda ulusal ekonomide de verimlilikten söz etmek mümkün değildir. Diğer yandan düşük verimlilik tuzağına takılmış işletmelerin, günümüzün yarışmacı ulusal ve uluslararası piyasalarında uzun dönemde iyi bir performans düzeyi sağlamaları da olanaksız gözükmektedir.

Günümüz rekabet ortamında işletmelerin artması, bunların doğurduğu karmaşık sorunlar, devamlı gelişen teknoloji ve ekonomik rekabet ortamında işletmelerin daha tutarlı ve akılcı kararlar almalarının ne kadar önemli olduğu gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

Rekabet şartlarında verimliliği artırmak için işletmeler teknolojik gelişmelere ayak uydurarak girdilerini yani maliyetlerini aşağıya çekerek, kaliteyi iyileştirmeye çalışırlar. Tüm üretim faktörlerini tedarik ederek en yüksek kalite ve miktarda üretimi sağlayacak şekilde planlamak, koordine etmek, denetlemek ve yürütmek gerekmektedir. Rekabet şartlarında verimliliği artırmak için işletmeler ilk olarak gider düşürücü tedbirler alırlar. Çünkü verimlilik en az maliyet ile en çok kar elde etmektir. Verimli çalışmayan işletmenin yaşama şansı da düşüktür. Günümüz dünyasında sürekli değişen ve karmaşık çevrelerde kar elde etmenin çok zor olduğu serbest rekabet ortamında işletmeler dış faktörleri denetleyemediğinden iç faktörler üzerinde dikkatle durmalı, maliyetleri en aza indirerek ya da mevcut girdileri en etkili şekilde kullanarak verimliliği arttırmaya çalışmalıdır (Yılmaz, 2001).

Verimlilik aslında bir performans göstergesidir. Verimlilik ve etkinlik kârlılığın yanı sıra etkililik, kalite, yenilik, çalışma yaşamının kalitesi, randıman gibi performans değerlendirme

göstergeleri giderek performansla eşanlı olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu bölümde verimlilik ile etkinlik kavramları hakkında ayrıntılı bilgi verilerek aralarındaki farklılıklar ortaya koyulacaktır.

3.1. Verimlilik

Genel bir tanımlama yapılırsa, verimlilik bir üretim ya da hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Bu nedenle verimlilik, çeşitli mal ve hizmetlerin üretimdeki emek, sermaye, arazi, malzeme, enerji ve bilgi gibi kaynakların etkin kullanımı olarak tanımlanabilir ve aşağıdaki biçimde formüle edilebilir (Türkmen, 1996).

$$Verimlilik = \frac{Çıktı}{Girdi}$$

İşletmelerde yöneticilerin hedefi, yapılan faaliyetlerin türü ne olursa olsun, istenen sonuçların (süreç çıktılarını) en kısa zamanda, en az maliyetle ve öngörülen zaman dilimi içinde gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Bu hedefin gerçekleştirilmesinde işletmedeki bütün çalışanların katkısı önemlidir ve kullanılan kaynaklardan tam anlamıyla yararlanabilmek için verimlilik düzeyinin mümkün olan en üst düzeyde tutulması ve dolayısıyla tesisin her bölümünün bütün yönleriyle verimli çalıştırılması gerekmektedir (<http://istanbulconsulting.blogspot.com>).

Verimlilik yerine bazen, prodüktivite, kârlılık gibi ifadelerin kullanılmasına rağmen bunlar tamamen birbirinden farklı kavramlardır. Prodüktivite (üretkenlik), birim üretim faktörleri başına üretilen çıktı değeridir ve toplam çıktı ile tek bir girdi arasındaki ilişkiyi ifade etmek için kullanılır. Verimlilik ise prodüktiviteyi de kapsayan geniş bir kavramdır.

Verimlilik ve kârlılık (verimlilik \times fiyat kazanımı) birbirine bağlı olarak açıklanan diğer iki kavramlardır. İşletme yönetimi, belirli bir zaman periyodundaki üretim ve satış faaliyetleri sonucunda asıl olarak kârlılıkla ilgilenir. Bu nedenle kârlılığı etkileyen parametreleri analiz ederek üretim verimliliğini artırıcı ve dolayısıyla kârlılığı artırıcı çalışmalar yapar (Konuk, 1991).

Verimlilik analizleri bir işletmenin başarısını ortaya koymaktadır. İnsan gücü, sermaye, hammadde, makine, enerji gibi girdilerin etkinliği verimlilik göstergeleri sayesinde ortaya konulmaktadır. Ayrıca girdilerin etkin kullanımıyla işletmenin kendi ülkesi ve ülkeler arası seviyede rekabet edebilme olanaklarının artışı sağlanmaktadır (Yılmaz, 2001).

3.1.1. Verimlilik türleri

Verimlilik konusunda araştırma yapan kişiler ya da gruplar özel ilgi alanlarına ve konularına göre verimliliği farklı anlamda yorumlamaktadırlar. Konuya değişik meslekten kişilerin bakış açıları doğal olarak farklı olabildiği gibi aynı meslekten kişilerin yaklaşımları makro yada mikro düzeyde olabilmektedir. Sermayeyi dikkate alan yada sermaye faktörü ile ilgilenen düşünürler ise verimlilik tanımında sermayeyi dikkate almışlardır. Zaman içinde verimliliğe bakış açısındaki değişimler verimlilik türlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Erduran, 2006).

Buna göre verimlilik; fiziki ve parasal, ortalama ve marjinal, makro ve mikro, kısmi ve toplam faktör olmak üzere verimlilik değişik yöntemlerle hesaplanmaya çalışılmaktadır.

Fiziki ve parasal verimlilik: Verimlilik oranının pay ve paydasında yer alan değişkenlerin homojenlik derecesine göre yapılan fiziki ve parasal verimlilik ayırımıdır. Hem girdi hem çıktı homojen fiziki birimlerden oluşuyorsa, bunların ortalaması sonucu elde edilen verimlilik, girdinin fiziki verimliliğini verecektir.

$$Verimlilik = \frac{Çıktı(kg)}{Girdi(Saat)}$$

Fiziki verimlilik oranı en kaba ve basit oran olmakla birlikte kapsamı, anlamı ve yorumu en tartışmasız olan verimlilik tanımıdır. Ancak verimlilik oranının kullanım amacına göre, çıktı ve girdi toplamını her zaman tek bir fiziki birim ile ölçebilme olanağı olmayabilir (Yolalan, 1986).

Girdi ve çıktı birimlerinin homojenlik niteliğinin azaldığı durumlarda, heterojen birimlerin bir araya toplanması için fiziki birimleri kullanma olasılığı kalmayacaktır. Bu durumda toplama işinin değer birimleri ile yapılması gerekir. Değer birimleri parasal ifadelerdir ve girdi ile çıktı toplamlarına giren birimlerinin fiyatlarından oluşmaktadır.

$$Verimlilik = \frac{Çıktı(TL)}{Girdi(TL)}$$

Bu şekilde parasal ifadelerle verimlilik ölçümleri yapılırken fiyat değişimlerinin dikkate alınması gerekmektedir (Yolalan, 1986).

Ortalama ve marjinal verimlilik: Ortalama verimlilik, belli bir dönem için verimlilik oranı o dönemin toplam çıktısının, girdinin dönem içinde kullanılan toplamına oranlanmasıyla elde edilebilmektedir. Marjinal verimlilik ise dönem içinde çıktıda görülen artışın, yine aynı dönem içinde girdide görülen artışa oranlanması ile elde edilebilmektedir. Görüldüğü gibi

verimlilik ölçümü toplamlar açısından yapılırsa ortalama; değişmeler açısından yapılırsa marjinal verimlilik oranlarına ulaşılmaktadır. Uygulamada kullanılan genellikle ortalama verimlilik oranıdır. Marjinal verimlilik ise daha çok soyut bir kavramsal araç olarak ekonomi biliminde önemli yer tutan kuramsal modellerde yer almaktadır (Yolalan, 1986).

Makro ve mikro verimlilik: Ulusal düzeyde hesaplanan verimlilik makro, işletme düzeyinde hesaplanan verimlilik ise mikro verimliliktir. Ülke ekonomisinin yeni ürünler ve üretim yöntemleri sayesinde büyümesine, dolayısıyla yaşam standartlarında görülen artışlara, “makro verimlilik artışı” da denilebilir. Makro verimlilik artışlarının en önemli ve belirgin özelliği sadece firmaların genel üretim kapasitelerindeki genel bir artışı değil, daha önce üretilmemiş yeni ürünleri ve üretim yöntemlerini de içermesidir. Böylece bir yandan toplam ürünlerin çeşidinde artış sağlanırken bir yandan da toplam çıktının değerinde dolayısıyla yaşam standardında ve harcanabilir gelirlerde artış sağlanmaktadır. Makro verimlilik artışlarının temeli de mikro (firma) seviyesinde gerçekleşen verimlilik artışlarına dayanmaktadır. Bir firma üretmekte olduğu bir ürünü daha ucuza üretebilmeyi sağlayan yeni bir teknoloji geliştirdiğinde büyük bir olasılıkla üretimde hem miktar (kantitatif) hem de mali (finansal) açıdan bir artış sağlayacaktır. Ancak firmalar durmaksızın daha önce üretime sunulmamış yeni ürünlerde piyasaya sürmekte ve bu yeni ürünler çoğu zaman yeni üretim yöntemleri ile üretilmektedirler. Bu durumda yeni yatırımlar sayesinde yeni iş alanları oluşturulmakta, harcanabilir gelir artmakta ve genel yaşam standardı yükselmektedir (Gürak, 2003).

Kısmi faktör verimliliği: Elde edilen çıktının belirli bir girdiye oranı şeklinde tanımlanabilir. Üretimin yapısına giren değişik faktörlerin üretime hangi oranlarda katkıda bulunduğu, çeşitli üretim dönemlerinde bu faktörlerin teknik ve ekonomik bileşiminin nasıl olduğu, verimlilikteki değişikliklerin hangi faktörlerin etkisiyle meydana geldiği saptanmak istendiğinde, kısmi faktör verimlilik analizine başvurulur. Kısmi faktör verimliliği hesaplanırken oranın payında yer alan üretimin brüt veya net olmasına göre brüt veya net verimlilikten bahsedilir. Üretimin fiziksel miktar olarak hesaplanması üretimin brüt hacmini verir. Üretimin net hacmi ancak katma değer olarak hesaplanabilir.

Toplam faktör verimliliği: Genel verimlilik veya toplam faktör verimliliği, belli bir üretim faaliyeti sonucunda elde edilen üretim miktarının üretim süreci esnasında kullanılan üretim faktörlerinin toplamına oranı şeklinde tanımlanabilir. Bu oran;

$$\text{Toplam Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Elde Edilen Toplam Üretim Miktarı}}{\text{Üretimde Kullanılan Toplam Üretim Faktörleri}}$$

formülü ile hesaplanabilir.

Üretilen mamul ve bunu üretmekte kullanılan üretim faktörleri homojen bir nitelik göstermediğinde, fiziksel toplam güç olacağından uygulamada genellikle toplam faktör verimliliği üretim değerleri cinsinden hesaplanır (Armağan, 2003).

3.1.2. Verimliliğin işletmeler ve madencilik sektörü açısından önemi

Son yıllarda dünyamızda ve ülkemizde görülen hızlı nüfus artışı karşısında insanların gereksinimlerini karşılamak ve bu arada refah seviyelerini yükseltmek amacıyla sürekli olarak üretimi artırıcı çalışmalar yapılmaktadır. Bununla birlikte doğal kaynakların kıtlığı ve üretimi artırmak amacıyla yapılan yatırımların maliyetinin yüksek olması, var olan üretim tesislerinin işleyişinde verimlilik artırıcı çalışmaları gündeme getirmiştir (Kasap, 2008).

Verimlilik, işletmenin başarı derecesini ve kârlılık durumunu gösterir. Piyasa koşullarına zamanında uyum gösteren bir işletmenin başarılı olmasında en etken faktör; o işletmenin teknolojik gelişmeye ayak uydurarak gerçek maliyetlerini düşürmesi, diğer bir deyişle birim ürün üretimi için kullanılan girdi hacmini azaltmasıdır. Girdi ve çıktı arasındaki oran verimlilik olarak tanımlandığına göre, işletmenin başarısı verimlilik artışına bağlıdır denilebilir. Belli miktarda girdiler karşısında üretimdeki artışlar, diğer bir deyişle, verimlilikteki artışların en büyük nedeni teknolojik gelişmedir (<http://ekodialog.com/Konular>).

Serbest rekabete dayanan bir ekonomide işletmelerin uzun dönemlerdeki kârlılık oranları, verimliliklerini yansıtan bir ölçüt olarak kabul edilebilir. Serbest rekabet piyasasında tüm işletmeler aynı fiyatlarla karşılaştıkları için, bu işletmelerin kâr oranlarındaki artışlar girdilerin gerçek maliyetlerinin azalması, yani verimliliğin artışına bağlıdır. (<http://ekodialog.com/Konular>).

Verimlilik, işletme yönetimi açısından da önemlidir. Verimlilik oranları ve verimliliğin ölçülmesi işletmelerin genel işleyişlerini ve başarı derecesini ortaya koyan önemli göstergelerdir. Bu nedenle, verimlilik oranları ve verimliliğin ölçülmesi işletme yöneticileri için etkin bir denetim aracı olarak kullanılabilir. Özellikle, günümüzde, işletmelerde yönetimin ekonomik ve teknik yönlerinin birbirini tamamlayacak şekilde önem kazandığı, buna karşın yöneticilerin çok kez teknik konular dışında ekonomik konularda yabancı kalmaları olasılığı dikkate alındığında; verimlilik ve verimliliğin ölçülmesinin yöneticiye gerek teknik, gerekse

ekonomik sorunları çözmeye yardımcı bir araç olacağı gerçektir (<http://ekodialog.com/Konular>).

Madencilik sektöründe de yapılacak yatırımların yüksek olmasının yanı sıra işletme yatırımlarının verimliliğini etkileyen birçok parametre belirsizlikler içermektedir. Diğer endüstriyel yatırımlardan farklı olarak gözlenen bu belirsizlikler ve bunların etkileri aşağıda verildiği gibidir.

Cevher rezerv ve tenörleri birçok belirsizlikler içerir. Cevher rezervindeki bu belirsizlikler maden işletmesinin ömrünü, cevher tenöründeki belirsizlikler ise satış gelirlerini önemli ölçüde etkiler.

Cevherlerin örtü tabakalarının delinebilirliği, patlatılabilirliği ve kazılabilirliğinde de belirsizlikler söz konusudur. Bu da bir işletmede delme-patlatma ve kazı-yükleme maliyetlerinin farklı değerlerde oluşmasına neden olur. Ayrıca farklı jeomekanik özelliklere sahip cevher ve kayalarda çalışan iş makinelerinin verimlilikleri de değişken olmaktadır.

Maden işletmesinden cevher hazırlama ve zenginleştirme tesislerine gelen cevherlerin farklı tenör ve mineralojik özelliklere sahip olması da cevher hazırlama ve zenginleştirme safhasında farklı verimlilik ve maliyet yapılarının oluşmasına neden olmaktadır (Konuk, 1991).

Açık işletmecilikte; yüksek kapasiteli makine ve ekipmanların geliştirilmesi ve işletme faaliyetlerinin bilgisayarla takip edilmesi (ölçme-izleme-kontrol) verimliliğin gün geçtikçe artmasına sebep olmuştur. Hesaplanan verimlilik analizleri ile ekskavatörlerin ve kamyonların kazı-yükleme, taşıma-boşaltma süreleri optimum şekilde düzenlenmekte, çalışan makinelerden yağ numuneleri alınarak analizler yapılmakta ve makinelerin bakım-onarım süreleri ile yağ tüketiminde önemli tasarruflar sağlanmaktadır.

Yeraltı işletmeciliğinde; verimlilik ve günlük üretim kapasiteleri kazı-nakliyat tahkimat ünitelerindeki mekanizasyon ve otomasyona bağlı olarak artış göstermiştir. Taban yollarının hazırlanmasında galeri açma makineleri, kömür kazı ve yüklemede çift tamburlu kesici-yükleyiciler, ayak içi tahkimatında kalkan tipi yürüyen tahkimatlar, ayak içi kömür nakliyatında panzer tip zincirli konveyörlerin yaygınlaşması, daha geniş ayak boylarında (180-300 m), daha uzun panolar (1800-2200 m) hazırlanarak üretim yapılmasını sağlamıştır (Kasap, 2008).

Verimlilik karşılaştırmalarında doğru sonuçların elde edilebilmesi için aynı işletme yöntemiyle çalışan işletmelerin dikkate alınması gerekmektedir (Konuk, 1991; DPT, 1996).

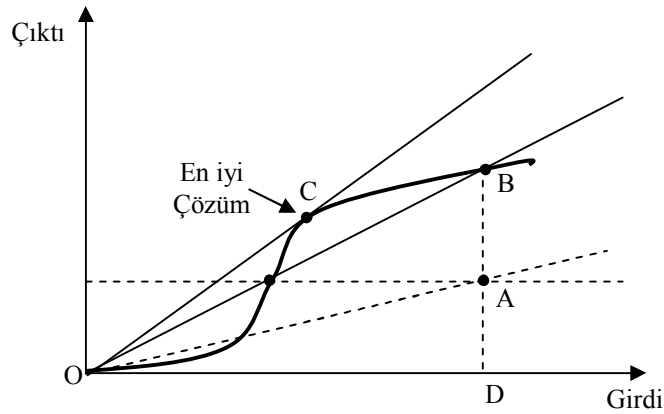
3.2. Verimlilik Ve Etkinlik İlişkisi

Genel olarak verimlilik kavramını incelerken bir sürece ait girdileri ve çıktıları dikkate almak gerekir. Süreç girdileri olarak kaynakları oluşturan temel girdiler malzeme, enerji ve bilgi boyutlarında oluşur. Yararlı çıktı sağlamak için kaynakların etkin kullanılması, amaçlanan sonuca ulaşmak için çıktının etkili olması gerekir. Başka bir deyişle sürecin etkin olması için kaynakların yeterli ve gerektiği kadar kullanılması gerekmektedir. Yani kaynaklar israf edilmemeli, planlandığı şekilde tüketilmelidir (<http://istanbul-consulting.blogspot.com>).

Özetle verimlilik, çıktının girdiye oranı etkinlik ise uygun kaynaklarla ulaşılan maksimum çıktı potansiyelini sağlayan en iyi kullanımı ifade etmektedir. Etkinlik, çıktılar sabit tutularak girdilerin minimize edilmesi veya çıktılar maksimize edilirken girdilerin sabit kalması veya bunların kombinasyonu ile artırılabilir (Yolalan, 1993; Dinç ve Haynes, 1999).

Etkinlik ve verimlilik arasındaki fark Şekil 3.1 yardımıyla açıklanabilir. A, B ve C üç farklı üreticiyi ifade etmektedir. x eksenini girdi miktarlarını ve y eksenini çıktı miktarlarını göstermek üzere, A noktasının verimliliği DA/OD oranıyla hesaplanır. Yani A'nın verimliliği, bu noktadan orijine çizilen doğrunun eğimidir.

Bu veriler ışığında, çıktı düzeyini A noktasından B noktasına kaydırarak verimlilik artırılabilir. Bu durumda elde edilen yeni verimlilik düzeyi BD/OD oranıdır. A noktasının etkinliği ise; A noktasına ait verimliliğin, B noktasına ait verimliliğe oranıdır (Eroğlu ve Atasoy, 2006). Etkinlik; gerçek çıktının gerçek kapasiteye oranı olduğuna göre A noktasında kullanılan girdi miktarı ile daha fazla çıktı üretmek (B noktasındaki kadar) mümkündür. Dolayısıyla A noktasının etkinliği; $(AD/OD)/(BD/OD)=AD/BD$ 'ye eşittir.



Şekil 3.1 Verimlilik ve etkinliğin gösterimi (Coelli et al., 1998).

Bu iki kavram arasındaki farklılıklar şöyle sıralanabilir;

- Etkinlik kavramı, verimlilik kavramından daha geniş bir anlam ve içeriğe sahiptir.
- Verimlilik, yalnızca işletmelerin niceliksel (miktersal) birimler cinsinden ölçülebildiği yerlerde yararlı olurken, buna karşın etkinlik bütün işletmeler için söz konusudur.
- Etkinlik, bir işletmenin çıktılarını mümkün olan ekonomik ve siyasal bütün yollardan en çoklamaya çalışırken, verimlilik etkinliğin başlıca öğelerinden sadece birisi olarak çıktılarını maksimizasyonunu etkinlikle birlikte sağlamayı amaçlamaktadır (Arslan, 2002).

3.3. İşletmelerde Verimliliği Artırma Çalışmaları

Verimliliğin artırılması, bir ülkenin ekonomik kalkınma tercihini yapması ve uzun dönemde refah toplumu olma amacını belirlemiş olmak ile eş anlamlıdır. Verimlilik kaynakların bilimsel yöntemlerle kullanılmasını, üretim maliyetlerinin düşürülmesini, işsizliğin azaltılmasını, reel ücretlerin arttırılmasını ve toplumun bütün kesimlerinin hayat standartlarının yükseltilmesini amaçlar.

Genel olarak verimliliği arttırmak değişik yöntemlerle ve yollarla olabilir. Örneğin; yeni ve modern teknolojik yatırımlarla birim zaman içindeki üretim miktarı arttırılabilir. Diğer taraftan yeni bir yatırıma gitmeden mevcut kaynakları daha etken (etkin) kullanmanın yollarını aramak, örneğin insan gücü etkinliğini yükseltmek, planlama ve kontrol fonksiyonlarını geliştirmek, yeni çalışma metotları uygulamak gibi yöntemlerle işin daha kolay ve çabuk yapılmasını sağlayarak verimlilik arttırılabilir (<http://istanbul-consulting.blogspot.com>).

Verimliliğin Arttırılmasında Etkili Olabilecek Uygulamalar Şunlardır:

- AR-GE ile imalat prosesinin geliştirilmesi,
- Teknolojik bakımdan yeni makine, teçhizat, alet vb. ile üretim yollarının geliştirilmesi,
- Mamül basitleştirme ve mamül geliştirme yöntemlerinin kullanılması,
- Çalışma metotlarının geliştirilmesi ve uygulanması,
- Organizasyon, planlama ve kontrol planlarının geliştirilmesi,
- Süreçlerin ve iş akışlarının daha yaygın ve etkin olarak incelenmesi,
- Yönetici, uzman ve işletme personelinin daha iyi yetiştirilmesi,

- İşçinin daha verimli çalışmasına yol açacak bir çalışma ortamının kurulması ve işletme personelinin daha iyi yetiştirilmesi,
- Yeniliklerin uygulanmasında işçi ve işveren kesimleri arasında etkili bir işbirliğinin sağlanması gerekir (Yılmaz, 2001).

Yapılan bu tez çalışmasının amacına uygun olarak yukarıda bahsedilen uygulamaların içerisinde yer alan teknolojik yeniliklerin verimlilik üzerindeki etkilerine değinmek uygun olacaktır.

Üretimin yöntem ve tekniklerinde, emeğin ve üretimin örgütlenme biçimi ile emeğin üretim sürecindeki bilgi ve becerisi üzerinde meydana gelen köklü değişiklikler olarak tanımlanabilecek teknolojik değişme ve teknolojik gelişme kavramları genelde eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Teknolojideki değişmeler, geçmişten günümüze incelendiğinde hep ekonomik ve toplumsal yapıyı geliştirici yöndedir (Gülsever, 1989).

Verimliliği artıran en önemli kaynak, teknik kaynaktır. Dolayısıyla teknik kaynaklar üzerinde yapılacak AR-GE faaliyetleri, işletmeye büyük olanaklar sunacaktır. Fakat bu durum ekonomik ve beşeri kaynakların ihmal edilmesi anlamına gelmemelidir. Yüksek teknoloji ve geliştirilmiş üretim metotları bir ürünü ya da hizmeti çok sayıda, en kısa zaman içinde ve en iyi kalitede üretme yeteneğine sahiptir. Bu unsurlar aynı zamanda pek çok alanda tasarruf yapma imkanı sağlamaktadır. Otomasyonun artması sonucu beşeri kaynaklarda, enerji, hammadde ve malzeme tasarrufu ile nakliye ve depolama gibi birçok unsurdan kaynak artırımını sağlanabilir. Aynı zamanda hammadde niteliğinde yapılan değişikliklerde maliyetler üzerinde önemli derecede etkilidir.

İşletmenin mevcut çalışmalarında rekabetçi bir yaklaşımla işlerini devam ettirebilmesi için yeterli ölçüde sahip olması gereken teknoloji, temel nitelikte olan teknolojilerdir. Bunlar olmazsa olmaz derecesinde öneme sahip teknolojiler olup, var olmadıkları durumlarda üretimin kısmen ya da tamamen durması söz konusudur.

İşletmeler araştırmalarında ne kadar çok yenilik yaratır ve bunları ne kadar tatbik ederse başarı şansı o kadar artar. Büyük ya da küçük her işletme AR-GE faaliyetlerinde bulunmalıdır. Ancak, bu faaliyetlerle birlikte işletmenin yapısı yenilikleri gerektiği gibi değerlendirebilecek bir düzeye gelecektir (Yılmaz, 2001).

3.4. Verimlilik Analizinde Kullanılan Yöntemler

Verimlilik ölçümünde kullanılan yöntemler; oran analizi, parametrik yöntemler, parametrik olmayan yöntemler olmak üzere üçe ayrılabilir.

Oran analizleri: Bir karar verme birimlerinin (KVB), çeşitli zamanlarındaki performansını ölçmek ve KVB'leri arasında karşılaştırma yapmak amacı ile kullanılan yöntemlerden biri olan oran analizleri; girdi faktörleri ile bu faktörlerin kullanılması sonucu elde edilen çıktılar arasındaki oranın hesaplanması ve yorumlanmasını içermektedir. Genellikle, tek girdi ile tek çıktının birbirine oranlanması şeklinde tanımlanan oran analizleri; uygulamasındaki kolaylıklar ve çok az bilgiye ihtiyaç duyması nedeniyle, çok sık başvurulan yöntemlerden biri olmasına rağmen, özellikle birden fazla girdi ve çıktının olduğu sistemlerde yetersiz kalan bir yöntemdir.

Tüm girdi ve çıktılar arasındaki oranlamalar yapılmış olsa bile, bazı oranlar işletmenin başarılı olduğu görüntüsünü verirken diğerleri bunun aksini söyleyebilmektedir. Bu durumda, oranların bir arada değerlendirilip, anlamlı bir yorum yapmak oldukça zorlaşacaktır. Aynı zamanda, oranlar ile karşılaştırılacak birim sayısı arttıkça, değerlendirmeler de doğruluktan uzaklaşacaktır. Oysa etkinlik analizinde farklı oranların anlamlı bir şekilde ağırlıklandırılarak, tek bir ölçütün oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

Oran analizleri yukarıda belirtilen eksikliklerine rağmen tek girdi ve çıktılı sistemler için basitliği göz önüne alındığında, iyi bir değerlendirme yöntemi olarak görülebilir. Ancak; bu oranın yanı sıra, başka istatistiksel göstergelere de ihtiyaç olduğu göz önüne alınmalıdır. Çünkü oran analizlerinde kullanılan oranlama, göreceli de olsa en iyiye göre değil, var olan değerlerin birbirine bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu ise; karşılaştırmadan çok, yalnızca bir durum belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Akgüç, 1981).

Parametrik yöntemler: Parametrik ve parametrik olmayan yöntemler, etkinlik ölçümünde sınır yaklaşımını kullanmakta ve performansı en iyi olan gözlemlerin etkin sınır üzerinde yer aldığını varsaymaktadırlar. Her iki yöntemin de ortak amacı; söz edilen sınır fonksiyonunun tahmin edilmesidir.

Parametrik yöntemler, etkinliği ölçülecek sektöre ilişkin üretim fonksiyonunun varlığını ve bu fonksiyonun analitik bir yapıya sahip olduğu varsayımını da kabul etmektedir. Bu varsayım altında, varlığı kabul edilen bu fonksiyonun parametrelerini belirlemeye çalışmaktadır. Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonuna ilişkin parametrelerin belirlenmesi bu yöntemle örnek olarak gösterilebilir (Yolalan, 2001).

Parametrik yöntemler, birer regresyon analizi şeklinde düşünülebilir. Genel olarak bir gözlem kümesi vardır. Gözlem kümesinden hareket ile bir regresyon çizgisi oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu çizgiye, etkinlik sınırı denir. Etkinlik sınırından sapma göstermeyen gözlemler

etkin, diğerleri etkin olmayan olarak adlandırılmaktadır. Ancak, hiçbir gözlemin tam olarak uyuşmadığı bir etkinlik sınırının oluşması da mümkündür. Bu durumda, parametrik yöntemlerde etkin olmayan ve/veya rassal hataya sahip gözlemlerin hata dağılımlarının da araştırılması gerekecektir. Etkin olan gözlemler, hatanın sıfır olduğu gözlemlerdir. Bir gözlemin etkin olduğuna ise, ancak ölçüm hatalarının giderilmesinden sonra karar verilmektedir. Böylece parametrik yöntemlerde etkinlik sınırından sapmaların, etkisiz gözlem ve rassal hata gibi iki unsurdan oluştuğu, bu iki hata bileşeninin birbirinden ayırt edilebilmesinin de büyük önem taşıdığı ortaya çıkmaktadır. Bu yöntemler de birbirlerinden, bu iki hata unsurunun nasıl dağıldığı ile ilgili varsayımlarla ayrılmaktadır (İnan, 2000; Vincova, 2005).

Parametrik olmayan yöntemler: Parametrik yöntemlere alternatif olarak geliştirilen, parametrik olmayan yöntemler, doğrusal programlama tabanlıdır ve parametrik yöntemlerde olduğu gibi etkinlik sınırını belirleyip, birimlerin bu sınıra olan uzaklığını ölçmeyi hedeflemektedir. Ancak parametrik yöntemlerden farklı olarak, üretim fonksiyonunun yapısı ile ilgili herhangi bir varsayımda bulunulmamaktadır. Çünkü bu yöntemlere etkinlik sınırı, varsayılan bir durum değildir, gözlenen birimler tarafından oluşturulmaktadır.

Parametrik olmayan yöntemlerde, birbirinden bağımsız birden fazla girdi ve çıktı modelde yer almakta, ancak bunlar tek bir etkinlik ölçüsüne indirgenerek, her boyutun aynı anda ölçülmesine olanak tanımaktadır.

Parametrik yöntemlerde yer alan rassal hatanın bu yöntemlerde yer almaması ise, bu yöntemlerin en zayıf yanlarından birini oluşturmaktadır. Yöntemler herhangi bir rassal hata içermediğinden; veri, ölçüm vb. hataların modelde yer almasına neden olmaktadır. Bu da etkinlik sınırının yanlış çizilmesine neden olmaktadır. Yanlış çizilen etkinlik sınırı da birimlerin etkinlikleri konusunda yapılacak yorumların geçerliliğinin tehlikeye girmesine yol açmaktadır. Bu gibi yanlış değerlendirmelere olanak verilmemesi için analizlerde kullanılan verilerin sağlıklı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Parametrik olmayan yöntemlerde, oluşturdukları etkinlik sınırına göre birimleri etkin olan veya olmayan şekilde ayırabilmelerine rağmen, etkinlik sınırının üstünde olan ve etkin olan birimlerin karşılaştırmasına olanak sağlamaz. Buna karşılık parametrik olmayan yöntemlerde, etkin olmayan birimlerin etkin olabilmeleri için yapılması gerekenleri ve referans alabilecekleri gözlemleri de belirterek karar alma mekanizmasında yol gösterici görev üstlenmektedirler (Lorcu, 2008).

4. PARAMETRİK OLMAYAN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

Garp Linyitleri İşlemesi (GLİ) Müessese Müdürlüğü kömür torbalama tesislerinin 2006-2012 yıllarındaki etkinlik analizi için girdi bazlı parametrik olmayan doğrusal programlama metodu kullanılmıştır. Bu metot; 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 (Grosskopf, 1986; Seiford, 1996).

Parametrik olmayan yöntemler, genel olarak matematik programlamayı çözüm tekniği olarak benimsemişlerdir. Bu tür yöntemler, üretim fonksiyonunun ardında herhangi bir analitik formun varlığını öngörmezler. Bu özelliklerinden dolayı parametrik yöntemlere göre daha esneklerdir. Ayrıca bir çok girdili ve bir çok çıktılı üretim ortamlarında performans ölçümü için oldukça uygun bir yapıya sahiptirler (Yolalan, 1993).

Parametrik olmayan yöntemler, doğrusal programlama kökenli teknikleri (kısıt altında optimizasyon) kullanarak etkinlik sınırına olan uzaklığı ölçmeye çalışırlar. Parametrik yöntemlerde olduğu gibi üretim biriminin yapısı ile ilgili davranışsal varsayımlara sahip olmak zorunda olmadıkları için görece avantajlıdırlar. Bu özellikleri ile ölçümü yapılan karar verme birimlerinin değişik boyutlarının aynı anda ölçülebilmesine olanak tanımaktadırlar. Bu ölçütler her bir karar birimi için göreceli etkinliği hesaplarken amaç fonksiyonlarını ayrı ayrı en iyiler ve her bir karar birimi için en uygun amaç kümesini belirler. Ayrıca, söz konusu yöntemlerin birden fazla açıklayıcı ve açıklanan değişken kullanabilme gibi bir üstünlükleri de vardır (Yolalan, 1993; Yeşilyurt, 2003).

Parametrik olmayan doğrusal modellerde karar verme birimlerinin göreceli etkinliğini hesaplamının iki muhtemel yolu vardır. Bunların ilki, belli bir girdi bileşimi ile maksimum çıktı elde edilmesini sağlayan “çıktı bazlı parametrik olmayan doğrusal modeller”, ikincisi ise; belirli bir çıktı bileşiminin en az girdi ile üretilmesini sağlayan “girdi bazlı parametrik olmayan doğrusal modeller”dir. Girdiye yönelik olanlar, herhangi bir çıktı düzeyi için etkin olmayan karar birimlerinin girdilerini ne derece azaltmaları gerektiğini araştırırlar. Benzer şekilde, çıktıya yönelik etkinlik ölçütleri ise herhangi bir girdi bileşimi için etkin olmayan karar birimlerinin etkin duruma getirilebilmesi amacıyla çıktılarını ne kadar arttırabilecekleri üzerinde dururlar (Yolalan, 1993; Al-Shammari, 1999).

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

- n karşılaştırmanın yapıldığı karar verme birimlerinin sayısı,
- s üretimden elde edilen çıktı sayısı,
- m üretimde kullanılan girdi sayısı,
- $k \in \{1, 2, \dots, n\}$ dikkate alınan karar verme birimi kümesi,
- $j \in \{1, 2, \dots, n\}$ tüm karar verme birimleri kümesi,
- $r \in \{1, 2, \dots, s\}$ tüm çıktıların kümesi,
- $i \in \{1, 2, \dots, m\}$ 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}^+ aylık 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 4.1 Parametrik olmayan doğrusal programlama modelleri (Charnes et al., 1978; Banker et al., 1984).

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

Amaç Fonksiyonu;

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

Kısıtlar;

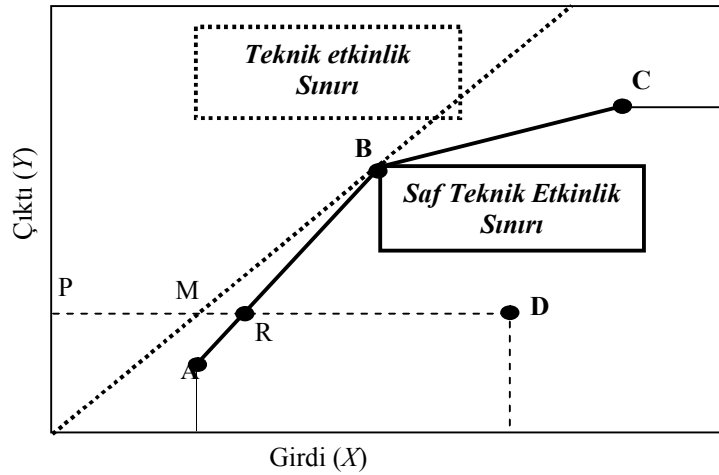
Kısıt setleri girdi minimizasyonu altında yapılan parametrik olmayan doğrusal programlama analizinde sabit tutulan çıktıların karşılaştırmasını ifade etmektedir. Eşitlik 2 ile her bir j KVB'nin r . çıktısı, etkin sınırı oluşturan etkin işletmelerin r . çıktısının maksimum lineer kombinasyonundan daha 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 ölçülebilecektir. Eşitlik 4 ölçeğe göre değişken getiriye müsaade eden konvekslik kısıttır. 5. kısıt ise negatif olmama kısıtıdır.

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 alarak) için yöneticilere yol gösterebilmesidir (Kasap, 2008).

Parametrik olmayan etkinlik analizinin temelini oluşturan teknik etkinlik modelleri Charnes vd. (1978) tarafından ölçüğe göre sabit getiri varsayımı altında geliştirilmiştir. Ölçüğe 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 ölçüğündeki değişimler verimliliği etkilememektedir. Şekil 4.1'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.



Şekil 4.1 Parametrik olmayan etkinlik analizi bileşenleri.

1984 yılında Banker vd. tarafından geliştirilen saf teknik etkinlik modelleri ise ölçüğe göre değişken getiri varsayımı altında analiz yapmaktadır ve etkin sınır parçalı doğrusal bir yapı sergileyen “içbükey zarf” tarafından taranmaktadır. Bu modelde üretim ölçüğündeki değişimlerin verimliliği etkilediği düşünülmektedir. Girdi vektöründeki herhangi bir radyal artışın, çıktı vektöründe daha küçük (büyük) oranda bir radyal artışa neden olması durumunda ölçüğe göre azalan (artan) getiri söz konusudur. Şekil 4.1'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 “ölçüğe 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 (Tarım, 2001; Aydemir, 2002).

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.

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

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

4.1. Parametrik Olmayan Etkinlik Ölçümü Uygulama Aşamaları

Parametrik olmayan etkinlik ölçümünde 4 aşamadan söz edilebilir.

- Karar verme birimlerinin seçimi,
- Girdi-Çıktı kümelerinin seçimi,
- Etkinlik ölçümü,
- Karar verme birimleri için detay analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.

4.1.1. Karar verme birimlerinin seçimi

Karar verme birimi seçiminde parametrik olmayan etkinlik analizinin sonuçlarının geçerliliği açısından son derece önemli bir aşamayı oluşturmaktadır. Karar birimleri girdileri çıktılarına dönüştürmekle sorumlu herhangi bir ekonomik birim olabilir. Yapılacak çalışma için hangi karar biriminin uygun olduğu, çalışmanın ana temasını hangi konunun oluşturduğuna bağlıdır.

Parametrik olmayan etkinlik analizi karşılaştırmalı bir analiz olduğu için yanlış karar verme birimleri analize dahil edilecek olursa tüm analiz sonuçları bundan etkilenecektir. Bu nedenle karar verme birimlerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır.

- Karar verme birimleri kullandıkları girdiler ve ürettikleri çıktılar açısından benzer olmalıdırlar. Diğer bir ifadeyle karar verme birimleri aynı girdi ve çıktı kombinasyonlarını değerlendirebilir olmalıdırlar.
- Tüm karar verme birimleri için benzer bir kaynak seti olmalıdır.

- Tüm karar verme birimleri benzer çevre şartlarında çalışıyor olmalıdır.
- Analiz sonuçlarının anlamlı çıkabilmesi için örneklemede yer alan karar birimi sayısı yeterince büyük olmalıdır. Seçilen girdi sayısı “ m ”, çıktı sayısı da “ r ” ise araştırmanın güvenilirliği açısından en az “ $m + r + 1$ ” tane karar verme birimi gerekli bir kısıttır. Diğer bir kısıt ise değerlendirmeye alınan karar verme birimi sayısı, değişken (girdi ve çıktı) sayısının en az iki katı olmalıdır. Aksi takdirde, herhangi bir çıktı/girdi oranında avantajlı olan karar verme birimi tüm ağırlıkları kendi açısından en çoklar ve etkinlik sınırına erişir. Bu nedenle, etkinlik ölçümünün anlamlı olabilmesi için gözlem kümesinin seçiminde çok titiz davranılması gerekmektedir (Sherman, 1984; T.S. Ahn, 1987; Boussofiâne, 1991; Yolalan, 1993; Kaya, ve Doğan 2005).

4.1.2. Girdi-çıkıtı kümelerinin seçimi

VZA’da kullanılan girdi ve çıktılar çalışmadaki karar birimlerini karşılaştırılmanın temelini oluşturduklarından büyük bir dikkatle seçilmelidir. Her ne kadar fonksiyonel bir varsayım bulunmasa da aynı karar birimi için farklı girdi ve çıktı grupları farklı verimlilik değerleri alacağından üretim sürecine nedensel olarak bağlı girdi ve çıktıların belirlenmesi gerekir.

Bununla birlikte, modele çok fazla girdi ve çıktı eklenmesi. VZA’nın verimli ve verimsiz birimlerini birbirinden ayırıştırma yeteneğini düşürmektedir. Ayrıca girdi ve çıktı sayılarının artabilmesi için, karar birimlerinin sayısının da artması gerekmektedir.

Seçilecek olan girdi ve çıktı kümesinin taşıması gereken bazı özellikler aşağıda verilmiştir;

- Tüm karar verme birimleri için ortak faktörler olmalıdır.
- İncelenmek istenen tüm faaliyet seviyeleri ve performans ölçülerini kapsamalıdır.
- Ölçülebilir fiziksel ve ekonomik kaynakların tümünü içermelidir.

4.1.3. Etkinlik ölçümü

Parametrik olmayan etkinlik ölçümü iki aşamalı olarak kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- Herhangi bir gözlem kümesi içinde en az girdi bileşimini kullanarak en çok çıktı bileşimini üreten “en iyi” gözlemleri (ya da etkinlik sınırını oluşturan KVB’leri) belirler.

- Söz konusu sınırı “referans” olarak kabul edip, etkin olmayan KVB’lerin bu sınıra olan uzaklıklarını (ya da etkinlik düzeylerini) “radyal” olarak ölçer (Yolalan, 1993).

4.1.4. Karar birimleri için detay analizi ve sonuçların değerlendirilmesi

Etkinlik analizleri sonucunda her bir KVB için 0 ve 1 arasında bir ekinlik değeri bulunur. Doğrusal programlamanın sonucunda amaç fonksiyonu 1’e eşit ise KVB’ler etkin, 1’e eşit olmayan KVB’ler etkinsiz olarak tespit edilir. Böylece, etkinliği düşük olan KVB’ler belirlenir ve bunların etkinliklerinin ne ölçüde artabileceğine ilişkin veriler elde edilir. Yönetim dikkatini etkinliği en düşük olan birimler üzerine toplayabilir. Eğer bir KVB etkin değilse, analiz sonuçları bu birimin etkinliğini artırabilmek için gerekli olan stratejileri etkin KVB’leri referans vererek önerir. Bu bilgiler ışığında yönetim, etkin olmayan KVB’nin hangi girdileri gereğinden ne kadar fazla kullandığı, hangi çıktılar açısından ne ölçüde yetersiz üretim yaptığı ve etkin olması için ne yapması gerektiği hakkında değerlendirme yapabilir (Tarım, 2001).

4.2. Malmquist Toplam Faktör Verimlilik İndeksi

Belirli bir dönemdeki karar verme birimi verileri arasında bir kesit analizi yapmasından dolayı, veri zarflama analizi statik bir analizdir. Parametrik olmayan etkinlik analiziyle etkinliği saptanmış bir karar birimi daha sonraki dönemler itibariyle incelendiğinde etkinliğini yitirebilmekte ve referans olabilme özelliğini kaybedebilmektedir. Ancak, etkinliklerin değerlendirilmesi sürecinde, zaman içinde etkinliğin nasıl bir gelişim gösterdiğinin ortaya konulması oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle zaman boyutunu da içeren ‘Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi’ geliştirilmiştir. Malmquist toplam faktör verimlilik indeksi (Malmquist TFV), ortak teknolojiye göre her bir veri noktasının farklarının oranlarını hesaplayarak iki veri noktası arasında toplam faktör verimliliğindeki değişmeyi ölçmektedir. Bu ölçüm için bir uzaklık fonksiyonu kullanılmaktadır. Uzaklık fonksiyonu çok girdi ve çok çıktıya sahip üretim teknolojilerini, maliyet minimizasyonu ya da kar maksimizasyonu gibi hedefleri belirtmeden, tanımlama işleminde kullanılmaktadır (Grifell-Tatje, & Lovell, 1995; Cingi ve Armağan 2000; Tarım, 2001; Coelli et al., 1998).

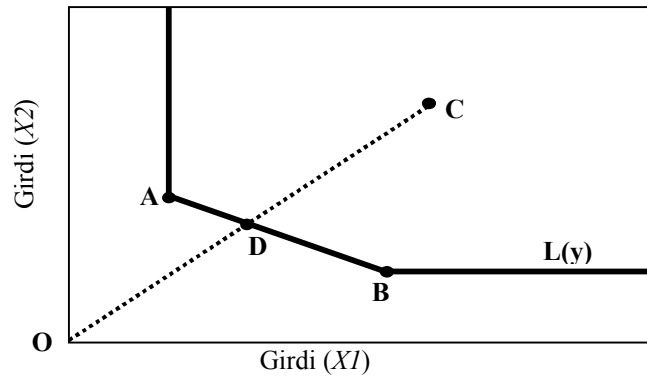
Grifell-Tatje ve Lovell (1995), Malmquist TFV indeksi için gerekli olan uzaklık fonksiyonlarının hesaplanmasında, ölçeğe göre değişken getiri varsayımını kullanmanın, TFV indeksindeki değişimleri (verimlilik kazanımı veya kaybını) doğru ölçmeyeceğini göstermişlerdir. Bu nedenle indeksin, ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında hesaplanması gerekmektedir (Grifell-Tatje and Lovell, 1995; Tarım, 2001; Kasap, 2008).

Kömür torbalama tesislerinde üretim piyasanın kömüre olan talebine göre yapılacağından dolayı girdi bazlı analizin yapılması uygun bulunmuştur.

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 4.2 Girdi uzaklık fonksiyonu grafiği.

Şekil 4.2 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 sınır; 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 (*Malmquist TFV*), uzaklık fonksiyonu çerçevesinde;

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

olarak hesaplanmaktadır. Burada $D_i(x, y)$, $(t+1)$ dönemi gözleminin t dönemi teknolojisinden olan uzaklığını ifade etmektedir. *Malmquist TFV* 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 değişim etkin sınırın zaman içindeki değişimini vermektedir (Grifell-Tatje and Lovell, 1995).

Denklem 8 yeniden düzenlendiğinde:

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

(Malmquist TFV) = TE × TD dir.

TE=PTE×SE olduğuna göre;

(Malmquist TFV = PTE × SE × TD dir.

Malmquist TFV indeksinin hesaplanmasında aşağıdaki dört girdi uzaklık fonksiyonu kullanılmaktadır;

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

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

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. Bu çalışmada da dikkate alınan yılın 12 ayı ve 7 yıl olması sebebiyle analizlerin yapılabilmesi için 238 adet doğrusal programlama modeli çözülmüştür.

5. GLİ KÖMÜR TORBALAMA TESİSİNİN ETKİNLİK ANALİZİ

Gün geçtikçe artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için ülkelerin düşük maliyetli, kaliteli, sürekli ve temiz enerji kaynaklarına ihtiyaçları vardır. Ulusal ekonomiye katkı sağlayabilmek, enerji maliyetini düşürebilmek ve sürekliliğini garantileyebilmek ülkelerin öz kaynaklarını değerlendirebilmeleri ve verimliliklerini artırabilmeleri ile mümkün olacaktır. Ulusal ekonominin yapı taşı olan işletmelerin her biriminin verimli çalışması demek işletme verimliliğini artırırken aslında ülke verimliliğine de katkı sağlamak demektir.

TKİ'ye bağlı işletmeler içerisinde ısınma amaçlı kullanılacak kömür üretimini yapan iki işletmeden biri olan Garp Linyitleri İşletmesinin (GLİ) de her birimindeki verimlilik artışı ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda yapılan tez çalışmasında GLİ Kömür Torbalama ünitelerindeki etkinliğin işletme verimliliği üzerindeki etkileri incelenmeye çalışılmıştır.

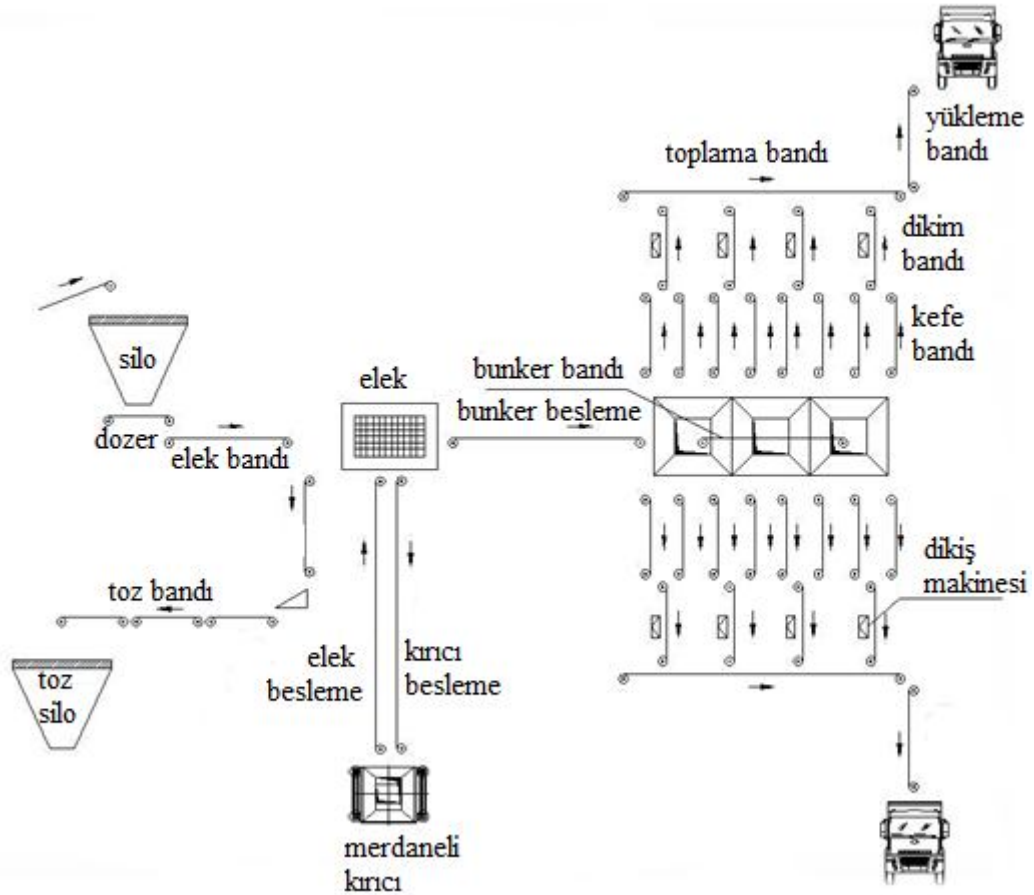
5.1. GLİ Kömür Torbalama Tesisi Tanıtımı

GLİ Müessese Müdürlüğünde Tunçbilek, BEKE ve 1B olmak üzere üç adet torbalama tesisi bulunmaktadır. Tunçbilek Torbalama tesisinin kapasitesi işletme üretim miktarı ile uyumlu olduğundan dolayı BEKE ve 1B Tesisleri kullanılmamaktadır. Tesislerin amacı, GLİ ocaklarından gelen tüvenan kömürü Lavvarlarda yıkayıp, torbalama tesislerinde torbalayarak müşteriye katkısız, tozsuz ürün sunmaktır. Şekil 5.1'de gösterildiği gibi torbalama tesisine gelen kömürler öncelikle 100 ton kapasiteye sahip tumbalara dökülmekte, buradan bant konveyörle eleğe gelen kömür +18-100 mm boyutlarında elenmektedir. +100 mm boyutundaki kömürler elek üstü olarak kırıcılara ve kırıcıdan sonra tekrar eleklerle beslenirken -18 mm boyutundaki kömürler toz silosuna gönderilmektedir. +18-100 mm boyutundaki kömürler ise kömür torbalama ünitesinin bunkerlerine bant konveyör ile beslenmektedir.

Tesisteki bunkerlere aktarılan +18-100 mm boyutundaki kömür, bunkerin alt kısmında bulunan sağlı ve sollu 8'er adet kefe bantlarıyla kefelere aktarılmaktadır. Kefeler elektronik sisteme sahip olup kömür miktarını 25 kg olarak tartmaktadırlar. Kefe içindeki kömürün ağırlığı 25 kg olduğunda sistem kefe besleme bandı durdurularak kömürün kefedeki doluluk miktarına göre boşaltılması beklenir. İşçi, redüksiyona boş kömür torbasını taktıktan sonra bir anahtar (switch) vasıtasıyla kefedeki bekleyen kömür redüksiyona boşalır ve buradan da boş kömür torbasına dolar.

Bir redüksiyonun bir kömür torbasını doldurma süresi 12 saniye civarındadır. Üretimi arttırmak için her kömür dolum redüksiyonuna iki adet kefe bağlanmış durumdadır. Kömür dolum redüksiyonunun başında bekleyen işçi bir kefedeki bulunan kömürü redüksiyon vasıtasıyla kömür torbasına boşalttığı anda diğer kefe kömürle dolmaktadır. Bu da kömür dolum hızını arttırmaktadır.

Kömür dolum redüksiyonunun başında bekleyen işçi 25 kg'lık 50x75 cm ebatlarında lamineli monipilen malzemeden imal edilen özel GLİ logolu torbaları olarak kömür dolum redüksiyonuna takmaktadır. Kömür ile doldurulan torbalar dikim bandına verilmekte ve dikim bandının başında bulunan işçi tarafından kullanılan dikiş makinesi ile kömür torbaları dikildikten sonra toplama bandına gelen kömür torbaları buradan yükleme bandı vasıtasıyla kamyonlara yüklenmektedir.



Şekil 5.1 Tunçbilek torbalama tesisi 1 no'lu ünitesi (1,2 ve 3 no'lu üniteler eşdeğer) akım şeması.

5.2. Karar Verme Birimleri

Malmquist TFV indeksini hesaplamak için kullanılan modelde GLİ Kömür Torbalama Ünitesinin 2006-2012 yılları arasındaki verileri kullanılmıştır. Etkinlik ölçüm sonuçlarının anlamlı olabilmesi için gerekli olan koşullar göz önünde bulundurulduğunda; dikkate alınan girdi ve çıktı sayıları ile uyumlu olarak 7 yılın karar verme birimi olarak seçilmesi uygun bulunmuştur.

Kömüre olan talebin yılın belirli aylarında fazla olması ve GLİ’de tüvenan linyit üretiminin yaklaşık %80’ninin Açık Ocaklardan, %20’sinin ise Yeraltı İşletmelerinden karşılanabilmesi sebebiyle yıllık etkinlik değerlerinde farklılıkların olacağı düşünülmüştür. Bu sebeple kullanılan etkinlik ölçümü yönteminde dikkate alınması gereken zaman birimleri ise aylar olarak kabul edilmiştir.

5.3. Girdi ve Çıktı Kümeleri

Parametrik olmayan etkinlik ölçüm yöntemi veri tabanlı bir teknik olması açısından sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için kömür torbalama tesisinin etkinlik ölçümünü en iyi şekilde ifade edebilecek girdi ve çıktılar belirlenmeye çalışılmıştır.

Girdi olarak; torbalama ünitelerine beslenen kömür miktarı, torbalama ünitelerinde çalışan işçi sayısı ile torbalama ünitelerinde kullanılan enerji miktarı dikkate alınırken çıktı olarak; üretilen torba kömür miktarı dikkate alınmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Torbalama ünitelerin girdi ve çıktıları.

	Tür	Birim	Tanımlama
GİRDİLER	Beslenen Kömür	Ton	Torbalama ünitelerine Beslenen Kömür Miktarı
	İşgücü	Adet/gün	İlgili Dönemde Çalışan Ortalama İşçi Sayısı
	Enerji	kwh	Kullanılan Enerji Miktarı
ÇIKTI	Torbalanan Kömür	Ton	Torbalanan Kömür Miktarı

5.3.1. Torbalama ünitelerine beslenen kömür miktarı

Lavvar Tesislerinden çıkan temiz kömürün boyutu +18-100 mm arasında olmadığı için torbalama tesislerinde ayrıca bir kırma-eleme ünitesi bulunmaktadır. Piyasanın talep ettiği boyuta indirgenen kömür konveyör bantlarla torbalama ünitesine beslenmekte ve kömürler bu

ünitede torbalanmaktadır. 2006 yılından 2012 yılına kadar; Tunçbilek kömür torbalama ünitesine beslenen aylık kömür miktarları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 2006-2012 Yılları arasında Tunçbilek kömür torbalama ünitesine beslenen aylık kömür miktarları.

Tunçbilek Kömür Torbalama Ünitesine Beslenen Kömür Miktarları (ton)							
KVB	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ocak	47024	101500	89896	110634	82878	102297	110633
Şubat	57362	80137	64060	40874	23469	62831	84937
Mart	31272	53255	46725	41426	15347	19097	50020
Nisan	19985	50005	28466	42833	16584	18256	5101
Mayıs	75229	34237	54097	49023	22142	8966	13021
Haziran	115702	56591	82082	92633	31858	13925	76762
Temmuz	82178	81855	73762	107252	44510	17300	94060
Ağustos	119351	106830	82393	93807	46244	24973	73982
Eylül	148041	151761	98034	102673	75840	65229	110736
Ekim	179661	149940	137262	136608	129130	132583	107410
Kasım	193304	150844	154579	109754	121561	132439	123672
Aralık	127373	117283	126731	123877	134499	146553	115957
ORTALAMA	99707	94520	86507	87616	62005	62037	80524

Parametrik olmayan etkinlik analizinde verimliliği artırabilmek için çıktılar sabit tutularak girdiler azaltılabilirken, girdiler sabit tutularak çıktılar da artırılabilir. Malmquist TFV indeksi, girdi minimizasyonu veya çıktı maksimizasyonu olmaksızın KVB’lerin verimlilik değişimlerini incelemesine rağmen parametrik olmayan etkinlik analizini temel alması sebebiyle girdi olarak dikkate alınan, tesise beslenen kömür miktarlarının azaltılması ile verimlilik artışı söz konusu olacaktır. Ancak tesisin tam kapasite çalışabilmesi için beslenen kömür miktarının azaltılması söz konusu olamaz. Kullanılan modellerin yapısına uygun olan girdilerin belirlenmesi, sağlıklı sonuçların elde edilmesi açısından önemlidir. Bu sebeple tesise beslenen kömür miktarlarının tersleri alınarak(1/Beslenen Kömür Miktarı) analize dahil edilmişlerdir.

5.3.2. Torbalama ünitelerinde çalışan işçi sayısı

GLİ Kömür Torbalama Ünitesinde 24 adet kömür dolum redüksiyonu ve 24 adet dikiş makinesi mevcuttur. Bunların her birinde 1 işçi bulundurulduğunda vardiyada 48 eleman ile birlikte 3 tablocu, 2 sehpacı, 6 yüklemeci, 2 temizlikçi, 3 elektrik ustası, 2 kaynakçı ustası, 3 bakımcı ustası, 1 tekniker, 1 vardiya çavuşu, 4 kamyon şoförü, 2 yükleyici operatörü, 1 süpürge aracı operatörü, 1 manevracı, 1 dikiş makinesi ustası olmak üzere vardiyada toplam 80 işçi bulundurulması gerekmektedir. İşletmede üç vardiya çalışıldığından günlük 240 işçiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak günlük torba kömür talebine göre tesiste çalıştırılan kömür dolum redüksiyonunda da farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bu da tesiste çalıştırılan işçi sayısında değişikliğe sebep olmaktadır.

Dikkate alınan yıllar içerisinde kömür torbalama ünitelerinde çalışan işçi sayıları Çizelge 5.3'te verilmiştir. Söz konusu çizelgeden de incelebileceği gibi yılların aylık torba kömür talebi farklılıklarına göre işçi sayılarında da değişim söz konusu olmaktadır.

Çizelge 5.3 2006-2012 Yılları arasında kömür torbalama ünitesinde çalışan aylık işçi sayıları

Tunçbilek Torbalama Tesisinde Çalışan İşçi Sayıları (Adet/Gün)							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ocak	64	137	122	150	112	139	149
Şubat	80	111	89	57	53	87	118
Mart	48	70	62	55	45	45	66
Nisan	47	67	38	58	46	45	120
Mayıs	107	49	77	70	48	43	125
Haziran	168	82	119	134	56	50	140
Temmuz	117	117	105	153	73	65	138
Ağustos	170	152	117	134	76	166	135
Eylül	196	201	130	136	110	150	165
Ekim	232	197	180	179	169	174	152
Kasım	238	195	209	149	165	179	178
Aralık	175	162	175	171	185	202	180
ORTALAMA	137	128	119	121	95	112	139

5.3.3. Torbalama ünitelerinde kullanılan enerji miktarları

Kömür torbalama ünitelerinde kullanılan elektrik enerjisi üretime bağlı olup torbalanan kömür miktarı arttığında çalıştırılan ünite sayısına bağlı olarak enerji tüketimi de artmaktadır. Çizelge 5.4'te torbalama ünitesinde kullanılan enerji miktarları verilmiştir.

Çizelge 5.4 2006-2012 Yılları arasında kömür torbalama ünitelerinde kullanılan aylık enerji miktarları.

Torbalama Tesislerinde Kullanılan Enerji Miktarları (kwh)							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ocak	41400	28800	11200	83200	91200	93600	134000
Şubat	53000	48200	13000	60200	26800	68200	79200
Mart	18400	17000	9000	57200	13800	38600	75200
Nisan	1600	6000	5000	42800	16600	22800	14200
Mayıs	5200	4600	7600	49800	21800	13000	17600
Haziran	4400	4000	64000	76600	23600	16600	55800
Temmuz	5000	8200	60400	98400	22280	21600	67000
Ağustos	4200	8600	55200	90400	39920	30400	71600
Eylül	52800	12600	42800	89800	70200	66200	69600
Ekim	59400	11800	95600	106000	63200	89200	65800
Kasım	57200	13000	96600	74800	98400	110200	103600
Aralık	47800	11800	155600	122800	95400	117200	68509
ORTALAMA	29200	14550	51333	79333	48600	57300	68509

5.3.4. Torbalama ünitelerinde üretilen torba kömür miktarı

Tunçbilek kömür torbalama tesislerinde üç çeşit kömür torbasına kömür torbalanmaktadır. Bunlar bayiye verilen mavi yazılı ve amblemlili +18 mm boyutlu kömür, kırmızı yazılı ve amblemlili Sosyal Yardımlaşma Ve Dayanışma Başkanlığınca fakirlere dağıtılan +18 mm boyutlu kömür ve yeşil yazılı ve amblemlili 10 – 18 mm boyutlu kömürdür. 2006-2012 yılları arasında torbalanan toplam aylık kömür miktarları çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5 2006-2012 Yılları arasında kömür torbalama ünitelerinde üretilen aylık torba kömür miktarı.

Torbalama Ünitelerinde Üretilen Torba Kömür Miktarları (ton)							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ocak	38863	83884	74294	91433	68494	84543	91432
Şubat	48612	67912	54288	34639	19889	53247	71980
Mart	25219	42947	37681	33408	12376	15401	40339
Nisan	16381	40988	23333	35109	13594	14964	4181
Mayıs	65416	29772	47041	42628	19254	7796	11322
Haziran	102391	50080	72639	81976	28193	12323	67931
Temmuz	71459	71178	64141	93262	38704	15044	81791
Ağustos	103784	92896	71646	81571	40212	21715	64332
Eylül	119388	122388	79060	82801	61161	52604	89303
Ekim	143728	119952	109809	109287	103304	106066	85928
Kasım	159756	124665	127751	90705	100464	109454	102208
Aralık	107036	98557	106496	104098	113024	123154	97443
ORTALAMA	83503	78768	72348	73410	51556	51359	67349

Çizelge 5.2'deki verilerle kıyaslandığında beslenen kömür miktarı ile torbalanan kömür miktarı arasında fark olduğu gözlenmektedir. Aradaki kömür kayıpları kömür torbalarının; iyi dikilmemesi, yırtılması veya hatalı doldurulması sonucunda lavvar tesislerine geri gönderilmesinden kaynaklanmaktadır.

5.4. GLİ Torbalama Ünitesinin Verimlilik Ölçümü

Madencilik sektörü üretim işlemi için büyük yatırımlar gerektiren bir sektördür. Yapılan yatırımların en kısa zamanda karşılanması işletme karlılığı ve üretimin devamlılığı açısından önemlidir. Nihai ürünün elde edilmesinde etkili olan her bir işletme biriminin kendi bünyesinde verimli çalışması işletme verimliliğini olumlu etkileyecektir.

GLİ'ye ait Tunçbilek kömür torbalama ünitesinin işletme verimliliği üzerindeki etkisini tespit edebilmek amacıyla tesisin mevcut durumu ile tam otomatik torbalama sistemine geçmesi halinde işletme verimliliğinin nasıl değişebileceği incelenmeye çalışılmıştır.

Yapılan etkinlik analizlerinde kullanılan kümeler ve parametreler aşağıdaki gibidir;

- n kömür torbalama tesisinin yedi adet yılı (2006-2012),
- s üretimden elde edilen çıktı sayısı (torbalama ünitelerinde üretilen torba kömür miktarı),
- m üretimde kullanılan girdi sayısı (torbalama ünitelerine beslenen kömür miktarları, torbalama ünitelerinde çalışan işçi sayısı, torbalama ünitelerinde kullanılan enerji miktarı),
- $k \in \{1,2,\dots,7\}$ dikkate alınan karar verme birimi kümesi,
- $j \in \{1,2,\dots,7\}$ tüm karar verme birimleri kümesi,
- $r \in \{1\}$ tüm çıktıların kümesi,
- $i \in \{1,2,3\}$ tüm girdilerin kümesi,
- t bir yılın 12 ayı (Ocak, Şubat,, Aralık)

Kömür torbalama ünitelerinin üretim yaptığı 2006-2012 yılları arasındaki verimlilik değişimi Malmquist TFV indeksi yardımıyla değerlendirilmiştir. Analizlerde DEAP 2.1 paket programı kullanılmıştır.

Çizelge 5.6 Kömür Torbalama ünitesinin yıllık Malmquist TFV indeksi bileşenleri.

Yıllar	Teknik Etkinlik Değişimi (TE)	Teknolojik Değişimi (TD)	Saf Teknik Etkinlik Değişimi (PTE)	Ölçek Etkinliği Değişimi (SE)	Malmquist TFV Değişimi
2006	1.001	1.092	1.000	1.001	1.093
2007	1.000	0.966	1.000	1.000	0.966
2008	1.000	0.969	1.000	1.000	0.969
2009	1.000	0.998	1.000	1.000	0.997
2010	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2011	1.001	0.967	1.001	1.000	0.967
2012	0.989	0.956	0.995	0.994	0.945
Ortalama	0.999	0.992	0.999	0.999	0.990

Çizelge 5.6'da verilen kömür torbalama ünitesinin yedi yıllık dönemi içerisinde verimlilik değişimi incelendiğinde, ortalama Malmquist TFV değerinde azalma ($0.990 < 1$)

olduğu tespit edilmiştir. 2007, 2008, 2009, 2011 ve 2012 yılları arasındaki etkin olmayanın değerleri üzerinde teknolojik değişimin etkili olduğu tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile yıllar içerisinde tesisin etkinlik sınırında değişim gözlenmiştir. Kömüre olan talebin azalması nedeniyle, üretimde bir azalma söz konusu olurken beslenen kömür miktarı, çalışan işçi sayısı ve harcanan enerji miktarında doğrusal bir azalma olmadığından dolayı etkinsizlik meydana gelmiştir.

2012 yılı Malmquist TFV indeksi bileşenleri incelendiğinde verimsizlik kaynaklarının hem dikkate alınan girdilerin fazla kullanılması (saf teknik etkinlik=%99.5<%100), hem girdi bileşenlerinin uygun ölçeklerde olmaması (ölçek etkinliği=%99.4<%100), hem de etkin sınırın zaman içerisinde değişime uğramasından (teknolojik etkinlik=%95.6<%100) kaynaklandığı tespit edilmiştir. Malmquist TFV değişiminde 2006'dan 2010'a kadar azalma tespit edilirken 2010 yılında %100'lük değer bir önceki yıla göre değişimin olmadığını göstermektedir. 2010'dan itibaren Malmquist TFV değişimindeki azalma devam etmiştir (2011 yılında %96.7 iken 2012 yılında %95.6).

Bu yıldaki etkinsizlik sebepleri şöyle sıralanabilir; torbalama ünitelerinin zaman içerisinde yıpranması; kömüre olan talebin tüm aylarda homojen olmasına ve beslenen kömür miktarının az olmasına rağmen tüm ekipmanların sürekli olarak çalıştırılmasından kaynaklanan fazla enerji tüketimi; yine talebin homojenliğine rağmen diğer yıllarda üretime göre işçi çalıştırılırken bu yılda çalışan işçi sayısının sabit tutulması; hatalı torbalanan kömür miktarlarında 2006'dan 2010 yılına kadar azalma gözlenirken en büyük artışın 2012 yılında meydana gelmesidir.

Kömür torbalama tesislerinin üretiminde 2006 yılından günümüze kadar sürekli bir azalma tespit edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda ülkemizin toplam enerji talebinin yaklaşık %26'sının yerli kaynaklardan karşılandığı, geri kalan bölümünün çeşitlilik arz eden ithal kaynaklardan karşılandığı tespit edilmiştir. Yerli linyitlerimizin düşük ısıl değeri ve yüksek kükürt içeriği nedeniyle hava kirliliğine yol açması sonucu konut ısıtmasında tüketimi kısıtlanmıştır. Özellikle büyük kentlerde 1970'li yılların sonlarına doğru yaşanan yoğun hava kirliliğini önlemek amacıyla ısınmada ithal kömür kullanımı başlamıştır. Son yıllarda da ülkemizdeki doğal gaz ağının artması ile kömürün yerini doğalgaz almıştır. Kömür sektöründe gözlenen gerilemelerin diğer sebepleri ise bu sektörün sürekli yatırım, uzun vadeli planlama, arama-hazırlık çalışmaları, verimli üretim ve hızlı pazarlama gerektirmesidir.

Ayrıca son dönemlerde meydana gelen iklim değişiklikleri de kömüre olan talebi etkilemektedir. Kışların kısa sürmesi ve serin geçmesi sebebiyle kömür tüketiminde azalma gözlenmiştir.

Tunçbilek kömür torbalama tesisleri ilk kurulduğunda tek ünite olarak kurulmuştur. 2008 yılında Tunçbilek kömür torbalama tesislerine 1. üniteye eş 2 ünite daha ilave edilmiştir. 2007 yılında 1 üniteye bulunan 8 adet kömür dolun redüksiyonu tamamında sürekli üretim yapmıştır. Üretimin %75'inin kömür satış sezonunda yapıldığı gözlenmiştir. Tesiste kullanılan enerji, üretime bağlı olup üretim arttığı zaman kullanılan enerji miktarı da artmaktadır. 2009 yılında Tunçbilek torbalama tesislerinin 3 ünitesi aynı anda çalıştırıldığından dolayı kullanılan enerji miktarı fazladır.

Enerji miktarında olduğu gibi işçi sayıları da üretime bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple kömür torbalama işinde yetişen vasıflı elemanların kaybedilmesi ve yeni işe alınan işçilerin alışma sürecinde çok fazla hatalı torba kömür üretmeleri de verimsizlik üzerinde etkili olabilmektedir.

Üretimde sürekli bir azalma gözlenirken, girdi kalemlerinde aynı oranda azalmanın olmaması ve gün geçtikçe enerji ve işgücü maliyetlerinin artması GLİ torbalama tesisinin verimliliğini de olumsuz etkilemiştir.

İleriki bölümlerde GLİ torbalama tesisindeki verimsizliğin durdurulabilmesi için her yılın 12 ayını kendi içinde değerlendirecek etkinlik analizleri ve duyarlılık analizleri ile verimsiz olarak çalışan bu tesise önerilerde bulunmak mümkün olabilecektir.

Çizelge 5.7 Kömür torbalama ünitesinin aylık Malmquist TFV değişimi.

Aylar	Teknik Etkinlik Değişimi (TE)	Teknolojik Değişimi (TD)	Saf Teknik Etkinlik Değişimi (PTE)	Ölçek Etkinliği Değişimi (SE)	Malmquist TFV Değişimi
Ocak-Şubat	0.933	0.832	1.000	0.933	0.777
Şubat-Mart	0.860	0.815	1.000	0.860	0.701
Mart-Nisan	0.683	1.121	0.809	0.844	0.766
Nisan-Mayıs	1.100	1.097	1.081	1.018	1.206
Mayıs-Haziran	1.374	1.136	1.127	1.218	1.561
Haziran-Temmuz	1.028	0.951	1.014	1.014	0.977
Temmuz-Ağustos	0.892	1.094	0.939	0.950	0.976
Ağustos-Eylül	1.184	0.977	1.029	1.150	1.157
Eylül-Ekim	1.091	1.039	1.036	1.053	1.134
Ekim-Kasım	0.946	1.078	0.992	0.954	1.020
Kasım-Aralık	1.060	0.844	1.000	1.060	0.895
ORTALAMA	0.999	0.993	0.999	0.999	0.990

Çizelge 5.7’de kömür torbalama ünitesinin 7 yıllık dönemi içerisinde yer alan aylar bazında analiz edilen verimlilik değişimlerine yer verilmiştir. Elde edilen sonuçların aylara göre gelişen taleple doğru orantılı olduğu saptanmıştır. Şubat, Mart, Nisan aylarında kömüre olan talebin neredeyse hiç olmamasından dolayı verimlilik değerleri % 70’lerde bulunmuştur. Mayıs, Haziran aylarında talebin yavaş yavaş artmasıyla birlikte kömür torbalama işine hız verilmektedir. Tam kapasiteli üretim Temmuz, Ağustos aylarında başlamaktadır. Dikkate alınan yıllarda bayram tatillerinin Kasım ayına denk gelmesi sebebiyle bu dönemlerde torbalama yapılamadığından Kasım, Aralık aylarında verimlilik değişiminin çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

Temmuz, Ağustos ve Aralık aylarında verimlilik düzeylerinde azalma olduğu gözlenmektedir. Mayıs, Haziran, Eylül, Ekim, Kasım aylarında ise verimlilikte az da olsa artış tespit edilmiştir. En büyük artışın ise haziran ayında (%56.1) meydana geldiği belirlenmiştir. Şubat, Mart, Nisan, Ağustos ve Kasım aylarında bir önceki aylara göre ölçek etkinliklerinde azalma (< 1.000) kaydedilmiştir. Buradaki azalmanın sebebi dikkate alınan girdilerin uygun ölçekte kullanılmamasıdır.

Şubat ve Mart ayları dışında ölçek etkinsiz olan ayların saf teknik etkin oldukları tespit edilmiştir. Nisan, Ağustos ve Kasım aylarının ise saf teknik etkinsiz (sırası ile 0.809; 0.939; 0.992) oldukları belirlenmiştir. Saf teknik etkinsizlik; incelenen aylarda üretilen çıktı miktarına göre kullanılan girdilerin fazlalığını ifade etmektedir. Ölçek etkinliği ve saf teknik etkinliğin çarpımından ise teknik etkinlik değişim değerleri elde edilmektedir. Teknik etkinsizliği etkileyen faktörlerden biri ölçek etkinsizliği iken ikincisi saf teknik etkinsizliktir. Nisan, Ağustos ve Kasım aylarında hem saf teknik etkinsizlik hem de ölçek etkinsizliği söz konusudur.

Analiz sonuçlarından elde edilen etkinsiz aylar üzerinde fazla kullanılan enerji miktarının, fazla çalıştırılan işçi sayısının, torbalama ünitesindeki kayıpların etkili olduğu tespit edilmiştir.

5.5. Duyarlılık Analizleri

Parametrik olmayan etkinlik analizinin avantajlarından bir tanesinin de etkinsiz birimlerin etkin hale gelebilmeleri için ne yapmaları gerektiği konusunda yol göstermesi olduğu daha önce belirtilmiştir. Bu özellikten yararlanılarak tam otomatik kömür torbalama tesisinin etkinlik analizi ile bağlantılı olan ve etkinsiz olduğu tespit edilen 2012 yılı için duyarlılık analizleri yapılmıştır.

2012 yılının 12 ayına ait veriler dikkate alınarak ölçeğe göre sabit getiri altında parametrik olmayan etkinlik analizi sonuçları çizelge 5.8’de verilmiştir. Etkin birimler ($\theta=1,000$ ve $s_{ik}^+, s_{rk}^- = 0$) sabit tutulan üretim miktarına ulaşabilmek için uygun miktarda ve ölçekte girdi kullandıklarından dolayı çizelge 5.8’de bu birimlere ait bilgi bulunmamaktadır. Etkinsiz oldukları tespit edilen Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Ağustos ve Eylül aylarının etkin hale gelebilmeleri için işçi sayıları ve enerji miktarlarındaki % azalma değerleri çizelge 5.8’deki gibidir. Beslenen kömür miktarlarının ise % artış değerlerinin oldukça fazla olmasından dolayı yeni besleme değerleri yine aynı çizelgede verilmiştir. Beslenen kömür miktarları girdisindeki değerlerin artmasının sebebi ise verimliliği artırmak için girdilerin azaltılması gereğine uygun olarak analizde dikkate alınan bu girdinin terslerinin alınmasıdır (1/Beslenen kömür miktarı).

Piyasanın talebine göre üretim yapıldığından dolayı üretim miktarları sabit tutularak dikkate alınan girdiler çizelge 5.8’deki miktarlarda artırıldığında ve belirtilen oranlarda azaltıldığında kömür torbalama tesisinin verimli hale gelmesi mümkün olabilecektir.

Ancak bu tesiste piyasa talebine göre üretim yapılması ve son yıllarda kömüre olan talebin azalması, tesisin üretim yapılmayan zamanlarda da çalıştırılması gereği, istenilen zamanda yeterli sayıda kalifiye elemanın bulunamayışı ve gelişen teknolojinin sağladığı faydalar gibi sebeplerle bu çalışmada GLİ torbalama tesisinin tam otomatik torbalama sistemine geçebileceği önerilmektedir.

Çizelge 5.8 Mevcut kömür torbalama ünitesinin duyarlılık analizi sonuçları.

KVB	Etkinlik Değeri	Üretilen Torba Kömür Miktarı (ton)	Beslenen Kömür Miktarı (ton)		İşçi Sayısı (adet/gün)	Enerji Miktarı (kwh)
			Eski	Yeni		
	θ	%			%	%
Ocak	1.000	-	-	-	-	-
Şubat	1.000	-	-	-	-	-
Mart	0.996	-	50020	251826	-	21
Nisan	0.207	-	5101	2590674	93	79
Mayıs	0.452	-	13021	956023	83	55
Haziran	0.882	-	76762	147016	11	12
Temmuz	1.000	-	-	-	-	-
Ağustos	0.798	-	73982	109123	20	20
Eylül	0.973	-	110736	114194	3	3
Ekim	1.000	-	-	-	-	-
Kasım	1.000	-	-	-	-	-
Aralık	1.000	-	-	-	-	-
ORTALAMA	0.859					

5.6. Tam Otomatik Kömür Torbalama Sistemi

Otomasyon; endüstriyel sektörde, bilimsel araştırmalarda ve yönetim alanında insan emeği olmadan işlerin makineler tarafından gerçekleştirilmesi olarak açıklanabilir. Otomasyonun faydaları; yüksek performans ve iş güvenliği, düşük işletme maliyeti, yer ve makinelerin daha verimli kullanımı, organizasyon kolaylığı, hatasız, kaliteli ve aynı standartlarda ürün olarak fazlasıyla görülse de insanların yapacağı işlerin makinelere devredilmesi, sistem arızaları, sistemlerin karmaşıklığı, yüksek yatırım maliyeti otomasyonun zararlarının da olduğu noktasında fikir oluşturmaktadır (www.cmeks.com/otomasyon-nedir).

Madencilik sektöründe de gelişen teknolojinin kullanılması ile birlikte açık işletmecilikte, büyük kapasiteli ekskavatör ve draglaynlar kullanılmaktadır. Kilometrelerce uzunlukta bantlı konveyörler açık işletmeciliğin vazgeçilmez nakliyat araçlarıdır. Bantlı konveyörlerin kullanılmadığı yerlerde devasa kamyonlar nakliyatı gerçekleştirmektedir. Yeraltı maden işletmeciliğinde tam mekanize üretim sistemlerinin uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır. Kazı aracı olarak saban veya tamburlu kesici-yükleyiciler, tahkimat olarak şild tipi yürüyen tahkimatlar, nakliyat aracı olarak zincirli ve bantlı konveyörler, yeraltı madenciliklerinde etkin ve verimli olarak kullanılmaktadır. Yukarıdaki yeraltı ve yerüstü işletmelerinde yapılan işlerin tamamına yakını otomatik veya uzaktan kumandalı çalıştırılabilmektedir (Kızıl, 1995).

A.B.D. Ulusal Standartlar ve Teknoloji, Robot Sistemleri Bölümünde madencilikte otomasyon sistemleri üzerinde çalışmalarını sürdürmektedir.  zerinde çalışılan sistem yeraltı madenciliklerinde sürekli gözlem, makinelerin uzaktan kullanımı, çeşitli ölçümlerin yapılması, üretim yönlendirilmesi, verimi ve tahkimat işlerini kapsamaktadır. Yerüstü madenciliklerinde otomasyona verilebilecek en güzel örnek uzman sistem (expert system) destekli otomatik kamyon sistemidir. Bu sistemle insan müdahalesi olmadan yükleme, taşıma ve boşaltma işlemleri yerine getirilmektedir. Ayrıca bu işlemler sırasında çıkan makine arızaları veya problemler sistem tarafından tespit edilmektedir. Buna benzer başka bir çalışma da akıllı delme makinesi diye adlandırılan sistemdir. Yapay Zeka (artificial intelligence) destekli olan bu sistem, gaz ve petrol aramalarında kullanılmak amacıyla geliştirilmiş olup sondaj yapılan ortama göre tüm parametreleri tespit etmekte ve sondaj makinesini otomatik olarak kullanmaktadır. Sistem ayrıca delme işlemi sırasında, matkap uçlarında meydana gelen aşınmayı anında ölçmekte ve sondaj maliyeti hakkında bilgi vermektedir.

Öte yandan daha da önemlisi, en kötü emniyet koşullarına sahip olan madencilik sektöründe, yüksek teknolojinin kullanımı ile işçi sağlığı ve iş güvenliğinde iyileştirmeler gözlenebilmektedir (Kızıl, 1995).

Teknolojik gelişmeler ve otomasyonun faydaları tüm sektörlerde olabileceği gibi madencilik sektörü açısından da verimlilik artırmada önemli etkenlerdir.

Yapılan araştırmalara göre tam otomatik torbalama sistemi; tarım (tohumu, fasulye, tahıl, mısır, çim tohumu, organik pelet gübre), gıda (buğday, mısır, pirinç, tahıllar, irmik, buğday unu, şeker, tuz, kahve), yem (hayvan yemi), inorganik gübre (üre, kaya fosfat), petrokimya (plastik granül, reçine tozları, vb), inşaat malzemeleri (kum, çakıl), yakıt (kömür, ahşap pelet) gibi malzemelerin torbalanmasında kullanılabilir (www.imeco.org/products/bulk-weighers/cse; www.rmgrouk.com/news-article.html?id=2; www.homefire-fuels.co.uk/).

Tam otomatik torbalama sistemlerinde yüksek hızlı üretim (örneğin dakikada 30 torba paketleyebilme), düşük üretim kaybı gibi avantajları ile verimliliği artırmak hedeflenmektedir (<http://www.rmgrouk.com/news-article.html?id=2>).

Türkiye’de de Esit Elektronik Sistemler İmalat ve Ticaret Ltd. Şti tarafından Kırşehir Şeker Fabrikası için hazırlanan tam otomatik torbalama tesisinin maliyeti ve verileri dikkate alınarak değerlendirme yapılmaya çalışılmıştır. Buna göre;

1 adet kömür dolmuş redüksiyonunun maliyeti 90.000 € + KDV olarak belirlenmiştir. Torbalama tesislerinde 24 adet kömür dolmuş redüksiyonu olduğuna göre; toplam maliyet 2.160.000 € (24 × 90.000 €)+ KDV olacaktır.

GLİ, kömür torbalama işini 2004 yılından beri firmalara yaptırmaktadır. En son yapılan 2 yıllık kömür torbalama işi için yaklaşık olarak 7.000.000 TL + KDV’ye ödenmiştir.

Oysaki tam otomatik kömür torbalama sistemi kurulduğunda; iki yıllık kömür torbalama işine harcanan para tam otomatik kömür torbalama tesisinin maliyetinden yüksek olmaktadır ($7.000.000 > ((2.160.000 \text{ €} + \text{KDV}) \times 2.3450 = 5.065.200 \text{ TL})$ 16.05.2013 tarihi itibarı ile 1 Euro=2.3450 TL’dir).

Çizelge 5.9 Mevcut kömür torbalama tesisi ve tam otomatik kömür torbalama sisteminin özellikleri.

	Mevcut Kömür Torbalama Ünitesi	Tam Otomatik Kömür Torbalama Sistemi
Malzeme	Kömür	Kömür
Yoğunluk (ton/m ³)	1.55	1.55
Tartım aralığı (kg)	18 -30	24.75-25.25
Ekran çözünürlüğü	Yok	1/60.000
İndikatörün iç çözünürlüğü (bit)	12	20
Hassasiyet (%)	0.7 -1	0.01-0.05
Üst bunker kapasitesi (lt)	4845	6000
Redüksiyon kapasitesi (lt)	80	100
Elektrik	400 V –AC/ 50 – 60 Hz	400 V –AC/ 50 – 60 Hz
Elektrik tüketimi (KW/saat)	14.55	20.15
Saatte tartım adedi	326	600
Kapasite üretim (ton/gün)	4.700	8.640
Torbalarm dikimi	Düzensiz ve hatalı	Düzgün ve hatasız
Ağırlık gösterimi	Yok	Var 4 haneli
Hızlı – Yavaş devir	Yok	Sistem programlanabilir
Tolerans	Tolerans dışına çıkılsa da üretime devam eder	Alt ve üst sınırdaki kalır toleransın dışına çıktığında sistem durur
Torbalanan toplam torba sayısı	Yok	Ekranında görünür
Torbalanan toplam ürün ağırlığı	Yok	Ekranında görünür
Torbalanan toplam süre	Yok	Ekranında görünür
Üst hazne seviye kontrolü	İşçi ile kontrol	Otomatik kontrol
Alarm	Yok	Sistemden bilgi alınır operatöre bildirir

Çizelge 5.9 da özellikleri verilen tam otomatik torbalama sistemi, kırma eleme ünitesinden tesis bunkerine beslenen kömürleri otomatik olarak tartarak (25 kg) üretim redüksiyona kendiliğinden besleyebilmektedir. Makinenin vakumlu kolları haznelikte bulunan torbaları otomatik olarak almakta ve dolum redüksiyonuna takmaktadır. Kömür ile doldurulan torbalar dikim bandına aktarılmakta buradan vakumlu iki kol ile tutularak dikiş makinesine gönderilen torbalar dikildikten sonra yükleme bandı vasıtasıyla kamyonlara yüklenmektedir. Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6, ve Şekil 5.7’de mevcut durumda ve otomatik durumda torba takma, doldurma ve dikme işlemlerine ait resimler verilmiştir.



Şekil 5.2 Mevcut durumdaki tesiste torba takma işlemi.



Şekil 5.3 Tam otomatik sistemde torba takma işlemi.



Şekil 5.4 Mevcut durumdaki tesiste torba doldurma işlemi.



Şekil 5.5 Tam otomatik sistemde torba doldurma işlemi.



Şekil 5.6 Mevcut durumdaki tesiste torba dikme işlemi.



Şekil 5.7 Tam otomatik sistemde torba dikme işlemi.

Tam otomatik torbalama tesisinde yapılan işlemler için herhangi bir elemana ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak tesisin temizliği ve torba haznesine torba doldurmak için vardiyada yaklaşık 10 işçiye ihtiyaç vardır. İşletmede üç vardiya çalışma yapıldığından dolayı günde ortalama 30 işçiye ihtiyaç duyulacaktır. Mevcut sistemde işlerin en yoğun olduğu dönemlerde çalışan personel sayısı 38 ile 238 kişi arasında değişmektedir. Demek oluyor ki tam otomatik torbalama tesisi girdi kalemlerinden en büyüğü olan işçilik maliyetini % 80 oranında azaltacaktır.

Mevcut kömür torbalama ünitesinde bulunan 24 adet üretim redüksiyonundan günde maksimum 4700 ton üretim yapılmaktadır. Bir üretim redüksiyonundaki üretim miktarı ise günlük 196 ton (4700/24) saatlik 8.1597 ton (196/24)'dur. Bu üretim miktarı 136 kg/dk'ya (81597/60) eşittir. Kömür torbalarının her biri 25 kg geldiğine göre dakikada 5-6 adet (136/25) kömür torbası hazırlanabilmektedir.

Kullanılması düşünülen tam otomatik kömür torbalama sisteminde dakikada bir redüksiyonda 10 adet torba kömür üretilebilmektedir. Bir üretim redüksiyonunda dakikadaki üretim miktarı 250 kg (25×10) civarında olacaktır. Bir saatte ise yaklaşık olarak 15 ton (60×250) kömür torbalanabilecektir. Tesiste 24 adet üretim redüksiyonu olduğu düşünüldüğünde saatlik üretim 360 ton, günlük üretim ise 8640 ton olacaktır. Bu da üretim kapasitesinde %83.8 bir artışı işaret etmektedir (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 Mevcut durumdaki ve tam otomatik kömür torbalama tesisinin kapasiteleri

		Mevcut Kömür Torbalama Tesisi	Tam Otomatik Kömür Torbalama Tesisi
Günlük üretim miktarı	(ton/gün)	4700	8640
Bir redüksiyondaki;			
Günlük üretim miktarı	(ton/gün)	196	360
Saatlik üretim miktarı	(ton/saat)	8	15
Dakikada üretim miktarı	(kg/dk)	136	250
Dakikada doldurulacak torba adedi	(adet/dk)	5.5	10

Yapılan değerlendirme ile mevcut tesiste günlük (24 saat) üretim, otomasyon sistemiyle 13 saatte yapılabilecektir. Kullanılan enerji açısından değerlendirdiğimizde günlük harcanan enerji miktarında yaklaşık olarak %46'lık azalma kaydedilecektir. İşletmenin enerji verimliliğine de katkı sağlayacaktır.

5.6.1. Tam otomatik kömür torbalama sistemi verileri

Tam otomatik torbalama sistemi birçok sektörde kullanılmaktadır. Kırşehir Şeker fabrikasının kullanmış olduğu tam otomatik torbalama tesisi ile GLİ'ye ait mevcut kömür torbalama tesisinin verileri dikkate alınarak tahmini değerler belirlenmiş ve verimlilik üzerindeki etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Mevcut torbalama ünitesi ve tam otomatik torbalama sisteminin verimlilik değerlendirmesi, 2012 yılı verileri üzerinden Malmquist TFV analizi ile yapılmaya çalışılmıştır. Burada dikkate alınan KVB'leri mevcut torbalama ünitesi ve tam otomatik torbalama sistemidir. Zaman periyotları ise üretim yapılan 2012 yılına ait 12 aydır (Ocak,....., Aralık). Mevcut torbalama ünitesinde kömür torbalarının hatalı dikilmesi, dolum-dikim ve yükleme esnasında torbaların yere düşmesi gibi sebeplerle kömür kayıpları meydana gelmektedir. Oysaki tam otomatik kömür torbalama sisteminde söz konusu kayıpların gözlenmeyeceği veya ihmal edilebilecek derecede az miktarda olabileceği düşünülmektedir.

Tam otomatik kömür torbalama sistemi, birim zamandaki talebe göre üretim yaparak talep karşılandığında otomatik olarak duracağından dolayı enerji tüketiminde bir azalma söz konusu olacaktır. En önemlisi tesisi çalıştırmak için büyük bir işgücüne ihtiyaç duyulmayacak olup günlük ortalama 25 işçi ile tesis çalıştırılabilecektir. Mevcut sistemde ise işçi sayısı işlerin

yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Çizelge 5.3). Azalan enerji miktarı ve işçi sayısı ile birlikte üretim maksimum seviyeye çıkacaktır. Tesiste mevcut bulunan 24 adet kömür dolmuş redüksiyonu aynı anda çalıştırılabilecek ve ayrıca günün 24 saatinde üretim yapma imkânı doğabilecektir. Mevcut durumda ise işin önceden organize edilmesi, her kömür dolmuş redüksiyonu için çalışılacak elemanların (Dolumcu, Dikişçi, Sehpacı, Tablocu ve Yükleme) iş tertibinin yapılması gerekmektedir. Ayrıca işçilerin bir vardiyada 8 saat durmaksızın çalışmaları imkânsızdır. İşçinin işe başlaması, yemek molası, vb. nedenlerden dolayı maksimum 6,5-7 saat çalışma süresi söz konusudur.

Tam otomatik torbalama sisteminde kömür kayıpları bulunmayacağı düşünüldüğünden dikkate alınan verilerden üretilen kömür miktarı ile beslenen kömür miktarı eşit olarak kabul edilmiştir. Böyle bir sistemde Şubat, Mart, Nisan aylarında kömüre olan talebin az olması sebebiyle günde bir vardiyada üretim yapıldığından ve diğer aylarda yine talebe bağlı olarak günde üç vardiyada üretim yapıldığından dolayı günlük ortalama 25 işçinin çalışabileceği tahmin edilmektedir. Kullanılabilecek enerji giderleri de beslenen kömür miktarına (aynı zamanda üretilen torba kömür miktarı) göre hesaplanmış ve Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.11 2012 yılı tam otomatik kömür torbalama sisteminde kullanılabilecek enerji miktarı.

Yapılması Gereken Eylem	Harcanan Enerji Miktarı (kwh)
Bunker Üst Bandını Yürütme	1.50
Bunker Üst Bandını Çalıştırma	4.00
Bunker Besleme Bandı	7.50
Otomatik Kömür Torbalama	20.15
1 Ünite Kullanılabilecek Toplam Enerji Miktarı	33.15
3 Ünite Kullanılabilecek Toplam Enerji Miktarı	99.45
Günlük Kullanılabilecek Enerji Miktarı	2386.80

Çizelge 5.12 2012 yılı aylık tüketilen enerji miktarı.

	Üretilen Torba Kömür Miktarı	Gün Sayısı*	Aylık Tüketilen Enerji Miktarı (kwh)**
Ocak	91432	11.58	25258
Şubat	71980	8.33	19884
Mart	40339	4.67	11143
Nisan	4181	0.48	1155
Mayıs	11322	1.31	3127
Haziran	67931	7.86	18765
Temmuz	81791	9.47	22594
Ağustos	64332	7.25	17771
Eylül	89303	10.34	24669
Ekim	85928	9.95	23737
Kasım	102208	11.83	28234
Aralık	97443	11.28	26918

* Söz Konusu Ayda Üretim Yapılan Gün Sayısı = Üretilen Torba Kömür Miktarı /8640 (günlük üretim miktarı)

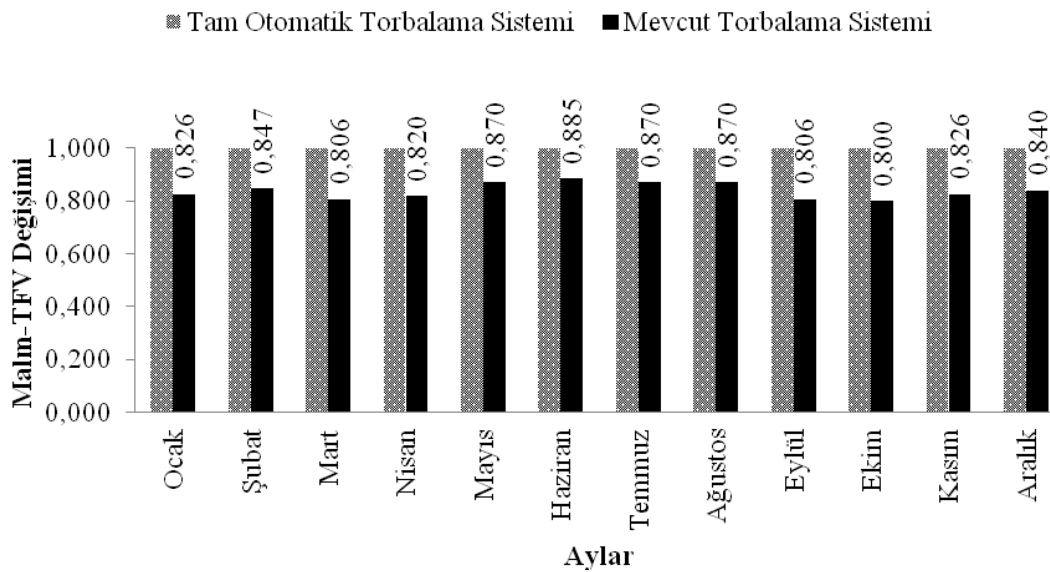
** Aylık Tüketilen Enerji = 2386.8 (günlük kullanılan enerji miktarı) × Gün Sayısı

5.6.2. Tam otomatik kömür torbalama sisteminin etkinlik ölçümü

Çizelge 5.13'deki veriler ile mevcut kömür torbalama ünitesinin 2012 yılı verileri Malmquist toplam faktör verimliliği yöntemi ile aylık bazda kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.8'te verilmiştir. Tam otomatik torbalama sisteminde kömür torbalama işlemi makinelerle otomatik olarak yapılacağından dolayı çalıştırılan işçi sayısında değişim olmayacağı, kömür miktarına uygun ekipman çalıştırılacağından dolayı fazla enerji harcaması yapılmayacağı ve bu sistemde üretim kayıplarının olmayacağı düşünüldüğünde verimlilik değerinin yüksek çıkması beklenmektedir. Tıpkı beklendiği gibi tam otomatik kömür torbalama sistemine kıyasla mevcut sistemin verimlilik değerleri ortalamasının %83.9 olduğu tespit edilmiştir. Buradaki verimsizlik sebeplerinin; torbalama esnasında meydana gelen kömür kayıpları, çalıştırılan işçi sayısının fazla olması, fazla miktarda enerji kullanılması olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 5.13 2012 yılı için tahmin edilen tam otomatik kömür torbalama sistemi verileri.

Tam Otomatik Kömür Torbalama Sistemi Verileri				
KVB	Üretilen Torba Kömür Miktarı (ton)	Beslenen Kömür Miktarı (ton)	İşçi Sayısı (adet/gün)	Enerji Miktarı (kwh)
Ocak	110633	110633	30	25258
Şubat	84937	84937	10	19884
Mart	50020	50020	10	11143
Nisan	5101	5101	10	1155
Mayıs	13021	13021	30	3127
Haziran	76762	76762	30	18765
Temmuz	94060	94060	30	22594
Ağustos	73982	73982	30	17771
Eylül	110736	110736	30	24669
Ekim	107410	107410	30	23737
Kasım	123672	123672	30	28234
Aralık	115957	115957	30	26918
ORTALAMA	80524	80524	25	18605



Şekil 5.8 Mevcut kömür torbalama ünitesi ile tam otomatik kömür torbalama sisteminin 2012 yılı etkinlik kıyaslaması.

GLİ mevcut torbalama tesisinin tam otomatik sisteme çevrilmesi ile yaklaşık olarak % 20'lik bir verimlilik artışı gözlenebilecektir. Tesiste dolayısıyla işletmede kullanılan enerji miktarındaki, işçi sayılarındaki ve kömür kayıplarındaki azalmalar göz önüne alındığında genel işletme verimliliğinde de artış tespit edilebilecektir. İşletme verimliliğindeki artış oranını net olarak tespit edebilmek için daha kapsamlı bir çalışma yapılması gerekmektedir. GLİ'nin kömür torbalama işini 2004 yılından beri firmalara yaptırması, istenilen, sağlıklı verilere ulaşamaması ve kapsamlı çalışma yapılabilecek ekibin kurulamaması nedeniyle işletmenin verimlilik artışı net olarak tespit edilememiştir. Ancak işletmenin torbalama işi için ödediği ücret ile tam otomatik torbalama sisteminin kurulmasında katlanılacak maliyet kıyaslandığında ve tam otomatik torbalama sisteminin etkinliği değerlendirildiğinde işletme verimliliğine olumlu katkılar sağlayacağı söylenebilmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Madencilik sektöründe modern, düşük maliyetli ve yüksek verimlilikle çalışabilmek için mevcut iş süreçlerinin profesyonel biçimde otomatikleştirilmesi ve kullanılan teknolojinin en yüksek standartlara cevap vermesi gerekmektedir.

Otomasyonun Garp Linyitleri İşletmesi verimliliği üzerindeki etkilerini tespit edebilmek amacıyla öncelikle mevcut torbalama tesisinin 2006-2012 yılları arasındaki verimlilik değişimi, Malmquist TFV indeksi kullanılarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre incelenen yıllar itibarıyla verimlilik değişiminde azalma ($0.990 < 1$) olduğu tespit edilmiştir. Verimlilikteki bu azalmanın sebepleri; kömüre olan talebin azalması ile doğru orantılı olarak üretimin azalması ancak bu üretim miktarına göre çalışan işçi sayısının, harcanan enerji miktarının ve üretim kayıplarının fazla olması gösterilebilir. Yine analiz sonuçlarına göre dikkate alınan tüm yılların ayları bazında inceleme yapıldığında Şubat, Mart, Nisan, Temmuz, Ağustos ve Aralık aylarında verimlilik düzeylerinde azalma olduğu gözlenmiştir. Mayıs, Haziran, Eylül, Ekim, Kasım aylarında ise verimlilikte az da olsa artış tespit edilmiştir. En büyük artışın ise Haziran ayında (%56.1) meydana geldiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların aylara göre gelişen taleple doğru orantılı olduğu saptanmıştır.

Son yıllarda doğalgazın ısınma ve enerjideki payının hızla artması linyite olan talebi azaltmıştır. Ayrıca kömürün oluşumu, kalitesi ve işletmelerin ekonomikliği dikkate alındığında teshin ve sanayi amaçlı kömür üretimi de olumsuz etkilenmiş, dolayısıyla teshin ve sanayinin kömür talebi de ithalat yoluyla karşılanmaya başlanmıştır.

Kömür iyileştirilmesine ilişkin tesislerin sayısını ve kalitesini arttırarak, çevre kriterlerine uygun kömürlerin hazırlanması ve piyasa koşullarında yapılacak bir fiyatlandırma ile ithal kömürle rekabeti sürdürerek linyitin ısınma sektöründeki pazar payını koruyabilmesi mümkün gözükmektedir. Düşük kalorili kömürlerin ısınma sektöründe kullanılabilmesine ilişkin dumansız kazan ve soba teknolojilerinin geliştirilmesi ve çevre yönetmeliğinde yapılacak değişikliklerle linyitin ısınma sektöründe pazar payını arttırması beklenebilir.

Her sektörün kendine has özellikte istihdama ihtiyacı olduğu tespitiyle; özellikle linyit madenciliğindeki gerileme, madencilik sektörünün talebi olan eğitimli ve deneyimli iş gücünü olumsuz etkilemektedir. GLİ kömür torbalama tesislerinde torba kömür üretimi 2000'li yıllardan başlayıp günümüze kadar gelmiştir. O yılların teknolojisine göre kurulan tesiste gereğinden fazla iş gücüne ihtiyaç duyulmakta, torbalama yapılmadığında bile tesisin çalışır durumda bulundurulma gereği fazla enerji kullanımına sebep olmakta, işgücünün yoğun olması

kömür talebine göre işçi çalıştırılması sebebiyle her zaman kalifiye elemanla çalışma imkanının olmayışı üretim kayıplarını beraberinde getirmektedir.

İyi bir personel politikası ve personelin sorunlarının etkili bir biçimde ele alınması verimliliğin artırılmasında önemli bir kaynaktır. Mevcut kömür torbalama tesislerinde elemanlar sürekli çalıştırılmadıklarından, ihtiyaca göre eleman bulundurulduğundan ve çoğu kez yeterli eleman çalıştırılmadığından dolayı iyi bir personel politikası geliştirmek imkansız gibi görünmektedir. Mevcut GLİ torbalama tesisinde üretim kapasitesi 6000 ton/gün'dür. Ancak dikkate alınan 7 yıllık süre (2006-2012) boyunca, eleman yetersizliği sebebi ile üniteler hiç bir zaman tam kapasite olarak çalıştırılmamıştır.

Torbalama ünitelerinin 24 saat, tüm ekipmanlarıyla çalışması durumunda ulaşabileceği maksimum üretimin 4700 ton/gün olduğu gözlenmiştir. Bu değerde tesisin yaklaşık olarak %75 verimle çalıştığını göstermektedir. Sonuç olarak; 28 adet bant konveyör, 3 adet titreşimli elek, 3 adet merdaneli kırıcı üretim yapılmadığı zaman diliminde boşa çalışmaktadır. Kullandıkları enerjinin yanı sıra amortisman giderlerinin de göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Malmquist TFV indeksinin temelini oluşturan parametrik olmayan etkinlik analizinin avantajlarından birinin de etkinsiz birimlerin etkin hale gelebilmeleri için ne yapmaları gerektiği konusunda yol göstermesi olduğu daha önce belirtilmiştir. Bu özellikten yararlanılarak tam otomatik kömür torbalama tesisinin etkinlik analizi ile bağlantılı olan ve etkinsiz olduğu tespit edilen 2012 yılı için duyarlılık analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre 2012 yılının Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Ağustos ve Eylül aylarında etkinsizlik tespit edilmiştir. Etkisizliğin; çalıştırılan işçi sayılarının ve kullanılan enerji miktarlarının fazlalığı ile beslenen kömür miktarının az olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. 2012 yılından sonraki yıllarda da etkinsizliğin gözlenmemesi için bu yıldaki etkinsizlik sebeplerini ortadan kaldıracak önerilerde bulunulmuştur.

Otomasyonun verimlilik üzerindeki olumlu etkileri düşünülerek mevcut kömür torbalama tesisi yerine tam otomatik torbalama sisteminin kullanılması sonucunda verimlilik değişimleri incelenmeye çalışılmıştır. Tam otomatik torbalama sisteminde çalıştırılacak işçi sayısının her yılda ve yılın her ayında eşit olacağı, torbalama yapıldığı sürece enerji harcanacağı ve üretim kayıplarının olmayacağı kabul edilerek analizler yapılmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre tam otomatik torbalama tesisinde tam verimlilik (%100) tespit edilirken mevcut torbalama tesisinin verimlilik değerinin ortalama %83.9 olduğu belirlenmiştir. Tesiste, dolayısıyla işletmede kullanılan enerji miktarındaki, işçi sayılarındaki ve kömür kayıplarındaki azalmalar göz önüne alındığında genel işletme verimliliğinde de artış tespit edilebilecektir.

GLİ torbalama tesisi otomasyonunun işletme verimliliğindeki artış oranının net olarak tespit edilebilmesi için daha kapsamlı bir çalışma yapılması gerekmektedir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda uygun ekipler kurularak işletmenin her bir biriminin verileri sağlıklı bir şekilde toparlandıktan sonra tam otomatik torbalama tesisinin işletmenin genel verimliliği üzerindeki etkisini somut bir şekilde belirlemek mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ahn, T. S., 1987, “Efficiency Related Issues in Higher Education: A Data Envelopment Analysis Approach”, Ph.D. Thesis, The University of Texas, Austin.
- Akgüç, O., 1981, Mali tablolar analizi, İstanbul, s. 279.
- Alexander, Jr., 1985, Productivity through automation, Telematics and Informatics, 141-149.
- 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.
- Armağan, K., 2003, Büro verimliliğinin tesis edilmesinde ergonomik tasarımın önemi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Arslan, A., 2002, Kamu harcamalarında verimlilik, etkinlik ve denetim, Maliye Dergisi, No.140, Mayıs-Agustos, s.89.
- Aydemir, Z.C., 2002 “Bölgesel rekabet edebilirlik kapsamında illerin kaynak kullanım görece verimlilikleri: veri zarflama analizi uygulaması, DTP uzmanlık tezleri yayın no 2664, 36-37.
- 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: 1078-1092.
- Başkan, A., 1971, Verimlilik Dergisi, MPM Yayınları, Yeni Çağ Basım, Ankara.
- Boussofiene, A., Dyson, R., Rhodes, E., 1991, Applied Data Envelopment Analysis European Journal of Operational Research, Vol. 52, No. 6, 1-15.
- 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.
- Cingi, S. ; Tarım A., 2000, Türk banka sisteminde performans ölçümü DEA malmquist TFP endeksi uygulaması, Türkiye Bankalar Birliği Araştırma Tebliği Serisi, Sayı: 1.
- 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>.
- Dinç, M. and Haynes, K. E., 1999,. Sources of Regional Inefficiency: An Integrated Shift-Share, Data Envelopment Analysis and Input-Output Approach, The Annals of Regional Science, Vol: 33, 489p.
- DPT, 1996, Yedinci beş yıllık kalkınma planı, kömür, Ankara.
- Erduran T., 2006, Teknolojik gelişmeye bağlı olarak büro personelinin büro otomasyonuna ve verimliliğine etkisini belirlemeye yönelik bir alan araştırması, 68 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Eroğlu, E. Atasoy, M. C., 2006, Veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü ve etkin olan karar birimlerinin duyarlılık analizi, İÜ İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt:35 Sayı:2 s.106.

Feng Q., Chen H., 2013, The safety-level gap between China and the US in view of the interaction between coal production and safety management, *Safety Science*, 80–86.

Gülsever T., 1989, Teknolojik gelişme ve emek süreci, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi SBE, s.4.

Gürak H. 2003, Verimlilik araştırmaları ve eğitimli yaratıcı insan kaynakları ilişkisi, Milli Produktivite Merkezi Yayını, Verimlilik Dergisi, 62s.

Griffell, T., and Lovell, C. A. K., 1995. A note on the Malmquist productivity index, *Economics Letters*, 47, p.169–175.

Grosskopf, S., Valdaminis, V., 1986, “Measuring Hospital Performance: Non-Parametric Approach”, Journal of Health Economics, Vol: 6, Issue: 2, pp. 89-107.

http://ekodialog.com/Konular/Verimlilik_nedir.html.

<http://istanbul-consulting.blogspot.com/2010/02/verimlilik-ve-verimlilik-artirma.html>.

Hutchinson G., Nalk B., Pflughoeft K., 1991, Productivity of Programmable Automation A Simulation-Based Analysis of a Robotic System for Component Insertion, Journal of Manufacturing Systems, 146-157.

İnan, E. A., 2000 Banka etkinliğinin ölçülmesi ve düşük enflasyon sürecinde bankacılıkta etkinlik, Bankacılar Dergisi, Sayı:34 s, 84.

Kasap, Y., 2008, Türkiye kömür madenciliğinde etkinlik ve verimlilik gelişimi: veri zarflama analizi.

Kaya, Y. T., Doğan, E., 2005, Dezenflasyon sürecinde Türk bankacılık sektöründe etkinliğin gelişimi, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, ARD Çalışma Raporları 2005/10.

Kızıl, M. S., Kızıl, G., Tatar Ç. Ve Köse, H., 1995, Madencilikte ileri teknolojinin kullanımı, madencilik, Maden Mühendisleri Odası.

Konuk, A., 1991, Madencilikte verimlilik analizleri ders notları.

Lorcu, F., 2008, Veri zarflama analizi (DEA) ile Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinin sağlık anındaki etkinliklerinin değerlendirilmesi.

Plessmann, K. W., Dlckhaus B. and Scheytt S., 1993, A System for the Automation of Mining Machines, *Control Eng. Practice*, Vol. 1, No. 3, pp. 457-462.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Prokopenko J., 1992, Verimlilik yönetimi, Çev: (Olca Baykal vd.) MPM Yay. No: 476, Ankara.

Pullig, J., Maxham G., Joseph F. Hair, Jr., 2002, Salesforce automation systems An exploratory examination of organizational factors associated with effective implementation and salesforce productivity, Journal of Business Research , 401– 415.

Seiford, L. M., 1996, “Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of Art (1978–1995)” Journal of Productivity Analysis, 7, 2/3, pp. 99–137.

Sherman, H.D., 1984, “Data envelopment analysis as a new managerial audit methodology test and evaluation” , Auditing: A Journal of Practice and Theory, 4(1): 35-52.

Surrey, J., 1992, Technical change and productivity growth in the British coal industry, 1974-1990, Technovation. 12: 1,15-39.

Tarım, A., 2001, “Veri zarflama analizi: matematiksel tabanlı görelî etkinlik ölçüm yaklaşımı” Sayıştay yayınları araştırma serisi, no 15, Ankara.

TKİ, 2011, Faaliyet Raporu.

TKİ, 2012, Faaliyet Raporu.

Türkmen, İ., 1996, Yönetmel zaman ve yetki devri açısından yönetimde verimlilik. MPM Yayınları No:59, Ankara.

Vincova K., 2005, “Using DEA Models to Measure Efficiency”, BIATEC, Vol:XIII, s 28.

www.cmeks.com/otomasyon-nedir.

www.coalproducts.co.uk/international-enquiries.

www.homefire-fuels.co.uk/.

www.imeco.org/products/automatic-bag-placing-bagging-lines/abp120.

www.imeco.org/products/bulk-weighers/cse.

www.mpm.org.tr/verimlilik/ Verimlilik Nedir?, Milli Prodüktivite Merkezi.

www.rmgroupuk.com/news-article.html?id=2.

www.tki.gov.tr, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü.

Yeşilyurt, C., 2003, “Matematik programlama tabanlı etkinlik ölçüm yöntemlerinden veri zarflama analizi ile orta öğretimde etkinlik ölçümü”, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Yılmaz, M. 2001, İşletmelerde teknolojik gelişme ile verimliliğin artırılması ve bir uygulama. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.

Yolalan, R., 1986, Sanayi işletmelerinde verimlilik ölçümü ve analizi seminer notları, Milli Prodüktivite Yayınları, Ankara.

Yolalan, R., 1993, İşletmeler arası göreceli etkinlik ölçümü, Milli Prodüktivite Yayınları, 483, Ankara.

Yolalan, R., 2001, Bankacılıkta verimlilik konferansı açılış konuşması.

EKLER**Ek 1.** Mevcut torbalama tesisinin Malmquist TFV indeksi verileri

38863	0.212657366	64	41400	71459	0.121687070	117	5000
83884	0.098522167	137	28800	71178	0.122167247	117	8200
74294	0.111239655	122	11200	64141	0.135571161	105	60400
91433	0.090388127	150	83200	93262	0.093238355	153	98400
68494	0.120659282	112	91200	38704	0.224668614	73	22280
84543	0.097754577	139	93600	15044	0.578034682	65	21600
91432	0.090388944	149	134000	81791	0.106315118	138	67000
48612	0.174331439	80	53000	103784	0.083786479	170	4200
67912	0.124786303	111	48200	92896	0.093606665	152	8600
54288	0.156103653	89	13000	71646	0.121369534	117	55200
34639	0.244654303	57	60200	81571	0.106601853	134	90400
19889	0.426093996	53	26800	40212	0.216244270	76	39920
53247	0.159157104	87	68200	21715	0.400432467	166	30400
71980	0.117734321	118	79200	64332	0.135168014	135	71600
25219	0.319774878	48	18400	119388	0.067548855	196	52800
42947	0.187775796	70	17000	122388	0.065893082	201	12600
37681	0.214018192	62	9000	79060	0.102005427	130	42800
33408	0.241394293	55	57200	82801	0.097396589	136	89800
12376	0.651593145	45	13800	61161	0.131856540	110	70200
15401	0.523642457	45	38600	52604	0.153306045	150	66200
40339	0.199920032	66	75200	89303	0.090304869	165	69600
16381	0.500375281	47	1600	143728	0.055660383	232	59400
40988	0.199980002	67	6000	119952	0.066693344	197	11800
23333	0.351296283	38	5000	109809	0.072853375	180	95600
35109	0.233464852	58	42800	109287	0.073202155	179	106000
13594	0.602990835	46	16600	103304	0.077441338	169	63200
14964	0.547765118	45	22800	106066	0.075424451	174	89200
4181	1.960399922	120	14200	85928	0.093101201	152	65800
65416	0.132927461	107	5200	159756	0.051731987	238	57200
29772	0.292081666	49	4600	124665	0.066293654	195	13000
47041	0.184853134	77	7600	127751	0.064691840	209	96600
42628	0.203985884	70	49800	90705	0.091112852	149	74800
19254	0.451630386	48	21800	100464	0.082263226	165	98400
7796	1.115324559	43	13000	109454	0.075506460	179	110200
11322	0.767990170	125	17600	102208	0.080859047	178	103600
102391	0.086428929	168	4400	107036	0.078509574	175	47800
50080	0.176706543	82	4000	98557	0.085263849	162	11800
72639	0.121829390	119	64000	106496	0.078907292	175	155600
81976	0.107952889	134	76600	104098	0.080725236	171	122800
28193	0.313892900	56	23600	113024	0.074349995	185	95400
12323	0.718132855	50	16600	123154	0.068234700	202	117200
67931	0.130272791	140	55800	97443	0.086238864	180	68509

Ek 2. Mevcut torbalama tesisinin Mamquist TFV indeksi komut dosyası

malmquist.dta	DATA FILE NAME
malmquist.out	OUTPUT FILE NAME
7	NUMBER OF FIRMS
12	NUMBER OF TIME PERIODS
1	NUMBER OF OUTPUTS
3	NUMBER OF INPUTS
0	0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0	0=CRS AND 1=VRS
2	0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)

Ek 3. Mevcut torbalama tesisinin Mamquist TFV indeksi çıktı dosyası

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = malmquist2.i

Data file = malmquist2.d

Input orientated Malmquist DEA

DISTANCES SUMMARY

year = 1

firm no	crs	te	rel to tech	in yr	vrs
	t-1	t	t+1	te	
1	0.000	0.990	0.992	1.000	
2	0.000	1.000	1.762	1.000	
3	0.000	1.000	1.860	1.000	
4	0.000	1.000	1.655	1.000	
5	0.000	0.997	1.001	1.000	
6	0.000	0.992	1.415	0.997	
7	0.000	1.000	1.655	1.000	
mean	0.000	0.997	1.477	1.000	

year = 2

firm no	crs	te	rel to tech	in yr	vrs
	t-1	t	t+1	te	
1	0.991	0.993	1.219	1.000	
2	0.999	1.000	2.380	1.000	
3	0.999	1.000	1.575	1.000	
4	0.990	0.993	0.991	1.000	
5	0.612	0.613	0.612	1.000	
6	0.998	1.000	1.463	1.000	
7	0.995	1.000	2.673	1.000	
mean	0.941	0.943	1.559	1.000	

year = 3

firm no	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.859	0.856	0.857	1.000
2	1.005	1.000	1.116	1.000
3	1.003	1.000	0.993	1.000
4	0.992	0.990	0.992	1.000
5	0.450	0.448	0.448	1.000
6	0.559	0.558	0.557	1.000
7	0.999	0.996	0.999	1.000
mean	0.838	0.836	0.852	1.000

year = 4

firm no	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	2.445	1.000	0.814	1.000
2	1.632	1.000	1.001	1.000
3	1.115	1.000	1.004	1.000
4	0.987	0.989	0.990	1.000
5	0.482	0.481	0.483	0.826
6	0.542	0.542	0.544	0.844
7	0.070	0.057	0.057	0.325
mean	1.039	0.724	0.699	0.857

year = 5

firm no	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	2.401	1.000	1.002	1.000
2	0.993	0.994	0.995	1.000
3	1.242	0.999	1.000	1.000
4	1.020	0.996	0.995	1.000
5	0.653	0.656	0.656	0.997
6	0.295	0.297	0.297	1.000
7	0.148	0.148	0.148	0.391
mean	0.964	0.727	0.728	0.913

year = 6

firm no	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	2.407	1.000	2.004	1.000
2	0.999	1.000	1.000	1.000
3	1.212	0.998	1.000	1.000
4	1.543	1.000	1.003	1.000
5	0.823	0.823	0.824	1.000
6	0.403	0.403	0.403	1.000
7	1.060	0.794	0.795	0.903
mean	1.207	0.860	1.004	0.986

year = 7

firm no	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	1.001	1.000	1.000	1.000
2	0.997	0.996	0.995	0.998
3	0.999	1.000	0.998	1.000
4	0.999	1.000	0.997	1.000
5	0.867	0.868	0.867	1.000
6	0.379	0.379	0.378	1.000
7	0.969	0.972	0.969	0.994
mean	0.887	0.888	0.886	0.999

year = 8

firm no	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	2.096	1.000	2.544	1.000
2	1.632	1.000	1.112	1.000
3	1.003	1.000	1.005	1.000
4	0.998	0.995	0.999	1.000
5	0.866	0.864	0.869	1.000
6	0.214	0.214	0.215	0.721
7	0.780	0.778	0.782	0.883
mean	1.084	0.836	1.075	0.943

year = 9

firm no	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	1.427	1.000	0.983	1.000
2	1.499	1.000	1.026	1.000
3	0.994	0.998	0.982	1.000
4	0.996	1.000	0.983	1.000
5	0.908	0.913	0.897	1.000
6	0.573	0.576	0.566	0.813
7	0.886	0.889	0.874	0.959
mean	1.040	0.911	0.901	0.967

year = 10

firm no	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	1.390	1.000	0.923	1.000
2	1.047	1.000	1.060	1.000
3	1.002	0.985	0.909	1.000
4	1.002	0.986	0.910	1.000
5	1.004	0.987	0.911	1.000
6	1.001	0.984	0.908	0.999
7	0.928	0.913	0.842	1.000
mean	1.053	0.979	0.923	1.000

year = 11

firm no	crs	te	rel to tech in yr	vrs te
	t-1	t	t+1	
1	1.196	1.000	1.978	1.000
2	1.049	1.000	1.592	1.000
3	0.987	0.911	1.151	0.977
4	0.983	0.907	0.995	1.000
5	0.983	0.907	0.995	1.000
6	0.987	0.911	1.000	0.996
7	0.927	0.855	0.939	0.969
mean	1.016	0.927	1.236	0.992

year = 12

firm no	crs	te	rel to tech in yr	vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.911	1.000	0.000	1.000
2	0.950	1.000	0.000	1.000
3	0.907	0.995	0.000	0.998
4	0.907	0.995	0.000	0.999
5	0.910	1.000	0.000	1.000
6	0.908	1.000	0.000	1.000
7	0.806	0.885	0.000	0.943
mean	0.900	0.982	0.000	0.991

[Note that t-1 in year 1 and t+1 in the final year are not defined]

MALMQUIST INDEX SUMMARY

year = 2

firm no	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.003	0.998	1.000	1.003	1.001
2	1.000	0.753	1.000	1.000	0.753
3	1.000	0.733	1.000	1.000	0.733
4	0.993	0.776	1.000	0.993	0.771
5	0.615	0.997	1.000	0.615	0.614
6	1.008	0.836	1.003	1.005	0.843
7	1.000	0.775	1.000	1.000	0.775
mean	0.933	0.832	1.000	0.933	0.777

year = 4

firm no	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.168	1.563	1.000	1.168	1.825
2	1.000	1.209	1.000	1.000	1.209
3	1.000	1.059	1.000	1.000	1.059
4	0.999	0.998	1.000	0.999	0.997
5	1.074	1.001	0.826	1.300	1.075
6	0.971	1.001	0.844	1.150	0.972
7	0.057	1.111	0.325	0.175	0.063
mean	0.683	1.121	0.809	0.844	0.766

year = 3

firm no	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	0.862	0.904	1.000	0.862	0.780
2	1.000	0.650	1.000	1.000	0.650
3	1.000	0.798	1.000	1.000	0.798
4	0.997	1.002	1.000	0.997	1.000
5	0.731	1.003	1.000	0.731	0.733
6	0.558	0.828	1.000	0.558	0.462
7	0.996	0.612	1.000	0.996	0.610
mean	0.860	0.815	1.000	0.860	0.701

year = 5

firm no	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.718	1.000	1.000	1.718
2	0.994	0.999	1.000	0.994	0.993
3	0.999	1.112	1.000	0.999	1.111
4	1.007	1.011	1.000	1.007	1.018
5	1.363	0.996	1.207	1.130	1.357
6	0.548	0.996	1.184	0.462	0.545
7	2.608	0.997	1.204	2.166	2.601
mean	1.100	1.097	1.081	1.018	1.206

year = 6

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.550	1.000	1.000	1.550	
2	1.006	0.999	1.000	1.006	1.005	
3	0.999	1.101	1.000	0.999	1.100	
4	1.004	1.243	1.000	1.004	1.247	
5	1.255	1.000	1.003	1.251	1.255	
6	1.360	1.000	1.000	1.360	1.359	
7	5.359	1.155	2.307	2.323	6.188	
mean	1.374	1.136	1.127	1.218	1.561	

year = 7

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.707	1.000	1.000	0.707	
2	0.996	1.001	0.998	0.998	0.997	
3	1.002	0.998	1.000	1.002	1.001	
4	1.000	0.998	1.000	1.000	0.998	
5	1.054	0.999	1.000	1.054	1.053	
6	0.940	0.999	1.000	0.940	0.939	
7	1.224	0.998	1.101	1.112	1.222	
mean	1.028	0.951	1.014	1.014	0.977	

year = 8

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.448	1.000	1.000	1.448	
2	1.004	1.278	1.002	1.002	1.283	
3	1.000	1.003	1.000	1.000	1.003	
4	0.995	1.003	1.000	0.995	0.998	
5	0.995	1.002	1.000	0.995	0.998	
6	0.565	1.002	0.721	0.783	0.565	
7	0.801	1.003	0.888	0.902	0.803	
mean	0.892	1.094	0.939	0.950	0.976	

year = 9

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.749	1.000	1.000	0.749	
2	1.000	1.161	1.000	1.000	1.161	
3	0.998	0.995	1.000	0.998	0.994	
4	1.004	0.996	1.000	1.004	1.000	
5	1.056	0.995	1.000	1.056	1.051	
6	2.691	0.995	1.128	2.387	2.679	
7	1.142	0.996	1.085	1.052	1.137	
mean	1.184	0.977	1.029	1.150	1.157	

year = 10

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.189	1.000	1.000	1.189	
2	1.000	1.010	1.000	1.000	1.010	
3	0.986	1.017	1.000	0.986	1.003	
4	0.986	1.017	1.000	0.986	1.003	
5	1.081	1.017	1.000	1.081	1.099	
6	1.709	1.017	1.229	1.390	1.738	
7	1.027	1.017	1.043	0.985	1.045	
mean	1.091	1.039	1.036	1.053	1.134	

year = 11

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.138	1.000	1.000	1.138	
2	1.000	0.995	1.000	1.000	0.995	
3	0.925	1.083	0.977	0.947	1.002	
4	0.920	1.083	1.000	0.920	0.997	
5	0.919	1.083	1.000	0.919	0.996	
6	0.926	1.083	0.997	0.929	1.003	
7	0.937	1.083	0.969	0.968	1.016	
mean	0.946	1.078	0.992	0.954	1.020	

year = 12

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.679	1.000	1.000	0.679	
2	1.000	0.773	1.000	1.000	0.773	
3	1.093	0.849	1.021	1.070	0.928	
4	1.097	0.911	0.999	1.098	1.000	
5	1.102	0.911	1.000	1.102	1.004	
6	1.098	0.909	1.004	1.093	0.998	
7	1.035	0.911	0.973	1.063	0.943	
mean	1.060	0.844	1.000	1.060	0.895	

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS

year	effch	techch	pech	sech	tfpch
2	0.933	0.832	1.000	0.933	0.777
3	0.860	0.815	1.000	0.860	0.701
4	0.683	1.121	0.809	0.844	0.766
5	1.100	1.097	1.081	1.018	1.206
6	1.374	1.136	1.127	1.218	1.561
7	1.028	0.951	1.014	1.014	0.977
8	0.892	1.094	0.939	0.950	0.976
9	1.184	0.977	1.029	1.150	1.157
10	1.091	1.039	1.036	1.053	1.134
11	0.946	1.078	0.992	0.954	1.020
12	1.060	0.844	1.000	1.060	0.895
mean	0.999	0.992	0.999	0.999	0.990

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.001	1.092	1.000	1.001	1.093
2	1.000	0.966	1.000	1.000	0.966
3	1.000	0.969	1.000	1.000	0.969
4	1.000	0.998	1.000	1.000	0.997
5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	1.001	0.967	1.000	1.000	0.967
7	0.989	0.956	0.995	0.994	0.945
mean	0.999	0.992	0.999	0.999	0.990

[Note that all Malmquist index averages are geometric means]

Ek 4. Mevcut torbalama tesisinin 2012 yılı duyarlılık analizi veri dosyası

91432	9	149	134000	81791	11	138	67000
71980	12	118	79200	64332	14	135	71600
40339	20	66	75200	89303	9	165	69600
4181	196	120	14200	85928	9	152	65800
11322	77	125	17600	102208	8	178	103600
67931	13	140	55800	97443	9	180	68509

Ek 5. Mevcut torbalama tesisinin 2012 yılı duyarlılık analizi komut dosyası

mevcut.dta	DATA FILE NAME
mevcut.out	OUTPUT FILE NAME
12	NUMBER OF FIRMS
1	NUMBER OF TIME PERIODS
1	NUMBER OF OUTPUTS
3	NUMBER OF INPUTS
0	0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0	0=CRS AND 1=VRS
0	0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)

Ek 6. Mevcut torbalama tesisinin 2012 yılı duyarlılık analizi

Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = mevcut.ins

Data file = mevcut.dta

Input orientated DEA

Scale assumption: CRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm	te
1	1.000
2	1.000
3	0.996
4	0.207
5	0.452
6	0.882
7	1.000
8	0.798
9	0.973
10	1.000
11	1.000
12	1.000
mean	0.859

SUMMARY OF OUTPUT SLACKS:

firm	output:	1
1	0.000	
2	0.000	
3	0.000	
4	0.000	
5	0.000	
6	0.000	
7	0.000	
8	0.000	
9	0.000	
10	0.000	
11	0.000	
12	0.000	
mean	0.000	

SUMMARY OF INPUT SLACKS:

firm input:	1	2	3
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	15.950	0.000	15781.278
4	40.188	17.118	0.000
5	33.780	35.621	0.000
6	4.664	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000
8	2.014	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000
mean	8.050	4.395	1315.106

SUMMARY OF PEERS:

firm	peers:
1	1
2	2
3	1
4	12
5	12
6	7 12
7	7
8	2 7
9	10 12 11
10	10
11	11
12	12

SUMMARY OF PEER WEIGHTS:

(in same order as above)

firm	peer weights:
1	1.000
2	1.000
3	0.441
4	0.043
5	0.116
6	0.153 0.569
7	1.000
8	0.221 0.592
9	0.560 0.359 0.060
10	1.000
11	1.000
12	1.000

PEER COUNT SUMMARY:

(i.e., no. times each firm is a peer for another)

firm peer count:

1	1
2	1
3	0
4	0
5	0
6	0
7	2
8	0
9	0
10	1
11	1
12	4

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS:

firm output: 1

1	91432.000
2	71980.000
3	40339.000
4	4181.000
5	11322.000
6	67931.000
7	81791.000
8	64332.000
9	89303.000
10	85928.000
11	102208.000
12	97443.000

SUMMARY OF INPUT TARGETS:

firm input:	1	2	3
1	9.000	149.000	134000.000
2	12.000	118.000	79200.000
3	3.97	65.737	59119.630
4	0.386	7.723	2939.525
5	1.046	20.914	7960.129
6	6.802	123.479	49215.176
7	11.000	138.000	67000.000
8	9.164	107.782	57164.407
9	8.757	160.542	67719.741
10	9.000	152.000	65800.000
11	8.000	178.000	103600.000
12	9.000	180.000	68509.000

FIRM BY FIRM RESULTS:

Results for firm: 1

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	91432.000	0.000	0.000	91432.000
input	1	9.000	0.000	0.000	9.000
input	2	149.000	0.000	0.000	149.000
input	3	134000.000	0.000	0.000	134000.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
1	1.000	

Results for firm: 2

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	71980.000	0.000	0.000	71980.000
input	1	12.000	0.000	0.000	12.000
input	2	118.000	0.000	0.000	118.000
input	3	79200.000	0.000	0.000	79200.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
2	1.000	

Results for firm: 3

Technical efficiency = 0.996

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	40339.000	0.000	0.000	40339.000
input	1	20.000	-0.080	-15.950	3.971
input	2	66.000	-0.263	0.000	65.737
input	3	75200.000	-299.092	-15781.278	59119.630

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
1	0.441	

Results for firm: 4

Technical efficiency = 0.207

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	4181.000	0.000	0.000	4181.000
input	1	196.000	-155.426	-40.188	0.386
input	2	120.000	-95.159	-17.118	7.723
input	3	14200.000	-11260.475	0.000	2939.525

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
12	0.043	

Results for firm: 5

Technical efficiency = 0.452

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	11322.000	0.000	0.000	11322.000
input	1	77.000	-42.174	-33.780	1.046
input	2	125.000	-68.465	-35.621	20.914
input	3	17600.000	-9639.871	0.000	7960.129

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight
12 0.116

Results for firm: 6

Technical efficiency = 0.882

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	67931.000	0.000	0.000	67931.000
input	1	13.000	-1.534	-4.664	6.802
input	2	140.000	-16.521	0.000	123.479
input	3	55800.000	-6584.824	0.000	49215.176

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight
7 0.153
12 0.569

Results for firm: 7

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	81791.000	0.000	0.000	81791.000
input	1	11.000	0.000	0.000	11.000
input	2	138.000	0.000	0.000	138.000
input	3	67000.000	0.000	0.000	67000.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight
7 1.000

Results for firm: 8

Technical efficiency = 0.798

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	64332.000	0.000	0.000	64332.000
input	1	14.000	-2.823	-2.014	9.164
input	2	135.000	-27.218	0.000	107.782
input	3	71600.000	-14435.593	0.000	57164.407

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight
2 0.221
7 0.592

Results for firm: 9

Technical efficiency = 0.973

PROJECTION SUMMARY:

variable		original value	radial movement	slack movement	projected value
output	1	89303.000	0.000	0.000	89303.000
input	1	9.000	-0.243	0.000	8.757
input	2	165.000	-4.458	0.000	160.542
input	3	69600.000	-1880.259	0.000	67719.741

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight
10 0.560
12 0.359
11 0.060

Results for firm: 10

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	85928.000	0.000	0.000	85928.000
input	1	9.000	0.000	0.000	9.000
input	2	152.000	0.000	0.000	152.000
input	3	65800.000	0.000	0.000	65800.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
10	1.000	

Results for firm: 11

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	102208.000	0.000	0.000	102208.000
input	1	8.000	0.000	0.000	8.000
input	2	178.000	0.000	0.000	178.000
input	3	103600.000	0.000	0.000	103600.000

LISTING OF PEERS:

peer	lambda	weight
11	1.000	

Results for firm: 12

Technical efficiency = 1.000

PROJECTION SUMMARY:

variable		original	radial	slack	projected
		value	movement	movement	value
output	1	97443.000	0.000	0.000	97443.000
input	1	9.000	0.000	0.000	9.000
input	2	180.000	0.000	0.000	180.000
input	3	68509.000	0.000	0.000	68509.000

LISTING OF PEERS:

peer lambda weight
12 1.000

Ek 7. Mevcut torbalama tesisi ile tam otomatik torbalama tesisinin Malmquist TFV indeksi veri dosyası

110633	0.00903889	30	25258
91432	0.00903889	149	134000
84937	0.01177343	10	19884
71980	0.01177343	118	79200
50020	0.01999200	10	11143
40339	0.01999200	66	75200
5101	0.19603999	10	1155
4181	0.19603999	120	14200
13021	0.0767990	30	3127
11322	0.07679901	125	17600
76762	0.01302727	30	18765
67931	0.01302727	140	55800
94060	0.01063151	30	22594
81791	0.01063151	138	67000
73982	0.01351680	30	17771
64332	0.01351680	135	71600
110736	0.00903048	30	24670
89303	0.00903048	165	69600
107410	0.00931012	30	23737
85928	0.00931012	152	65800
123672	0.00808590	30	28235
102208	0.00808590	178	103600
115957	0.00862388	30	26918
97443	0.00862388	180	68509

Ek 8. Mevcut torbalama tesisi ile tam otomatik torbalama tesisinin Malmquist TFV indeksi komut dosyası

ot2.dta	DATA FILE NAME
ot2.out	OUTPUT FILE NAME
2	NUMBER OF FIRMS
12	NUMBER OF TIME PERIODS
1	NUMBER OF OUTPUTS
3	NUMBER OF INPUTS
0	0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0	0=CRS AND 1=VRS
2	0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)

Ek 9 Mevcut torbalama tesisi ile tam otomatik torbalama tesisinin Malmquist TFV indeksi çıktı dosyası

Results from DEAP Version 2.1
 Instruction file = ot2.ins
 Data file = ot2.dta
 Input orientated Malmquist DEA

DISTANCES SUMMARY

year = 1					year = 3						
firm no	crs t-1	te t	rel to tech t+1	in yr te	vrs	firm no	crs t-1	te t	rel to tech t+1	in yr te	vrs
1	0.000	1.000	1.697	1.000	1.000	1	1.051	1.000	96.156	1.000	1.000
2	0.000	0.826	1.402	1.000	1.000	2	0.280	0.806	77.546	1.000	1.000
mean	0.000	0.913	1.549	1.000	1.000	mean	0.665	0.903	86.851	1.000	1.000

year = 2					year = 4						
firm no	crs t-1	te t	rel to tech t+1	in yr te	vrs	firm no	crs t-1	te t	rel to tech t+1	in yr te	vrs
1	0.975	1.000	2.883	1.000	1.000	1	0.984	1.000	1.061	1.000	1.000
2	0.500	0.847	2.444	1.000	1.000	2	0.066	0.820	0.126	1.000	1.000
mean	0.737	0.924	2.663	1.000	1.000	mean	0.525	0.910	0.593	1.000	1.000

year = 5

firm no	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	6.516	1.000	1.018	1.000
2	5.666	0.870	0.157	1.000
mean	6.091	0.935	0.588	1.000

year = 6

firm no	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	34.754	1.000	0.983	1.000
2	30.756	0.885	0.589	1.000
mean	32.755	0.942	0.786	1.000

year = 7

firm no	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	1.501	1.000	1.616	1.000
2	1.306	0.870	1.406	1.000
mean	1.404	0.935	1.511	1.000

year = 8

firm no	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	1.000	1.000	0.927	1.000
2	0.538	0.870	0.388	1.000
mean	0.769	0.935	0.658	1.000

year = 9

firm no	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	2.240	1.000	1.063	1.000
2	1.807	0.806	0.857	1.000
mean	2.024	0.903	0.960	1.000

year = 10

firm no	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	1.008	1.000	1.033	1.000
2	0.753	0.800	0.603	1.000
mean	0.880	0.900	0.818	1.000

year = 11

firm no	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	1.326	1.000	1.137	1.000
2	1.096	0.826	0.940	1.000
mean	1.211	0.913	1.039	1.000

year = 12

firm no	crs te rel to tech in yr t-1	t	t+1	vrs te
1	0.983	1.000	0.000	1.000
2	0.739	0.840	0.000	1.000
mean	0.861	0.920	0.000	1.000

[Note that t-1 in year 1 and t+1 in the final year are not defined]

MALMQUIST INDEX SUMMARY

year = 2

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.758	1.000	1.000	0.758	
2	1.025	0.589	1.000	1.025	0.604	
mean	1.013	0.668	1.000	1.013	0.677	

year = 3

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.604	1.000	1.000	0.604	
2	0.952	0.347	1.000	0.952	0.330	
mean	0.976	0.458	1.000	0.976	0.446	

year = 4

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.101	1.000	1.000	0.101	
2	1.016	0.029	1.000	1.016	0.029	
mean	1.008	0.054	1.000	1.008	0.054	

year = 5

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	2.479	1.000	1.000	2.479	
2	1.061	6.516	1.000	1.061	6.912	
mean	1.030	4.019	1.000	1.030	4.139	

year = 6

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	5.843	1.000	1.000	5.843	
2	1.018	13.862	1.000	1.018	14.108	
mean	1.009	9.000	1.000	1.009	9.079	

year = 7

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.236	1.000	1.000	1.236	
2	0.983	1.501	1.000	0.983	1.475	
mean	0.991	1.362	1.000	0.991	1.350	

year = 8

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.787	1.000	1.000	0.787	
2	1.000	0.619	1.000	1.000	0.619	
mean	1.000	0.698	1.000	1.000	0.698	

year = 9

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.554	1.000	1.000	1.554	
2	0.927	2.240	1.000	0.927	2.078	
mean	0.963	1.866	1.000	0.963	1.797	

year = 10

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.974	1.000	1.000	0.974	
2	0.992	0.941	1.000	0.992	0.933	
mean	0.996	0.957	1.000	0.996	0.953	

year = 11

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.133	1.000	1.000	1.133	
2	1.033	1.326	1.000	1.033	1.370	
mean	1.016	1.225	1.000	1.016	1.246	

year = 12

	firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	0.930	1.000	1.000	0.930	
2	1.017	0.879	1.000	1.017	0.894	
mean	1.008	0.904	1.000	1.008	0.912	

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS

year	effch	techch	pech	sech	tfpch
2	1.013	0.668	1.000	1.013	0.677
3	0.976	0.458	1.000	0.976	0.446
4	1.008	0.054	1.000	1.008	0.054
5	1.030	4.019	1.000	1.030	4.139
6	1.009	9.000	1.000	1.009	9.079
7	0.991	1.362	1.000	0.991	1.350
8	1.000	0.698	1.000	1.000	0.698
9	0.963	1.866	1.000	0.963	1.797
10	0.996	0.957	1.000	0.996	0.953
11	1.016	1.225	1.000	1.016	1.246
12	1.008	0.904	1.000	1.008	0.912
mean	1.001	1.011	1.000	1.001	1.011

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.000	1.004	1.000	1.000	1.004
2	1.002	1.018	1.000	1.002	1.019
mean	1.001	1.011	1.000	1.001	1.011

[Note that all Malmquist index averages are geometric means]