

Türkiye 16. Madencilik Kongresi / 16<sup>th</sup> Mining Congress of Turkey, 1999, ISBN 975-395-310-0

## **TÜRKİYE'DEKİ BAZI YERALTI OCAKLARINDA YÜKLE - TAŞI - BOŞALT (YTB) MAKİNALARININ PERFORMANS ÖLÇÜM SONUÇLARI**

### **THE PERFORMANCE MEASUREMENT RESULTS OF LOAD - HAUL - DUMP (LHD) MACHINES IN SOME UNDERGROUND MINES IN TURKEY**

A. CEYLANOĞLU

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas

Y.GÜL

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas

**ÖZET :** Bu çalışma kapsamında, YTB seçiminde ve kullanımında dikkate alınan parametreler incelenmiş ve üç değişik yeraltı işletmesinde kullanılan YTB makineleri teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilmiştir. Değişik kepçe kapasitesi ve modeldeki YTB makinelerinin farklı çalışma koşullarında (20 durum) performansları ölçülmüş ve üretim miktarları, enerji tüketimleri ve verimlilikleri belirlenmiştir. Ayrıca her bir durum için maliyet analizi yapılmış ve bazı öneriler verilmiştir.

**ABSTRACT :** In this study, the parameters which are taken into consideration during the selection and using of LHD machines were investigated and the LHD machines used in three different underground mines were evaluated from the economic and technical point of view. Performances of LHD machines with different bucket capacity and model were measured for various operational conditions (20 case studies) and production rates, energy consumptions and efficiencies of LHD machines were determined. In addition, cost analysis were made for each case and some suggestions were given.

#### **1. GİRİŞ**

Günümüzde yeraltı işletmeleri giderek üretim kapasitelerini arttırmaya ve maliyetlerini minimize etmeye çalışmaktadır. Bunun doğal sonucu olarak, yeraltı işletmelerinde en önemli operasyonlardan ve maliyet unsurlarından biri olan nakliyatta da mekanizasyona geçiş zorunlu hale gelmektedir. Yerüstünde çok geniş bir uygulama alanı bulunan yükleyicilerin, yeraltı koşullarına uyarlanmış tipleri olan yükle-taşı-boşalt makineleri, üretim kapasitelerini arttırmaya ve maliyetlerini düşürmeye çalışan yeraltı metal madenlerinde verimliliği arttırmakta ve mekanizasyona öncülük etmektedir.

YTB makineleri her ne kadar metal madenleri için geliştirilmiş olsa da, küçük bazı değişikliklerle kömür madenciliğinde de kullanılmaktadır. Bir yandan makina özelliklerinin yeraltı koşullarına uyumu sağlanırken bir yandan da yeraltı yapılan ve hatta üretim yöntemleri YTB araçlarının kullanılabilceği şekilde değiştirilmektedir. YTB'li sistemde nakliye mesafesi önemli bir maliyet unsuru olup, taşıma mesafesi 20-200 m, nakliye yolu eğimi ise 0-20° arasında değişmektedir. YTB makinasının ekonomik olarak taşıma yapacağı mesafenin üstünde bir nakliye mesafesi olduğunda YTB makineleri,

yeraltı kamyonları ile birlikte çalışabilmektedir. YTB'nin uygulandığı ocaklarda verimliliğin arttığı ve maliyetin düştüğü görülmüştür (Stevens ve Acuna, 1982).

Günümüzde birçok firma tarafından YTB makineleri üretilmektedir. 0.8-3 m genişlik, 1.0-3 m yükseklik, 40-350 BG motor gücü, 7-30 km/saat maksimum hız ve 0.5-17 ton taşıma kapasitesi aralıklarında değişen özelliklere sahip çeşitli YTB modelleri mevcuttur (Anonim, 1997a, 1997b, 1997c, 1997d, 1997f). Yüğü kendi alıp kendi taşıyan YTB makineleri aşağıda verilen bazı temel özelliklere sahip bulunmaktadır.

- i. YTB makineleri, dört tekerden tahrikli bir sistem üzerine monte edilmektedir,
- ii. Dar ve alçak profilleri yeraltı açıklıklarında çalışmalarına olanak sağlamaktadır,
- iii. Makinanın orta kısmından sağa-sola dönebilmesi manevra kabiliyetini yükseltmekte ve keskin virajları rahatlıkla geçebilmesini sağlamaktadır,
- iv. Aynı hız ve verimlilikte çift yönlü (ileri ve geri) hareket edebilmektedir,
- v. Operatör yerinin yan tarafta olması, her iki yönde ilerlerken görüş açısının eşit olmasını sağlamaktadır.

- i. Yeraltında kullanılan YTB makinaları yerüstünde kullanılan yükleyicilere (loader) göre daha sağlam yapıda olmaktadır.
- vii. Taşıma sırasında yükleme kepçesi hidrolik silindireler üzerine değil ana kasa üzerine dayanmakta, bu da hidrolik devrenin ömrünü uzatmaktadır.

Standart bir YTB; motor, şasi ve difransiyel-şanzuman, operatör kabini, tekerlekler ve kepçe olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır. Ayrıca elektrikli YTB'lerde kablo tambura ve kablo bulunmaktadır. YTB makinası seçiminde üç ana faktör dikkate alınmaktadır. Bunlar, mevcut yasalar ve yönetmelikler, ocak koşulları ve makina özellikleri olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, Kayseri Pınarbaşı-Pulpanar Krom, Çayeli Bakır ve Eskişehir Kavak Krom İşletmeleri'ne ait yeraltı ocaklarında öncelikle üretim yöntemi ve çalışma koşulları incelenmiş ve değişik koşullarda YTB makinalarının performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, performans ölçümleri değerlendirilerek performans parametreleri ile çalışma koşulları arasında bazı ilişkiler ortaya konulmuştur. Ayrıca YTB makinalarının yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmış ve YTB seçiminde ve kullanımında dikkate alınabilecek bazı öneriler sunulmuştur.

## 2. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Arazide işletmelerin üretim faaliyetlerini aksatmayacak şekilde iki yıl süresince değişik dönemlerde yürütülen çalışmaların (Gül, 1998) ana hatları aşağıda verilmektedir.

- i. Sahalara ait genel bilgilerin alınması (Yeri, genel jeolojisi).
- ii. Ocalara ait genel bilgilerin toplanması (Rezerv, yatağın şekli, mevcut hazırlıklar, ekipman durumu vb.).
- iii. Yeraltı üretim yöntemlerinin ve birim operasyonlarının incelenmesi.
- iv. Performans ölçümlerinin yapılacağı YTB makinalarına ait bilgilerin (Modeli, ağırlığı, taşıma kapasitesi, boyutları vb.) elde edilmesi.
- v. Taşınacak yığın boyutlarının (yüksekliği ve yayılımı) ve 1x1 m boyutunda, 10 cm açıklıklı bir ızgara kullanarak yığın dağılımının belirlenmesi.
- vi. Taşınacak yığını temsil ve karakterize eden numunelerin alınması ve bazı yerinde deneylerin (Schmidt çekici testi ve nokta yükleme deneyi) gerçekleştirilmesi. Ayrıca işletmelerden alınan

numuneler üzerinde C.Ü. Maden Mühendisliği Kaya Mekaniği Laboratuvarında birim ağırlık ve nem içeriği belirleme deneylerinin yapılması.

- vii. Kabarma faktörünün tayin edilmesi (Hacmi belirli bir vagon en az iki kez doldurulup tartılarak gevşek yoğunluk belirlenmiş, yerinde yoğunluğun gevşek yoğunluğa bölünmesiyle kabarma faktörü tayin edilmiştir).
- viii. Taşıma yolu güzergahının ortaya konulması, dönüm noktalarından bölümlere ayrılması ve bölümlerin bazı özelliklerinin (eğimi, uzunluğu, yol direnci, dönme açısı) belirlenmesi.
- ix. YTB makinasının performans ölçümünün (yükleme süresi, kepçe dolma faktörü, yolun değişik bölümlerinde dolu gidiş ve boş dönüş süreleri, boşaltma süresi, yakıt tüketimi) gerçekleştirilmesi (Süreler kronometre ile ölçülmüş ve bu amaçla hazırlanan Tablo 1'e kaydedilmiştir. Yakıt tüketimi ise eni ve boyu belirli deponun içindeki mazot seviyesindeki düşüş ölçülerek hesaplanmıştır).

## 3. PERFORMANS ÖLÇÜM SONUÇLARI

Kayseri Pınarbaşı-Pulpanar Krom İşletmesi'nde 10, Çayeli Bakır İşletmesi'nde 4 ve Eskişehir - Kavak Krom İşletmesi'nde 6 adet olmak üzere toplam 20 farklı durumda, değişik kepçe kapasitesi ve modeldeki YTB makinalarının performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yığın ve yol özellikleri dikkate alınarak sözkonusu bu 20 değişik duruma ait performans ölçümleri değerlendirilmiştir. Yapılan bu ilk değerlendirme sonuçlarından örnek olarak 5 No'lu duruma ait değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Performans ölçümlerinden sağlanan veriler, Windows 95 için Excel 7.0 programında yazılan fonksiyonlar ile herbir yığın ve yol bazında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yığın dağılımının tanımlanmasında kepçe genişliği baz alınmış; parça boyutu, kepçe genişliğinin yarısından küçük olan malzeme oranı %80 ve daha yukarı için "İyi", %50-80 arası "Orta", %50 ve aşağısı için ise "Kötü" denilmiştir. Yükleme ve boşaltma alanlarının durumu belirlenirken makina özellikleri de dikkate alınarak "Geniş", "Orta" ve "Dar" olarak sınıflandırılmıştır.

20 değişik duruma ait performans ölçüm sonuçları Windows 95 için Excel 7.0 programında yazılan fonksiyonlar yardımıyla değerlendirilmiştir.

Tablo 1. YTB performans veri formu.

Lokasyon:

Tarih:

Durum No:

Sayfa No:

Periyot No	Yükleme Başlangı (sn)	Yükleme Sonu (sn)	Kesme Derinliği (1,2,3) (Kepçe Yörüngesi)	Yükleme Zorluğu Gözlemi (1,2,3,4)	Kepçe Dolma Faktörü	K O D	Yol No	Nakliye Başlangı (sn)	Nakliye Sonu (sn)	Vites	Hız (km/sa)	Not

Enerji Tüketimi :

B: Bekleme

E: Elle kepçeye büyük blok atımı (Boyutu) Y: Yükleme için düzenleme çalışmaları

M: Manevra

H: Nakliye

GH: Geri manevralı nakliye

D: Boşaltma

R: Boş Dönüş

GR: Geri manevralı boş dönüş

P: Patinaj (P1: Az, P2: Orta, P3: Fazla)

O : Ön Kalkması (01 : Az, 02: Orta, 03: Fazla)

Yer darlığı nedeniyle değerlendirme sonuçlarının bir kısmı verilebilmiştir (Tablo 3).

#### 4. MALİYET ANALİZİ

Performans ölçümlerinden ve YTB makinası üreten firmalardan elde edilen veriler kullanılarak maliyet analizi yapılmıştır. Herbir durum için sabit, değişken ve toplam maliyetler ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo 3'te olduğu gibi her işletmeden iki örnek olacak şekilde Tablo 4'de verilmiştir.

#### 5. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kayseri Pınarbaşı - Pulpmar Krom, Çayeli Bakır ve Eskişehir - Kavak Krom İşletmeleri'ne ait YTB makinalarının performansları fiili saatlik kapasite, beklemesiz saatlik kapasite, teorik saatlik kapasite, özgül enerji tüketimi ve maliyetler (sabit, değişken ve toplam) dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Fiili, beklemesiz ve teorik saatlik kapasiteler birbirleriyle karşılaştırılarak YTB makinalarının verimleri, zaman kullanım oranları ve iş verimleri ortaya konulmuştur. YTB verimi beklemesiz saatlik kapasitenin, teorik saatlik kapasiteye oranı olmaktadır. Şekil 1'de tüm işletmelerdeki YTB makinalarının verimleri gösterilmiştir. YTB verimi;

tüm işletmeler bazında ortalama % 65 olup, değerlerin çoğu % 50 - 70 arasındadır. YTB verimleri; Kayseri Pınarbaşı - Pulpınar Krom İşletmesi'nde % 45 - 94 (Durum No: 1-10), Çayeli Bakır İşletmesi'nde % 49 - 80 (Durum No: 11 - 14) ve Eskişehir- Kavak Krom İşletmesi'nde ise % 43 - 86 (Durum No: 15-20) arasındadır.

İşletmelerde operasyon koşullarından ve iş organizasyonundan kaynaklanan bekleme, kronometraj sürelerinden çıkarılarak YTB makinalarının beklemesiz saatlik kapasite değerleri elde edilmiştir. Ölçüm sonucu belirlenen fiili saatlik kapasiteler beklemesiz saatlik kapasiteye bölünerek YTB makinalarının kullanım oranları belirlenmiş ve bu değerler Şekil 2'de verilmiştir. Zaman kullanımı; tüm işletmeler bazında ortalama % 85 olup, değerlerin çoğu Şekil 2'de de görüldüğü gibi % 80 - 90 arasındadır.

Fiili saatlik kapasite değerleri, teorik saatlik kapasite değerlerine bölünerek YTB makinalarına ait iş verimleri belirlenmiştir (Şekil 3). Tüm ölçümler dikkate alınarak hesaplanan ortalama iş verimi %55 bulunmuştur. Değerlerin çoğu % 50 - 70 arasındadır. İş verimi; Kayseri Pınarbaşı - Pulpınar Krom İşletmesi'nde % 33 - 75, Çayeli Bakır İşletmesi'nde % 41 - 51 ve Eskişehir- Kavak Krom İşletmesi'nde ise % 31 - 86 arasındadır.

Tablo 2. Performans ölçüm sonuçları.

Durum No: 5

İşletmenin Adı : Kayseri Pınarbaşı-Pulpınar Yeraltı Krom İşletmesi													
Lokasyon : Rifat Ocağı , 195 Kat													
YTB Modeli ve Yaşı: Microscop 100 , 2 ay													
Keççe Hacmi (m <sup>3</sup> ) ve Boyutları (m) (En, Boy, Derinlik): 0.4 ; 0.92,0.95,0.65													
Operatör Tecrübesi : 2 ay													
Taşınan Malzeme : Serpantin (Dolgu)													
Yığın Özellikleri													
Veride Yoğunluk (t/m <sup>3</sup> )	Geçek Yoğunluk (t/m <sup>3</sup> )	Kabarma Faktörü	Yığın Yüksekliği (m)	Nem Durumu	Yığın Dağılımı (cm)			Yığın Dağılımının Tanımı	Yükleme Alanının Durumu	Boşaltma Alanının Durumu			
2.67	1.40	1.91	1.5	Kuru	+40	-40+20	-20	%5	%60	%33	İyi	Geniş	Orta
Yol Özellikleri													
Yol Profili													
Yol No	Eğim (%)	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Yükseklik (m)	Yol Direnci	Açıklama							
1	0	47.5	1.60-1.90	1.50-1.85	3.5	Yol kuru ve düzgün							
2	0	3.5	1.70-2.10	1.80-2.40	3.5	Yol kuru ve düzgün							
Performans Ölçüm Sonuçları (1)													
Yol No	Ortalama H Süresi (sn)	Ortalama H Hızı (km/sa)	Ortalama GH Süresi (sn)	Ortalama GH Hızı (km/sa)	Ortalama R Süresi (sn)	Ortalama R Hızı (km/sa)	Ortalama GR Süresi (sn)	Ortalama GR Hızı (km/sa)					
1	54.667	3.136	-	-	-	-	76.500	3.322					
2	10.833	1.300	-	-	-	-	23.000	0.939					
Performans Ölçüm Sonuçları (2)													
Periyot Sayısı	Top. Yük. Süresi, sn [Ortalama] (%)	Toplam YNS, sn [Ortalama] (%)	Ortalama YNH, km/sa	Top. Boş. Süresi, sn [Ortalama] (%)	Toplam BDS, sn [Ortalama] (%)	Ortalama BDH, km/sa	Top. Mnv. Süresi, sn [Ortalama] (%)	Top. YTB Süresi, sn [Ortalama]					
6	119 [19.833] (10.000)	393 [65.500] (33.025)	[2.218]	81 [13.500] (6.807)	597 [99.500] (50.168)	[2.130]	-	1190 [198.333]					
Enerji Tüketimi (lt) : 2.5													
Performans ölçüm sonuçları tablolarında (1&2) kullanılan kısaltmalar aşağıda verilmektedir. Performans ölçüm sonuçlarında (2), köşeli parantez içinde ortalama değerler, normal parantez içinde ise yükleme, taşıma, manevra ve boşaltma işlemlerinin periyotta kapsadığı ortalama sürelerin yüzdesi verilmiştir.													
H Süresi	: İleri viteste yüklü nakliye süresi	GR Süresi	: Geri viteste boş dönüş süresi										
H Hızı	: İleri viteste yüklü nakliye hızı	GR Hızı	: Geri viteste boş dönüş hızı										
GH Süresi	: Geri viteste yüklü nakliye süresi	YNS	: Yüklü nakliye süresi										
GH Hızı	: Geri viteste yüklü nakliye hızı	YNH	: Yüklü nakliye hızı										
R Süresi	: İleri viteste boş dönüş süresi	BDS	: Boş dönüş süresi										
R Hızı	: İleri viteste boş dönüş hızı	BDH	: Boş dönüş hızı										

Tablo 3. Performans Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.

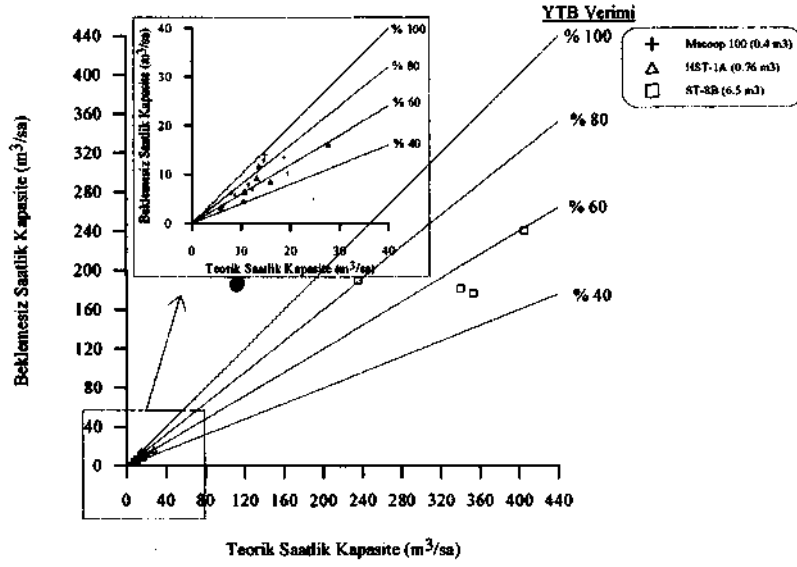
Durum No	İşletme (Lokasyon)	YTB Modeli (Keççe Kapasitesi, m <sup>3</sup> )	Toplam Yol Uzunluğu, m	Kronometraj Süresi, sn	Toplam Periyot, sn (Ortalama)	Toplam Keççe Sayısı	Ortalama Keççe Dolma Faktörü	Dolu Keççe Sayısı	Toplam Taşınan Malzeme, m <sup>3</sup> (Gevşek), (t)	Fiili Saatlik Kapasite, m <sup>3</sup> /sa(G) (t/sa)	Beklemez Saatlik Kapasite, m <sup>3</sup> /sa(G) (t/sa)	Teorik Saatlik Kapasite, mVsa (G) (t/sa)	Zaman Kullanımı, %	YTB Verimi, %	Özgül Enerji Tüketimi, İt/m <sup>3</sup> (İt/sa)
1	A(BanuOcağı, 100 Katı)	Mscoop 100 (04)	101.5	8247	5893 (535.73)	11	1.000	11.00	4.400 (6.182)	1.921 (2.699)	2.688 (3.777)	5.808 (8.161)	71.456	46.28	1.659 (4.460)
3	A(RıfatOcağı, 195 Katı)	Mscoop 100 (04)	15.5	1227	1201 (109.18)	11	0.782	8.60	3.440 (4.833)	10.093 (14.181)	10.311 (14.488)	19.392 (27.245)	97.881	53.17	0.640 (6.595)
11	B (900 Katı, Kuzey)	ST-8B (6.5)	40	1535	1457 (121.42)	12	0.942	11.30	73.450 (237.300)	172.261 (556.534)	181.482 (586.328)	339.966 (1098.35)	94.918	53.38	0.093 (16.802)
13	B (900 Katı, Kuzey)	ST-8B (6.5)	15	1745	1353 (90.20)	15	0.927	13.90	90.350 (291.900)	186.395 (602.201)	240.399 (776.674)	405.644 (1310.54)	77.535	59.26	0.071 (17.029)
15	C (Çamaşırılık, 383 Katı)	HST-1A (0.76)	161.5	2737	2737 (391.00)	7	0.929	6.50	4.940 (13.088)	6.498 (17.214)	6.498 (17.214)	10.636 (28.178)	100	61.09	0.951 (6.178)
19	C (Büyük Ocak)	HST-1A (0.76)	158	3134	3134 (223.86)	14	0.957	13.40	10.184 (24.109)	11.698 (27.694)	11.698 (27.694)	13.597 (32.189)	100	86.04	0.575 (6.731)

A : Kayseri Pınarbaşı - Pulpınar Krom İşletmesi ; B : Çayeli Bakır İşletmesi ; C : Eskişehir Kavak Krom İşletmesi

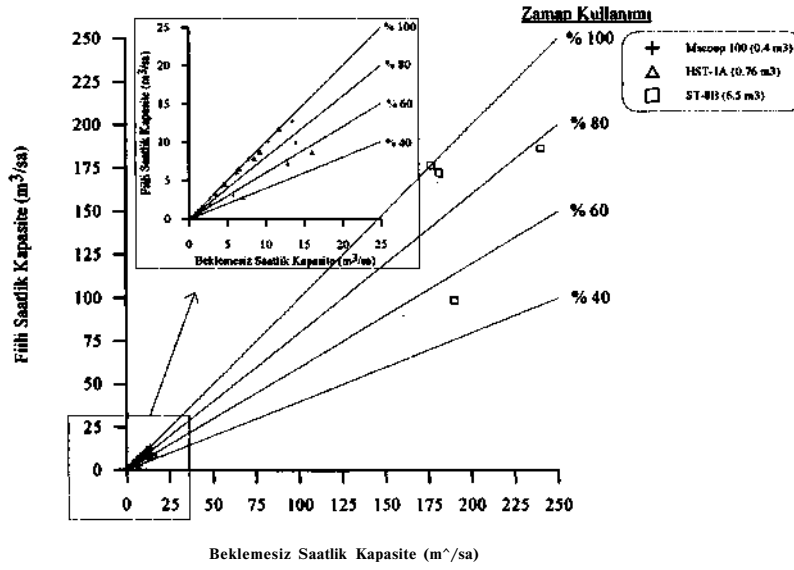
Tablo 4. Maliyet analizi sonuçları.

Durum No	YTB* Fiyatı (\$)	Lastik Fiyatı (\$)	Amortisman Matrahı (\$)	Amortisman Maliyeti, \$/sa (\$/ton)	Faiz Maliyeti, \$/sa (\$/ton)	Sigorta Maliyeti, \$/sa (\$/ton)	Toplam Sabit Maliyet, \$/sa (\$/ton)	Yakıt Tüketimi (İt/sa)	Yakıt Maliyeti, \$/sa (\$/ton)	Lastik Maliyeti, \$/sa (\$/ton)	Operatör Maliyeti, \$/sa (\$/ton)	Bakım-Onanm Maliyeti, \$/sa (\$/ton)	Toplam Değişken Maliyet, \$/sa (\$/ton)	Toplam Maliyet, \$/sa (\$/ton)	Yükleme Maliyeti, \$/sa (\$/ton)	Taşıma Maliyeti, \$/sa (\$/ton)
1	80000	1500	78500	4.361 (1.616)	0.926 (0.343)	0.089 (0.033)	5.376 (1.992)	4.460	2.230 (0.826)	0.986 (0.365)	3.333 (1.235)	5.002 (1.854)	11.551 (4.280)	16.927 (6.272)	5.848 (2.167)	11.079 (4.105)
3	80000	1500	78500	4.361 (0.308)	0.926 (0.065)	0.089 (0.006)	5.376 (0.379)	6.595	3.297 (0.233)	0.986 (0.070)	3.333 (0.235)	5.269 (0.372)	12.885 (0.909)	18.261 (1.288)	3.923 (0.277)	14.338 (1.011)
11	200000	16000	184000	10.222 (0.018)	2.315 (0.004)	0.222 (0.0004)	12.759 (0.023)	16.802	8.401 (0.015)	10.514 (0.019)	3.333 (0.006)	13.211 (0.024)	35.460 (0.064)	48.219 (0.087)	9.465 (0.017)	38.754 (0.070)
13	200000	16000	184000	10.222 (0.017)	2.315 (0.004)	0.222 (0.0004)	12.759 (0.021)	17.029	8.514 (0.014)	10.514 (0.017)	3.333 (0.006)	13.240 (0.022)	35.602 (0.059)	48.361 (0.080)	12.832 (0.021)	35.529 (0.059)
15	135000	2500	132500	7.361 (0.428)	1.563 (0.091)	0.150 (0.009)	9.074 (0.527)	6.178	3.089 (0.179)	1.643 (0.095)	3.333 (0.194)	8.272 (0.481)	16.337 (0.949)	25.411 (1.476)	2.052 (0.119)	23.359 (1.357)
19	135000	2500	132500	7.361 (0.266)	1.563 (0.056)	0.150 (0.005)	9.074 (0.328)	6.731	3.366 (0.122)	1.643 (0.059)	3.333 (0.120)	8.341 (0.301)	16.683 (0.602)	25.757 (0.930)	3.493 (0.126)	22.264 (0.804)

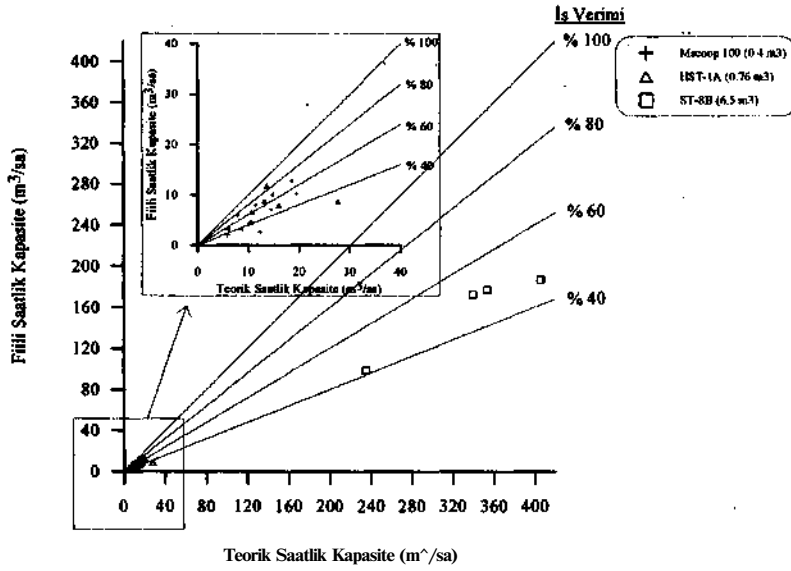
\* Anahtar teslim (Vergi+gümrük dahil) + nakil



Şekil 1. YTB makinalarının verimleri.



Şekil 2 YTB makinalarının kullanım oranları.

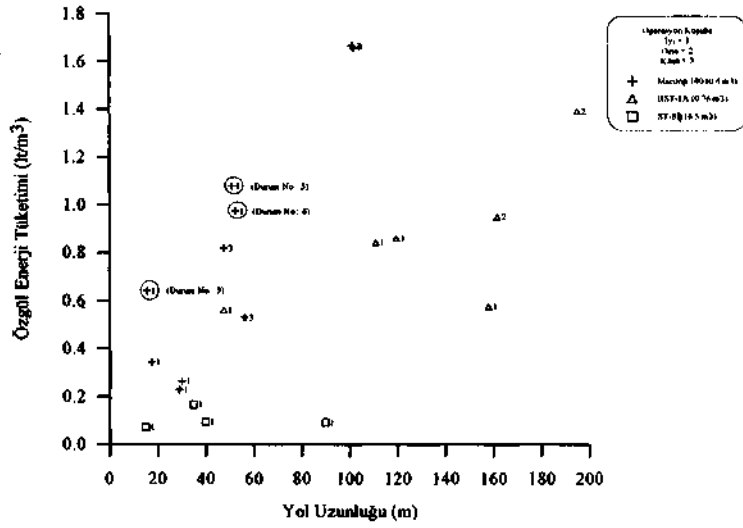


Şekil 3. YTB makinalarına ait iş verimleri.

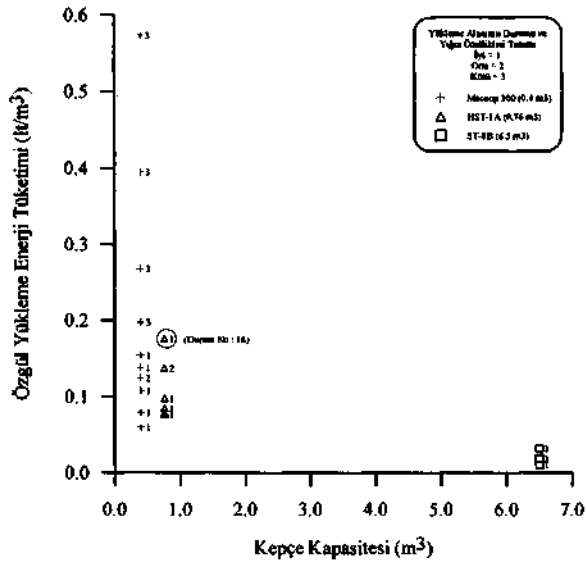
YTB makinalarının, yol uzunluğu ve operasyon koşulu belirtilerek özgül enerji tüketimleri Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4'den de görülebileceği gibi yol uzunluğu arttıkça ve operasyon koşulu (yükleme ve boşaltma alanlarının durumu, yol ve yığın özellikleri) kötüleştikçe özgül enerji tüketimi artmıştır. Aynı yol uzunluğunda keçe kapasitesi daha büyük olan YTB makinası birim taşınan malzeme başına daha düşük (yaklaşık %50) enerji tüketmiştir. Diğer yandan, operasyon koşulu iyi olduğu halde Kayseri Pınarbaşı - Pulpınar Krom İşletmesi'nde gerçekleştirilen 3, 5 ve 6 No'lu performans ölçümlerinde (Şekil 4'de daire içinde gösterilen) özgül enerji tüketimleri oldukça yüksek sonuçlanmıştır. Özgül enerji tüketimi 1.08 İt/m<sup>3</sup> olarak sonuçlanan ölçümde (Durum No : 5) makinanın çalışır vaziyette bekletildiği (Zaman Kullanımı : % 38) anlaşılmıştır. İki ölçümde (Durum No : 5 ve 6) ise boşaltma alanının darlığı nedeniyle boşaltma süreleri dolayısıyla periyot süreleri yüksektir. Ayrıca Durum No : 6'da keçe dolma faktörünün diğerlerine göre daha düşük olması taşınan malzeme miktarını düşürmüştü ve özgül enerji tüketimi yüksek (0.97 İt/m<sup>3</sup>) sonuçlanmıştır. Diğer yandan, yol uzunluğu 15.5 m olan ölçümde (Durum No : 3) operatör tecrübesizliği nedeniyle makina istenilen şekilde çalıştırılmamış ve makinanın hızının düşmesi periyot süresini artırmış ve özgül enerji tüketimi beklenildiğinden daha yüksek (0.64 İt/m<sup>3</sup>) olmuştur.

YTB makinalarının özgül yükleme enerji tüketimleri de belirlenmiş ve bu değerler keçe kapasitesi, yükleme alanının durumu ve yığın özellikleri dikkate alınarak Şekil 5'de verilmiştir. Yükleme alanı daraldıkça ve yığın özellikleri kötüleştikçe yükleme süreleri uzamış ve YTB makinalarının özgül yükleme enerji tüketimleri de artmıştır. Ancak koşullar iyi olduğu halde bir ölçümde özgül yükleme enerji tüketimi (Şekil 5'de daire içinde gösterilen) oldukça yüksek bulunmuştur (0.18 İt/m<sup>3</sup>). Bu durumun, operatörün keçeyi daha fazla doldurmak için yükleme süresini uzatmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır (Durum No : 16).

Yol uzunluğu ve operasyon koşulları dikkate alınarak birim maliyetler (Değişken ve toplam) Şekil 6 ve 7'de verilmiştir. Bu Şekil'lerde keçe kapasitesi büyüdükçe maliyetlerin düştüğü, operasyon koşulları kötüleştikçe maliyetlerin arttığı görülmektedir. Ayrıca yol uzunluğu arttıkça küçük keçe kapasitesinde maliyet belirgin bir şekilde artmıştır. Yolun kısa ve operasyon koşulunun iyi olmasına rağmen Şekil 6 ve 7'den de görülebileceği gibi Durum No : 5 için değişken maliyet 5.04 \$/m<sup>3</sup> ve toplam maliyet 7.05 \$/m<sup>3</sup> olarak sonuçlanmıştır. Bu durum, daha önce de açıklandığı gibi (Şekil 4 için) zaman kullanımının çok düşük olmasından kaynaklanmıştır. Diğer yandan, 10 No'lu ölçümde ise birim maliyetler beklenildiğinden daha düşük çıkmıştır. Bu ölçümde zaman kullanımının ve YTB veriminin diğerlerine göre daha yüksek olması maliyetlerin düşmesini sağlamıştır.

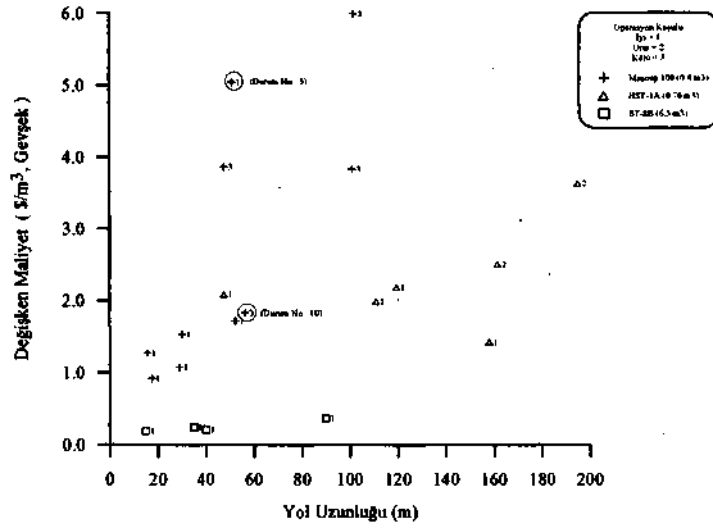


Şekil 4. YTB makinelerinin özgül enerji tüketimleri.

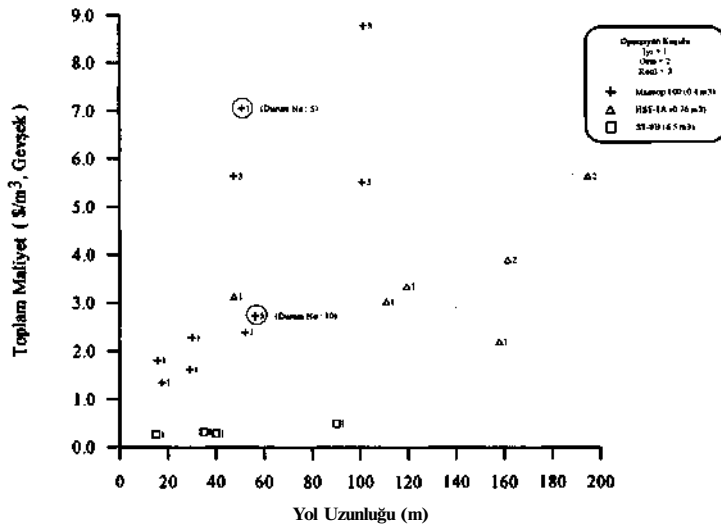


Şekil 5. YTB makinelerinin özgül yükleme enerji tüketimleri.





Şekil 6. YTB makinalarının birim değişken maliyetleri.



Şekil 7. YTB makinalarının birim toplam maliyetleri.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Değişik çalışma koşullarında YTB makinalarının performans ölçümlerinin değerlendirilmesiyle tüm işletmeler bazında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

- YTB verimi ortalama % 65 olup, değerlerinin çoğu % 50 - 70 arasındadır.
- YTB kullanım oranı ortalama % 85'dir. Değerlerin çoğu % 80 - 90 arasındadır. İşletmelerdeki iş organizasyonuna bağlı olan zaman kullanımı oranı değerleri düştükçe birim maliyetler artmıştır.

- iii. Özgül enerji tüketimi yol uzadıkça ve operasyon koşulu kötüleştikçe belirgin bir şekilde artmıştır. Aynı yol uzunluğunda kepçe kapasitesi daha büyük olan YTB makinası birim taşınan malzeme başına daha düşük enerji tüketmiş ve birim maliyetleri daha düşük sonuçlanmıştır.
- iv. Özgül yükleme enerji tüketimi ve birim yükleme maliyeti yükleme alanının durumuna ve yığın özelliklerine bağlı olarak değişmiştir. Yükleme alanı geniş ve yığın özellikleri iyi olduğunda bu değerler belirgin bir şekilde azalmıştır.

Ayrıca bu çalışma sonucunda geliştirilen öneriler aşağıda verilmektedir.

- i. YTB verimi ve kullanım oranı iyi bir iş organizasyonu sonucunda artırılabilirse birim maliyetleri düşürmek mümkün olabilmektedir.
- ii. Özgül enerji tüketimi ve birim maliyetleri düşürebilmek için yükleme ve boşaltma alanlarının durumu, yol ve yığın özellikleri öncelikle dikkate alınmalıdır. Yol genişliğinin kepçe genişliğinden en az 1 m daha geniş ve yüksekliğin operatörün (Operatör makina üzerinde oturur durumda iken) en az 0.5 m daha üzerinde olması sağlanmalıdır. Yığın dağılımında ise kepçe genişliği baz alınarak parça boyutu, kepçe genişliğinin yarısından küçük olmalı ve bu malzeme oranının %80 ve daha üstünde olmasına çalışılmalıdır. Yığın dağılımı ve yükleme alanının genişliği özellikle yükleme verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır.
- iii. Yükleme yapılırken kepçenin tam dolmasına dikkat edilmeli, yarı dolu kepçe taşınmamalıdır. Kepçe dolma faktörü azaldıkça üretim kapasitesi düşmekte ve birim maliyetler artmaktadır.
- iv. Değişik çalışma koşullarında, farklı kepçe kapasitelerine sahip YTB makinalarının performanslarının geliştirilecek bir izleme sistemiyle ortaya konulması, YTB seçiminde ve kullanımında büyük yararlar sağlayabilecektir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, arazi çalışmaları sırasındaki ilgi ve yardımlarından dolayı Kayseri Pınarbaşı-Pulpanar Krom, Çayeli Bakır ve Eskişehir Kavak Krom İşletmeleri'ne teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

- Anonim. 1997a. *Underground Haulage*. World Mining Equipment, (Mart): 12-22.
- Anonim. 1997b. *Technical Manual Equipment Features and Application Data*. Wagner Mining Equipment Co., USA.
- Anonim. 1997c. *LHD Katalogu*. MAN-GHH GmbH, Germany.
- Anonim. 1997d. *LHD Katalogu*. Tamrock, Finland.
- Anonim. 1997f. *LHD Katalogu*. Schopf, Germany.
- Gül, Y. 1998. *Bazı Yeraltı Ocaklarında Yükle - Taşı - Boşalt Makinalarının Performans Ölçümleri ve Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, C.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas, 101 s.
- Stevens, M.R. ve Acuna, A. 1982. *Load-Haul-Dump Units*. Underground Mining Methods Handbook (Hustrulid, Ed.): 1179-1197, New York.