

## ÇEKME KEPÇELİ YÜRÜYEN YERKAZARLARDA KEPÇE KOPARIŞ KUVVETİ VE MAKİNANIN DENGESİNİ ETKİLEYEN KUVVETLER

Breakout Force of Walking Draglines and Forces Effecting the Stability of Equipment

Metin ÖZDOĞAN<sup>0</sup>

### OZET

Bu yazıda çekme kepçeli yürüyen yerkazar kepçesinin koparış geometrisi ve kepçeye etki eden kuvvetler, koparış kuvveti, ve doluş mekanizması incelenmiştir. Kepçenin içindeki malzemenin doluş eğrisi ve ağırlığının hesaplanması araştırılmış ve tartışılmıştır. Makinanın kepçeye uyguladığı çektirici kuvveti ile makina sürtünme kuvveti arasındaki ilişki irdelenmiştir. Ayrıca bazı çekme kepçeli yerkazarların yere düşen basınçları verilmiştir. Makinanın yatay, dikey kuvvetler ve momentler dengesi, kaymazlık ve devrilmezlik koşulları verilmiş ve tartışılmıştır. Ayrıca bazı çekme kepçeli yerkazarlar için ölçülmüş koparış enerjileri verilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Kepçe Koparış Kuvveti, Kepçe Yüğü, Makina Kayma Kuvveti, Devrilme Kuvveti,

### ABSTRACT

In this paper breakout geometry and forces effecting walking dragline bucket, break-out force, and bucket fill mechanism are investigated. Material fill-in curve and calculation of load in the bucket are searched and discussed. The relationship between the drag-in force applied to the bucket and machine's friction force with the ground surface is analyzed. In addition, ground bearing pressures of some draglines are given. Equilibrium of machine's horizontal forces, vertical forces and moments, and conditions of not being dragged and toppled are given and discussed. Additionally, measured break-out energies of some draglines are presented.

Keywords : Breakout Force, Bucket Load, Equipment Sliding Force, Toppling Force

## 1. GİRİŞ

Çekme kepçeli yürüyen yerkazarlarda kazı mekanizmasının evreleri kepçenin kayaca saplanması ve malzemeyi koparışından oluşur. "Kepçenin kayaca saplanması kepçenin ağırlığı ve geometrisi ile sağlanmaktadır (Özdoğan, 2003). Dişlerin saplanmasıyla kazı yüzeyinde makinaya doğru çekilip kayaç koparılarak kepçenin doluşu gerçekleşir.

İyi tasarlanmış dengeli kepçelerde, çekme halatına kuvvet uygulandığında kepçenin arka kısmı kalkarak, kepçe tasarlandığı saplanış açısını alır. Arka kısmın bu dikilişi dişlerin malzemeye saplanması açısını artırır. Böylelikle dişler kepçe ağızına daha küçük bir açıyla takılabilir. Tanınmış üreticilerin kepçelerinde saplanış yetisi yüksektir; araştırma-geliştirme sonucu en uygun kesme açısına ulaşılıp kepçenin tüm ağırlığı dişlere aktarılır. Koparılan kayaç kepçe içine dolarken, kepçenin ağırlık merkezi geriye doğru kayarak kazılan yüzeye paralel hale gelir, ve aynı kesme derinliğini korunarak, kazı eylemi sürdürülür. Kazılan kayaç kepçenin arka kısmına doğru itilip sıkıştıkça, kepçenin ağırlık merkezi iyice geriye kayarak arkası aşağı doğru sarkar; dolan kepçe kazı yüzeyinden çıkarılmak üzere yukarı kaldırıldığında, içindeki malzemenin yere dökülmesi böylece önlenmiş olur, (Özdoğan, 2003).

Anon, (1990)' a göre uygun tasarımla üretilmiş dengeli bir kepçe iyi kazı koşullarında, 1,5 ile 3 kepçe boyu mesafede; Anon, (2000)' e göre ise 1,5 ile 2 (Steidle, 1976)' ya göre ise 2 kepçe boyu mesafede doluşunu tamamlar. Burada yerkazar kullanıcısının ustalığı, kazı basamağının gevşetilme durumu, basamak geometrisi, kepçe dişlerinin keskinliği ve kazılan kayaca uygunluğu, yerkazarın özgül kazı gücü gibi etkileyicilerin de kepçe doluş mesafesini (süresini) etkilediği gözönünde tutulmalıdır.

Çekme kepçeli yürüyen yerkazarların ortalama kazı döngüleri, 90° dönüş açısında, 65-75 saniye arasında değişir, (Steidle, 1976). Kazı döngü süreleri kazı basamağında makinanın yapmakta olduğu kazı türüne, kazı derinliğine ve uygulamaya bağlı olarak beklenilenden düşük ya da yüksek olabilir. Çekme kepçeli yürüyen yerkazarın kepçe kapasitesiyle kazı döngüsü arasında aşağıda verilen ilişki bulunmaktadır, (Erdem, 1996):

$$CT = 48,887 \times V^{0,483}, \quad (r^2 = 0,91) \quad (1)$$

Burada ;

CT = Kazı döngüsü, s  
V = Kepçe hacmi, m<sup>3</sup>

Erdem, (1996), yaptığı çalışmada, çekme kepçeli yürüyen yerkazarların, yerinde hacim cinsinden, yıllık kazı yeteneklerinin makinanın kepçe kapasitesinin m<sup>3</sup> ' ü başına 180000 m<sup>3</sup>/yıl ile 185000 m<sup>3</sup>/yıl arasında değiştiğini bildirmektedir. Steidle, (1976), ise çekme kepçeli yürüyen yerkazarların ortalama saatlik iş yeteneklerini, yerinde hacim cinsinden, kepçenin bir m<sup>3</sup> 'ü için 30 m<sup>3</sup> /saat olarak vermektedir. Bu değerler yol gösterici nitelikte bilgiler olup işletme koşullarına, çalışma düzenine, yerkazarın hizmette kalma yüzdesine, verimine ve işyeri yönetim biçimine göre işletmeden işletmeye değişebilmektedir.

## 2. KEPÇE KOPARIŞ KUVVETİ VE MAKİNANIN KAYNAZLIK DENGESİ

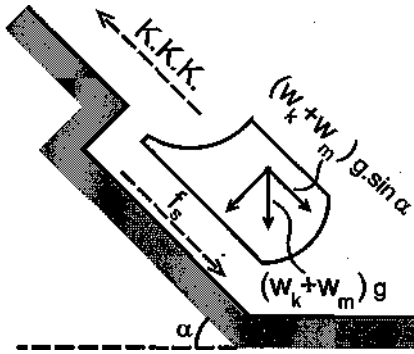
### 2.1. Kepçe Koparış Kuvveti

Kepçe koparış kuvveti, (K.K.K.), çekme halatınca kepçeye uygulanan kuvvettir. Bu kuvvet, kepçenin ölü ağırlığını, kepçeye dolmakta olan ve dolmuş bulunan malzemenin ağırlığını, kepçe altının basamak, yüzeyi ile sürtünme kuvvetini, ve kazılan kayaç kütesinin kazıya karşı gösterdiği direnci yenmek durumundadır. Şekil 1 kepçenin doluşu sırasında etki eden kuvvetleri göstermektedir. İyi tasarımı kepçelerde bu sürtünme kuvveti, uygun diş açısı ile dişlere aktarılıp, kepçe tabanının kazılan yüzeye çok az dokunuşu sağlanıp düşürülür. Kepçe yoğunluğu, ton/m<sup>3</sup>, boş kepçe ağırlığının kepçenin hacmine oranıdır.

Kepçe koparış kuvvetini doğrudan ölçmek kolay olmayabilir. Bu nedenle, makinanın kepçe koparış enerjileri ölçülüp dolaylı olarak kepçe koparış kuvveti hakkında bir fikir edinmek olasıdır, (Çizelge 1). Bu çizelge Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (T.K.I.) açık ocaklarında çalışan bazı çekme kepçeli yürüyen yerkazarların analog yazıcı aygıt ile ölçülmüş özgül koparış enerjilerini vermektedir (Özdoğan, 1994).

Çizelge 1. Bazı TKİ Çekme Kepçeli Yerkazarlarının Analog Yazıcı ile Ölçülmüş Ortalama Koparış Enerjileri (Özdoğan, 1994)

Makina Modeli ve İşletme Adı	Kepçe Kapasitesi, m <sup>3</sup>	Koparış Süresi (Kepçe Doluş Süresi) s	Koparış Enerjisi, MJ	İndirgenmiş Koparış Enerjisi, MJ/s	Özgül Koparış Enerjisi, Kabarmış Yoğunluk Cinsinden, MJ/m <sup>3</sup>	Özgül Koparış Enerjisi, Yerde Yoğunluk Cinsinden, MJ/m <sup>3</sup>
P&H 736 Tunçbilek	15	12,48	5,08	0,41	0,34	0,46
P&H 752 Milas	25	16,50	8,10	0,49	0,32	0,43
M7820 Tunçbilek	31	16,95	21,48	1,26	0,69	0,93
M8050 Yatağan	54	21,98	12,89	0,59	0,26	0,35

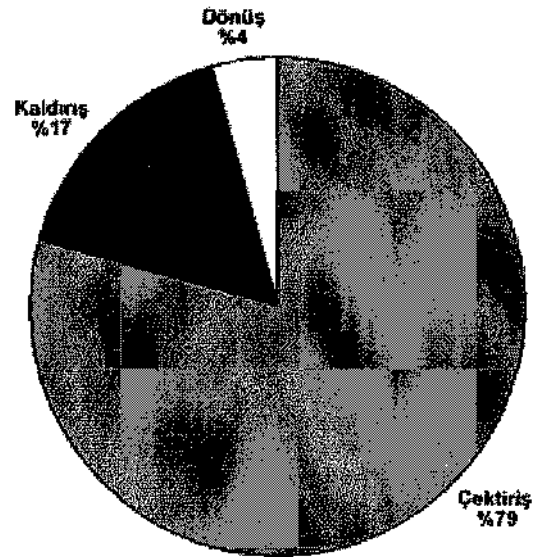


Şekil 1. Basamakta Kazı sırasında kepçeye etki eden kuvvetler

Kepçe doluş enerjisi bileşenleri incelendiğinde ana bileşenin çektiriş kuvveti olduğu görülmekle birlikte, kaldırış ve döndürüş kuvvetlerinin de ikincil ve üçüncül derecede kepçe doluşuna etkisi olduğu anlaşılmaktadır (Özdoğan, 2002a). Şekil 2 P&H 752 model çekme kepçeli yürüyen yerkazarın kepçe doluş enerjisi bileşenlerini göstermektedir.

Kepçe koparış kuvveti makinanın Özgül Kazı Gücü ve Özgül Koparış Gücü yetisi ile ilintilidir. Özgül Makina Kazı Gücü, çekme kepçeli yerkazarın toplam kurulu motor gücünün kepçe kapasitesine oranıdır, HP/m<sup>3</sup>. Özgül Koparış Gücü ise çektiriş motor gücünün kepçe kapasitesine oranıdır, HP/m<sup>3</sup>, (Özdoğan, 2002b). Ayrıca çektiriş dişli kutusu indirgeme oranlarına ve çektiriş halatı tambur çapına bağlıdır. Ülkemizde çalışan bazı çekme kepçeli yerkazarların bu değerleri Şekil 3'de verilmiştir.

Kepçe yoğunluğunun yüksek olması kepçenin dayanımı ve ömrü bakımından önem taşır. Yoğunluğu yüksek kepçelerin kazı başlangıcında kayaca saplanışın (penetrasyon) daha yüksek olmasını sağlar. Şekil 1'de gösterilen olağan kazı şevinde koparıya bir etkisi yoktur; ancak makina oturma yüzeyi yukarisından kazı yapıyorsa (bench chopping) kepçe kütlesinden oluşan kuvvetin yatay bileşeni çektiriş halatının çekiş kuvvetiyle aynı yönde olduğu için kazıya yardımcı olur.



Şekil 2. P&H 752 (Milas Yeniköy) kepçe doluş enerjisi bileşenleri (Özdoğan, 2002a)

## 2.2. Kepçe Koparış Kuvvetinin Hesaplanması

Şekil 1'de görülen standart çekme kepçeli yerkazar kazı basamağına göre,  $90^\circ > \alpha > 0^\circ$ , kepçe koparış kuvvetinin hesaplanması aşağıda verilmiştir:

$$K.K.K. = F(MG, W_k, W_m, a, a_c, y, n, f, ) \quad (2)$$

Burada ;

K.K.K. = Kepçe koparış kuvveti, N

MG = Çektirici motoru gücü, kW

$$ft = Hs(W_k + W_m) \cdot g \cdot \cos a \quad (3)$$

$$K.K.K. > (W_k + W_m) \cdot g \cdot \sin a + f_s \quad (4)$$

$$K.K.K. > (W_k + W_m) \cdot g \cdot \sin a + m \cdot (W_k + W_m) \cdot g \cdot \cos a \quad (5)$$

$$K.K.K. > (W_k + W_m) \cdot g \cdot (\sin a + n_s \cos a) \quad (6)$$

$$K.K.K. > (W_k \cdot g + |W_m \cdot t \cdot g \cdot dt)(\sin a + n_s \cos a) \quad (7)$$

## 2.3. Kepçe İçindeki Yükün Hesaplanması

Kepçe doluş eğrisi işletmelerdeki gözlemlere göre parabolik varsayılmış\* olup denklemi aşağıda verilmiştir; bu varsayıma göre

hesaplanan kepçe yükleri gerçek değerlere yani tartılmış kepçe yüklerine yakın çıkmaktadır.

$$t_b \text{ anındaki yük (kazı başlangıcında)} = (W_k + 0) \sin a ; \quad a > 0^\circ \quad (8)$$

$$t_i \text{ anındaki yük} = (W_k + JW_m t dt) \sin a ; \quad a > 0^\circ \quad (9)$$

$$W_m t dt = yVj dt = a \cdot b \cdot z \cdot y dt \quad (10)$$

$$W_m = F(t) \quad (11)$$

Burada ;

t = Kepçe doluş süresi, s

Vj = "i" anındaki kepçe hacmi, m<sup>3</sup>

a = Kepçe eni, m

b = Kepçe yüksekliği, m

Zj = "i" anında dolan malzeme boyu, m

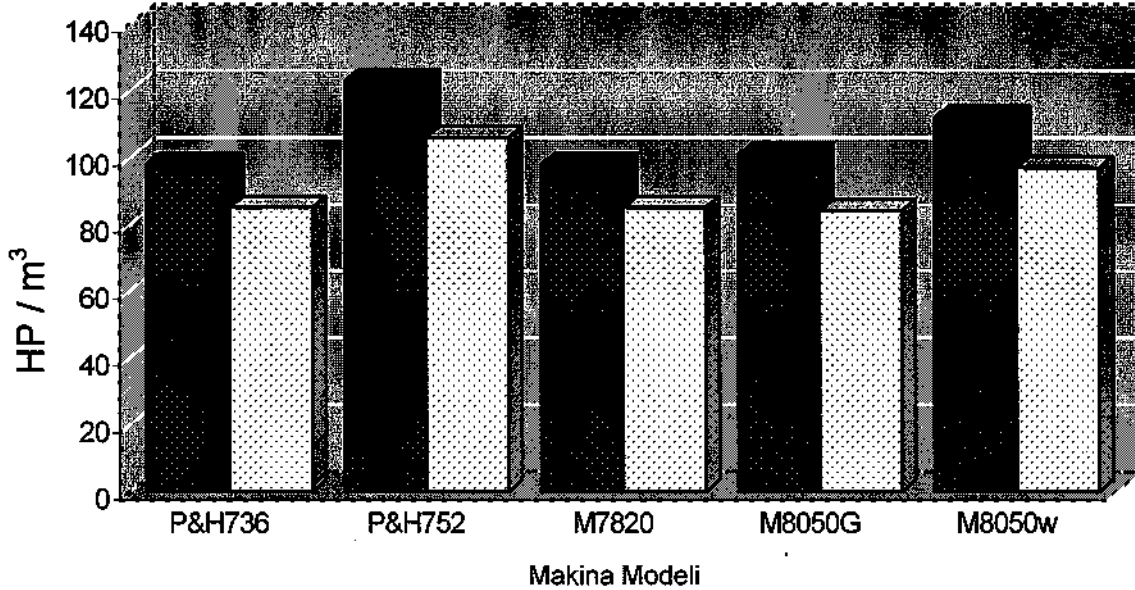
$$W_m = t^{1/2} \quad (12)$$

Kepçe doluş süresindeki anlık yük ("i" anındaki yük) aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Şekil 4):

$$W_t = W_{m_i} dt \quad (13)$$

$$W_m = JW_{m_i} dt \quad (14)$$

$$W_m = Jt^{1/2} dt \quad (15)$$



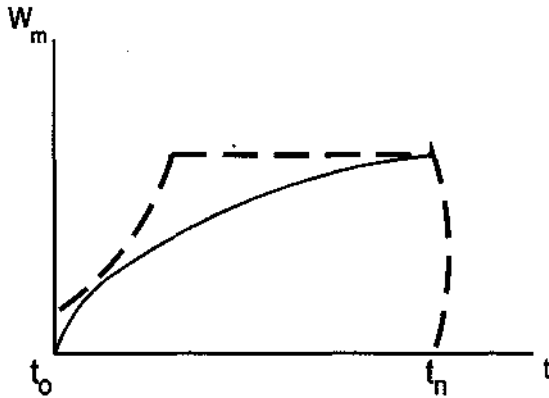
Özgül kazı gücü HP/m<sup>3</sup> · Özgül koparış gücü, HP/m<sup>3</sup>

Şekil 3. Ülkemizde bulunan bazı çekme kepçeli yerkazarlarda kazı gücü gösterge değerleri

$W_k$  =Kepçe ve kepçe donanımının çıplak kütlesi, kg  
 $W_m$  =Kepçe içindeki kayaç kütlesi, kg  
 $a$  =Kazı basamağı eğim açısı, derece, °  
 $a_c$  =Kazılan kayacın basınç dayanımı, MPa  
 $y$  =Kepçe içindeki kayacın birim hacim ağırlığı (gevşetilmiş), kg/m<sup>3</sup>  
 $U_s$  =Kepçe ile kayaç arasındaki sürtünme katsayısı  
 $f_s$  =Kepçe tabanı ile kayaç yüzeyi arasındaki sürtünme kuvveti, N  
 $g$  =Yerçekimi ivmesi, m/s<sup>2</sup>

#### 2.4. Kepçe İçindeki Yükün Ölçümü

Kepçe içindeki yükün kepçenin kaldırış halatı bağlantı yerlerine deformasyon ölçerler yerleştirilerek ölçülebileceğinden sözedilmektedir (Deslandes ve diğerleri, 1990). Tunçbilek'de Marion 7820 çekme kepçeli yerkarar üzerinde yapılan ardışık boş ve dolu kepçe ile yapılan kazı devinimi çalışmalarında, kepçe içindeki malzeme yere dökülüp kamyonlarla kantara taşınıp tartılarak, tüketilen elektrik enerjisinden dolayı olarak kepçe yükünün saptanabileceği ve deneysel bir yük bağıntısı bulunabileceği anlaşılmaktadır (Özdoğan, 2002a). Bu çalışmada, üretim ve günlük çalışmalarda aksamaya neden olduğundan yeterli sayıda veri alınamamış olup aşağıdaki eşitlikler yalnızca bilgi bakımından verilmiştir:



$$\begin{aligned}
 W_m &= F(t) \\
 W_m &= t^{1/2}
 \end{aligned}$$

(a)

$$K.Y. = T.E.T.X 1,49 \text{ t/MJ} - 37,291 \quad (16)$$

Burada ;

$K.Y.$  = Kepçe yükü, ton  
 $T.E.T.$  = Makinanın toplam enerji tüketimi, MJ

veya

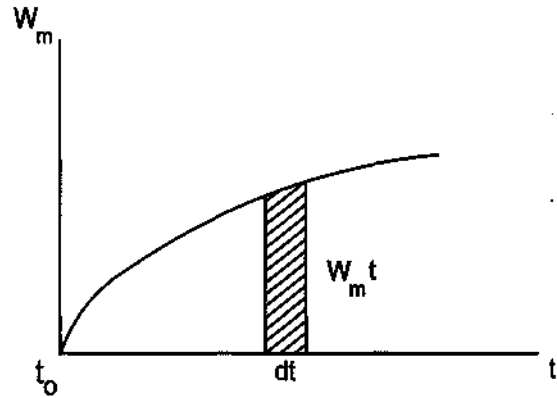
$$K.Y. = K.E.T. \times 3,09 \text{ t/MJ} - 37,29 \text{ t} \quad (17)$$

Burada ;

$K.E.T.$  = Kaldırış motoru enerji tüketimi, MJ

#### 2.5. Makinanın Kaymazlık Dengesi

Makina oturma gövdesi ile basamak yüzeyi sürtünme kuvveti, kepçe koparma kuvveti yatay bileşeni ilişkisi ve makinanın kazı anı dengesi, Şekil 5.'de verilmiştir. Makinanın çektiriş motor gücü ve çektiriş halatına uygulanan kuvvetinin büyüklüğü, yerkararın kazı basamağına doğru sürüklenmemesi bakımından, gövdesi ile yer arasındaki sürtünme kuvvetini yenmeyecek biçimde tasarlanır. Aksi takdirde, makina kazı anında kendini kazı basamağına doğru sürükleyerek, basamaktan aşağı düşebilir. ABD'de bir açık kömür işletmesinde meydana gelen böyle bir olay rapor edilmiştir (Gray, 1986). Killi katmanlarda yağış sürtünme katsayısı değerini düşürmekte ve makinanın kayma riskini arttırmaktadır. Sözü edilen sürtünme kuvveti aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanabilir:



$$W_m = t^{1/2}$$

(b)

Şekil 4. Kepçe içindeki değişken yük ve kepçe içine dolan malzemenin eğrisi

$$f_s = \mu_s W_d \cdot g \quad (18)$$

Burada :

$f_s$  = Makina ile yer arasındaki sürtünme kuvveti, N

$U_s$  = Makina oturma gövdesi ile yer arasındaki sürtünme katsayısı

$W_d$  = Makinanın çalışma kütlesi, kg

$g$  = Yerçekimi ivmesi, m/s<sup>2</sup>

$$\text{K.K.K. yatay bileşeni} = [(w_k + w_m) \cdot g \cdot \sin \alpha + f_s] \cdot \cos \alpha \quad (19)$$

$$= [(w_k + w_m) \cdot g \cdot \sin \alpha + n_s \cdot (w_k + w_m) \cdot g \cdot \cos \alpha] \cdot \cos \alpha \quad (20)$$

Kazı anında makinanın kendini üretim şevine doğru sürüklememesi için koşul:

$$f_s > \text{K.K.K.} \cdot \cos \alpha \quad (21)$$

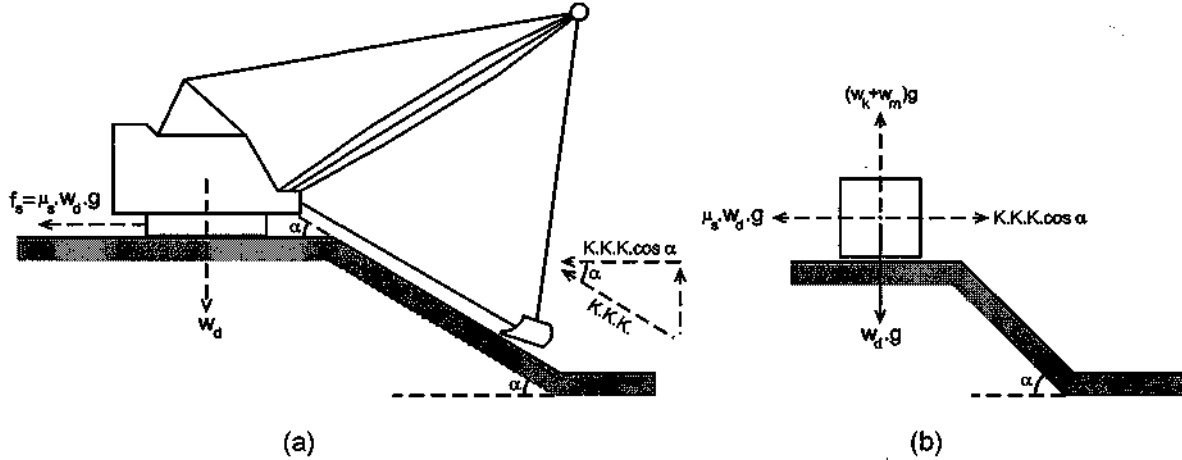
$$H_s \cdot W_d \cdot g > [(w_k + w_m) \cdot g \cdot \sin \alpha + n_s \cdot (w_k + w_m) \cdot g \cdot \cos \alpha], \cos \alpha \quad (22)$$

Yürüyen çekme kepçeli yerkazarlarda yere düşen basınçlar, halatlı düz kepçeli yerkazarin yere basıncından daha düşüktür. Çekme kepçeli yerkazarlardan oturma gövdesinin yere basıncı 84,34 kPa (0,86 kg/cm<sup>2</sup>) ile 111,80 kPa (1,14 kg/cm<sup>2</sup>) arasında değişir. Yürüyüş ayaklarının yere basıncı ise 163,77 kPa ile 181,42 kPa (1,67 -1,85 kg/cm<sup>2</sup>) arasındadır (Çizelge 2).

### 3. KEPÇE KALDIRIŞ KUVVETİ VE MAKİNANIN DEVRİLMEZLİK DENGESİ

#### 3.1. Kepçe Kaldırış Kuvveti

Kepçe kaldırış kuvvetini, taşıyıcı kolun (bum) açısı, taşıyıcı kolun uzunluğu, \*\* taşıyıcı kolun ağırlığı, makina ve makina karşıt ağırlığı, kaldırış



Şekil 5. Makina oturma yüzeyi sürtünme kuvveti ve kepçe koparış kuvveti

Çizelge 2. Çekme Kepçeli Yerkazarlarda Yere Düşen Basınç

Makina Modeli	Kepçe Kapasitesi, m <sup>3</sup>	Oturma Gövdesi Yere Basıncı, kPa	Yürüyüş Ayağı Yere Basıncı, kPa	Eşdeğer Halatlı Düz Kepçeli Yerkazarin Standart Yere Basıncı, kPa
P&H 736	15	84,34	169,66	319,70
P&H 752	30	85,32	163,77	383,44
P&H 757	50	100,03	169,66	388,35
P&H 9100	75	111,80	181,42	

motoru gücü ve dizgesi, kazılan kayacın yoğunluğu, kepçe ve kepçe donanımının ve kaldırış halatının ağırlığı gibi etkiyiciler belirler. Üretici firma makinanın izin verilebilir en yüksek kanca yükünü buna göre verir. Genellikle, makinanın kanca yükü sınırı, izin verilen en fazla yükün iki katıdır (Steidle, 1976). Makinanın kepçe kaldırma kuvvetinden doğan momenti dengelemek için makinanın arka tarafına karşıt ağırlık konur; bu ağırlık incelenen modeller için makinanın net ağırlığının % 13'ü ile % 23'ü arasında değişmektedir. Makinanın çalışma ağırlığı, bu karşıt ağırlığın dahil edildiği ağırlıktır (Çizelge 3). Erdem, (1996) izin verilebilir en yüksek kanca yükü ile makinanın çalışma ağırlığı arasında aşağıdaki bağıntıyı vermektedir:

$$\text{Maksimum Kanca Yükü} = 0,2123 \times W_d^{0,8954} \quad (23)$$

Burada;

$W_d$  = Makina çalışma kütlesi, kg

### 3.2. Makinanın Moment Dengesi

Makinanın devrilmezlik koşulu kepçe ve donanımlarının, ve kepçe içindeki yükün ağırlığının kanca yükü kapasitesinden küçük olmasıdır. Makinanın arka tarafına yerleştirilen karşıt ağırlığın işlevi makinanın kanca yükünü dengelemektir (Çizelge 3).

Makinanın devrilmezlik dengesi aşağıda verilen tork eşitliği ile sağlanır:

$$SM = 0 \quad (24)$$

$$(W_d \cdot g + F) \cdot r > (W_k + W_m) \cdot g \cdot R \quad (25)$$

Burada :

$r$  = Oturma gövdesi yarıçapı, m

$R$  = Makina çalışma yarıçapı,

Madencilik literatüründe de çekme kepçeli yürüyen yerkazalar için bazı tork değiştirgenleri kullanılmaktadır (Chironis, N.P., 1980 ve 1990). Bunlar MUF (Machine Utilization Factor) (Makina Kullanım Göstergesi) ve K-Göstergesidir (K-Factor). MUF Göstergesi makinanın çalışma yarıçapı ile kepçe hacminin çarpımıdır ( $m \times m^3$ ). K-Göstergesi ise makina çalışma yarıçapı ile kanca yükünün çarpımıdır ( $m \times ton$ ). Ülkemiz açık kömür işletmelerinde çalışan bazı çekme kepçeli yerkazaların bu değerleri Şekil 7. ve Şekil 8.'da verilmiştir. Bu değerleri yüksek olan eşdeğer modeller yeğlenmelidir. Bu durum, makinanın daha büyük kepçe taşıyabileceği,

daha yüksek üretim yapma yeteneğini, ekipmanın daha ağır ve dengeli olduğunu göstermektedir.

### 3.3. Makinanın Eylemsizlik Momenti

Çekme kepçeli yürüyen yerkazaların çalışma yarıçapları büyük olduğundan eylemsizlik momentleri yüksektir. Eylemsizlik momenti makinanın izin verilebilir kanca yükü ile çalışma yarıçapının karesinin çarpımına eşittir. Eylemsizlik momentinin yüksekliği döndürüş hareketinde kolaylık sağlar; döndürüş hareketinde izlenen düşük enerji tüketiminin nedenlerinden biri de budur (Çizelge 4).

Eylemsizlik momenti eşitliği aşağıda verilmiştir:

$$I = (W_k + W_m) \cdot g \cdot R^2 \quad (26)$$

Burada ;

$I$  = Eylemsizlik momenti,  $N \cdot m^2$

$W_k$  = Kepçe ve kepçe donanımının kütlesi, kg

$W_m$  = Kepçenin içindeki kayacın kütlesi, kg

$R$  = Makinanın çalışma yarıçapı, m

Uygulamada makinanın devrilmezlik ve kaymazlık dengesini ifade eden kullanışlı bir göstergen de makina ağırlığının kepçe kapasitesine oranıdır ( $ton/m^3$ ). Bu oran ne kadar yüksek olursa, makinanın çalışma dengesi o kadar iyidir. Bu oranın yüksekliği ayrıca makina dayanıklılığını ve uzun ekonomik ömrü işaret eder. İşletmeler çekme kepçeli yerkazalarının karşılaştırılmasında ve seçiminde bu göstergeye dikkat etmelidirler (Özdoğan, 2002b). Ülkemizde çalışan bazı çekme kepçeli yerkazaların bu değerleri Şekil 9 'da verilmiştir.

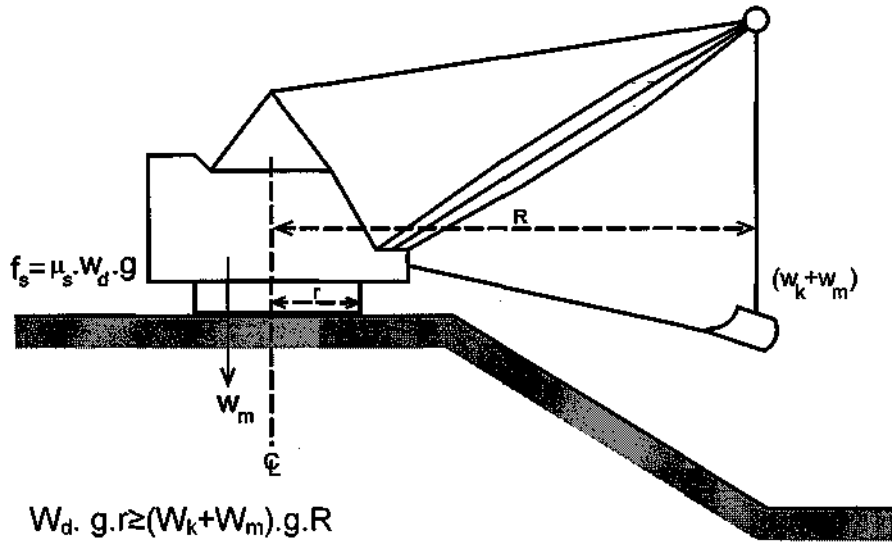
Çekme kepçeli yürüyen yerkazaların tork göstergenlerinden olan MUF değerinin makina ağırlığına oranı ile elde edilen sayı ( $m \times m^3/ton$ ), yerkazanın kazı yeteneğini (kepçe koparış kuvveti) gösteren kullanışlı bir göstergedir, (Özdoğan, 2002b). Bu oran ne kadar düşükse (makina ne kadar ağırsa), makinanın kazı gücü o kadar yüksektir. İşletmeler çekme kepçeli yürüyen yerkazalarının karşılaştırılmasında ve seçiminde bu göstergeden yararlanabilirler.

## 6. SONUÇLAR

Kepçenin kazı kuvvetini arttırmak, ve kepçenin 1,5 -2 kepçe boyu mesafede dolmasını sağlamak

Çizelge 3. Çekme Kepçeli Yerkazarlarda Kaldırış Kapasitesi ve Karşıt Ağırlık

Makina Modeli	Kepçe Kapasitesi, m <sup>3</sup>	İzin Verilen Kaldırış Kapasitesi, (kanca yükü) Ton	Net Makina Ağırlığı, Ton	Karşıt Ağırlık, Ton	Makina Çalışma Ağırlığı, Ton	Karşıt Ağırlık % (net makina ağırlığına göre) %	Karşıt Ağırlık % (makina çalışma ağırlığına göre) %
P&H 736	15	52	859	195	1054	23	19
P&H 752	30	91	1751	249	2000	14	12
P&H 757	50	147	3236	411	3647	13	11
P&H 9100	75	227	5239	726	5965	14	12



Şekil 6. Makinanın moment (tork) dengesi

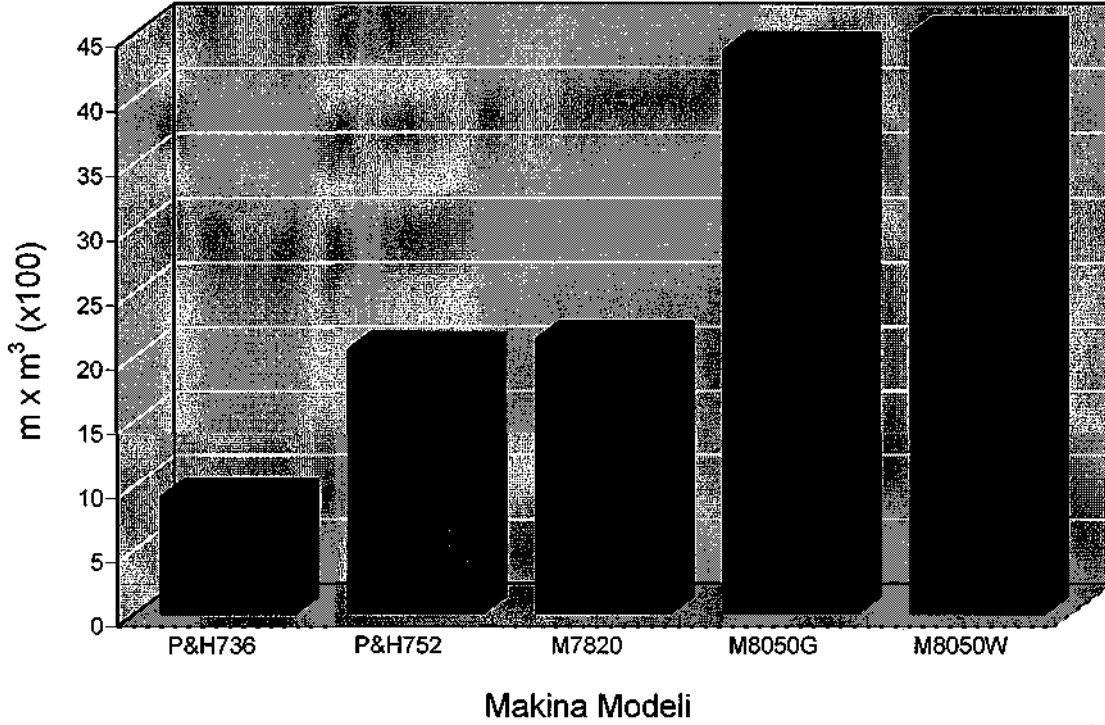
için çektiği halatına. daha fazla kuvvet uygulamak, körelmiş kepçe dişlerini yenileri ile değiştirmek, diş ağız dokanak yüzeyleri daha küçük dişler kullanmak, kazı basamağını daha iyi gevşetmek gibi önlemler alınabilir. En uygun kepçe koparış kuvvetinin sağlanması, kepçenin daha kolay ve kısa sürede doluşu, üretimin artması ve enerji tüketiminin azalması anlamına gelmektedir.

Boş kepçe yoğunluğunun yüksek olmasının kepçenin kayaca saplanması ve makina oturma yüzeyi yukarıdan yapılan kazı çalışmalarında koparış kuvvetine olumlu katkısı

vardır. Ancak, yüksek yoğunluklu kepçelerin makinanın biraz daha büyük kapasiteli kepçe taşıma şansını azalttığı da bilinmelidir. Çektiği kuvvetinin kepçe diş ağızlarında oluşturduğu basınç, kazılan kayaç kütlelerinin kazıya karşı gösterdiği direnci yenmek durumundadır.

Yine makinanın koparış kuvveti ile ilişkili olarak makinanın kaymazlık dengesi ilkelerini anlamamız, makinanın kazı basamağından aşağı düşme tehlikesinin anlaşılması ve önlenmesi bakımından önem taşımaktadır. Makinanın çektiği motorunun kazı sırasında halata uyguladığı kuvvet, ekipman oturma gövdesi ile





Şekil 7. Ülkemizde bulunan bazı çekme kepçeli yerkazalarının MUF-Gösterge değerleri

Çizelge 4. Bazı Çekme Kepçeli Yerkazarlarda Tork ve Eylemsizlik Momenti Değerleri

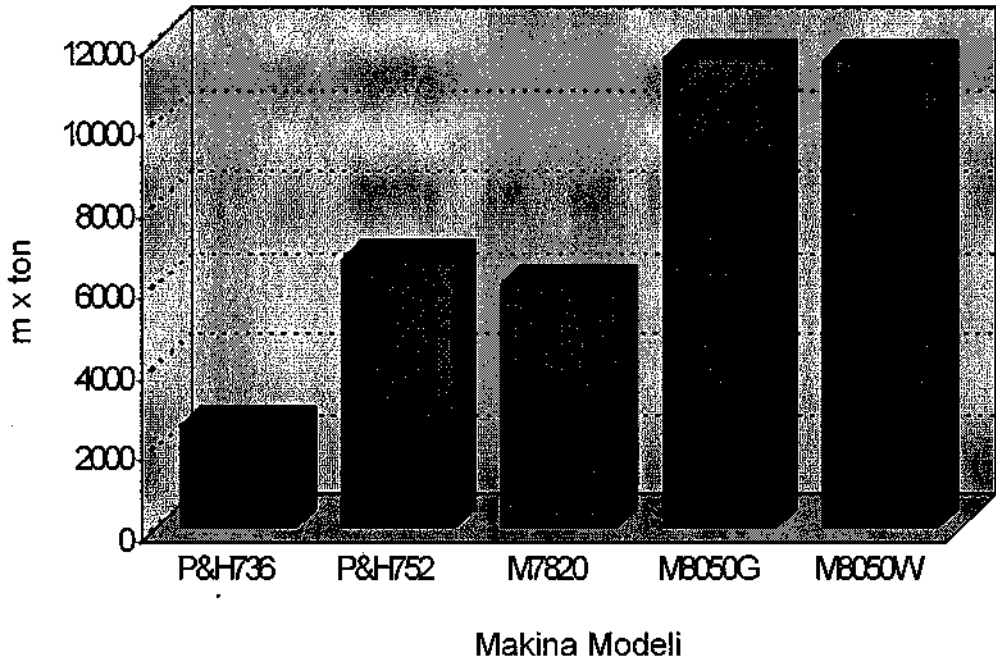
Makina Modeli	Kepçe Kapasitesi, ~ <sup>3</sup> m	Kaldırış Kapasitesi, kN	Makina Çalışma Yarıçapı, M	Makina Torku (M.xMN)	Makina Eylemsizlik Momenti, (MN x m <sup>2</sup> )
P&H 736	15	510 kN	65	33,15	2155
P&H 752	30	892 kN	80	71,36	5709
P&H 757	50	1442 kN	98	141,32	13849
P&H 9100	75	2226 kN	100	222,60	22260

yer arasındaki sürtünme kuvvetini asla yenmemelidir.

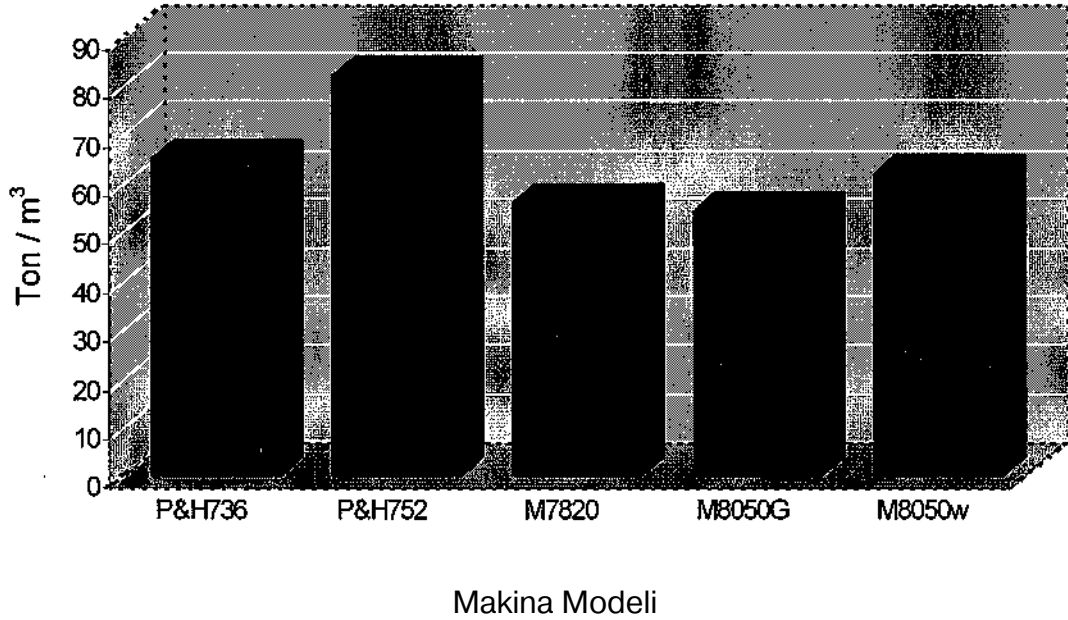
Çekme kepçeli yerkazarlarda kepçe kaldırış kuvveti ve makinanın devrilmezlik mekanizmasını anlamak yaşamsal önem taşımaktadır. Çalışma anında devinik ve durağan yükler ve kuvvetler nedeniyle makinanın dikey kuvvetler, yatay kuvvetler, ve momentler dengesi asla bozulmamalıdır. Kepçe ve donanımı ve

içinde bulunan kayacın ağırlığı toplamı asla Makina kanca yükü kapasitesinin en yüksek değerini geçmemelidir.

Elektrikli yerkazı makinaları elektrik devinimli olduklarından dizel ve hidrolik ekipmanlara göre hareketli paraca sayısı azlığı nedeniyle ekonomik ömürleri daha uzundur. Gerek ekonomik ömürlerinin uzunluğu ve gerekse ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği yüzünden çalışma yaşamları süresince iki üç kez büyük bakım



Şekil 8. Ülkemizde bulunan bazı çekme kepçeli yerkazalarının K-Gösterge değerleri



Şekil 9. Ülkemizde bulunan bazı çekme kepçeli yerkazarlarda denge-dayanıklılık göstergeleri

geçirirler; kepçeleri de duruma göre bir iki kez yenileri ile değiştirilir. Bu büyük bakımlar ve makinanın sökülüp yeni bir işletmede yeniden kurulması gibi durumlar ekipmanın teknolojik olarak güncelleştirilmesi ve çalışma geometrisinin değişen işletme ve uygulama koşullarına göre uydurulması gibi yeni fırsatlar doğurur. Yapımcı firma ile de işbirliği içinde makinanın geometrisinde ve kepçe kapasitesinde aşağıda belirtilenler ışığında değişiklikler yapma fırsatı vardır:

- a. Taşıyıcı kol açısı büyüdükçe yerkazar kanca yük kapasitesi artar.
- b. Makina ağırlığı arttıkça kanca yük kapasitesi artar.
- c. Kayaç yoğunluğu azaldıkça kepçe hacmi büyüyebilir.
- d. Kepçe ve donanımın ölü ağırlığı azaldıkça, kepçe hacmi büyüyebilir.
- e. Taşıyıcı kol açısı arttıkça, çalışma yarıçapı küçüleceğinden eylemsizlik momenti azalır.

#### KAYNAKLAR

Anon, 1990; "Golden Automatic Buckets", Page Engineering Company, Chicago, USA.

Anon, 2000; "P&H Optima Plus Buckets and Dippers", P&H Mining Equipment, Milwaukee, USA.

Chironis. N.P., 1980; " Draglines: Kings of Strippers", Coal Age, (1), 128-138.

Chironis. N.P., 1990; " Utilization Factors Help Estimate Diggability of Excavators", Coal Age, (10), 58-59.

Deslandes, J.V. ve Diğerleri, 1990; "Dragline Performance Monitoring and Control at N.B. Coal Ltd." International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection in Surface Mining, Calgary, Canada, 1-10.

Erdem, B., 1996; " Development of an Expert System for Dragline and Stripping Method Selection in Surface Mines", Ph.D. Thesis, METU, 1996, 383.

Gray, L.B., 1986; " Analysis of a Dragline Slip Failure to Establish Preventure Measures". A paper presented at 1986 American Mining

Congress Coal Convention, Washington DC, USA, 9.

Özdoğan, M., 1994; " Gould Brush Yazıcı ile Bazı TKİ Dragline Yerkazarlarında Yapılan Ölçümler", (Yayımlanmamış).

Özdoğan, M., 2002a; " Interactive Energy Consumption Parameters of Walking Draglines in Turkish Coal Mines" Ph.D.Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 143, (Yayımlanmamış).

Özdoğan, M., 2002b; " Elektrikli Yerkazı Makinalarının Kazı Gücü Etkileyicileri ve Karşılaştırma Ölçütleri" Madencilik, 41, (4), 3-10.

Özdoğan, M., 2003; " Dragline Yerkazarlarda Kepçe Saplanış Mekanizması ve Kuvveti" Madencilik, 42, (1), 17-26.

Steidle, E., 1976; "Role of Draglines and Shovels in Modern Mining", Groundhog 77, (1), Ohio, USA.

**Kiralık Hat**

**Server Ev Sahipliği**

**WWW Ev Sahipliği**

**Mail Ev Sahipliği**

**Anahtar Teslim Projeler**

**VPN / VPDN**

**Elektronik Ticaret**

**Bireysel İnternet**

**E - Faks**

**E - Shop**

**Web Sihirbazı**

**TR.NET**

TÜRKİYE'NİN İNTERNETİ

*Türkiye'nin*

*İlk İnternet Servis*

*Sağlayıcısı* **TR.NET**

*Kurumsal Sektöre*

*Yön Vermeye*

*Devam Ediyor...*

**Web: [www.tr.net](http://www.tr.net)**

**E-mail: [sales@tr.net](mailto:sales@tr.net)**

Merkez: ODTÜ Yerleşkesi, İnönü Bulvarı, 06531, Çankaya/Ankara

İstanbul Ofisi: Halaskargazi Cad. No:351, Kat:6, 80220 Şişli/İstanbul

Tel: +90(212) 233 76 67 Faks: +90(212) 241 13 12

Ankara Ofisi: Vakıfbank Bilgi İşlem Dairesi, Kat:1, Anadolu Bulvarı, Macanköy/Ankara

Tel: +90(312) 591 00 50 Faks: +90(312) 591 00 99