

# KAZILABİLİRLİK VE RİPERLENEBİLİRLİK SINIFLAMA SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ VE YENİ BİR SINIFLAMA SİSTEMİNİN ÖNERİLMESİ

Investigation of Diggability and Rippability Classification Systems and Proposition of a New Classification System

Atilla CEYLANOĞLU\*  
Yavuz GÜL\*\*  
Ayda AKIN\*\*\*

## ÖZET

Bu çalışma kapsamında, öncelikle kazı tasarımı üzerinde etkili olan parametreler açıklanmış ve kazılabilirlik/riperlenebilirlik sınıflama sistemleri ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Bu sınıflama sistemlerinde kullanılan parametreler, parametrelerin kullanım sıklıkları ve ağırlıkları incelenmiştir. Daha sonra, mevcut sınıflama sistemleri değişik kaya birimlerine ait kütle ve malzeme özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu inceleme ve değerlendirmeler ışığında, yeni bir sınıflama sistemi önerilmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Kaya Kütle ve Malzeme Özellikleri, Kazılabilirlik ve Ripperlenebilirlik Sınıflama Sistemleri

## ABSTRACT

Within the scope of this study, initially the parameters effect the digging design had been explained and a literature survey had been conducted on diggability and rippability classification systems. The parameters used in these classification systems and their usage frequencies and weights had been investigated. Then, these classification systems had been evaluated by considering the mass and material properties of different rock units. In the light of this investigation and evaluations, a new classification system was proposed.

**Key Words :** Rock Mass and Material Properties, Diggability and Rippability Classification Systems

---

(\*) Prof. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, SİVAS, aceylan@cumhuriyet.edu.tr

(\*\*) Arş. Gör. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, SİVAS

(\*\*\*) Maden Mühendisi, İSTANBUL

## 1. GİRİŞ

Bilindiği gibi, gerek yeraltı ve açık ocak projelendirme çalışmalarında ve ekipman seçiminde gerekse üretim faaliyetleri sırasında birim operasyonların verimliliğinin ve etkinliğinin artırılmasına yönelik rehabilitasyon çalışmalarında, cevher ve yankayaçların sağlık dereceleri ve kazılabilirliği / riperebilirliği gözönüne alınması gereken önemli parametrelerdendir. Kazılabilirlik, kayaçların buldukları yerden kazı makineleri ile ne ölçüde koparılabilirliklerinin göreceli ifadesidir. Kazılabilirliği sayısal büyüklüklerle ifade edebilmek için yeterli sayıda kazılabilirlik tespiti testlerini yapmak gerekmektedir. Ripereleme, dozerlerin arkalarına takılan çeşitli ripelerin değişik açılarda batırılması ve ilerletilmesi ile kayaçların sökülerek parçalanması olarak tanımlanmaktadır. Riperebilirlik ise; kayaçların ripere dozer ile ne ölçüde sökülerek parçalanabileceğinin göreceli ifadesidir.

Kazılacak cevher veya kayacın kazı makinası ile etkileşimindeki uyumsuzluk üretim seviyesinin düşmesine ve kazı makinasında ciddi arızalara neden olabilmektedir. Ayrıca bir açık işletmenin ekonomikliliğini işletme maliyetlerinden çok yatırım maliyetlerinin belirlediği düşünülecek olursa yüksek maliyetli kazı makinelerinin alınmasından önce cevher ve örtü tabakasının kazılabilirliğini belirleyecek kapsamlı bir ön çalışmanın yapılması gerekmektedir. Örtü tabakasının kazılması açık ocak madenciliğinde en önemli işlemlerden biridir. Kazı için üretilen makinelerdeki son gelişmeler, işletmelere farklı tür, güç ve kapasitelerde çok geniş seçenek imkanları sağlamakla beraber doğru bir kazıcı ekipmanın seçimi büyük önem taşımaktadır. Kazılabilirlik ve riperebilirlik sınıflama sistemleri; esas olarak kaya mühendislik uygulamalarında kullanılan gözleme, ölçüme, deneyime ve mühendislik sezgilerine dayanan görgül bir tasarım yöntemidir. Bir kazıcı makinenin belirli bir formasyonu kazmadaki etkinliğini belirlemenin en ideal yöntemi yerinde deneme kazıları gerçekleştirmektir. Ancak çoğu kez bunu yapabilmek pratik ve mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, araştırmacılar tarafından formasyonun jeolojik ve jeoteknik parametreleri ile açık ocak ekipmanının çalışma kabiliyetlerini ilişkilendirmek ve kazılabilirliğin nicel veya nitel bir kriterini oluşturabilmek için bugüne kadar çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir (Atkinson, 1971; Franklin vd., 1971; Bailey, 1975; Weaver, 1975; Church, 1981; Müftüoğlu, 1983; Smith, 1986;

Singh vd., 1987; Bozdağ, 1988; Paşamehmetoğlu vd., 1988; Karpuz, 1990; Kolleth, 1990; Bölükbaşı vd., 1991; Ceylanoğlu, 1991).

Birçok araştırmacı ön tasarım için pratik olarak kullanılacak en iyi tasarım yönteminin görgül tasarım olduğunu ifade etmektedir. Bu araştırma sonucunda, çeşitli kaya birimlerinin kazılabilirliğinin / riperebilirliğinin belirlenmesinde hızlı, güvenilir ve ekonomik bir şekilde kullanılacak yeni bir sınıflama sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, literatürdeki kazılabilirlik / riperebilirlik sınıflama sistemlerinin araştırılması; uygulama alanlarının, kullandıkları parametrelerin ve puanların dikkate alınarak incelenmesi ve değişik kaya birimlerine ait kütle ve malzeme özellikleri kullanılarak değerlendirilmesine çalışılmıştır. Bu inceleme ve değerlendirmeler ışığında, yeni bir sınıflama sistemi geliştirilmiştir.

## 2. KAZI TASARIMI

Teknik, ekonomik ve emniyet açısından iyi ve güvenilir bir kazı tasarımı üzerinde etkili olan pek çok parametre söz konusudur. Bu parametreleri üç temel unsur altında aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

### i. Kaya birimlerinin kütle ve malzeme özellikleri

- Kaya türü (magmatik, metamorfik ve sedimanter)
- Kaya yapısı
  - Süreksizliklerin (faylar, kıvrımlar, makaslama zonları, eklemler ve tabakalanma düzlemleri vb.):
    - Aralığı
    - Durumu (devamlılık ve pürüzlülük)
    - Konumu (doğrultu ve eğim yönü)
- Ayrışma derecesi
- Sismik (P-dalga) hız
- Empedans
- Birim hacim ağırlık
- Nem içeriği
- Kil içeriği
- Aşındırıcılığı
- Tane boyutu
- Kırılganlık ve kristal yapısı
- Basınç, çekme ve darbe dayanımları
- Sertlik

### ii. Kazı makinası ya da ripere dozer özellikleri

- Güç

- Enerji tüketimi
- Kepçe kapasitesi yada riper türü, sayısı, şekli ve boyutu
- Diğer teknik özellikler ve operatör tecrübesi

### iii. Kazı geometrisi

- Basamak yüksekliği ve eğimi
- Basamak genişliği
- Kazı derinliği ve aralığı
- Kazı yönü

Günümüzde kazılabilirliği ve riperebilirliği tam olarak ölçen bir ölçüt mevcut değildir. Ancak aşağıdaki hususların incelenmesi ile kazılabilirlik hakkında önemli bilgiler elde edilebilmektedir.

- Civarda benzer kayalarda yapılan kazılar.
- Yerinde yapılan deneme kazıları
- Kaya numuneleri üzerinde yapılan kaya mekaniği laboratuvar deneyleri.
- Sahada yapılan sismik (P-dalga) hız belirleme deneyleri.
- Mevcut kazılabilirlik ve riperebilirlik sınıflama sistemlerinde öngörülen parametrelerin belirlenerek kaya birimlerinin bu sınıflama sistemlerine göre değerlendirilmesi.

Bugüne kadar birçok kaya malzeme sınıflamaları ve kazılabilirlik/riperlenebilirlik sınıflama sistemleri geliştirilmiş (Atkinson, 1971; Bailey, 1975; Bieniawski, 1993; Bozdağ, 1988; Ceylanoğlu, 1991; Deere ve Miller, 1966; ISRM, 1981; Karpuz, 1990; Müftüoğlu, 1983; Paşamehmetoğlu vd., 1988; Singh vd., 1986; Singh vd., 1987; Smith, 1986; Weaver, 1975 ) ve değişik başarı dereceleri ile uygulanmışlardır.

### 3. KAZILABİLİRLİK VE RİPERLENEBİLİRLİK SINIFLAMA SİSTEMLERİ

Kazılabilirlik ve riperebilirlik üzerine yapılan literatür araştırması konuya ilişkin bilimsel araştırma ve yayın sayısının 1980'li yıllardan sonra giderek arttığını göstermiştir. 1971 yılında konuya ilişkin ilk çalışmalardan birini gerçekleştiren Atkinson, arazide belirlenmiş sismik hıza (P-dalga) göre bazı kazı araçlarının performanslarını sınıflandırmıştır. Franklin ve arkadaşları (1971) karotlar üzerine yaptıkları bir çalışmada geliştirdikleri kazılabilirlik sınıflamasında, nokta yükü dayanımı ve çatlaklar arası uzaklık gibi iki temel parametreyi kullanmışlardır. Ancak bu

sistemin kazı aracının tipi ve kapasitesi dikkate alınmadan doğrudan kullanımı yanlış seçimlere neden olabilmektedir. Bu nedenle, bu yaklaşım yalnızca kazılabilirlik sınıflamalarına örnek bir uygulama olarak değerlendirilmektedir. Caterpillar ve Komatsu gibi bazı buldozer-riper yapımcısı firmalar tarafından riperebilirlik abakları yayınlanmıştır. Bu abaklarda arazide belirlenmiş sismik dalga hızları (P-dalga) esas alınarak kayaç ve buldozer-riper türüne göre riperebilirlik sınıflamaları yapılmıştır. Bu sınıflamalarda, P-dalga hızı değeri arttıkça seçilecek buldozer-riper tipinin ağırlık ve motor gücü değerinin de artırılması öngörülmüştür. Yine Bailey (1975) ve Church (1981) tarafından yalnızca sismik hız göz önüne alınarak riperebilirlik sınıflaması geliştirilmiştir. Ancak bu tür sınıflamalarda tek bir parametrenin (sismik hız) esas alınmış olması yapılan değerlendirmenin güvenilirliği konusunda bazı endişeleri beraberinde getirmektedir. Ayrıca içerisinde boşluklar bulunan bir formasyonda ölçülecek sismik hız değerinin ortamda su bulunup bulunmamasına göre farklılık göstereceği de unutulmamalıdır.

Weaver (1975) geliştirdiği riperebilirlik abasında bazı kaya özelliklerinin ağırlıklı puanlamasını kullanmıştır. Bu sınıflamada; sismik hız, kaya sertliği, ayrışma derecesi, eklem arası mesafe, eklem sürekliliği, eklem açıklığı, doğrultu ve yatım yönü parametreleri puanlama usulü değerlendirilerek riperebilirliğin tanımı yapılmış ve uygun buldozer-riper tipi önerilmiştir. Weaver'ın bu yaklaşımı birden çok parametreyi dikkate alması nedeniyle daha güvenilir bir sınıflama olmakla beraber eklem sürekliliği, açıklığı, doğrultu ve yatım yönü gibi parametrelerin işletmenin planlama safhasında (kazı öncesi) tespit edilmesi önemli zorlukları beraberinde getirmektedir. Kristen (1982) geliştirdiği kazılabilirlik sınıflandırmasında; kaya kütle dayanımı, blok boyutu, zeminin yapısal durumu ve eklem dayanımının yer aldığı sekiz bölümlü bir sistem kullanmıştır. Bu sınıflama sistemi daha çok ripereleme üzerine yoğunlaşmakla beraber sistemdeki bölümler arasındaki sınır değerleri logaritmik olarak ifade edildiğinden çok geniş aralıktır. Ayrıca kullanılan parametrelerin bir kısmının işletme faaliyetleri başlamadan (kazı öncesi) tespit edilmesi pratik olarak mümkün gözükmemektedir. Bu haliyle bu sınıflandırma madencilikten çok, sığ derinliklerde yapılacak inşaat öncesi kazılara hitap etmektedir. Müftüoğlu (1983) İngiltere'deki birçok açık ocak işletmesinde kazılabilirliğin belirlenmesine

yönelik yaptığı çalışmada; ayrışma derecesi, tek eksenli basınç dayanımı, eklemler arası mesafe ve katmanlaşma kalınlığı gibi jeoteknik parametreleri sistematik bir şekilde kullanmıştır. Bu parametrelerin puanlanmasından elde edilen yedi ayrı sınıf oluşturularak bir kazılabilirlik sınıflaması yapılmıştır (Scoble ve Müftüoğlu, 1984). Ancak bu sınıflandırma sisteminin değişik şartlar taşıyan farklı ülkelerde gerekli düzenlemelerin yapılmadan uygulanması önerilmemektedir. Smith (1986), Weaver (1975) riperebilirlik abağında bazı değişiklikler yaparak yeniden düzenlemiş ve riperebilirlik indeksine ve sismik hıza bağlı riperebilirlik seçimi önermiştir. Singh ve arkadaşları (1987) beş değişik parametreyi kullanarak bir riperebilirlik sınıflaması geliştirmişlerdir. Tek eksenli basınç dayanımı, ayrışma derecesi, sismik hız, süreksizlikler arası mesafe ve kayanın aşındırma özelliği parametreleri ağırlıklı puanlandırılmıştır. Bu sınıflamaya kayanın aşındırma derecesinin dahil edilmesi önem taşımaktadır. Paşamehmetoğlu ve arkadaşları (1988) iki yıl süreyle TKİ ocaklarında 284 adet ayrı özel durum çalışmasını içeren oldukça geniş çaplı bir arazi çalışması yapmışlar ve bu ölçümlerin ışığında puanlama düzenine dayalı bir sınıflama sistemi geliştirmişlerdir. Bu sınıflama sisteminde farklı ocakları kapsayan önemli sayıda ölçümün kullanılmış olması, bu sınıflamayı diğerlerine göre etkin kılmaktadır. Ceylanoğlu (1991) TKİ ocaklarını kapsayan ve iki yıl süren çalışmasının sonucunda özgül kazı enerjisine (tüketilen kazı enerjisinin yerinde malzeme miktarına oranı) dayanan bir sınıflama sistemi geliştirmiştir. Bu sınıflamanın geliştirilmesinde etkin bir performans izleme sisteminin ve özgül kazı enerjisi gibi kazı zorluğu ile doğrudan ilişkili bir parametrenin kullanılmış olması ekonomik yönden de önem taşımaktadır. Diğer yandan, Kollet (1990) kazılacak materyalin tek eksenli basınç dayanımını dikkate alarak kazı makinalarının uygulanabilirliklerini ortaya koymaya çalışmıştır. Ancak tek parametrenin kullanılmış olması nedeniyle bu değerlendirme yetersiz kalmaktadır. Koncagül (1997) laboratuvar standart şartlarda doğrudan kaya kesimi yaparak döner kepçeli ekskavatörler için yeni bir kazılabilirlik kriteri geliştirmiştir. Bu amaçla, laboratuvar TKİ Elbistan Linyit Madenleri İşletmesi'nin kömür ve ana kayaçları üzerinde kaya kesimi (O&K wedge) deneyleri yapmıştır. Ayrıca döner kepçeli ekskavatörlerin performanslarının ölçülmesi için bir veri toplama sistemi kurmuş ve TKİ Elbistan Linyit Madenleri İşletmesi'nde ölçümler yapmıştır. Laboratuvar kesme spesifik enerjisi ile özgül

kazı enerjisi arasında bazı ilişkiler geliştirmiş ve döner kepçeli ekskavatörlerin kazılabilirliğinin belirlenmesinde laboratuvar kesme spesifik enerjisinin (MJ/m<sup>3</sup>) kullanılmasını önermiştir. Başarır, Karpuz ve Bozdağ (2000) TKİ Tunçbilek Kömür Madeni'nde yaptıkları riperebilirlik testlerinin sonuçlarını yayınlamışlardır. Öncelikle Komatsu D15 ve Caterpillar D8N tipi dozerler kullanılarak Türkiye Kömür İşletmeleri Tunçbilek Kömür Madeni'nde dört farklı panelde riperebilirlik çalışmaları sırasında herbir manevranın uzunluğu, riperebilirlik derinliği, işlem sırasındaki riperebilirlik derinliği, manevralar arasındaki ortalama genişlik, riperebilirlik zamanı ve manevra zamanı ölçülmüş ve saatlik üretimleri hesaplanmıştır. Daha sonra, dolaylı riperebilirlik belirleme metodlarına göre dört panelin riperebilirlikleri belirlenmiştir. Doğrudan ve dolaylı riperebilirlik belirleme metodları karşılaştırılmış, tartışılmış ve sonuçlar TKİ Tunçbilek panellerinin riperebilirlik tayininde kullanılmıştır.

#### **4. YENİ BİR SINIFLAMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

##### **4.1. Mevcut Sınıflama Sistemlerinde Kullanılan Parametrelerin Değerlendirilmesi**

Bu çalışmada, literatürdeki sınıflama sistemlerinden dokuz tanesi üzerinde kullanılan parametreler açısından bir değerlendirme yapılmıştır. Bu sınıflama sistemlerinde kullanılan parametrelerin ne kadar sıklıkla kullanıldıkları (frekansları) belirlenmiş ve bu parametrelerin kazılabilirlik ve riperebilirlik tayininde ne derecede etkin olduklarını tespit etmek için yer aldıkları tüm sınıflama sistemleri gözönünde bulundurularak ortalama ağırlıkları hesaplanmıştır (Çizelge 1). Bu değerlendirme sonucunda sismik hız 6 tercih frekansı ve % 41 ağırlıkla en çok kullanılan ve en etkin parametre olarak ilk sırada yer almış, onu 6 frekans, % 24 ağırlıkla çatlak aralığı ve 4 frekans, % 13 ağırlıkla tek eksenli basınç dayanımı takip etmiştir.

##### **4.2. Değişik Kaya Birimlerine Ait Bazı Kütle ve Malzeme Özellikleri**

Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Maden İşletme Anabilim Dalı'nda bugüne kadar yapılmış bazı çalışmalardan (Ceylanoğlu, 1995; Ceylanoğlu vd.

Çizelge 1. Sınıflama Sistemlerinde Kullanılan Parametrelerin Frekansları ve Ağırlıkları.

SIRA	PARAMETRELER	TERCİH* FREKANSI	AĞIRLIK (%)
1	Sismik Hız	6	41
2	Çatlak Aralığı(Eklem Aralığı)	6	24
3	Tek Eksenli Basınç Dayanımı	4	13
4	Kaya Ayrışması(Ayrışma derecesi)	4	7
5	Kaya Sertliği	3	5
6	Doğrultu ve Yatım Yönü	2	3
7	Eklem Dolgusu	2	1
8	Eklem Sürekliliği	2	1
9	Katmanlaşma Kalınlığı	1	3
10	Aşındırma Derecesi	1	2

\* 9 Adet Sınıflama Sistemi (Franklin ve Ark., Atkinson, Bailey, Church, Weaver, Smith, Müftüoğlu, Singh ve Ark., Paşamehmetoğlu ve Ark.) dikkate alınarak yapılmıştır.

1996; Ceylanoğlu ve Durutürk, 1999; Gül, 2006) değişik kaya birimlerine ait arazi ve laboratuvar sonuçları derlenmiştir (Akın, 2006). Arazi çalışması; jeoteknik tanımı (renk, ayrışma derecesi, süreksizlik sistemleri ve özellikleri), Schmidt çekici testini, nokta yükleme testini, kaya birimlerinin sismik hızlarının ölçümünü içermektedir. Kaya malzemesinin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için araziden getirilen temsili blok numunelerden alınan karotlar üzerinde Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği'nin (ISRM) öngördüğü standartlara uyularak (ISRM, 1981) aşağıda sıralanan deneyler yapılmıştır.

- Yoğunluk belirleme deneyi
- Nem oranı belirleme deneyi
- Suda dağılma dayanımı deneyi
- Darbe dayanımı deneyi
- Dolaylı çekme dayanımı deneyi
- Tek eksenli basınç dayanımı deneyi
- Üç eksenli basınç dayanımı deneyi
- Tek eksenli deformabilite deneyi

Kaya kütle özelliklerini belirlemeye yönelik olarak yapılan arazi gözlem ve ölçüm sonuçları Çizelge 2'de laboratuvar deney sonuçları ise Çizelge 3'de verilmektedir.

#### 4.3. Kaya Birimlerinin Mevcut Sınıflama Sistemlerine Göre Değerlendirilmesi

Arazi ve laboratuvar çalışma sonuçları derlendikten sonra, değişik kaya birimleri mevcut kazılabilirlik ve riperebilirlik sınıflama sistemlerine (Bailey,

1975; Church, 1981; Weaver, 1975; Müftüoğlu, 1983; Singh ve Ark., 1987; Smith, 1986; Paşamehmetoğlu ve Ark., 1988; Franklin ve Ark., 1971) göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çalışılan kaya birimlerinden elde edilen parametreler, sözkonusu sınıflama sistemlerindeki parametre sayısı, özelliği ve önemi gözönüne alınarak yarım matrix yöntemi yardımı ile mukayese edilmiş, öncelik ve ağırlıkları belirlenmiştir (Çizelge 4). Çizelge 5'de verilen kazı zorluğu sınıfları dikkate alınarak Çizelge 4'de verilen ağırlıklar kullanılarak çalışılan her bir kaya birimi için nihai bir değerlendirme yapılmış ve ağırlıklı kazı zorluğu sınıfı değerleri bulunmuştur (Çizelge 6).

#### 4.4. Yeni Bir Sınıflama Sisteminin Önerilmesi

Mevcut sınıflama sistemlerinde kullanılan parametrelerin sıklığı ve ağırlıkları, değişik kaya birimlerine ait kütle ve malzeme özellikleri ve bu kaya birimlerinin mevcut sınıflama sistemlerine göre değerlendirme sonuçları dikkate alınarak yeni bir sınıflama sistemi geliştirilmiştir. Bu sınıflama sisteminde sismik hız, çatlak aralığı, tek eksenli basınç dayanımı, ayrışma derecesi, sertlik olmak üzere beş parametre önerilmiştir. Bu sınıflamada kaya birimleri toplam 100 puan üzerinden değerlendirilmektedir (Çizelge 7). Önerilen sınıflama sisteminde kullanılan beş parametrenin ağırlıkları (puanları) ve değer aralıkları mevcut sınıflama sistemleri ve değişik kaya birimlerine ait kazılabilirlik değerlendirme sonuçları (Çizelge 6) dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Değişik Kaya Birimlerine Ait Arazi Gözlem ve Ölçüm Sonuçları (Ceylanoğlu, 1995; Ceylanoğlu vd., 1996; Ceylanoğlu ve Durutürk, 1999; Gül, 2006).

İşletme	Kaya Birimi (Kod No)	Jeoteknik Tanım	Schmidt Çekici Sertliği (N-Tipi)	Nokta Yükleme Dayanımı $I_{s(50)}$ (kg/ cm <sup>2</sup> )	Sismik Hız (m/sn)
	Toprak (1)	Tümüyle ayrılmış toprak.	-	-	450
Sivas Divriği Demir Açık İşletmesi	Manyetit (2)	Siyahimsi gri, süreksizlik yüzeylerinde ve üst kısımlarda hafif oksitlenme, üst kısımlar az derecede ayrılmış, alt kısımlar taze, su durumu; kuru, süreksizlik aralığı 2-4 m, devamlılığı 0.6-1 m, 3 eklem seti (K25°B, K15°B, K10°B), düz-basamaklı pürüzlü.	52.50± 2.12	70.65± 23.42	651
	Siyenit (3)	Gri siyah benekli, süreksizlik yüzeylerinde sarımsı, ayrışma durumu; taze, su durumu; kuru, iki adet eklem takımı, K20°B ve K40°B yönünde, oldukça kırıklı ve çatlaklı, süreksizlik aralığı 0.3-0.5 m, devamlılığı 0.2-1 m, süreksizlik açıklığı 1-3 mm, sert dolgu, düz-düzlemsel pürüzlü.	62.10± 3.35	148.55± 28.83	752
	Serpantin (4)	Yeşilimsi gri, az derecede ayrılmış, kuru, süreksizlik aralığı 1.5 - 2.5 m, devamlılığı 0.5-1.5 m, düz-basamaklı pürüzlü.	49.90± 2.13	50.80± 15.91	718
	Silisli Kalker (5)	Kahverengimsi, az derecede ayrılmış. Düzensiz eklem takımı, ortalama süreksizlik aralığı 50-200 cm. Devamlılık ortalama 70 cm, düz.	59±2.98	17.78±5.60	2450
	Jips (6)	Açık gri, eklem yüzeylerinde kahverengimsi, az derecede ayrılmış, aynaya dik olan 1. eklem seti: 60-70°, yatay olan 2. eklem seti: 15° eğimde, ort. ekl. aralığı: 4.4 m, az pürüzlü.	33.60±2.07	19.67± 6.47	1826
Barit Maden Türk A.Ş. Sivas- Ulaş Sölestit Açık İşletmesi	Üst Seviye Sölestit (7)	Gri-kahverengimsi, orta derecede ayrılmış. Ortalama eklem aralığı: 0.7 m., pürüzlü-dalgalı.	38.40±6.59	0.78±0.34	1359
	Anhidrit (8)	Gri, taze. Ortalama eklem aralığı: 7.0 m., düz.	36.56±2.56	7.20±2.14	2426
	Alt Seviye Sölestit (9)	Açık kahverengi. Orta-ileri derecede ayrılmış. Ortalama eklem aralığı: 0.7 m., pürüzlü, dalgalı.	-	0.46±0.08	970
Kangal Kömür Açık İşletmesi	Kireçtaşı (10)	Açık gri, süreksizlik yüzeylerinde ve yer yer kahverengimsi, az derecede ayrılmış, su durumu; kuru, oldukça kırıklı ve çatlaklı, süreksizlik aralığı 0.5-1.5 m, devamlılığı 1-1.5 m, süreksizlik açıklığı 2-20 mm, dolgu yok, dalgalı pürüzlü.	56.30± 2.31	46.71± 8.65	1006
	Killi Kireçtaşı (11)	Krem, yer yer açık kahverengimsi, orta derecede ayrılmış, nemli, süreksizlik aralığı 0.3-1.5 m, devamlılığı 0.3-0.8 m, süreksizlik açıklığı 1-2 mm, dolgu yok, dalgalı pürüzlü.	35.80±3.19	27.76± 10.75	814
Eskişehir Karaburhan Krom Açık Ocağı	Gabro (Tavantaşı) (12)	Genelde kahverengimsi, yer yer yeşilimsi gri görünümlü, orta derecede ayrılmış, düzensiz eklem takımı, süreksizlikler arası ortalama mesafe 40 cm, nem durumu kuru, patlatma sonrası ortalama blok boyutu 30*40*50 cm.	35.00±6.93	2.42±0.43	2265
	Krom (13)	Cevherleşmenin yoğun olduğu yerlerde kurşuni, sınır bölgelerinde sarımsı görünümde. Orta derecede ayrılmış, düzensiz eklem takımı, cevher bantlı (1-30 cm), nem durumu kuru. Kazı sonucunda ortalama blok boyutu 30*40*30 cm olup, yaklaşık %40'ı 10 cm altında.	16.50±3.92	2.61±0.22	2035
	Dunit (Tabantaşı) (14)	Genelde kahverengimsi, yer yer yeşilimsi gri görünümlü, genelde az derecede ayrılmış, düzensiz eklem takımı, süreksizlikler arası ortalama mesafe 40 cm ve eğimleri yaklaşık N 45°. Yer yer manyetit bantları ve ezik zonlar görülmektedir. Dalgalı-düz pürüzlülükte, nem durumu kuru. Ortalama blok boyutu 30*40*40 cm.	46.70±4.30	2.08±0.59	2320

Çizelge 3. Değişik Kaya Birimlerine Ait Kaya Mekanik Laboratuvar Denev Sonuçları (Ceylanoğlu, 1995; Ceylanoğlu vd., 1996; Ceylanoğlu ve Durutürk, 1999; Gül, 2006).

İşletme	Kaya Birimi (Kod No)	Mineral Tane Yođunluđu (gr/cm <sup>3</sup> )	Dođal Birim Hacim Ağrılık (gr/cm <sup>3</sup> )	Kuru Birim Hacim Ağrılık (gr/cm <sup>3</sup> )	Gözeneklilik %	Nem Oranı %	Dolaylı Çekme Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	Darbe Dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	Suya Dayanım İndeksi (I <sub>sw</sub> ) (%)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	Kohezyon (kg/cm <sup>2</sup> )	İşsel Sürünme Açısı (°)	Shore Sertliği	Elastisite Modülü (E <sub>1</sub> , GPa)	Poisson Oranı (ν <sub>1</sub> )
Toprak (1)															
	Manyetit (2)	4.769	4.674±0.106 (4.55-4.82)	4.663	2.223	0.136	68.84±20.02 (49.19-96.48)	.....	.....	786.19±71.08 (695.06-6)	263.250	22.40	84.80±4.69	53.495	0.382
	Siyenit (3)	2.704	2.671±0.011 (2.65-2.69)	2.651	2.330	0.173	93.91± (63.9-132.7)	.....	.....	1146.8±219.03 (929.2-1504.68)	182.019	54.80	105.0±4.45	58.715	0.437
Sivas Divriği	Demir Açık İşletmesi (4)	2.923	2.867±0.044 (2.80-2.93)	2.860	2.155	0.222	61.69±12.44 (52.86-83.13)	.....	.....	530.98±126.39 (405.55-672.44)	168.528	25.20	50.0±10.27	38.283	0.265
	Silili Kalker (5)	2.697	.....	.....	.....	0.1	6.74	12.987	99.53	63.52	23.48	39.37	.....	38.42	0.324
	Jips (6)	2.960	2.300±0.052 (2.23-2.36)	2.00	32.43	14.26	24.74±7.70 (13.30-31.05)	.....	.....	149.33±72.33 (91.58-229.56)	40.717	32.80	27.50±2.55	23.035	0.179
Barıt Maden Türk A.Ş.	Üst Seviye Sölesit (7)	3.567±0.129 (3.27-3.61)	.....	.....	.....	1.9	1.54±0.42 (0.8-2.3)	5.71±2.42 (3.71-9.88)	87.36±4.507 (84.0-94.0)	18.84±6.420 (11.1-35.5)	11.56	29.34	.....	3.90	0.339
Sivas- Ulaş Sölesit Açık İşletmesi	Amhidrit (8)	2.764±0.049 (2.66-2.79)	.....	.....	.....	3.1	8.68±0.82 (7.4-10)	3.92±2.66 (0.53-9.61)	98.17±0.200 (98.0-98.4)	64.55±13.82 (39.4-87.0)	14.81	44.84	.....	53.86	0.282
	Aıt Seviye Sölesit (9)	2.609±0.132 (2.53-2.88)	.....	.....	.....	5.0	1.57±0.37 (1.1-2.3)	8.39±2.13 (6.46-12.06)	90.56±2.219 (87.3-92.0)	9.16±3.021 (5.1-15.7)	0.91	31.05	.....	3.90	0.339
Kangal Kömür Açık İşletmesi	Kireçtaşı (10)	2.670	2.421±0.049 (2.32-2.50)	2.351	11.948	1.218	31.66±1.84 (29.71-33.79)	.....	.....	347.36±155.34 (171.70-590.99)	75.204	43.20	66.40±4.06	36.002	0.229
	Kili Kireçtaşı (11)	2.630	2.382±0.059 (2.24-2.44)	2.287	13.042	3.777	24.65±6.87 (15.98-32.39)	.....	.....	176.64±82.31 (91.48-290.54)	37.495	44.00	46.00±2.98	30.195	0.183
Eskişehir Karaburhan Krom Açık Ocağı	Gabro (Tavanteaşı) (12)	2.890±0.014 (2.86-2.912)	.....	.....	.....	0.26	24.03±2.09 (21.07-27.15)	60.936±36.525 (21.39-109.53)	.....	269.75±66.68 (170.08-310.62)	.....	.....	87.90	51.80	0.246
	Krom (13)	2.819±0.055 (2.781-2.92)	.....	.....	.....	2.01	2.72±0.84 (1.42-3.84)	3.915±2.810 (0.513-7.604)	97.88 (97.7-98.03)	35.32±0.44 (35.02-35.63)	12.30	35.38	42.50±9.84	12.50	0.413
	Dunit (Tabanteaşı) (14)	2.366±0.041 (2.32-2.477)	.....	.....	.....	4.17	6.91±1.91 (5.05-10.40)	5.693±3.018 (1.725-9.332)	99.40 (99.3-99.4)	44.17±17.60 (22.28-66.05)	9.38	41.60	50.70±10.13	12.64	0.337

Çizelge 4. Kazı Zorluğu Sınıfı Seçimine Yönelik Kriter Öncelikleri ve Ağırlıkları.

A	F	B	C	W	M	S <sub>m</sub>	S <sub>i</sub>	P		Kazılabilirlik Sınıflama Sistemleri	Tercih Frekansı (W)	Tercih Sırası (R)	Ağırlık (%) (G)
1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	ATKINSON (A)	1	9	3
	2	3	4	5	6	7	8	9	2	FRANKLIN (F)	2	8	5
		3	4	5	6	7	8	9	3	BAILEY (B)	3	7	7
			4	5	6	7	8	9	4	CHURCH (C)	4	6	9
				5	6	7	8	9	5	WEAVER (W)	5	5	13
					6	7	8	9	6	MÜFTÜOĞLU (M)	6	4	11
						7	8	9	7	SMITH (S <sub>m</sub> )	7	3	15
							8	9	8	SINGH VE ARK. (S)	8	2	17
								9	9	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.(P)	9	1	20

$$(n = \text{Kriter sayısı}; R = n+1-W; G = (2*(n+1-R)) / (n(n+1)))$$

Çizelge 5. Kazı Sınıfı Değerleri (Ceylanoğlu, 1995)

KOLAY	ORTA	ORTA-ZOR	ZOR	ÇOK ZOR
1	2	3	4	5
Doğrudan kazı		Patlatma gerekli		

Çizelge 6. Kaya Birimlerinin Kazılabilirlik Tayini.

KAYA BİRİMİ (Kod No)	KAZILABİLİRLİK SINIFLAMA SİSTEMLERİ	KAZI ZORLUĞU SINIFI	AĞIRLIK DEĞERİ	AĞR. KAZI ZORLUĞU SINIFI (DEĞERİ)
TOPRAK (1)	ATKINSON	KOLAY	1	0.03
	FRANKLİN	KOLAY	1	0.05
	BAILEY	KOLAY	1	0.07
	CHURCH	KOLAY	1	0.09
	WEAVER	KOLAY	1	0.13
	MÜFTÜOĞLU	KOLAY	1	0.11
	SMITH	KOLAY	1	0.15
	SINGH VE ARK.	KOLAY		0.17
	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	KOLAY	1	0.2
MANYETİT (2)	ATKINSON	KOLAY	1	0.03
	FRANKLİN	ZOR	4	0.05
	BAILEY	KOLAY	1	0.07
	CHURCH	KOLAY	1	0.09
	WEAVER	ÇOK ZOR	5	0.13
	MÜFTÜOĞLU	ÇOK ZOR	5	0.11
	SMITH	ZOR	4	0.15
	SINGH VE ARK.	ÇOK ZOR	5	0.17
	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA-ZOR	3	0.2



Çizelge 6. Devamı.

KAYA BİRİMİ (Kod No)	KAZILABİLİRLİK SINIFLAMA SİSTEMLERİ	KAZI ZORLUĞU SINIFI		AĞIRLIK DEĞERİ	AĞR. KAZI ZORLUĞU SINIFI (DEĞERİ)
<b>SIYENİT</b> (3)	ATKINSON	KOLAY	1	0.03	<b>ORTA</b> - <b>ZOR</b>  (3)
	FRANKLİN	ORTA-ZOR	3	0.05	
	BAILEY	KOLAY	1	0.07	
	CHURCH	KOLAY	1	0.09	
	WEAVER	ZOR	4	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	ORTA-ZOR	3	0.11	
	SMITH	ZOR	4	0.15	
	SINGH VE ARK.	ZOR	4	0.17	
PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA-ZOR	3	0.2		
<b>SERPANTİNİT</b> (4)	ATKINSON	KOLAY	1	0.03	<b>ORTA</b> - <b>ZOR</b>  (3)
	FRANKLİN	ZOR	4	0.05	
	BAILEY	KOLAY	1	0.07	
	CHURCH	KOLAY	1	0.09	
	WEAVER	ZOR	4	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	ÇOK ZOR	5	0.11	
	SMITH	ZOR	4	0.15	
	SINGH VE ARK.	ZOR	4	0.17	
PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA-ZOR	3	0.2		
<b>SİLİSLİ KALKER</b> (5)	ATKINSON	ÇOK ZOR	5	0.03	<b>ZOR</b>  (4)
	FRANKLİN	ÇOK ZOR	5	0.05	
	BAILEY	ÇOK ZOR	5	0.07	
	CHURCH	ÇOK ZOR	5	0.09	
	WEAVER	ÇOK ZOR	5	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	ORTA-ZOR	3	0.11	
	SMITH	ZOR	4	0.15	
	SINGH VE ARK.	ZOR	4	0.17	
PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA-ZOR	3	0.2		
<b>JİPS</b> (6)	ATKINSON	ZOR	4	0.03	<b>ZOR</b>  (4)
	FRANKLİN	ZOR	4	0.05	
	BAILEY	ZOR	4	0.07	
	CHURCH	ZOR	4	0.09	
	WEAVER	ÇOK ZOR	5	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	ÇOK ZOR	5	0.11	
	SMITH	ÇOK ZOR	5	0.15	
	SINGH VE ARK.	ÇOK ZOR	5	0.17	
PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA-ZOR	3	0.2		
<b>ÜST SEVİYE SÖLESTİT</b> (7)	ATKINSON	ORTA	2	0.03	<b>ORTA</b>  (2)
	FRANKLİN	KOLAY	1	0.05	
	BAILEY	ORTA	2	0.07	
	CHURCH	ORTA-ZOR	3	0.09	
	WEAVER	ZOR	4	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	KOLAY	1	0.11	
	SMITH	ZOR	4	0.15	
	SINGH VE ARK.	ORTA	2	0.17	
PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA	2	0.2		
<b>ANHİDRİT</b> (8)	ATKINSON	ÇOK ZOR	5	0.03	<b>ÇOK ZOR</b>  (5)
	FRANKLİN	ÇOK ZOR	5	0.05	
	BAILEY	ÇOK ZOR	5	0.07	
	CHURCH	ÇOK ZOR	5	0.09	
	WEAVER	ÇOK ZOR	5	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	ÇOK ZOR	5	0.11	
	SMITH	ÇOK ZOR	5	0.15	
	SINGH VE ARK.	ÇOK ZOR	5	0.17	
PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA-ZOR	3	0.2		

Çizelge 6. Devamı.

<b>ALT SEVİYE SÖLESTİT (9)</b>	ATKINSON	ORTA	2	0.03	<b>ORTA  (2)</b>
	FRANKLİN	KOLAY	1	0.05	
	BAILEY	ORTA	2	0.07	
	CHURCH	KOLAY	1	0.09	
	WEAVER	ZOR	4	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	KOLAY	1	0.11	
	SMITH	ZOR	4	0.15	
	SINGH VE ARK.	ORTA	2	0.17	
	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	KOLAY	1	0.2	
<b>KİREÇTAŞI (10)</b>	ATKINSON	KOLAY	1	0.03	<b>ORTA - ZOR  (3)</b>
	FRANKLİN	ZOR	4	0.05	
	BAILEY	KOLAY	1	0.07	
	CHURCH	KOLAY	1	0.09	
	WEAVER	ZOR	4	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	ZOR	4	0.11	
	SMITH	ZOR	4	0.15	
	SINGH VE ARK.	ZOR	4	0.17	
	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA-ZOR	3	0.2	
<b>KİLLİ KİREÇTAŞI (11)</b>	ATKINSON	ORTA	2	0.03	<b>ORTA - ZOR  (3)</b>
	FRANKLİN	ORTA-ZOR	3	0.05	
	BAILEY	ORTA	2	0.07	
	CHURCH	KOLAY	1	0.09	
	WEAVER	ZOR	4	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	ORTA-ZOR	3	0.11	
	SMITH	ORTA	2	0.15	
	SINGH VE ARK.	ZOR	4	0.17	
	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA	2	0.2	
<b>GABRO (TAVANTAŞI) (12)</b>	ATKINSON	ÇOK ZOR	5	0.03	<b>ORTA - ZOR  (3)</b>
	FRANKLİN	KOLAY	1	0.05	
	BAILEY	ÇOK ZOR	5	0.07	
	CHURCH	ÇOK ZOR	5	0.09	
	WEAVER	ÇOK ZOR	5	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	KOLAY	1	0.11	
	SMITH	ORTA	2	0.15	
	SINGH VE ARK.	ZOR	4	0.17	
	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA	2	0.2	
<b>KROM (13)</b>	ATKINSON	ZOR	4	0.03	<b>ORTA - ZOR  (3)</b>
	FRANKLİN	KOLAY	1	0.05	
	BAILEY	ZOR	4	0.07	
	CHURCH	ÇOK ZOR	5	0.09	
	WEAVER	ÇOK ZOR	5	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	KOLAY	1	0.11	
	SMITH	ORTA	2	0.15	
	SINGH VE ARK.	ORTA	2	0.17	
	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	KOLAY	1	0.2	
<b>DUNİT (TABANTAŞI) (14)</b>	ATKINSON	ÇOK ZOR	5	0.03	<b>ORTA - ZOR  (3)</b>
	FRANKLİN	KOLAY	1	0.05	
	BAILEY	ÇOK ZOR	5	0.07	
	CHURCH	ÇOK ZOR	5	0.09	
	WEAVER	ÇOK ZOR	5	0.13	
	MÜFTÜOĞLU	KOLAY	1	0.11	
	SMITH	ZOR	4	0.15	
	SINGH VE ARK.	ZOR	4	0.17	
	PAŞAMEHMETOĞLU VE ARK.	ORTA	2	0.2	

#### 4.5. Önerilen Sınıflama Sistemine Göre Kaya Birimlerinin Değerlendirilmesi

Önerilen sınıflama sistemine göre çalışılan kaya birimlerinin kazılabilirlikleri değerlendirilmiş ve kazı zorluğu sınıfları belirlenmiştir (Çizelge 8).

Mevcut sınıflama sistemlerine göre kayabirimlerinin ağırlıklı kazılabilirlik değerlendirmesinde; toprak kolay kazı zorluğu sınıfında, üst seviye sölestit, alt seviye sölestit orta kazı zorluğu sınıfında, siyenit, serpantin, kireçtaşı, killi kireçtaşı, gabro (tavantaşı), krom, dunit (tabantaşı) orta-zor kazı zorluğu sınıfında, manyetit, silisli kalker, jips zor kazı zorluğu sınıfında ve anhidrit çok zor kazı zorluğu sınıfında yer almıştır.

Önerilen sınıflama sistemine göre kaya birimlerinin kazılabilirlik değerlendirmesinde toprak kolay kazı zorluğu sınıfında, üst seviye sölestit, alt seviye sölestit, killi kireçtaşı, krom orta kazı zorluğu sınıfında, manyetit, siyenit, serpantin, silisli kalker, jips, anhidrit, kireçtaşı, gabro (tavantaşı), dunit (tabantaşı) orta-zor kazı zorluğu sınıfında belirlenmiştir. Önerilen sınıflama sistemine göre sözkonusu kaya birimlerinin kazı

zorluğu sınıflarının daha önceki çalışmalarda belirlenen kazı zorluğu sınıfları ve yerinde yapılan kazı zorluğu gözlemleri ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

#### 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, öncelikle literatür araştırması yapılarak bazı önemli kaya malzeme sınıflamaları ve kazılabilirlik/riperlenebilirlik sınıflama sistemleri ortaya konulmuş ve incelenmiştir. Daha sonra, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Maden İşletme Anabilim Dalı'nda bugüne kadar yapılmış bazı çalışmalardan (Ceylanoğlu, 1995; Ceylanoğlu vd., 1996; Ceylanoğlu ve Durutürk 1999; Gül, 2006) değişik kaya birimlerine ait arazi ve laboratuvar sonuçları derlenmiştir. Kütle ve malzeme özellikleri derlenen değişik kaya birimleri mevcut kazılabilirlik ve riperebilirlik sınıflama sistemlerine (Atkinson, 1971; Franklin vd, 1971; Bailey, 1975; Church, 1981; Weaver, 1975; Müftüoğlu, 1983; Smith 1986; Singh ve Ark., 1987; Paşamehmetoğlu vd., 1988) göre ayrı

Çizelge 7. Önerilen Kazılabilirlik Sınıflama Sistemi.

Kazı Zorluğu Sınıfı	ORTA - ZOR				
	KOLAY	ORTA	ORTA - ZOR	ZOR	ÇOK ZOR
Sismik Hız (m/sn) Puanı	< 1000 0-12	1001-2000 13-22	2001-2600 23-37	2601-3000 38-39	> 3000 40
Çatlak Aralığı (mm) Puanı	< 170 2-4	171-600 5-14	601-1200 15-19	1201-2250 20-23	> 2250 24-25
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa) Puanı	< 7 0-5	8-20 6-9	21-40 10-13	41-70 14-18	> 70 19-20
Ayrışma Derecesi Puanı	Tümüyle Ayrışmış 0	İleri Derecede Ayrışmış 1-3	Orta Derecede Ayrışmış 4-6	Hafifçe Ayrışmış 7-9	Ayrışmamış 10
Sertlik Puanı	Çok Yumuşak 0	Yumuşak 1	Az Sert 3	Çok Sert 4	Aşırı Sert 5
TOPLAM	≤ 25	26-53	54-80	81-94	95-100

Çizelge 8. Kaya Birimlerinin Önerilen Sınıflama Sistemine Göre Değerlendirilmesi.

KAYA BİRİMİ (Kod No)	SİSMİK HIZ (m/sn)	ÇATLAK ARALIĞI (mm)	TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI (MPa)	AYRIŞMA DERECESİ	SERTLİK	TOPLAM PUAN	KAZI ZORLUĞU SINIFI
TOPRAK (1) Puanı	450 5	— 0	— 0	— 0	— 0	5	Kolay
MANYETİT (2) Puanı	651 8	3000 25	77.1 20	Az Derecede 8	Çok Sert 4	65	Orta-Zor
SİYENİT (3) Puanı	752 9	400 10	112.5 20	Taze 10	Aşırı Sert 5	54	Orta-Zor
SERPANTİNİT (4) Puanı	718 9	2000 22	52 15	Az Derecede 8	Çok Sert 4	58	Orta-Zor
SİLİSLİ KALKER (5) Puanı	2450 33	1250 20	6.22 4	Az Derecede 8	Çok Sert 4	69	Orta-Zor
JİPS (6) Puanı	1826 20	4400 25	14.6 8	Az Derecede 8	Az Sert 3	64	Orta-Zor
ÜST SEVİYE SÖLESTİT (7) Puanı	1359 16	700 16	1.84 1	Orta Derecede 5	Az Sert 3	43	Orta
ANHİDRİT (8) Puanı	2426 33	7000 25	6.33 4	Taze 10	Az Sert 3	75	Orta-Zor
ALT SEVİYE SÖLESTİT (9) Puanı	970 12	700 16	0.9 1	İleri Derecede 2	Yumuşak 1	32	Orta
KİREÇTAŞI (10) Puanı	1006 13	1000 18	34 12	Az Derecede 8	Çok Sert 4	55	Orta-Zor
KİLLİ KİREÇTAŞI (11) Puanı	814 10	900 17	17.3 8	Orta Derecede 5	Az Sert 3	43	Orta
GABRO (TAVANTAŞI) (12) Puanı	2265 29	400 10	26.45 11	Orta Derecede 5	Az Sert 3	58	Orta-Zor
KROM (13) Puanı	2035 24	200 6	3.46 2	Orta Derecede 5	Yumuşak 1	38	Orta
DUNİT (TABANTAŞI) (14) Puanı	2320 30	400 10	4.33 3	Az Derecede 8	Çok Sert 4	55	Orta-Zor

ayrı değerlendirilmiştir. Literatürdeki sınıflama sistemleri, kaya birimlerinden elde edilen parametreler, sözkonusu sınıflama sistemlerindeki parametre sayısı, özelliği ve önemi gözönüne alınarak yarım matrix yöntemi yardımı ile mukayese edilmiş, öncelik ve ağırlıkları belirlenmiştir. Kazı zorluğu sınıfları dikkate alınarak çalışılan her bir kaya birimi için nihai bir değerlendirme yapılmış ve ağırlıklı kazı zorluğu sınıfı değerleri bulunmuştur.

Mevcut sınıflama sistemlerinde kullanılan parametrelerin sıklığı ve ağırlıkları, değişik kaya birimlerine ait elde edilen kütle ve malzeme özellikleri ve bu kaya birimlerinin mevcut sınıflama sistemlerine göre değerlendirme sonuçları dikkate alınarak yeni bir sınıflama sistemi geliştirilmiştir. Bu sınıflama sisteminde sismik hız, çatlak aralığı, tek eksenli basınç dayanımı, ayrışma derecesi, sertlik olmak üzere beş parametre önerilmiştir. Bu sınıflamada kaya birimleri toplam 100 puan üzerinden değerlendirilmektedir. Önerilen sınıflama sisteminde kullanılan beş parametrenin ağırlıkları (puanları) ve değer aralıkları mevcut sınıflama sistemleri ve değişik kaya birimlerine ait kazılabilirlik değerlendirme sonuçları dikkate alınarak belirlenmiştir. Önerilen sınıflama sistemine göre çalışılan kaya birimlerinin kazılabilirlikleri değerlendirilmiş ve kazı zorluğu sınıfları belirlenmiştir. Önerilen sınıflama sistemine göre kaya birimlerinin kazılabilirlik değerlendirmesinde toprak kolay kazı zorluğu sınıfında, üst seviye sölestit, alt seviye sölestit, killi kireçtaşı, krom orta kazı zorluğu sınıfında, manyetit, siyemit, serpantin, silisli kalker, jips, anhidrit, kireçtaşı, gabro (tavantaşı), dunit (tabantaşı) orta-zor kazı zorluğu sınıfında belirlenmiştir. Önerilen sınıflama sistemine göre sözkonusu kaya birimlerinin kazı zorluğu sınıflarının daha önceki çalışmalarda belirlenen kazı zorluğu sınıfları ve yerinde yapılan kazı zorluğu gözlemleri ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

Değişik ve daha çok sayıda kaya birimlerinin özellikleri dikkate alınarak bu çalışmada önerilen sınıflama sisteminin geliştirilmesinde yarar görülmektedir. Ayrıca kazıcı makinaların özellikleri de dikkate alınarak daha etkili bir sınıflama sistemi geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

Akın, A., 2006; "Kazılabilirlik ve Riperlenebilirlik Sınıflama Sistemlerinin Araştırılması ve

Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, 66 s., Sivas.

Atkinson, T., 1971; "Selection of Open-pit Excavating and Loading Equipment", Trans. Ins. of Mining and Metallurgy, **80**, A101-129.

Bailey, A.D., 1975; "Rock Types and Seismic Velocities versus Rippability", Highway Geol. Symp. Proc., No.26, 135-142.

Başarı, H., Karpuz, C., Bozdağ, T., 2000; "Rippability Assessment Studies at Tunçbilek Coal Mine: A Case Study", Mine Planning and Equipment Selection, Panagioutou & Michalakopoulos Eds., Balkema, 515-519.

Bieniawski, Z.T., 1993; "Classification of Rock Masses for Engineering: The RMR System and Future Trends", Comprehensive Rock Engineering, **3**, Pergamon Press, 553-575.

Bozdağ, T., 1988; "Indirect Rippability Assessment of Coal Measure Rocks", M.Sc. Thesis, METU, Ankara, 86.

Bölükbaşı, N., Koncagül, O., Paşamehmetoğlu, A.G., 1991; "The Effect of Anisotropy on the Assessment of Diggability for BWE", International Journal of Surface Mining and Reclamation, **5**, 101-111.

Ceylanoğlu, A., 1991; "Performance Monitoring of Electrical Power Shovels for Diggability Assessment in Surface Coal Mines", Ph.D. Thesis, METU, Ankara, 228.

Ceylanoğlu, A., 1995; "Sivas-Ulaş Sölestit Cevheri ve Yankayaçlarının Bazı Malzeme/Kütle Özelliklerinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi", Madencilik, **24**, (4), 11-19.

Ceylanoğlu A., Kahrıman, A., Durutürk, Y., Uysal, Ö., Gül, Y., 1996; "Eskişehir Karaburhan Krom Açık Ocağı Kaya Birimlerinin Kazılabilirlik Sınıflaması ve Örtü/Kazı Birim Maliyet Analizi", Madencilik, **25**, (3), 3-15.

Ceylanoğlu, A., Durutürk, Y., 1999; "Kazılabilirlik ve Riperlenebilirlik Sınıflama Sistemleri. Bazı İş Makinalarının (Elektrikli ve Hidrolik Ekskavatörler) Performans Ölçümü ve Değerlendirilmesi", Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Eğitim Semineri, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 55.

Church, H.K., 1981; "Excavation Handbook", McGraw-Hill, USA.

Deere, D.U., Miller, R.P., 1966; "Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock", Technical Report No. AFLN-TR-65-116, Air Force Weapons Lab. New Mexico, USA..

Gül, Y., 2006; "Bazı Açık İşletmelerdeki Değişik Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitelerinin Araştırılması ve Kayaç Özellikleri İle İlişkilendirilmesi", Doktora Tezi, C.Ü. Müh. Fak. Maden Müh. Böl., Sivas, 209.

Franklin, J.A., Broch, E., Walton, G., 1971; "Logging the Mechanical Character of Rock", Trans.Inst. of Mining and Metallurgy, **80**, A1-9.

ISRM, 1981; "Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods", International Society for Rock Mechanics, 211.

Karpuz, C., 1990; "A Classification System for Excavation of Surface Coal Measures", Mining Science and Technology, **11**, 157-163.

Kolleth, H., 1990; "Overview of Open-pit Mines for Mining Technologies with High Outputs", Bulk Solids Handling, **10**, (1), 29-35.

Koncagül, O.Ş., 1997; "Diggability Assessment of Bucket Wheel Excavators in Elbistan Lignite Mine", Ph. D. Thesis, METU, Ankara, 147.

Kristen, H.A.D., 1982; "Specifications and Application Handbook", Komatsu Ltd; 6<sup>th</sup> Edition, Alaska, Minato-ku, Tokyo, Japan.

Müftüoğlu, Y.V., 1983; "A Study of Factors Affecting Diggability in British Surface Coal Mines", Ph.D. Thesis, University of Nottingham, England.

Paşamehmetoğlu, A.G., vd., 1988; "Jeoteknik ve Performans Verilerinin Değerlendirilmesi, Kazılabilirlik Sınıflama Sisteminin Önerilmesi", Nihai Rapor, ODTÜ, Ankara, 150.

Scoble, M.J. and Müftüoğlu, Y.V., 1984; "Derivation of a Diggability Index for Surface Mine Equipment Selection", Mining Science and Technology, **1**, 305-322.

Singh, R.N., Denby, B., Eğretli, İ., Pathan, A.G., 1986; "Assessment of Ground Rippability in

Opencast Mining Operations", Mining Department Magazine, University of Nottingham, **38**, 21-34.

Singh, R.N., Denby, B., Eğretli, İ., 1987; "Development of a New Rippability Index For Coal Measures Excavations", Proc. 28<sup>th</sup> US Symposium on Rock Mechanics", Tucson, 935-943.

Smith, H.J., 1986; "Estimating Rippability of Rock Mass Classification", Proc. 27<sup>th</sup> US Sym. On Rock Mech., University of Alabama, 443-448.

Weaver, J.M., 1975; "Geological Factors Significant in the Assessment of Rippability", Civil Engineering in South Africa, **17**, (12), 313-316.