

**SU YAPILARI İÇİN KAYA MALZEMESİ UYGUNLUK ÖLÇÜTLERİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE ZONGULDAK-FİLYOS VADİSİ UYGULAMASI**

**Selma DOĞAN**

**Bülent Ecevit Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**ZONGULDAK  
Haziran 2012**

**KABUL:**

Selma DOĞAN tarafından hazırlanan “SU YAPILARI İÇİN KAYA MALZEMESİ UYGUNLUK ÖLÇÜTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ZONGULDAK-FİLYOS VADİSİ UYGULAMASI” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir. 14/06/2012

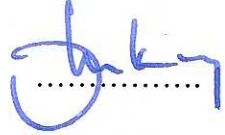
Başkan : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN (BEÜ)



Üye : Prof. Dr. Yadigar V. MÜFTÜOĞLU (BEÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAĞ (BEÜ)



---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. .../.../2012



Prof. Dr. Özden ÖZEL GÜVEN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*



Selma DOĞAN

## **ÖZET**

### **Yüksek Lisans Tezi**

## **SU YAPILARI İÇİN KAYA MALZEMESİ UYGUNLUK ÖLÇÜTLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE ZONGULDAK-FİLYOS VADİSİ UYGULAMASI**

**Selma DOĞAN**

**Bülent Ecevit Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanları:**

**Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN**

**Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTIROĞLU**

**Haziran 2012, 117 sayfa**

Yapı malzemesi olarak sınıflandırılan kırmataş, bir kaya sahasında madencilik faaliyeti ile üretilmekte ve kırıcılar aracılığıyla istenen kullanım boyutlarına getirilmektedir. Doğal kırmataş veya kaya malzemesi ağırlıklı olarak, yol yapıları, demiryolu balastı, hidrolik yapılar, su yapıları (kaya malzemesi, riprap vb.) ve filtre taşı olarak kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması su yapıları için kaya malzemesi uygunluk ölçütlerinin geliştirilmesini kapsamaktadır. İkinci bölüm, agrega ve kaya malzemesi ile ilgili literatür araştırma bulguları, yasal mevzuatı içerecek şekilde derlenmiştir. Üçüncü bölümde, deneysel test yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Ayrıca, kaya malzemesinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi için ölçütler ve sınıflandırmalar incelenmiştir.

## ÖZET (devam ediyor)

Su yapılarında (baraj, gölet, sedde vb.) kaya malzemesinin uygunluğunun değerlendirilmesi için sistematik bir analiz yöntemi kullanılmıştır. Önce, geliştirilen sistematik analiz yöntemi tanıtılmıştır. Daha sonra, ana değerlendirme ölçütlerini içeren “Kaya” ve “Konum” yaklaşımları ayrıntılı açıklanmıştır. Su yapıları kaya malzeme sahaları için uygunluk sınıflandırmaları geliştirilmiş ve önerilmiştir. Sistematik analiz yönteminin ve önerilen sınıflandırmaların geçerliliği çeşitli andezit ve bazalt kaya malzeme sahalarına ait veriler aracılığıyla sınanmıştır. Sonunda, analiz yöntemi ve sınıflandırmalar Zonguldak-Filyos Vadisinde iki adet kaya malzeme sahasına uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına dayalı olarak, incelenen andezit kaya malzeme sahaları ve özellikleri Filyos Vadisindeki su yapıları için uygun olarak değerlendirilmiştir. Analiz verilerine göre; Çömlekçi sahası Fındıkdere sahasına kıyasla daha uygun özellikler taşımaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** kırmataş, agrega, kaya malzeme, su yapısı, andezit

**Bilim Kodu:** 607.01.02

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **DEVELOPMENT OF SUITABILITY CRITERIONS FOR WATER CONSTRUCTION ROCK MATERIAL AND ZONGULDAK-FILYOS VALLEY APPLICATION**

**Selma DOĞAN**

**Bülent Ecevit University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mining Engineering**

**Thesis Advisors:**

**Asst. Prof. Ahmet ÖZARSLAN**

**Asst. Prof. Hülya KESKİN ÇITIROĞLU**

**June 2012, 117 pages**

Crushed stone is a form of construction aggregate, produced by mining a suitable rock deposit and breaking the removed rock down to the desired size using crushers. The natural crushed stone or rock material is mainly used for road construction, railroad ballast, hydraulic construction, water construction material (rock material, riprap etc.) and filter stone.

This thesis research involves development of suitability criterions for water constructions rock material. In the second chapter, information is obtained and compiled from a literature review on aggregate and rock material, including legal topics. In the third chapter, experimental test methods are explained in detail. Also, evaluation criterions and classifications for usage of rock materials are investigated. A systematical analysis method is used for the suitability evaluation of rock material for water constructions

## **ABSTRACT (continued)**

(dam, pond, bank etc.). Firstly, the systematical analysis method developed is introduced. Then, the “Rock” and “Location” approaches that include the evaluation criteria are explained. Suitability classifications for water construction rock material fields are developed and suggested. The validity of the systematical analysis method and the proposed classifications are proved by using the field data from various andesite and basalt rock material deposits. Finally, the analysis method and classifications are carried out for two rock material fields in Zonguldak-Filyos Valley. Based on the analysis results, the investigated andesite rock material deposits have been found suitable for the Filyos Valley water constructions. The analysis results also indicated that the Cömlekçi field is more suitable than the Fındıkdere field.

**Key Words:** crushed stone, aggregate, rock material, water construction, andesite

**Science Code:** 607.01.02

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde bilgi ve birikimi ile bana yol gösteren, katkı ve desteklerini esirgemeyen, danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN'a (BEÜ) teşekkürü bir borç bilirim.

Destek ve yardımlarından dolayı yardımcı danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hülya KESKİN ÇİTİROĞLU'na (BEÜ) teşekkür ederim.

Görüşleriyle katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Yedigâr Vasfi MÜFTÜOĞLU (BEÜ) ve Yrd. Doç. Dr. Gürkan BACAK'a (BEÜ) teşekkür ederim.

Deneysel çalışmaların gerçekleşmesinde katkılarından dolayı Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü öğrencilerinden; Süleyman AŞKIN, Kenan BAYRAMCI, Erkan CANBAZ ve Mustafa GÜMÜŞLÜ'ye teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmamda verdikleri destekten dolayı Devlet Su İşleri XXIII. Bölge Müdürlüğü, Emlak ve Kamulaştırma Şube Müdürlüğü çalışanlarına, Şube Müdürüm Ziraat Yük. Müh. Ömer KURU'ya (DSİ), mesai arkadaşım Ziraat Müh. Salih YILDIZ'a (DSİ) teşekkür ederim.

Tez çalışmasına ait belgelerin tedarik edilmesinde benden yardımını esirgemeyen Devlet Su İşleri XXII. Bölge Müdürlüğü çalışanı İnşaat Yük. Müh. Emre AKÇALI'ya, Devlet Su İşleri XXIII. Bölge Müdürlüğü, 232. Şube Müdürlüğü çalışanı Jeoloji Yük. Müh. Çetin ALKILIÇ'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam ve öğrenim hayatım boyunca her koşulda maddi ve manevi destek sağlayan canım aileme teşekkürü bir borç bilirim.





## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 AGREGA VE KAYA MALZEMELERİ .....	3
2.1 GENEL BİLGİLER.....	3
2.2 AGREGALARIN SINIFLANDIRILMASI.....	3
2.3 YASAL MEVZUAT.....	5
2.3.1 I-a Grubu Madenler ve Ruhsat Süreci.....	5
2.3.2 II-a Grubu Madenler ve Ruhsat Süreci .....	6
2.3.3 II-b Grubu Madenler ve Ruhsat Süreci .....	7
2.3.4 Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği .....	8
2.3.4.1 Arazi Mülkiyet İzinleri .....	8
2.3.4.2 ÇED İzinleri .....	9
2.3.4.3 GSM İzinleri .....	10
2.3.5 Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Hammadde İhtiyaçlarının Karşılanması.....	10
2.4 DENEY YÖNTEMLERİ VE LİMİT DEĞERLER .....	11

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

### BÖLÜM 3 KAYA MALZEMESİ İÇİN UYGUNLUK ÖLÇÜTLERİNİN İNCELENMESİ 17

3.1 DENEY YÖNTEMLERİ .....	17
3.1.1 Standart Deneyler.....	18
3.1.1.1 Fiziksel Deneyler.....	18
3.1.1.2 Su Emme Deneyi.....	22
3.1.1.3 Los Angeles Aşınma Kaybı Deneyi .....	23
3.1.1.4 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	26
3.1.1.5 Sodyum Sülfat Don Kaybı Deneyi .....	28
3.1.1.6 Tabii Don Deneyi .....	30
3.1.4.7 Petrografik Analiz .....	32
3.1.2 Diğer Deneyler ve Mekanik Özellikler .....	32
3.1.2.1 Schmidt Sertlik Çekici Deneyi .....	33
3.1.2.2 Jeolog Çekici ile Arazide Dayanım Tahmini .....	34
3.1.2.3 Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Deneyi .....	35
3.1.2.4 Suda Dağılmaya Karşı Dayanıklılık Deneyi .....	37
3.2 UYGUNLUK SINIFLANDIRMALARI .....	38
3.2.1 DSİ Sınıflandırması.....	38
3.2.2 DLH Sınıflandırması .....	41
3.2.3 KGM Sınıflandırması.....	43
3.2.4 CIRIA / CUR Sınıflaması.....	45
3.2.4.1 Kayaç Türlerinin Kaynağında Değerlendirilmesi .....	45
3.2.4.2 İdeal Kaya Kalitesi .....	48
3.2.4.3 Kaya Kalitesinin Değerlendirilmesi .....	49
3.2.5 Diğer Sınıflandırmalar.....	50
3.3 SİSTEMATİK ANALİZ YÖNTEMİ VE UYGUNLUK SINIFLANDIRMASI.....	51
3.3.1 Sistematik Analiz Yöntemi.....	51
3.3.1.1 Çok Ölçütlü Karar Verme Yönteminin Temel İlkeleri.....	51
3.3.1.2 Önerilen Sistematik Analiz Yöntemi ve Uygunluk Sınıflandırmaları .....	54
3.3.1.3 Sistematik Analiz Yöntemi Uygulamaları .....	69

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4 ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI VE JEOLJİSİ .....	75
4.1 ÇALIŞMA ALANININ YERİ .....	75
4.2 ULAŞIM .....	76
4.3 AKARSULAR VE DAĞLAR.....	77
4.4 İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ .....	77
4.5 GENEL JEOLJİ .....	78
4.4.1 İkse Formasyonu.....	78
4.4.2 Kazpınar Formasyonu .....	79
4.5.3 Alaplı Formasyonu.....	79
4.5.4 Alüvyon (Qal) .....	80
4.6 DEPREMSELLİK .....	81
BÖLÜM 5 FİLYOS VADİSİ ANDEZİT KAYA MALZEME OCAKLARI .....	83
5.1 KAYA MALZEME SAHASI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR .....	83
5.2 UYGUNLUK SINIFLANDIRMASI.....	87
5.3 TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	90
BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	105
KAYNAKLAR .....	111
ÖZGEÇMİŞ .....	117



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Los Angeles aşınma cihazı .....	25
3.2 Tek eksenli basınç deney düzeneği .....	27
3.3 Çok ölçütlü karar verme yönteminin temel ilkeleri .....	55
3.4 Geliştirilen sistematik analiz yönteminde yaklaşımlar ve ana ölçütler .....	57
3.5 Analizi yapılan sahalara ait tek eksenli basınç dayanımı verileri .....	71
3.6 Analizi yapılan sahalara ait tek eksenli basınç dayanımı doymun/kuru numune değerleri ile ilgili veriler .....	72
3.7 Analizi yapılan sahalara ait Los Angeles aşınma kaybı verileri .....	72
3.8 Analizi yapılan sahalara ait yoğunluk verileri .....	73
3.9 Analizi yapılan sahalara ait kütlece su emme deneyi verileri .....	73
3.10 Analizi yapılan sahalara ait sodyum sülfat don kaybı deney verileri .....	74
4.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası .....	75
4.2 Zonguldak-Filyos Vadisi alanına ait görünüm .....	76
4.3 Çalışma alanının stratigrafik kesiti .....	80
4.4 Çalışma alanının genel jeoloji haritası .....	81
4.5 Çalışma alanının deprenselliği .....	82
5.1 Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları .....	84
5.2 Çömlekçi kaya malzeme sahasına ait görünüm .....	86



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 I-a Grubu ve II. Grup Madenlere ait ÇED ve PTD hazırlanacak projeler .....	9
2.2 I-a Grubu ve II. Grup Madenlerde gayrisihhî müessese izinleri .....	10
2.3 Geçirimsiz malzemeler için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler	13
2.4 Yarı geçirimli ve geçirimsiz kabuk dolgu malzemeler için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler .....	14
2.5 Filtre ve geçirimli kabuk dolgu malzemeler için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler .....	15
2.6 Kaya ve riprap malzemeler için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler .....	15
2.7 Beton agrega malzemesi için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler	16
3.1 Yöntem A gradasyonu ve elek göz açıklıkları .....	24
3.2 Sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) don kaybı deneyi için deney numune miktarı ve düzeltme oranları .....	29
3.3 Jeolog çekici kullanılarak yapılan kaya malzeme saha tanımlaması .....	34
3.4 Kaya malzemeler için tane dağılımı .....	40
3.5 Riprap malzemeler için tane dağılımı .....	40
3.6 Kaya ve riprap malzeme için yapılan deneylere ait limit değerler .....	41
3.7 TS EN 13383-1 ve TS EN 13383-2 standardına göre koruma taşının özellikleri .....	42
3.8 Tahkimat taşının özellikleri .....	43
3.9 Taş dolgu yapımında kullanılacak malzemenin özellikleri .....	44
3.10 Ayrışma ve alterasyon dereceleri .....	46
3.11 Denizel yapılarda ayrışmamış kaya kullanımına ait genel değerlendirme .....	47
3.12 Deniz yapıları için kaya kalitesi parametreleri .....	48
3.13 Deney sonuçlarına göre kaya dayanıklılığı rehberi .....	49
3.14 Sistematik analiz yönteminde kullanılan alt ölçütlerin temsil ettiği durumlara ait değerlendirmeler ve puanlar .....	58
3.15 Sistematik analiz yönteminde kullanılan alt ölçütlere ait önem sınıfları .....	59



## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.16 Tek eksenli basınç dayanımı uygunluk sınıflandırması .....	60
3.17 Tek eksenli basınç dayanımı deneyi doymun/kuru numune değerleri oranı .....	60
3.18 Los Angeles aşınma kaybı uygunluk sınıflandırması .....	61
3.19 Yoğunluk uygunluk sınıflandırması .....	62
3.20 Su emme uygunluk sınıflandırması .....	62
3.21 Sodyum sülfat don kaybı uygunluk sınıflandırması .....	63
3.22 Kaya kütlesi yapısı uygunluk sınıflandırması .....	64
3.23 Kaya türü uygunluk sınıflandırması .....	64
3.24 Yapı-kaya malzeme sahası mesafesi etkisi .....	65
3.25 Yapı-kaya malzeme sahasında patlatma etki mesafesi etkisi .....	66
3.26 Yapı-kaya malzeme sahası mevcut yol koşulu .....	67
3.27 Kaya malzeme sahası rezervi/ihtiyaç duyulan malzeme miktarı oranı .....	67
3.28 Kaya malzeme sahası arazi mülkiyeti durumu .....	68
3.29 Kastamonu il sınırlarındaki kaya malzeme sahalarına ait veriler .....	69
3.30 Sistematik analiz yöntemi kapsamındaki kaya ölçütlerine ait sınıflandırmalar .....	71
5.1 Filyos projesi ve ırmağı sedde tipi özellikleri .....	83
5.2 Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahası özellikleri .....	85
5.3 Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahalarına ait deneysel veriler .....	87
5.4 Kaya ana ölçütü ve alt ölçütler ile ilgili uygunluk sınıflandırması .....	88
5.5 Konum ana ölçütü ve alt ölçütler ile ilgili uygunluk sınıflandırması .....	88
5.6 Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları için uygunluk değerlendirmeleri .....	89
5.7 Farklı yükseklik/çap oranlarının andezit kaya malzemesi örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları üzerindeki etkisi .....	95
5.8 Farklı H/D oranlarında Çömlekçi andezit kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları .....	96
5.9 Farklı koşullarda Çömlekçi andezit kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları .....	98
5.10 Fındıkdere andezit kuru kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları .....	99
5.11 Fındıkdere andezit doymun kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları .....	99

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
5.12 Fındıkdere andezit kaya kuru ve suya doymun örneklerin tek eksenli basınç dayanımı karşılaştırmaları .....	99
5.13 Farklı koşullarda Çömlekçi andezit kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları .....	100
5.14 Çömlekçi andezit kaya malzemesi için yapılan nokta yükü dayanım indeksi deney sonuçları .....	103



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- a : Tambur ve örneğin toplam kütlesi  
a<sub>0</sub> : Numunenin en küçük kesit alanı  
A : Deney numunesi ilk kütlesi  
A<sub>0</sub> : Deney öncesi numunenin en kesit alanı  
A<sub>b</sub> : Numunenin atmosfer basıncındaki su emmesi  
AP : Ölçüt düzeyinde ağırlık puanı  
b : Birinci çevrim sonunda tambur ve kalan örneğin toplam kütlesi  
B<sub>1</sub> : 100 devir sonunda kalan kütle  
B<sub>5</sub> : 500 devir sonunda kalan kütle  
c : İkinci çevrim sonunda tambur ve kalan örneğin toplam kütlesi  
d : Tamburun kütlesi  
D : Karot numunesinin çapı  
D<sub>e</sub> : Eşdeğer karot çapı  
D<sub>k</sub> : Don sonu kütle kaybı  
f : Boyut düzeltme faktörü  
f<sub>b</sub> : Numunelerin basınç dayanımı aritmetik ortalaması  
f<sub>db</sub> : Numunelerin don sonu basınç dayanımı aritmetik ortalaması  
F : Kırılma yükü  
g : Önem/ağırlık sınıfı katsayısı  
G<sub>1</sub> : Deneyden sonra elek üzerinde kalan deney numunesinin kütlesi  
G<sub>k</sub> : Taşın deneyden sonraki kütlesi  
G<sub>o</sub> : Deney numunesinin başlangıç kütlesi  
G<sub>0</sub> : Taşın deneyden önceki kütlesi  
I<sub>d2</sub> : İkinci çevrim suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi  
I<sub>s</sub> : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

- $I_{s(50)}$ : Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi
- $i$  : Analizde yer alan toplam ölçüt sayısı
- $k_d$  : Sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) don kaybı
- $k_{d1}$  : 40 mm-20 mm elekler arasındaki deney numunesinin don kaybı
- $k_{d2}$  : 20 mm-10 mm elekler arasındaki deney numunesinin don kaybı
- $k_{d3}$  : 10 mm-5 mm elekler arasındaki deney numunesinin don kaybı
- $k_{dt}$  : Taşın toplam sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) don kaybı
- $L_1$  : 100 devir için deney sonu kütle kaybı
- $L_5$  : 500 devir için deney sonu kütle kaybı
- LA : Los Angeles katsayısı
- $m_1$  : Su ve öğütülmüş numune ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi
- $m_2$  : Suyla doldurulmuş piknometrenin kütlesi
- $m_d$  : Kuru numune kütlesi
- $m_e$  : Öğütülmüş ve kurutulmuş numune kütlesi
- $m_h$  : Su içerisine batırılmış numune kütlesi
- $m_i$  : Numunenin 48 saat sonraki kütlesi
- $m_s$  : Doygunlaştırılmış numune kütlesi
- $n$  : Uygunluk/yerine getirme düzeyi puanı
- P : Kırılma yükü
- R : Deney numunesinin tek eksenli basınç dayanımı
- $t_0$  : İşlemin başlama zamanı
- $V_b$  : Görünür hacim
- $V_o$  : Açık gözeneklerin hacmi
- $V_s$  : Numune kütlesinin yer değiştirdiği sıvı hacmi
- W : Ölçüt düzeyinde önem puanı
- $\rho$  : Toplam gözeneklilik
- $\rho_b$  : Görünür yoğunluk
- $\rho_o$  : Açık gözeneklilik

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

- $\rho_r$  : Gerçek yoğunluk  
 $\rho_{th}$  : Suyun yoğunluğu  
 $\Delta f$  : Numunelerin basınç dayanımında meydana gelen azalma  
 $\Sigma AP$ : Toplam ağırlıklı puan

### **KISALTMALAR**

- ASTM : Amerikan Test ve Malzeme Kurumu  
BSI : İngiliz Standartlar Enstitüsü  
CUR : Hollanda İnşaat Mühendisliği Araştırma ve Standartlar Merkezi  
CIRIA : İngiltere İnşaat Sektörü Araştırma ve Enformasyon Kurumu  
ÇED : Çevresel etki değerlendirme  
DIN : Alman Standartlar Enstitüsü  
DLH : Demiryollar Limanlar Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü  
DSİ : Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü  
EN : Avrupa normları  
GSM : Gayrisihhî müessese  
KGM : Karayolları Genel Müdürlüğü  
LAAV : Los Angeles aşınma kaybı  
Ms : Yüzey dalgası büyüklüğü  
NA : Veri bulunmamakta  
PTD : Proje tanıtım dosyası  
RERS : Kaya Mühendisliği Sınıflama Sistemi  
RQD : Kaya Kalite Sınıfı  
TEBD : Tek eksenli basınç dayanımı  
TSE : Türk Standartları Enstitüsü



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

İlk insanla başlayan inşaat faaliyetleri, insan medeniyetinin gelişimine paralel bir seyir izlemiştir. İnsan hiçbir zaman doğada bulduğu ile yetinmemiş, daima daha iyinin peşinden koşmuştur. Bu nedenle devamlı olarak doğayı anlamak için büyük bir çaba içerisine girmiş, ona karşı koyabilecek yapılar inşa etmek istemiştir. Birçok kere bu savaşı kaybetmiş ama bunlardan öğrenmesini bilmiştir. Sonuç olarak birçok bilgi birikimine de sahip olmuştur. Bu bilgi birikimi, insanoğlunun gelecekte yapmak istediği yapılarda ve doğayı kontrol etme çabasında en önemli yardımcısı olacaktır. Günümüzde yapı tasarımı denilince yerüstünde, yeraltında ve su içerisindeki tüm inşaat faaliyetlerinin tasarlanması, inşa edilmesi ve işlenmesi aklı gelmektedir. Tasarımın matematiksel modellerinin sağlam temeller üzerine kurulabilmesi, yapının etkileşim içerisinde kaldığı zemin ve malzeme gibi faktörlerin nitelik ve nicelik yönünden incelenmesi, standart, yönetmelik ve şartnamelerde istenen kurallara uygunluğunun belirlenmesi ile mümkündür.

Doğal malzemeler arasında yer alan kaya malzemelerinin; başta kırmataş temini olmak üzere baraj, gölet, taşkın koruma gibi su yapılarında; kıyı yapıları ve limanlar kapsamındaki deniz yapılarında; karayolları yapıları kapsamında dolgu ve tahkimat amaçlı olarak çok geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Kaya malzemelerin kullanılabilirliği, malzemenin arazi ve laboratuvar ortamında yapılan deneylerle değerlendirilmelerinden geçer. Kaya kütlelerinin davranışı ve mühendislik özelliklerinin belirlenmesiyle, malzemenin kullanım yeri ve kullanım amacı için uygun olup olmadığı öğrenilir. Kullanım yeri ve kullanım amacı için doğru olan kaya malzemeleri, kullanım yerlerinde uzun ömürlü olarak kalmakta, fiziksel ve mekanik etkilere karşı daha dayanıklı olmakta ve daha az bakım, onarım maliyeti oluşturmaktadır. Kaya malzemeleri inşaat sektörünün hangi alanında kullanılırsa kullanılsın kullanım yeri ve amacına göre sağlaması gereken şartları karşılamalıdır. Bundan dolayı kaya malzemelerin mühendislik özelliklerinin bilinmesi ve araştırılması önde gelen bir çalışma konusudur.



Tez çalışmasının amacı, su yapıları için uygunluk ölçütlerinin geliştirilmesi ve Zonguldak Filyos Vadisi uygulamasının incelenmesidir. Tez çalışması ile kaya malzeme sahaları için uygunluk ölçütleri ve sınıflandırmaların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik olarak çalışmada agrega ve kaya malzemeleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Agregaların sınıflandırılması ve ilgili mevzuatlar açıklanmış, deney yöntemleri özetlenmiştir. Kaya malzemesi için uygunluk ölçütlerinin incelenmesi bölümü kapsamında kaya malzemesi ile ilgili deney yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmış olup, çeşitli kurumların uygunluk sınıflandırmaları incelenmiştir. Ardından geliştirilen sistematik analiz yöntemi tanıtılmış, kaya malzeme sahaları için uygunluk ölçütleri ve sınıflandırmalar verilmiştir. Çalışma alanı ve jeolojisi tanıtılıp, tez çalışması kapsamında incelenen kaya malzeme sahaları hakkında bilgiler verilmiştir. Geliştirilen sistematik analiz yöntemi aracılığıyla Zonguldak-Filyos Vadisi Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları için uygunluk değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar sunulmuş ve sonraki çalışmalar için öneriler verilmiştir.

## BÖLÜM 2

### AGREGA VE KAYA MALZEMELERİ

#### 2.1 GENEL BİLGİLER

Kum, çakıl, kırma taş gibi yapı malzemelerine agrega denilmektedir. Agregası; doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin, genellikle 100 mm'ye kadar çeşitli büyüklüklerdeki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerin bir yığıdır (Alp 2004). Agregası; konut, sanayi tesisleri, hastane gibi her türlü bina inşaatını; yol, köprü, su yapıları, boru hattı gibi altyapı faaliyetlerini kapsayan geniş bir faaliyet alanına sahip olan inşaat sektörünün bir parçası olan beton imalatının ve asfalt üretiminin en önemli hammaddesidir (Öztürk vd. 2007).

Kaya malzemeler, büyük kütleler veya parçalar halinde doğal olarak oluşmuş mineral yığınlarıdır. Bünyelerinde çeşitli jeolojik süreksizlikler (eklem, tabakalanma, fay, makaslama zonu vb.) mevcuttur. Jeolojik manada sert, sağlam, masif, taşıma gücü yüksek oluşumlardır. Bazen taneli malzemelerin bir çimento ile kaynaşması (sedimenter kayalar) sonucu oluşan taneli yapıda, bazen magma olayları sonucu oluşan (magmatik kayalar) camsı yapıda bazen de her iki kayaç çeşidinin basınçlara maruz kalması sonucu oluşan (metamorfik kayalar) yeni karaktere sahip yapıda karşımıza çıkarlar (DSİ 2006a). Kaya malzemeler genellikle baraj, gölet gibi su yapılarında; dalgakıran, anroşman gibi deniz yapıları ile kıyı tahkimatlarında; gabion, pere, taş dolgu gibi yol sanat yapılarında dolgu, riprap ya da tahkimat amaçlı olarak kullanılırlar.

#### 2.2 AGREGALARIN SINIFLANDIRILMASI

Agregalar, doğada doğal olarak buldukları gibi iri taş parçalarının konkasör adı verilen taş kırma makinelerinde kırılması sonucunda da elde edilebilirler. Konkasörde elde edilen

agreganın irisine kırma taş, incesine kırma kum denir. Ayrıca kırma taş ve kırma kuma mıcır adı verilir (MEB 2006).

Agregaların çeşitli şekillerde sınıflandırılması yapılabilir (MEB 2006).

1- Elde ediliş şekillerine göre:

a) Doğal Agregası

Nehirden, denizden, çöllerden, eski göl, dere yataklarından ve taş ocaklarından kırılmamış veya kırılmış olarak elde edilen agregalardır.

b) Yapay Agregası

Yüksek fırın cürufu, izabe cürufu veya yüksek fırın cüruf kumu gibi sanayi ürünü olan kırılmamış veya kırılmış agregalardır.

2- Tane boyutlarına göre:

a) İri Agregası (Çakıl)

Kırma taş, çakıl veya bunların karışımından elde edilen ve 4 mm çaplı eleğin üstünde kalan malzemelerdir.

b) İnce Agregası (Kum)

Doğal kum, kırma kum veya bunların karışımından elde edilen 4 mm çaplı elekten geçen malzemelerdir.

c) Taş Unu (Filler)

Taş unu, 0,25 mm göz açıklıklı elekten geçen ince malzemelerdir (Alp 2004).

d) Karışık Agregası (Tüvenan)

Kum ve çakılın bir arada bulunduğu malzemelerdir (Ün 2007).

Su yapılarında (baraj, gölet, sedde vb.) kullanılan kaya, çakıl, kum, silt, kil veya bunların karışımından oluşan doğal malzemeler kendi aralarında geçirimsiz, yarı geçirimli, geçirimli, beton ve filtre malzemeleri, kaya ve riprap malzemeleri şeklinde sınıflandırılmaktadır (DSİ 2006a). Geçirimsiz malzemeler, doğal yapı malzemeleri sınıfında yer alıp agrega sınıflandırmasında yer almayan malzemelerdir. Diğer malzemeler (yarı geçirimli, geçirimli, beton ve filtre, kaya ve riprap) ise hem doğal yapı malzemesi hem de agrega malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Geçirimsiz malzeme; dolgu, su yapılarının çekirdek ve homojen gövde dolgusu ile geçirimsizlik amaçlı kaplama ve blanket yapılarının imalatında kullanılan doğal malzemedir. Yarı geçirimli malzeme ise; dolgu, su yapılarının çekirdek zonunun etrafında kullanılan ve içerisinde çakıl, kum, silt ve kilin kabul edilebilir oranlarda bulunduğu malzemeden oluşmaktadır. Ayrıca yol dolgu imalatında da kullanılabilir. Geçirimli malzeme, dolgu, su yapılarında bazen geçirimsiz dolgu üzerine bazen de yarı geçirimli dolgu üzerine serilerek kabuk zon oluşturulan doğal dere yatağı malzemesinden meydana gelmektedir. Su yapılarında kaya malzemesi; dolgu su yapılarının kaya ufağı, kaya kabuk ve riprap zonunda kullanılır. Beton malzemesi ve filtre malzemenin bulunmadığı yerlerde kırmataş temininde de yararlanılabilir (DSİ 2006a).

Beton ve filtre malzemesi su yapıları ve tesisleri (derivasyon, dolusavak, havuz, yamaç kaplaması, santral binası, su alma yapısı, denge bacası vb.) sulama kanalları, her türlü tünel kaplamaları imalatında kullanılan kum, çakıl, çimento ve suyun belli oranlarda temsil edildiği maddedir. Betonun oluşturan kum ve çakıl doğal yollardan oluşmuş (dere, akarsu, eski nehir yatağı, göl veya deniz kenarı vb.) alanlardan temin edilir. Çimento ise piyasadandan temin edilen bir sanayi ürünüdür. Filtre malzeme, dolgu su yapılarının zonları arasındaki geçiş bölgelerinde kullanılan doğal malzemedir. Filtre malzemesini oluşturan kum ve çakıl doğal yollardan oluşmuş (dere, akarsu, eski nehir yatağı, göl veya deniz kenarı, vb) alanlardan temin edilir. Bazen istenilen boyuta getirilmek için yıkama ve eleme gerekebilir. Doğal dere malzemesinin bulunmadığı yerlerde beton ve filtre malzemesi, uygun kayalardan kırma yoluyla elde edilir (DSİ 2006a).

## **2.3 YASAL MEVZUAT**

Agregalar ve kaya malzemeleri; 06.11.2010 tarih ve 27751 Sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliğine göre, I-a ve II-a Grubu madenler kapsamına girmektedirler. Mermer gibi blok üretilen taşlar ile dekoratif amaçlı kullanılan doğal taşlar II-b Grubuna girmektedir.

### **2.3.1 I-a Grubu Madenler ve Ruhsat Süreci**

I-a Grubu madenler kapsamında; inşaat ile yol yapımında kullanılan ve tabiatta doğal olarak bulunan kum ve çakıl, %80'in altında SiO<sub>2</sub> içeren kum, ariyet malzemesi ve SiO<sub>2</sub> oranına

bakılmaksızın denizlerdeki ve akarsu yataklarındaki kum ve çakıllar anlaşılmaktadır (Resmi Gazete 2010).

I-a Grubu madenler, il özel idarelerince ihale yolu ile ruhsatlandırılır. Ruhsatlandırılacak I-a Grubu maden alanları, il özel idaresince Maden İşleri Genel Müdürlüğünün uygun görüşü alınarak belirlenir. Uygun görülen alanların yerinde tetkiki için il özel idaresince ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının yetkililerinden oluşan bir heyet oluşturulur. İlgili kurum ve kuruluşlar, tetkik sonucu yazılı görüşlerini otuz gün içinde il özel idaresine bildirir. Bu süre içinde görüş bildirilmemesi olumlu görüş olarak değerlendirilir. Yapılan incelemelerde ruhsat verilmesi uygun görülen alanlar belirlenerek ihale edilir. Ruhsat alanların büyüklüğü 10 hektarı geçmemektedir (MMO 2005).

I-a Grubu maden ruhsatı almak için; ihale sonrası gerekli bedel, harç ve teminatlar yatırılarak, bir ay içerisinde işletme projesini valiliğe sunulur. Gerekli izinlerin (Maden Kanununun 7. maddesi gereği) alınmasını takiben işletme ruhsatı verilir. I-a Grubu madenlerin işletme ruhsat süresi beş yıldan az olmamak üzere rezerve göre belirlenir. Özel mülkiyet içerisinde bulunan I-a Grubu maden sahaları için ruhsat verilmemektedir (MMO 2005).

İşletme döneminde; üretim yapılacak sahalara teknik nezaretçi atanması ve üretimin teknik nezaretçi gözetiminde yapılması, sevkiyatın da il özel idaresinden alınan sevk fişleri ile yapılması gerekmektedir. Her yıl Nisan ayı sonuna kadar; işletme faaliyeti bilgi formu ile satış bilgi formu il özel idaresine verilir (Resmi Gazete 2010).

### **2.3.2 II-a Grubu Madenler ve Ruhsat Süreci**

II-a Grubu madenler kapsamında; kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayalardan agrega, mıcır veya öğütülerek kullanılan kayalar ile geometrik şekil verilmeden yol, baraj, gölet ve liman gibi alanlarda kullanılan taşlar, dolgu, istinat ve diğer yapı duvarı gibi yerlerde kullanılan yapı taşları (dekoratif amaçlı kullanılan taşlar hariç) anlaşılmaktadır (Resmi Gazete 2010).

II-a Grubu madenler, Maden İşleri Genel Müdürlüğü tarafından ruhsatlandırılır. II-a Grubu madenlerde işletme ruhsatı müracaatı için; talep harcı yatırılıp, gerekli taahhütname ve evraklar ile maden ismi belirtilerek işletme ruhsatı müracaatı yapılır. Uygun olan alanlar

müracaat tarihi itibariyle iki ay süre ile rezerve edilir. Bu sürede müracaat sahibi, işletme ruhsatı harç ve teminatlarını yatırıp, gerekli evraklar ile işletme projelerini Maden İşleri Genel Müdürlüğüne vermesi halinde işletme ruhsatı hakkı doğar. Ruhsat alanların büyüklüğü 100 hektarı geçmemektedir (Resmi Gazete 2010).

II-a Grubu madenlerde ruhsat başvuruları, arama ruhsatı olmaksızın işletme ruhsatına bağlanmaktadır. Kanununun 7. maddesi gereğince alınması zorunlu olan izinlerin alınmasına müteakip işletme izni düzenlenir. İşletme ruhsat süresi rezerve ve hazırlanmış projeye göre belirlenir ve bu süre 10 yıldan az olamaz (Resmi Gazete 2010).

İşletme döneminde; üretim yapılacak sahalara teknik nezaretçi atanması ve üretimin teknik nezaretçi gözetiminde yapılması, sevkiyatın da Maden İşleri Genel Müdürlüğünden alınan sevk fişleri ile yapılması gerekmektedir. Her yıl Nisan ayı sonuna kadar; işletme faaliyeti bilgi formu, satış bilgi formu ile geçmiş yıllara ait üretim, bir önceki yıl içerisinde yapılan üretim ve bir sonraki yıl planlanan üretimleri gösteren imalat haritası Maden İşleri Genel Müdürlüğüne verilir (Resmi Gazete 2010).

### **2.3.3 II-b Grubu Madenler ve Ruhsat Süreci**

II-b Grubu madenler kapsamında; mermer, traverten, oniks mermeri, granit, andezit, bazalt, diyabaz gibi blok olarak üretilen taşlar, boyutlandırılarak geometrik şekil verilen taşlar ile kayraktaşı, arduvaz, tuf, ignimbirit ve benzeri dekoratif amaçla kullanılan doğal taşlar anlaşılmaktadır (Resmi Gazete 2010).

II-b Grubu madenler, Maden İşleri Genel Müdürlüğü tarafından ruhsatlandırılır. II-b Grubu madenlerde, II-a Grubundan farklı olarak müracaatın arama ruhsatı ile yapılmasıdır. II-b Grubu madenlerde arama ruhsatı müracaatı için; işletme ruhsatı talep harcı ile gerekli taahhütname ve evraklar ile Maden İşleri Genel Müdürlüğüne doğrudan ya da Maden İşleri Genel Müdürlüğünün internet sayfasından yayımlanan müracaat formu ile internet ortamında yapılır. Müracaat edilen alan değerlendirilerek, iki ay süre ile Maden İşleri Genel Müdürlüğü ilan panosu ve internet sayfasında ilan edilir. Hak sağlayan müracaatların ruhsatlandırılması, müracaat gününden itibaren iki ay içerisinde ruhsat harcının yatırılması ile gerekli maden arama projesi, ön inceleme raporu ve evrakların Maden İşleri Genel Müdürlüğüne verilmesi ile olur (Resmi Gazete 2010).

Arama döneminde faaliyetler; ön arama, genel arama ve detay arama dönemlerinden oluşur. Arama ruhsatının düzenlenmesinden itibaren bir yıla kadar olan süre ön arama dönemidir. Ruhsat sahibinin bu süre sonuna kadar, ön arama faaliyet raporunu vermesi zorunludur. Aksi durumda ruhsat iptal edilir. Yükümlülüğünü yerine getiren ruhsat sahibi II-b Grubu madenlerde bir yıl olmak üzere genel arama dönemine hak sağlar. Genel arama dönemi süresi sonunda rezerv raporu ile genel arama faaliyet raporunu vermesi zorunludur. Aksi durumda ruhsat iptal edilir. II-b Grubu madenlerde işletme ruhsat talebi, genel arama dönemi sonunda rezerv bilgilerini içeren arama faaliyet raporu ile birlikte işletme projesinin verilmesi ile yapılır. II-b Grubu madenlerde detay arama dönemi bulunmamaktadır. II-b Grubu madenlerde işletme ruhsatı için uygun bulunan sahalarda, ruhsat harç ve teminatının tamamlanması, Maden Kanununun 7. maddesi gereğince alınması zorunlu izinlerin alınması ve çevre ile uyum teminatının yatırılarak Maden İşleri Genel Müdürlüğüne verilmesi sonrasında işletme izni düzenlenir (Resmi Gazete 2010).

İşletme döneminde; projesine göre üretim yapılması, üretim yapılacak sahalara teknik nezaretçi atanması ve üretimin teknik nezaretçi gözetiminde yapılması, sevkiyatın da Maden İşleri Genel Müdürlüğünden alınan sevk fişleri ile yapılması gerekmektedir. Her yıl Nisan ayı sonuna kadar; işletme faaliyeti bilgi formu, satış bilgi formu ile geçmiş yıllara ait üretim, bir önceki yıl içerisinde yapılan üretim ve bir sonraki yıl planlanan üretimleri gösteren imalat haritası Maden İşleri Genel Müdürlüğüne verilir. İşletme ruhsat süresi rezerve ve hazırlanmış projeye göre belirlenir ve bu süre 10 yıldan az olamaz. Ruhsat alanların büyüklüğü 100 hektarı geçmemektedir (Resmi Gazete 2010).

### **2.3.4 Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği**

Maden Kanununa göre madencilik faaliyetlerinde 7. madde gereği alınması gerekli izinler; arazi mülkiyet izinleri, ÇED (çevresel etki değerlendirme) ile ilgili izinler ve GSM (gayrisihhî müessese) ile ilgili izinlerdir.

#### **2.3.4.1 Arazi Mülkiyet İzinleri**

Madencilik faaliyetin yapılacağı alanın mülkiyetine ait kurumlardan alınması gerekli izinleri kapsamaktadır. Bu alanlar; orman, muhafaza ormanı, ağaçlandırma alanı, yaban hayatını koruma ve geliştirme sahaları, avlaklar, özel çevre koruma bölgeleri, milli parklar, tabiat

parkları, tabiat anıtları, tabiatı koruma alanları, tarım alanları, mera alanları, korunması gerekli taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarının bulunduğu alanlar, su havzaları, kıyı alanları, sahil şeritleri ve karasuları, kültür ve turizm koruma ve gelişim bölgeleri, turizm merkezleri ile askeri yasak ve güvenlik bölgeleri olarak sayılabilir.

#### 2.3.4.2 ÇED İzinleri (Çevresel Etki Değerlendirme)

Gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ya da olumsuz etkilerinin belirlenmesi, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi veya çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemleri, projenin uygulanmasının izlenilmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmaları kapsamaktadır. Yapılması düşünülen madencilik faaliyeti için “ÇED Gereklidir” kararı için “ÇED Raporu”, “ÇED Gerekli Değildir” kararı için “Proje Tanıtım Dosyası” (PTD) hazırlanır. Hazırlanan rapor ve dosyalar ilgili bakanlığa sunulur. Bakanlıkça değerlendirilen rapor ve dosyalar için “Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu” kararı alındıktan sonra yedi yıl içinde, “Çevresel Etki Değerlendirmesi Gerekli Değildir” kararı alındıktan sonra beş yıl içinde yatırıma başlanır (Resmi Gazete 2008). Çizelge 2.1’de I-a Grubu madenler ile II. Grup madenlere ait Çevresel Etki Değerlendirmesi uygulanacak projeler ile Proje Tanıtım Dosyası hazırlanacak projeler verilmiştir.

Çizelge 2.1 I-a Grubu ve II. Grup madenlere ait ÇED ve PTD hazırlanacak projeler (Resmi Gazete 2011a).

ÇED Uygulanacak Projeler	PTD Hazırlanacak Projeler
25 ha ve üzeri çalışma alanında (kazı ve döküm alanı toplamı olarak) açık işletmeler.	Madenlerin çıkarılması (ÇED uygulanacak projeler kapsamı dışında kalan).
	5 000 m <sup>3</sup> /yıl ve üzeri kapasiteli blok ve parça mermer, dekoratif amaçlı taşların çıkarılması, işlenmesi ve yıllık 250 000 m <sup>2</sup> ve üzeri kapasiteli mermer kesme, işleme ve sayalama tesisleri.
Kırma-eleme-yıkama tesisleri (3213 Sayılı Maden Kanunu I-a ve II-a Grubu madenler ile hafriyat malzemeleri, 400 000 ton/yıl).	Kırma-eleme-yıkama tesisleri (ÇED uygulanacak projeler kapsamı dışında kalan).



### 2.3.4.3 GSM İzinleri (Gayrisihhî Müessese)

Gayrisihhî müessese, faaliyeti sırasında çevresinde bulunanlara biyolojik, kimyasal, fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden az veya çok zarar veren veya vermesi muhtemel olan ya da doğal kaynakların kirlenmesine sebep olabilecek müesseseleri ifade etmektedir (Resmi Gazete 2011b). Maden üretim faaliyetleri ve bu faaliyetlere dayalı ruhsat sahasındaki geçici tesisler için işyeri açma ve çalışma ruhsatı, il özel idareleri tarafından verilir (Resmi Gazete 2011a). I- a Grubu ve II. Grup madenlere ait alınması gerekli gayrisihhî müessese izinleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 I-a Grubu ve II. Grup Madenlerde gayrisihhî müessese izinleri (Resmi Gazete 2011b).

<b>Birinci Sınıf Gayrisihhî Müessese</b>	<b>İkinci Sınıf Gayrisihhî Müessese</b>	<b>Üçüncü Sınıf Gayrisihhî Müessese</b>
25 ha ve üzeri çalışma alanında (kazı ve döküm alanı toplamı olarak) açık işletmeler.	Kum ocakları, kum yıkama ve eleme tesisleri.	İkinci sınıf gayrisihhî müesseseler kapsamında yer alan faaliyet limitlerinin altında kalan madencilik faaliyetleri.
	Her türlü madenin çıkarılması (birinci ve üçüncü sınıf gayrisihhî müesseseler kapsamında yer almayanlar).	
I. ve II. Grup madenlerin her türlü işleminden geçirilmesi (kırma, eleme, öğütme, yıkama vb.) projelerinden 100 000 m <sup>3</sup> /yıl ve üzeri kapasitede olanlar.	5 000 m <sup>3</sup> /yıl ve üzeri kapasiteli blok ve parça mermer, dekoratif amaçlı taşların çıkarılması, işlenmesi ve yıllık 250 000 m <sup>2</sup> ve üzeri kapasiteli mermer kesme, işleme ve sayalama tesisleri.	
	Birinci sınıf gayrisihhî müesseseler kapsamında olmayan I. ve II. Grup madenlerin her türlü işleme sokulması (kırma, eleme, öğütme, yıkama vb.).	

### 2.3.5 Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Hammadde İhtiyaçlarının Karşlanması

Kamu kurum ve kuruluşlarınca yol, köprü, baraj, gölet, liman gibi projelerde kullanılacak yapı ve inşaat hammaddelerinin üretimi için müracaat ve izin; I-a Grubu madenlerde İl Özel

İdarelerine, II-a Grubu madenlerde Maden İşleri Genel Müdürlüğüne “Yapı Hammaddesi Talep Formu” ile yapılmaktadır. Müracaat edilen alanın tetkikinin ardından, talebi uygun bulunan alanlar için “Hammadde Üretim İzin Belgesi” düzenlenir. Maden Kanununun 7. Maddesi gereği alınması gerekli izinler de (ÇED izni, GSM izni ve arazi mülkiyet izinleri) “2.3.3 Madencilik Faaliyetleri İzinleri” kapsamında aynı şekilde alınır.

İşletme döneminde; üretim yapılacak sahalara teknik nezaretçi atanması ve üretimin teknik nezaretçi gözetiminde yapılması, sevkiyatın da Maden İşleri Genel Müdürlüğünden alınan sevk fişleri ile yapılması gerekmektedir. Her yıl Nisan ayı sonuna kadar; işletme faaliyeti bilgi formu ile geçmiş yıllara ait üretim, bir önceki yıl içerisinde yapılan üretim ve bir sonraki yıl planlanan üretimleri gösteren imalat haritası Maden İşleri Genel Müdürlüğüne verilir. Hammadde üretim izni verilen kamu kurum ve kuruluşunca üretilen hammadde, projesi dışında kullanılamaz, satılamaz ve ticarete konu edilemez. Hammadde üretim izin belgelerinin süresi I-a Grubu madenler için 3 yıl, II-a Grubu madenler için 5 yıl süreli düzenlenir (Resmi Gazete 2010).

## **2.4 DENEY YÖNTEMLERİ VE LİMİT DEĞERLER**

Ülkemizde agregalar ve kaya malzemelerde, kaliteyi sağlamak ve ürün çerçevesini belirlemek amacıyla TSE tarafından belli standartlar tanımlanmıştır. Bu standartlar Avrupa Birliğine uyum sürecinde, malzemenin uluslararası geçerliğini sağlamak amacıyla Avrupa Normları (EN) ile uyumlaştırılarak kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa Birliği kararı ile 27.06.1991 tarihinden itibaren, 89/106/EEC Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (Construction Products Directive) üye ülkelerde zorunlu olmuştur. Ülkemizde ise 89/106/EEC Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, 08.09.2007 tarih ve 24879 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik kapsamında; bina ve diğer inşaat mühendisliği işleri dâhil olmak üzere tüm yapı işlerinde, daimi olarak kullanılmak amacıyla üretilecek yapı malzemelerinin taşınması gereken temel özellikler belirtilmektedir. Yapı Malzemeleri Yönetmeliğine tâbi olan ürünlerin (agregalar, yol yapım malzemeleri, betona ilişkin ürünler harç ve şerbet, çimento, yapı kireci ve diğer su bazlı bağlayıcılar vb.) bu yönetmelikle, Avrupa Normlarına uygun olmaları (CE işareti) zorunlu hale getirilmiştir. Bu yönetmelik kapsamına giren agregada "CE" işareti taşınması gereken ürünler grubuna girmiştir. Bu işareti almak isteyen üreticilerin, ilgili yönetmelikte belirtilen tüm gerekleri yerine getirmek zorundadır. CE işareti, ürünlerin amacına uygun kullanılması halinde insan can ve mal güvenliği, bitki ve hayvan varlığı ile

çevreye zarar vermeyeceğini, diğer bir ifadeyle ürünün güvenli bir ürün olduğunu gösteren bir işarettir. Ayrıca ürünlerin Avrupa'da serbest dolaşımını sağlayan kalite işaretidir (Yılmaz 2008).

Ülkemizde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından hazırlanan ve Avrupa Normları (EN) ile uyumlaştırılan standartlarla ilgili olarak; I-a Grubu (kum, çakıl) madenler kapsamına giren malzemelerden beton agregasının TS 706 standardına uygun olması gerekmektedir. Aynı malzeme, EN 12620 standardına da uygun olması gerekmektedir. Bu iki standart TSE tarafından uyumlaştırılarak TS 706 EN 12620 olarak kullanılmaya başlanmıştır (Yılmaz 2008). II-a Grubu madenler (kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt vb.) ve II-b Grubu madenler (mermer, traverten, oniks mermeri, granit, andezit, bazalt, diyabaz vb.) kapsamındaki doğal taşların TS 5694 standardına uygun olması gerekmektedir. Aynı malzeme, EN 12670 standardına da uygun olması gerekmektedir. Bu iki standart yine TSE tarafından uyumlaştırılarak TS 5694 EN 12670 olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Kamu kurum ve kuruluşların projelerinde kullanılacak malzemelerin genelde Türk Standartlarına uygun olması gerekmektedir. Türk Standartlarının mevcut olmadığı durumlarda ve/veya kurumların onayı ile eşdeğer uluslararası kabul edilebilir standartlar da kullanılabilir. En yaygın kullanılan standartlar; EN (Avrupa Normu), ASTM (Amerikan Test ve Malzeme Kurumu), BSI (İngiliz Standartlar Enstitüsü) ve CUR (Hollanda İnşaat Mühendisliği Araştırma ve Standartlar Merkezi) olarak sıralanabilir.

Agregalar ve kaya malzemeler üzerinde yapılan deneyler, malzemenin kullanım amacına göre değişiklik gösterir. Genel olarak talep edilen deneyler aşağıda verilmiştir (Akçalı ve Arman 2006).

Agrega deneyleri;

- a) Birim ağırlık,
- b) Tüvanan örneğin elek analizi,
- c) İnce ve kaba agregada bağıl yoğunluk ve su emme,
- d) İnce ve kaba agregada kil topakları,
- e) İnce ve kaba agreganın elek analizi,
- f) 200 nolu elekten geçen ince malzeme miktarı tayini,
- g) Organik madde tayini,

- h) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> don kaybı deneyi,
- ı) Los Angeles aşınma kaybı deneyi,
- j) Alkali agrega reaktivitesi,
- k) Petrografik analizdir.

Kaya ve riprap malzemesi deneyleri;

- a) Fiziksel deneyler (gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk ve gözeneklilik),
- b) Su emme,
- c) Los Angeles aşınma kaybı,
- d) Basınç dayanımı,
- e) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> don kaybı deneyi,
- f) Don sonu basınç dayanımı,
- g) Petrografik analizdir.

Su yapılarında kullanılan başlıca doğal malzemeler (geçirimsiz, yarı geçirimli/geçirimsiz, filtre ve geçirimli, kaya ve riprap, beton agrega) üzerinde yapılan deneyler projenin planlama, projelendirme veya inşa aşamasında olmasına göre farklılık göstermektedir. Malzemelerin kullanılacağı bölgeye göre, deneysel veriler için kullanılmakta olan limit ve tavsiye değerler sırasıyla Çizelge 2.3-2.4-2.5-2.6-2.7’de verilmiştir (Akçalı ve Arman 2006). Tez çalışmasının ana konusunu oluşturan kaya malzemelerinin uygunluğunun tespitine yönelik istenen deney yöntemleri ve önerilen değerler Bölüm 3’de ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Çizelge 2.3 Geçirimsiz malzemeler için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler (Akçalı ve Arman 2006).

<b>Deney Türü</b>	<b>Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Alt Limit</b>	<b>Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Üst Limit</b>	<b>Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Değerler</b>
Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	2,5	2,8	> 2,6
Doğal su içeriği (w, %)	İnşa aşamasında optimum -2	İnşa aşamasında optimum +2	İnşa aşamasında optimum
Standart proktor (optimum su muhtevası, %)	15	25	20
Standart proktor (maksimum kuru birim ağırlık, g/cm <sup>3</sup> )	1,43	1,87	>1,65
Plastisite indisi (%)	14	20	14-20
Likit limit (%)	40	50	45
Şişme potansiyeli (%)	-	20	<10

Çizelge 2.3 (devam ediyor).

Büzülme limiti (%)	15	25	20
Elek analizi	İçinde en az %12 kil özelliği gösteren plastik ince malzeme bulunur.	-	-
Arazi kesafet eğrisi (%)	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıla göre) 65-75	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıla göre) 80-90	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıla göre) 80-90
Konsolidasyon	Hacimsel sıkışma katsayısı ve konsolidasyon katsayısı için bir limit belirtilmemiştir. Proje ilk tasarım değeri olarak nispeten sıkışmaz temellere oturan dolgularda sedde yüksekliğinin %1'i kadar, oturmaya daha elverişli kil ve siltli temellerde ise %2-4 kadar oturma olacağı varsayılmalıdır. Küçük barajlarda oturma %5-10 arasında olmalıdır.		
Üç eksenli basınç deneyleri (kil, ilk proje değeri)	$\phi = 15^\circ$ $c_o = 4 \text{ t/m}^2$	$\phi = 22^\circ$ $c_o = 6 \text{ t/m}^2$	$c_d = 1,5 \text{ t/m}^2$
Üç eksenli basınç deneyleri (kaya, ilk proje değeri)	$\phi = 37^\circ$	$\phi = 45^\circ$	-
Üç eksenli basınç deneyleri (kum-çakıl, ilk proje değeri)	$\phi = 30^\circ$	$\phi = 35^\circ$	-
Geçirgenlik (cm/sn)	$10^{-5}$	$10^{-8}$ , LL>50 ise	$10^{-6}-10^{-8}$
Dispersibilite deneyleri- dağılma deneyi (%)	40	-	30
Dispersibilite deneyleri- kimyasal deneyler (ESP)	7	-	-
Dispersibilite deneyleri- kimyasal deneyler (SAR)	1-2	-	-
Dispersibilite deneyleri- iğne deliği	ND4 ve ND3	-	-
Organik madde tayini (%)	-	5	0

Çizelge 2.4 Yarı geçirimli ve geçirimsiz kabuk dolgu malzemeler için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler (Akçalı ve Arman 2006).

Deney Türü	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Alt Limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Üst Limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Değerler
Tüvanan örneğin elek analizi	İçinde kil cinsinden plastik ince tane (200 nolu elek altı) oranı %12'den az olan; ancak ince tane sadece silt ise, bu oranın %30'a kadar çıkabildiği, kil ve siltli kum, çakıl ve blokların değişik oranlardaki karışımından oluşan malzeme, yarı geçirimli malzeme olarak kullanılabilir.		

Çizelge 2.4 (devam ediyor).

İzafi sıklık, birim ağırlık ve/veya modifiye proktor (%)	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıla göre) 65-75	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıla göre) 80-90	-
Geçirgenlik (cm/sn)	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$

Çizelge 2.5 Filtre ve geçirimli kabuk dolgu malzemeler için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler (Akçalı ve Arman 2006).

Deney Türü	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Alt Limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Üst Limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Değerler
Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	>2,60	-	>2,60
Tüvanan örneğin elek analizi	İçinde %5'ten az ince tane (kil ve silt) kapsayan kum, çakıl ve blokun değişik oranlardaki karışımlarından oluşan geçirimli malzeme.		
D15 filtre/D15 korunan	4	40	>5
D15 filtre/D85 korunan	<5	-	<5
D50 filtre/D50 korunan	5	58	<25
D85 filtre/maksimum dren aralığı	>2	-	-
İzafi sıklık, birim ağırlık ve/veya modifiye proktor (%)	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıla göre) 65-75	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıla göre) 80-90	İnşaat aşamasında (içerdiği kum-çakıla göre) 80-90
Geçirgenlik (cm/sn)	$10^{-4}$	-	$>10^{-4}$

Çizelge 2.6 Kaya ve riprap malzemeler için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler (Akçalı ve Arman 2006).

Deney Türü	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Alt Limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Üst Limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Değerler
Su emme (%)	-	1,80	-
Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	2,6	-	>2,65
Basınç dayanımı (kgf/ cm <sup>2</sup> )	500 (50 MPa)	-	-
Los Angeles aşınma kaybı (%)	-	100 devirde %10 500 devirde %40	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı (%)	-	%10	-
Don sonu basınç dayanımı (%)	-	%10	-

Çizelge 2.7 Beton agrega malzemesi için yapılan deneylerde kullanılan limitler ve tavsiye değerler (Akçalı ve Arman 2006).

Deney Türü	Kullanılmış veya tavsiye edilen Alt limit	Kullanılmış veya tavsiye edilen Üst limit	Kullanılmış veya Tavsiye Edilen Değerler
Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	En az 1,60	-	En az 1,60
İnce ve kaba agregada özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	2,60	-	2,65
İnce ve kaba agregada su emme (%)	-	%1	Maksimum %1
İnce ve kaba agregada kil topakları (%)	-	Kum için %1, çakıl için %0,25	Kum için max. %1, çakıl için max. %0,25
200 nolu elekten geçen ince malzeme miktarı tayini (%)	-	Kumda %5, çakılda %1	En fazla %3-%5
Organik madde tayini (%)	-	Ağırlıkça %0,5	En fazla ağırlıkça %0,5
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı (%)	-	İnce agregada (kum) max. %15, iri agregada (çakıl) max. %18	İnce agregada (kum) max. %15, iri agregada (çakıl) max. %18
Los Angeles aşınma kaybı deneyi (%)	-	100 devirde max. %10, 500 devirde max. %50	100 devirde max. %8, 500 devirde max. %40
Alkali agrega reaktivitesi (%)	Opal ve opalli taşlar sakıncalı olup reaksiyona duyarlı kısımların sınır değerleri %0,5-4'tür.		
Petrografik analiz	Daneler; sağlam, sert, yuvarlak biçimde ve yüzeyleri biraz pürüzlü olmalı, yayvan ve yassı olmamalı, kırıklık ve çatlaklar birbirleriyle irtibatlı olmamalı, çentik çizgileri bulunmamalı, kapiler su emme çok az olmalıdır.		Agrega ağırlıkça %0,25'den fazla opal, %5'den fazla kalsedon, %3'den fazla camsı volkanik taşlar ve tüf içermemelidir. Agregaya veya sodyum oksit cinsinden %0,6'dan az alkali içeren çimento ile karışım yapılmalıdır.

## BÖLÜM 3

### KAYA MALZEMESİ İÇİN UYGUNLUK ÖLÇÜTLERİNİN İNCELENMESİ

Su yapıları, deniz yapıları ve karayolları yapılarında yoğun olarak kullanılan kaya malzemelerden istenilen özelliklerin başında, malzemenin sert, sağlam, ayrışmamış ve kullanım amacına uygun kalitede (limitlere uygun) olması gelmektedir. İstenilen özelliklere sahip kaya malzemeleri baraj, gölet, taşkın koruma gibi su yapıları; kıyı yapıları ve limanlar kapsamındaki deniz yapıları ile karayolları kapsamındaki köprü, tünel ve sanat yapılarında dolgu ve tahkimat amaçlı olarak kullanım alanı bulurlar.

Riprap malzemeler koruyucu dolgulardan olup, baraj dolgusunun, su dalgaları etkisi ile yıkanmasını önlemek amacıyla gövdeye konulan örtü tabakasıdır (DSİ 2006b). Kaya malzemelerinden, beton agregasının ya da filtre malzemesinin (su yapılarının geçiş bölgelerinde kullanılan doğal malzeme) bulunmadığı yerlerde de kırma taş temininde yararlanılır (DSİ 2006a).

#### 3.1 DENEY YÖNTEMLERİ

Kaya malzemelerin, kullanım yerini ve kullanım amacına uygun olup olmadığını belirlemede standartlar oldukça etkin rol oynar. Standartlara uygun olan kaya malzemeleri, kullanım yerlerinde uzun ömürlü olarak kalmakta, fiziksel ve mekanik etkilere karşı daha dayanıklı olmakta ve daha az bakım, onarım maliyeti oluşturmaktadır.

Kaya ve riprap malzemelerin kullanılabilirliği, malzemenin arazi ve laboratuvar ortamında yapılan deneylerle değerlendirilmelerinden geçer. Ancak kaya malzemelerin yerinde gösterdiği durumlarla, atmosfer ve su ortamında göstereceği davranışların farklılık gösterebileceği de unutulmamalıdır.



### **3.1.1 Standart Deneyleer**

Kaya ve riprap malzemeler için genel olarak istenen deneyleerin yapılışı hakkında bilgiler aşıağıda verilmiştir.

#### **3.1.1.1 Fiziksel Deneyleer (Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Gözeneklilik)**

Doğal yapı taşlarının gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk ve gözeneklilik oranını belirleyebilmek için uygulanan deney yöntemlerini kapsar. Deney standardı, TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuar Deney Yöntemleri standardında atıf yapılan, TS EN 1936 Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri-Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini standardıdır.

#### **Deneyin Yapılışı**

Deneye tabi tutulacak kayaç kütlelerini temsil edecek şekilde, en az 6 deney numunesi seçilir. Deney numuneleri silindir, küp veya prizma şeklinde ve geometrik ölçümlerle hesaplanan görünür hacimleri en az 25 ml olmalıdır. Numuneler, 70 °C sıcaklıkta sabit kütleyle erişinceye kadar kurutulur. Birbirini izleyen 24 saat aralıklı iki tartım arasındaki fark, numune kütesinin %0,1'inden büyük değilse numunenin sabit kütleyle ulaştığı kabul edilir ve numuneler oda sıcaklığına erişinceye kadar bir desikatörde tutulur (TSE 2010).

#### **Açık Gözeneklilik ve Görünür Yoğunluk**

Her bir numune tartılır ( $m_d$ ), vakum kabına yerleştirilir ve basınç kademeli olarak 2 kPa'a indirilir. Bu basınç, numunelerin açık gözeneklerindeki havayı uzaklaştırmak için 2 saat muhafaza edilir. 20 °C'deki demineralize su yavaşça kaba konulur. Suyun ilâvesi sırasında 2 kPa'lık basınç muhafaza edilir. Tüm numuneler su içerisine konulduktan sonra kap atmosfer basıncına getirilir ve numuneler su içerisinde, atmosfer basıncında ilâve bir 24 saat süre daha bekletilir. Sonra her bir numune, su içerisinde tartılır ve sudaki kütleleri kaydedilir ( $m_h$ ). Daha sonra numuneler, hızlı bir şekilde nemli bir bezle kurulanır ve suya doymuş numunelerin kütesi ( $m_s$ ) tayin edilir (TSE 2010).

## **Gerçek Yoğunluk**

Gerçek yoğunluğun tayini için iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar piknometre yöntemi ve Le Chatelier hacim ölçer yöntemidir (TSE 2010).

### **a) Piknometre Yöntemi**

Görünür yoğunluk ve açık gözenekliliğin tayin edilmesinden sonra, her bir numune ayrı ayrı 0,063 mm göz açıklıklı elekten tümüyle geçecek şekilde öğütülür. Numune sabit kütleye kurutulur, yaklaşık 10 g'lık bir kütle ( $m_c$ ) alınır. Piknometre yarısına gelinceye kadar deiyonize su ile doldurulur. Sonra öğütülmüş numuneden tartılarak elde edilen kütle ( $m_c$ ) piknometreye konur ve katı maddenin dağılması için sıvı çalkalanır. Hava kabarcıklarının çıkışı tamamlanmaya kadar piknometreye 2 kPa'lık bir vakum uygulanır, sonra piknometre deiyonize su ile yaklaşık olarak ağzına kadar doldurulur ve katı madde çöküp su berrak hale gelinceye kadar beklenir. Sonra dikkatlice piknometre deiyonize su ile tamamen doldurulur, bir kapakla kapatılır ve taşan su varsa yavaşça kurulanır. Son olarak piknometre tartılır ( $m_1$ ). Piknometre boşaltılır ve yıkanır, yalnızca deiyonize su ile doldurulur ve tartılır ( $m_2$ ). Her bir tartımdan önce ortam sıcaklığının 20 °C olması gerekir (TSE 2010).

### **b) Le Chatelier Hacim Ölçme Yöntemi**

Görünür yoğunluk ve açık gözenekliliğin tayin edilmesinden sonra, her bir numune ayrı ayrı 0,063 mm göz açıklıklı elekten tümüyle geçecek şekilde öğütülür. Numune sabit kütleye kurutulur ve yaklaşık 50 g'lık bir kütle ( $m_c$ ) alınır. Le Chatelier hacim ölçere sıfır işaretine kadar deiyonize su doldurulur. Öğütülmüş numuneden tartılarak elde edilen kütle ( $m_c$ ), daha sonra 10 g'lık beş kısım halinde her biri sıvıyla temas edecek şekilde hacim ölçere ilâve edilir. Her bir bölümün hacim ölçere konulmasından sonra öğütülmüş numunenin dağılmasını sağlamak için sıvı çalkalanır. Öğütülmüş numune kütlelerinin ( $m_c$ ) yer değiştirdiği sıvının hacmi ( $V_s$ ) ölçekten okunarak tayin edilir. Başlangıç 0 seviyesinin alınmasından ve son hacmin okunmasından önce ortam sıcaklığının 20 °C olması sağlanır (TSE 2010).

## Hesaplama

Açık gözeneklerin hacmi (ml) aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (TSE 2010):

$$V_o = \frac{m_s - m_d}{\rho_{rh}} \times 1000 \quad (3.1)$$

Burada;

$m_s$  : Doygunlaştırılmış numune kütlesi (g),

$m_d$  : Kuru numune kütlesi (g),

$\rho_{rh}$  : Suyun yoğunluğudur (20 °C'de 998 kg/m<sup>3</sup>).

Görünür hacim (ml) aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (TSE 2010):

$$V_b = \frac{m_s - m_h}{\rho_{rh}} \times 1000 \quad (3.2)$$

Burada;

$m_s$  : Doygunlaştırılmış numune kütlesi (g),

$m_h$  : Su içerisine batırılmış numune kütlesi (g),

$\rho_{rh}$  : Suyun yoğunluğudur (20 °C'de 998 kg/m<sup>3</sup>).

Görünür yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>) aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (TSE 2010):

$$\rho_b = \frac{m_d}{m_s - m_h} \times \rho_{rh} \quad (3.3)$$

Burada;

$m_d$  : Kuru numune kütlesi (g),

$m_s$  : Doygunlaştırılmış numune kütlesi (g),

$m_h$  : Su içerisine batırılmış numune kütlesi (g),

$\rho_{rh}$  : Suyun yoğunluğudur (20 °C'de 998 kg/m<sup>3</sup>).

Açık gözeneklilik (%) aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (TSE 2010):

$$\rho_o = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} \times 100 \quad (3.4)$$

Burada;

- $m_d$  : Kuru numune kütlesi (g),  
 $m_s$  : Doygunlaştırılmış numune kütlesi (g),  
 $m_h$  : Su içerisine batırılmış numune kütlesidir (g).

Gerçek yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ ) aşağıdaki eşitliklerle ifade edilir (TSE 2010):

Piknometre Yöntemi:

$$\rho_r = \frac{m_e}{m_2 + m_e - m_1} \times \rho_{rh} \quad (3.5)$$

Burada;

- $m_e$  : Öğütülmüş ve kurutulmuş numune kütlesi (g),  
 $m_1$  : Su ve öğütülmüş numune ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi (g),  
 $m_2$  : Suyla doldurulmuş piknometrenin kütlesi (g),  
 $\rho_{rh}$  : Suyun yoğunluğudur ( $20^\circ\text{C}$ 'de  $998 \text{ kg/m}^3$ ).

Le Chatelier Hacim Ölçme Yöntemi (TSE 2010):

$$\rho_r = \frac{m_e}{V_s} \times \rho_{rh} \quad (3.6)$$

Burada;

- $m_e$  : Öğütülmüş ve kurutulmuş numune kütlesi (g),  
 $V_s$  : Numune kütesinin ( $m_e$ ) yer değiştirdiği sıvı hacmi (ml),  
 $\rho_{rh}$  : Suyun yoğunluğudur ( $20^\circ\text{C}$ 'de  $998 \text{ kg/m}^3$ ).

Toplam gözeneklilik (%) aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (TSE 2010):

$$p = \frac{\frac{1}{\rho_b} - \frac{1}{\rho_r}}{\frac{1}{\rho_b}} \times 100 = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_r}\right) \times 100 \quad (3.7)$$

Burada;

$\rho_b$  : Numunenin görünür yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ ),

$\rho_r$  : Numunenin gerçek yoğunluğudur ( $\text{kg/m}^3$ ).

### 3.1.1.2 Su Emme Deneyi

Doğal yapı taşlarının, atmosfer basıncı altındaki su emme miktarının belirlenmesi için uygulanan deney yöntemidir. Deney standardı, TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri standardında atıf yapılan, TS EN 13755 Doğal Taşlar-Deney Metotları-Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini standardıdır. Deneyle ilgili olarak, DSİ tarafından hazırlanmış ve Mart 2010'da yürürlüğe girmiş "TS EN 13755 Doğal Taşlar-Deney Metotları-Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini Deneyi Talimatı" da bulunmaktadır.

#### Deneyin Yapılışı

Deney numuneleri, silindir, küp veya prizma şeklinde, 70 mm veya 50 mm boyutlarında, en az 6 adet olmak üzere hazırlanır. Deney numuneleri, 70 °C sıcaklıkta sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur. Kurutma sonunda, 20 °C oda sıcaklığına erişinceye kadar desikatör içerisinde soğutulan numuneler tartılır ( $m_d$ ). Numuneler aralarında 15 mm aralık olacak şekilde su kabı içerisine yerleştirilir. Sonra, numune yüksekliğinin yarısına kadar, 20 °C sıcaklıkta musluk suyu ilave edilir. Su emdirme işleminin başlama zamanı ( $t_0$ ) kaydedilir. 1 saat sonra ( $t_0 + 60$ ), numune yüksekliğinin dörtte üçü su içerisinde kalacak şekilde musluk suyu ilave edilir. 2 saat sonra ( $t_0 + 120$ ) numuneler, 25 mm su altında kalacak şekilde musluk suyu ilave edilir. 48 saat sonra ( $t_0 + 48$ ) numuneler sudan çıkarılır nemli bir bez veya süngerle kurularak tartılır ( $m_i$ ). Numuneler tekrar su içine daldırılır. Her 24 saat aralıklarla sudan

çıkarılır ve tartılır. Bu işlem, numuneler sabit kütleye gelinceye kadar tekrar edilir. Son tartımın sonucu, suya doymun numunenin kütlesidir ( $m_s$ ) (DSİ 2010a).

## Hesaplama

Her bir numunenin atmosfer basıncındaki su emmesi ( $A_b$ ) aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır (DSİ 2010a):

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \times 100 \quad (3.8)$$

Burada;

$A_b$  : Numunenin atmosfer basıncındaki su emmesi (%),

$m_d$  : Numunenin kuru haldeki kütlesi (g),

$m_i$  : Suda bekletilen numunenin 48 saat sonraki kütlesi (g),

$m_s$  : Numunenin doymun haldeki kütlesidir (g).

### 3.1.1.3 Los Angeles Aşınma Kaybı Deneyi

Doğal veya yapay agregaların aşınma, darbe ve öğütme etkileri altında parçalanma direncinin (aşınmaya karşı dayanıklılığın) tayini için kullanılan bir yöntemdir. Deney standardı, TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri standardında atıf yapılan, TS EN 1097-2 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar standardıdır. Deneyle ilgili olarak, DSİ tarafından hazırlanmış ve Ekim 2008’de yürürlüğe girmiş “Küçük Boyutlu İri Agregaların Los Angeles Bilyeli Tambur Cihazında Aşınma Etkilerine Karşı Dayanıklılık Tayini Deneyi Talimatı” da bulunmaktadır.

### Deneyin Yapılışı

Deney, ASTM C 131-96 ve TS EN 1097-2 standardına göre iki şekilde yapılmaktadır. ASTM C 131-96 standardına göre; numuneler yıkanarak 110 °C sıcaklıkta sabit kütleye getirilir.

Numuneler; 37,5 mm, 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 6,3 mm, 4,75 ve 2,36 mm kare gözlü elekler kullanılarak farklı tane sınıflarına ayrılır. Numune miktarları, Çizelge 3.1'e göre 5000 g numune olarak alınır (A) (DSİ 2008a).

Çizelge 3.1 Yöntem A gradasyonu ve elek göz açıklıkları (DSİ 2008a).

Kare Gözlü Elek Göz Açıklığı		Tane Sınıfları Kütleleri (g)			
		Gradasyon			
Geçen	Kalan	A	B	C	D
37,5 mm	25 mm	1250±25	-	-	-
25 mm	19 mm	1250±25	-	-	-
19 mm	12,5 mm	1250±10	1250±10	-	-
12,5 mm	9,5 mm	1250±10	1250±10	-	-
9,5 mm	6,3 mm	-	-	1250±10	-
6,3 mm	4,75 mm	-	-	1250±10	-
4,75 mm	2,36 mm	-	-	-	5000±10
<b>Toplam</b>		<b>5000±10</b>	<b>5000±10</b>	<b>5000±10</b>	<b>5000±10</b>

TS EN 1097-2 standardına göre yapılan deneyde; tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında ve kütlesi en az 15 kg olan numune alınır. İstenilen fraksiyonları elde etmek için numuneler 10 mm, 11,2 mm (veya 12,5 mm) ve 14 mm'lik deney elekleri ile elenir, yıkanır ve sabit kütleyle ulaşınca kadar 110 °C'deki etüvde kurutulur. Tane sınıfları el yanmayacak şekilde soğutulur ve deney yapılmak üzere 5000 g numune alınır (A) (DSİ 2008a). ASTM C 131-96 ve TS EN 1097-2 standartlarına uygun olarak alınan deney numuneleri ve çelik bilyeler Los Angeles cihazına yerleştirilir. Tambur 30 ile 33 devir/dakika hızda 100 ve 500 devir yapacak şekilde döndürülür. 100 devir sayısı elde edildiğinde, agrega kaybının olmamasına dikkat edilerek bilyeler tepside alınır ve agregalar tepsiye dökülür. Tambur temizlenir, ince tanelerin tambur kenarında kalmamasına dikkat edilir. Tepsiye alınan deney numunesi 1,70 mm (ASTM C 131-96) veya 1,6 mm'lik (TS EN 1097-2) elekten yıkanmadan elenir ve tartılarak kaydedilir (B<sub>1</sub>). Daha sonra elekte kalan ve elekte geçen numune kaybedilmeden Los Angeles cihazının içerisine koyulur. İlk yapılan 100 devire ilave olarak 400 devir daha yapılarak toplam 500 devir sayısı tamamlanınca deney numunesi cihazdan çıkarılır. Çıkarılan numune önce kuru olarak 1,7 mm (ASTM C 131-96) veya 1,6 mm'lik (TS EN 1097-2) elek

kullanılarak elenir ve aşınmış olan malzeme numuneden uzaklaştırılır. Daha sonra numune belirtilen eleklerden yıkanarak temizlenir. Temizlenen ve ıslak halde bulunan numune 110 °C sıcaklıkta sabit kütleye getirilir ve numune kütlesi tartılarak kaydedilir ( $B_5$ ). Şekil 3.1’de Los Angeles aşınma cihazına ait görünüm verilmektedir. Los Angeles aşınma kaybı deneyi, ASTM C 131-96 standardında 100 ve 500 devir işlemleri yapılırken, TS EN 1097-2 standardında sadece 500 devir işlemleri yapılır (DSİ 2008a).



a. Cihazın kapalı durumu.



b. Cihazın açık durumu.

Şekil 3.1 Los Angeles aşınma cihazına ait görünümler.

## Hesaplama

Kayıp, deney ilk kütlesi ile son kütlesi arasındaki farkın, deney ilk kütlesine yüzdesi olarak hesaplanır. Bu değer yüzde kayıp olarak belirtilir.

ASTM C 131-96 standardına göre Los Angeles aşınma kaybı (DSİ 2008a):

$$L_1 = \frac{A - B_1}{A} \times 100 \quad (3.9)$$

$$L_5 = \frac{A - B_5}{A} \times 100 \quad (3.10)$$



Burada;

L<sub>1</sub> : Deney sonu kütle kaybı (100 devir, %),

L<sub>5</sub> : Deney sonu kütle kaybı (500 devir, %),

A : Deney numunesi ilk kütlesi (g),

B<sub>1</sub> : 100 devir sonunda 1,7 (1,6) mm'lik elek üzerinde kalan kütle (g),

B<sub>5</sub> : 500 devir sonunda 1,7 (1,6) mm'lik elek üzerinde kalan kütledir (g).

TS EN 1097-2 standardına göre Los Angeles katsayısı (DSİ 2008a):

$$LA = \frac{5000 - B}{50} \quad (3.11)$$

Burada;

LA : Los Angeles katsayısı,

B : 500 devir sonunda 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan kütledir (g).

Los Angeles aşınma kaybı 100 devirde en fazla %10, 500 devirde en fazla %40 olması kabul edilmekte olup, deney uygulamalarda 500 devire göre yapılmaktadır.

#### **3.1.1.4 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi**

Doğal yapı taşlarının tek eksenli basınç dayanımları, numunelere belli bir basınç uygulayarak dayanımlarının ölçülmesi, deformasyon ve yenilme karakteristiklerinin belirlenmesi için uygulanan deney yöntemidir. Deney standardı, TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri standardında atıf yapılan, TS EN 1926 Doğal Taşlar-Deney Metotları-Basınç Dayanımı Tayini standardıdır. Deneyle ilgili olarak, DSİ tarafından hazırlanmış ve Mart 2010'da yürürlüğe girmiş "TS EN 1926 Doğal Yapı Taşları Deney Yöntemleri-Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini Deneyi Talimatı" da bulunmaktadır.

#### **Deneyin Yapılışı**

Deney numunesi, kenarları 70 mm veya 50 mm olan bir küp ya da boyutları 70 mm veya 50 mm çapı boyuna eşit dik bir silindir olarak hazırlanır ve en az 10 numune üzerinde deney yapılır. Yükün uygulanacağı yüzeyler birbirine paralel ve numune eksenine dik olmalıdır.

Numunenin yan veya kenar yüzeyi de pürüzsüz ve düzgün olmalıdır. Deney numuneleri, sabit kütleyle gelinceye kadar 70 °C’de kurutulur. Kurutma işleminden sonra deney numuneleri, 20 °C oda sıcaklığında, ısı dengesine ulaşana kadar tutulur. Bundan sonra numuneler 24 saat içerisinde deneye alınır (DSİ 2010b). Şekil 3.2’de tek eksenli basınç dayanımı deney düzeneğine ait görüntüler verilmiştir.



a. Hidrolik pres.



b. Mekanik pres.

Şekil 3.2 Tek eksenli basınç deney düzeneği.

Deney numunesi prese yerleştirilmeden önce, presin alt tablası, küresel üst başlığı ve deney numunesinin basınç uygulanacak yüzeyleri silinip temizlenir. Yükün yüzeye eşit olarak dağılımını sağlamak için deney numunesi, küresel başlığın merkezi ile hizalanarak alt tablanın üzerine yerleştirilir. Yükleme, deney numunesi kırılıncaya kadar 1 MPa/s’lik sabit bir gerilme hızıyla devamlı olarak uygulanır ve kırılmaya neden olan en büyük değer kaydedilir. Yükleme hızı, dijital preslerde deney öncesinde sabit bir değer olarak girilir. Mekanik preslerde ise öncelikle numunenin yüzey alanı bulunur. Saniyede deney hızı olarak kabul edilen değer (yaklaşık  $10 \text{ kgf/cm}^2/\text{sn} = 1 \text{ MPa/s}$ ), numunenin yüzey alanı ile çarpılır. Bulunan değer, yükün 1 saniyede ulaşacağı noktayı kgf cinsinden gösterir. 10 saniyede ve 30 saniyede ulaşması gereken değerler de hesap edilerek ve cihaza gereken ayar yapılır (DSİ 2010b).

### Hesaplama

Numunenin tek eksenli basınç dayanımı aşağıdaki eşitlikle ifade edilir (DSİ 2010b):

$$R = \frac{F}{A} \quad (3.12)$$

Burada;

R : Deney numunesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa),

F : Kırılma yükü (kN),

A : Deney öncesi numunenin en kesit alanıdır (mm<sup>2</sup>).

### 3.1.1.5 Sodyum Sülfat Don Kaybı Deneyi

Doğal yapı taşlarının, kimyasal yöntemle dona dayanıklılığını belirleme amacıyla yapılan deney yöntemidir. Deney standardı, TS 699 Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları standardıdır. Bu deney, tabii don deneyinin çabuklaştırılmış şekli olup sodyum sülfat veya magnezyum sülfat çözeltisi kullanılarak yapılır.

#### Deneyin Yapılışı

Çekiç ve/veya konkasör yardımıyla en az iki seri deney yapmaya yetecek kadar kırılan taşlar Çizelge 3.2’de belirtilen eleklerden elenerek, belirtilen miktarlarda alınıp ayrı kaplara konular ve 110 °C’deki etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur. Uygun bir desikatör içinde oda sıcaklığına kadar soğutulan deney numuneleri tartılır ( $G_0$ ). En az 2 seri olarak hazırlanan, 40 mm-20 mm elekler arasındaki deney numuneleri ile 20 mm-10 mm ve 10 mm-5 mm arasındaki deney numuneleri, ayrı ayrı uygun derinlikte birer kap içerisine konularak, üzerine oda sıcaklığındaki sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) çözeltisinden bütün deney numuneleri çözelti içine tamamen batacak şekilde ilave edilir. 16-18 saat süreyle bu şekilde bekletilen deney numuneleri, kap içindeki çözelti, sodyum sülfat çözeltisi kovasına geri aktarıldıktan sonra, 110 °C sıcaklığa ayarlanmış etüvde kurutulur. Kurutma işleminin yaklaşık 4 saatte tamamlanması sağlanmalıdır. Kurutma işleminin tamamlanmasından sonra etüvden çıkarılan deney numunesi kapları, açıkta oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılır. Soğuma işleminin tamamlanmasından sonra tekrar sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) çözeltisi konular. Her defasında, çözeltinin deney numunelerinin 1-2 cm üzerine kadar doldurulmasına dikkat edilmelidir. Bu işlem 5 defa tekrarlanır. Beşinci devir sonunda etüvden çıkarılan deney numuneleri soğutulduktan sonra su ile ıslatılır ve su içinde 16-18 saat süre ile bekletilir. Sonra

deney numuneleri sodyum sülfattan (veya magnezyum sülfat) tamamen temizleninceye kadar bol su ile yıkanır. Yıkama işlemi en az 20 dakika sürmelidir (TSE 1987).

Çizelge 3.2 Sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) don kaybı deneyi için deney numune miktarı ve düzeltme oranları (TSE 1987).

Elek Aralıkları	Deney Numunesi Miktarı (g)		Düzeltilme Oranı (%)
40 mm-25 mm arası	1000	2000	50
25 mm-20 mm arası	1000		
20 mm-10 mm arası	500		30
10 mm-5 mm arası	100		20

Deney numunesi parçalarının sodyum sülfattan (veya magnezyum sülfat) tamamen temizlenip temizlenmediğini kontrol etmek için; yıkama suyundan alınan yaklaşık 15 ml süzüntüye 1-2 ml derişik hidroklorik asit (HCl) ve 5 ml kadar %10'luk baryum klorür ( $BaCl_2$ ) çözeltisi ilave edilir. Beyaz bir bulanıklık ( $BaSO_4$ ) meydana geliyorsa çözeltide  $SO_4^{2-}$  iyonlarının mevcut olduğu anlaşılır ve yıkama işlemine devam edilir. Bu şekilde sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) artıklarından tamamen temizlenen deney numuneleri bundan sonra 110 °C sıcaklıktaki etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur, desikatör içinde oda sıcaklığına kadar soğutulur ve her grup kendi eleğiyle elenir ve bu elekler üzerinde kalan kısımlar tartılarak kaydedilir ( $G_1$ ). Bu eleklerden geçen kısımlar don kaybı olarak kabul edilir (TSE 1987).

### Hesaplama

Sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) don kaybı her grup deney numunesi için ayrı ayrı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır (TSE 1987):

$$k_d = \frac{G_o - G_1}{G_o} \times 100 \quad (3.13)$$

Burada;

$k_d$  : Sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) don kaybı (%),

$G_o$  : Deney numunesinin başlangıç kütlesi (g),

$G_1$  : Deneyden sonra elek üzerinde kalan deney numunesinin kütlesidir (g).

Bu şekilde her grup için bulunan don kaybı değerlerinden aşağıdaki formül yardımıyla taşın toplam don kaybı hesaplanır (TSE 1987):

$$k_{dt} = 0,5 k_{d1} + 0,3 k_{d2} + 0,2 k_{d3} \quad (3.14)$$

Burada;

$k_{dt}$  : Taşın toplam sodyum sülfat (veya magnezyum sülfat) don kaybı (%),

$k_{d1}$  : 40 mm-20 mm elekler arasındaki deney numunesinin don kaybı (%),

$k_{d2}$  : 20 mm-10 mm elekler arasındaki deney numunesinin don kaybı (%),

$k_{d3}$  : 10 mm-5 mm elekler arasındaki deney numunesinin don kaybıdır (%).

### 3.1.1.6 Tabii Don Deneyi

Doğal veya yapay agregaların, arka arkaya donma ve çözülme etkisine maruz bırakılması halinde göstereceği davranış biçimi hakkında bilgi almak için uygulanan deney yöntemidir. Deney standardı, TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri standardında atıf yapılan, TS EN 12371 Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri-Dona Dayanım Tayini standardıdır. Deneyle ilgili olarak, DSİ tarafından hazırlanmış ve Ekim 2008’de yürürlüğe girmiş “TS 699/ 1987 Tabii Yapı Taşlarının Tabii Don Kaybı Deneyi Talimatı” da bulunmaktadır.

### Deneyin Yapılışı

Deney numunesi, kenarları 70 mm veya 50 mm olan bir küp ya da boyutları 70 mm veya 50 mm çapı boyuna eşit dik bir silindir olarak hazırlanır ve en az 10 numune üzerinde deney yapılır. Deney numuneleri, sabit kütleye gelinceye kadar 70 °C’lik etüvde kurutulur. Numuneler, etüvden çıkarılıp bir desikatöre konularak oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tartılır ( $G_0$ ). Bu şekilde kurutulmuş olan deney numuneleri üzerinde Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini Deneyi yapılarak, suya doymun hale getirilir ve numuneler tekrar dondurucuya konulur. Soğutma hızı, dondurucunun sıcaklığı yaklaşık 4 saatte -20 °C’ye kadar düşecek şekilde ayarlanır. Sıcaklık -20 °C’ye düştükten sonra numuneler yaklaşık 2 saat

bu sıcaklıkta bekletilir. Numuneler bu süre sonunda dondurucudan çıkarılarak 20 °C sıcaklıktaki su içerisine, tamamen su altında kalacak şekilde daldırılır ve en az 2 saat bu şekilde bekletilerek buzların tamamen erimesi sağlanır. Bu işlemlerin ardından numuneler tekrar dondurucuya konular ve -20°C'ye kadar soğutulur. Bu şekilde donma ve çözülme işlemi 25 kez tekrarlanır ve işlemlerinin sonunda, deney numuneleri 70 °C sıcaklıktaki etüvde sabit kütleye kadar kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra tartılır ( $G_k$ ) (DSİ 2008b).

### Hesaplamalar

Don sonu basınç dayanımı deneyinde don etkileri sebebiyle koparak ayrılan kısımlardan meydana gelen kütle azalması (don sonu kütle kaybı) aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır (DSİ 2008b):

$$D_k = \frac{G_0 - G_k}{G_0} \times 100 \quad (3.15)$$

Burada;

- $D_k$  : Don sonu kütle kaybı (%),  
 $G_0$  : Taşın deneyden önceki kütlesi (g),  
 $G_k$  : Taşın deneyden sonraki kütlesidir (g).

Don sonu kütle kaybı, en az altı deney numunesinden elde edilen değerlerin ortalamasının alınmasıyla bulunur. Donma çözülme işlemlerine tabi tutulmuş bu deney numuneleri üzerinde TS EN 1926 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi yapılır. Numunelerin basınç dayanımında doğal don etkileriyle meydana gelen azalma aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanır (DSİ 2008b):

$$\Delta f = \frac{f_b - f_{db}}{f_b} \times 100 \quad (3.16)$$

Burada;

- $\Delta f$  : Numunelerin basınç dayanımında meydana gelen azalma (%),

$f_b$  : Numunelerin basınç dayanımı aritmetik ortalaması (donma çözülme işlemine tabi tutulmamış numunelere ait) (MPa),

$f_{db}$  : Numunelerin don sonu basınç dayanımı aritmetik ortalamasıdır (MPa).

### 3.1.4.7 Petrografik Analiz

Doğal taşların petrografik özelliklerinin tayini amacı ile yapılan incelemeleri kapsar. Deney standardı, TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri standardında atıf yapılan, TS EN 12407 Doğal Taşlar-Deney Metotları-Petrografik İnceleme standardıdır. Deney, taşın dokusunu ayrıntıları ile ortaya çıkarmak için ince kesit üzerinde yapılan incelemedir. İncelemeler neticesinde taşı teşkil eden minerallerin cinsi, birbirine göre durumları, kristal şekli, doku, gözeneklilik, boşluk, kılcal çatlak, damar, bozuşma vb. özellikleri tayin edilir (Akçalı 2005).

Kaya malzemeler için en önemli özellikler hava ve suya karşı gösterdiği direnç ve iklime karşı gösterdiği tepkidir. Kaya dolgularında kullanılan uygun kaya tipleri; granit, bazalt, andezit, Premozoyik kumtaşı, kireçtaşı ve kuvarsit olarak, dikkatle kullanılacak kayalar ise; tabakalı kaya, killi mermer, tuf, Senozoyik kumtaşı, gnays ve şist (sıkı bağlı) olarak sıralanabilir. Şeyl, çamurtaşı, siltaşı, kiltası, tebeşir, topraksı kireçtaşı ve diğer düşük çimentolu sediment kayalar yeterince sertlik, ayrışma özellikleri, kırılma dereceleri ile yapısal, fiziksel ve kimyasal yönden yeterince uygun olmadıklarından kaya malzemesi olarak kullanımından mümkün mertebe kaçınılmalıdır (Akçalı 2005).

Tez çalışması kapsamında Filyos Bölgesi için incelenen andezit, uygun kayalar arasında sınıflandırılmaktadır.

### 3.1.2 Diğer Deneyler ve Mekanik Özellikler

Standartlarda yer almayan veya şartnamelerde talep edilmeyen deneyler arasında Schmidt sertli çekici deneyi, jeolog çekici ile arazide dayanım tahmini, nokta yükü dayanım indeksi, suda dağılma dayanımı, çekme ve üç eksenli basınç dayanımı (TSE 699, ISRM) vb. bulunmaktadır. Bu deneyler taşocak işletmeciliği açısından kaya malzemesinin delinebilirlik, kırılma, aşınma gibi özellikleri hakkında önemli bilgiler sağlayabilmektedir. Kaya

malzemelerde yaygın olarak kullanılan bu deneylerin yapılışı hakkında bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

### 3.1.2.1 Schmidt Sertlik Çekici Deneyi

Kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarının dolaylı olarak belirlenmesinde kullanılan pratik bir yöntemdir. Deney, TS EN 12504-2 Yapılarda Beton Deneyleri-Bölüm 2 Tahribatsız Deneyler-Geri Sıçrama Değerinin Tayini standardına göre yapılmakta olup, Schmidt çekici (geri sıçramalı çekiç) kullanılarak geri sıçrama değerinin (geri tepme sayısı) tayini için kullanılacak metodu kapsar.

#### Deneyin Yapılışı

Schmidt çekici, yay ile itilen ve serbest bırakıldığında yüzey ile temas eden çelik uca çarpan, çelik çekiç ihtiva eden alettir. Çelik çekicinin çelik uçtan geri sıçrama mesafesi, cihaz üzerine yerleştirilmiş cetvelden okunur. Deney yapılırken, çekiç çarpma ucu deneye tâbi tutulacak yüzeye dik olacak şekilde sıkıca tutulur. Çekiç çarpma ucu kadar uç üzerindeki basınç yavaş yavaş arttırılır. Çarpmadan sonra geri sıçrama değeri kaydedilir. Bir deney alanında güvenilir geri sıçrama değeri elde edebilmek için en az dokuz okuma yapılmalıdır. İki çarpma noktası arasındaki mesafe 25 mm'den az olmamalı ve çarpma noktaları, kenarlardan en az 25 mm içeride olmalıdır. Çarpma sonunda yüzeydeki her bir çarpma izi kontrol edilir ve vuruş yapılan yüzeye yakın yerde mevcut hava boşluğu nedeniyle parçalanma veya kırılma ortaya çıkarsa, sonuç değerlendirilmeye alınmamalıdır. Bal peteği görünümlü, pul pul kabarmış, pürüzlü yüzey veya yüksek boşluklu alanlarda deney yapmaktan kaçınılmalıdır (TSE 2004).

#### Hesaplama

Deney sonucu bütün okumaların ortalaması alınarak bulunur (TSE 2004).

**Not:** Taşlar için 0,74 Nm çarpma enerjisine sahip L tipi Schmidt sertlik çekici kullanılır. Deney numuneleri, çapı en az 50 mm olan silindir veya bir kenarı en az 6 cm olan blok şeklinde olmalıdır. Numunelerin yüzeyleri düzgün olmalı ve herhangi bir çatlak içermemelidir (TSE 2009).



### 3.1.2.2 Jeolog Çekici ile Arazide Dayanım Tahmini

Jeolog çekici, saha mühendislerine yönelik olarak kaya malzeme sahalarının inceleme aşamasında, kaya malzemelerin tek eksenli basınç dayanımları hakkında kaba ancak pratik bir ön bilgi sağlamaktadır.

#### Deneyin Yapılışı ve Hesaplama

Deney, jeolog çekici, kaya malzemenin çekiç darbelerine verdiği tepki ile değerlendirilmektedir. Jeolog çekici kullanılarak yapılan kaya malzeme saha tanımlaması Çizelge 3.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.3 Jeolog çekici kullanılarak yapılan kaya malzeme saha tanımlaması (ISRM 2007, Ulusay'dan 2010).

<b>Dayanım Tanımı</b>	<b>Saha Tanımlaması</b>	<b>Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)</b>
Aşırı derecede zayıf kaya	Kayanın yüzeyinde tırnak ile çentik oluşturulabilir.	0,25-1,10
Çok zayıf kaya	Jeolog çekiciyle sert bir darbeyle ufalanan kaya, çakı ile doğranabilir.	1,0-5,0
Zayıf kaya	Kaya, çakı ile güçlükle doğranır. Jeolog çekici ile yapılacak sert bir darbe kayacın yüzeyinde iz bırakır.	5,0-25
Orta derecede sağlam kaya	Kaya çakı ile doğranmaz. Kaya örneği, jeolog çekici ile yapılacak tek ve sert bir darbeyle kırılabilir.	25-50
Sağlam kaya	Kaya örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile birden fazla darbenin uygulanması gerekir.	50-100
Çok sağlam kaya	Kaya örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekici ile çok sayıda darbe gerekir.	100-250
Aşırı derecede sağlam kaya	Kaya örneği, jeolog çekiciyle sadece yontulabilir.	>250

### 3.1.2.3 Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Deneyi

Bu deneyde tayin edilen nokta yüğü dayanım indeksi, tek eksenli basınç ve çekme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve taşların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılır. Deney, TS 699 Doğal Yapı Taşları-Deney Yöntemleri-Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Deneyi standardına göre yapılmaktadır (TSE 2009).

#### Deneyin Yapılışı

Deney numunesi, standart nokta yükleme aleti konik yükleme başlıklarının arasına karot eksenine dik veya paralel konumda yerleştirilir. Numune 10-60 saniye arasında kırılacak şekilde yükleme yapılır ve kırılma anındaki yük (P), yük göstergesinden okunur (TSE 2009).

#### Hesaplama

En az 10 adet geçerli deney sonucu arasındaki en yüksek ve en düşük ikişer değeri iptal edilerek, geriye kalan değerlerin ortalaması alınır. Elde edilen değeri, ortalama  $I_{s(50)}$  değeridir. Deney sayısı 10'dan az ve sadece birkaç numune deneye tabi tutulabildiyse, en yüksek ve en küçük değeri iptal edilerek geriye kalanların ortalaması alınır (TSE 2009).

Düzeltilmemiş nokta yüğü dayanım indeksi aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$I_s = \frac{P}{D_c^2} \quad (3.17)$$

Burada;

$I_s$  : Düzeltilmemiş nokta yüğü dayanım indeksi (kPa),

P : Kırılma yüğü (kN),

$D_c$  : Eşdeğer karot çapıdır (mm).

Çap doğrultusunda deneyde eşdeğer çap aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$D_c^2 = D^2 \quad (3.18)$$

Burada;

$D_e$  : Eşdeğer karot çapı (mm),

$D$  : Karot numunesinin çapıdır (mm).

Eksenel deney, blok ve düzensiz numunelerde deneyde ise aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$D_e^2 = \frac{4a_0}{\pi} \quad (3.19)$$

Burada;

$D_e$  : Eşdeğer karot çapı (mm),

$a_0$  : Konik başlıkların temas noktalarından geçen numunenin en küçük kesit alanıdır ( $\text{mm}^2$ ).

$I_s$  değerinin standart bir karot çapına (50 mm) göre düzeltilmesi gerekir. Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi  $I_{s(50)}$  aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$I_{s(50)} = f \times I_s \quad (3.20)$$

Burada;

$I_{s(50)}$  : Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi (kPa),

$f$  : Boyut düzeltme faktörü,

$I_s$  : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksidir (kPa).

Boyut düzeltme faktörü, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$f = \left( \frac{D_e}{50} \right)^{0,45} \quad (3.21)$$

Burada;

$D_e$  : Eşdeğer karot çapıdır (mm).

Nokta yükleme deneyi, çap doğrultusunda deney (karot eksenine dik yönde yükleme), eksenel deney (karot eksenine paralel yönde yükleme), blok ve düzensiz şekilli numunelerde deney olmak üzere üç farklı şekilde yapılır. Deney için silindirik karot numunelerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli numuneler de kullanılabilir. Taş numunesi heterojen ve anizotrop ise, deney en az 10 numune üzerinde yapılmalıdır. Çap doğrultusunda deney için, boyunun çapına oranı 1'den büyük olan silindir şekilli numuneler kullanılmalı ve numunenin yükleme yapılacak noktası ile en yakın yüzünün arasındaki uzunluğu, numune çapının en az yarısı kadar olmalıdır. Eksenel deney için, boyunun çapına oranı 0,3-1,0 arasında olan karot numuneleri kullanılmalıdır. Blok ve düzensiz numunelerle deneyde ise,  $50\pm 35$  mm boyutundaki blok ve düzensiz şekilli numuneler kullanılmalıdır. Kalınlık ve genişlik oranı 0,3-1,0 arasında, tercihen 1'e yakın ve numunenin yükleme yapılacak noktası ile en yakın yüzünün arasındaki uzunluğu, numune çapının en az yarısı kadar olmalıdır. Deney numunelerinin eşdeğer çaplarının yaklaşık 50 mm olması tercih edilir (TSE 2009).

#### **3.1.2.4 Suda Dağılmaya Karşı Dayanıklılık Deneyi**

Bu deneyde amacı, deney numunesinin standart iki çevrim süresince kurumaya ve ıslanmaya bırakılması durumunda, parçalanmaya ve zayıflamaya karşı gösterdiği dayanıklılığın belirlenmesidir. Deney, TS 699 Doğal Yapı Taşları-Deney Yöntemleri-Suda Dağılmaya Karşı Dayanıklılık Deneyi standardına göre yapılmaktadır (TSE 2009).

#### **Deneyin Yapılışı**

Deney için her biri 40-60 g. gelen yaklaşık 10 adet düzensiz şekilli parça deney numunesi, toplam 450-550 g kadar olacak şekilde hazırlanır. Taşın en büyük tane boyu 3 mm'den fazla olmamalıdır. Deney numunelerinin köşelerinin birbirine çarparak mekanik parçalanmaya neden olmaması için, seçilen parçalar mümkün olduğunca küresele yakın şekilde olmalı ve gerekirse parçaların köşeleri yuvarlatılmalıdır. Numune, deney öncesi temiz bir tambura yerleştirildikten sonra etüve konur ve sabit kütleye ulaşmaya kadar 6 saat veya tercihen 12 saat süreyle kurumaya bırakılır. Kuruma sonunda tambur içindeki numuneyle birlikte tartılarak tambur ve numune kütlesi (a) tayin edilir. Ardından numune soğutulduktan sonra deneye başlanır. Kullanılan tamburlar, kapakları ile birlikte tartılarak kütleleri (d) kaydedilir. Tambur, şeffaf hazne içine yerleştirilir ve tamburun ekseninin 20 mm altına kadar sıcaklığı 20 °C olan su ile doldurulur. Motor çalıştırılarak, tamburlar 20 devir/dakika hızla 10 dakika süre

ile döndürülür. 10 dakika sonunda tambur hazneden alınarak kapağıyla ve içinde kalan numunelerle birlikte tekrar etüve konularak sabit kütleyle ulaşıncaya kadar 12 saat süreyle kurumaya bırakılır. Kuruma sonunda tambur ve kalan numunenin toplam kütlesi (b) tayin edilir. Ardından bu aşamalar tekrarlanır ve ikinci çevrimin sonunda tambur ile içinde kalan numuneler toplam kütlesi (c) tayin edilir (TSE 2009).

## Hesaplama

Suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi (ikinci çevrime göre) tamburda en son kalan malzemenin deneyin başlangıcındaki malzemeye oranı şeklinde ifade edilir ve aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$I_{d2} = \frac{c - d}{a - d} \times 100 \quad (3.22)$$

Burada;

- $I_{d2}$  : İkinci çevrim suda dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi (%),
- a : Tambur ve örneğin toplam kütlesi (g),
- b : Birinci çevrim sonunda tambur ve kalan örneğin toplam kütlesi (g),
- c : İkinci çevrim sonunda tambur ve kalan örneğin toplam kütlesi (g),
- d : Tamburun kütlesidir (g).

## 3.2 UYGUNLUK SINIFLANDIRMALARI

Kamu Kurum ve Kuruluşlarının (DSİ, DLH, KGM vb.) projelerinde kullandığı kaya malzemeler için standartlar ve limitler, malzemenin kullanım alanlarına göre ilgili kurumların teknik şartnamelerinde ya da teknik şartnamelerde atıf yapılan standartlarda belirtilmektedir.

### 3.2.1 DSİ Sınıflandırması

DSİ tarafından yapılan baraj, gölet, sedde, taşkın koruma vb. su yapıları projelerinde kullanılacak tüm malzeme ve işçiliklerin Türk Standartlarına uygun olması gerekmektedir. Türk Standartlarının mevcut olmadığı durumlarda ve/veya DSİ'nin özel onayı ile eşdeğer uluslararası kabul edilebilir standartlar da kullanılabilir. Standartlar veya teknik

şartnamelerde değişiklik yapıldığı süre boyunca, en son haliyle geçerli olmaktadır. Doğal yapı malzemesi alanlarından kalite kontrol laboratuvarlarına gönderilen kaya ve/veya riprap numunelerden istenecek deneyler aşağıda verilmiştir (DSİ 2006a):

- a) Fiziksel deneyler (gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk ve gözeneklilik),
- b) Su emme deneyi,
- c) Los Angeles aşınma deneyi,
- d)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  don kaybı deneyi,
- e) Tek eksenli basınç deneyi,
- f) Petrografik analizdir.

DSİ'nin su yapılarında, kaya malzemelerinin kullanılabilirliğini saptamaya yönelik kullandığı parametreler, ilgili limitlerin bulunduğu kaynaklar ve kullanılan standartlar; kurum tarafından hazırlanmış Doğal Yapı Malzeme Etütleri Şartnamesi ve Dolgu İşleri Şartnamesi ile TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri standardıdır. İsteğe göre diğer standartlar da kullanılabilir. Su yapılarında kullanılan kaya malzemeler; koruyucu dolgular, sulama kanalı dolgusu, sanat yapıları dolguları, sedde dolguları, beton yapılarının dolgusu, beton yapıların tabanı, duvar arkası dolgusu, hendek dolgusu, koruyucu dolgular, destek dolgular, karışık dolgular, taş dolgular, taş tahkimat ve pere gibi çeşitli amaçlarda kullanılmaktadır.

Dolgu ve riprap olarak kullanılacak kaya malzemelerin genel nitelikleri aşağıda belirtilmiştir. Kaya malzemenin tane dağılımı Çizelge 3.4'de verilmiştir (DSİ 2006b).

- a) Malzeme iyi granülometreye sahip olmalıdır.
- b) Kaya malzemedeki tane çapı maksimum 90 cm, en büyük tane hacmi  $0,750 \text{ m}^3$  olmalıdır.
- c) Kaya malzeme içinde 2,5-10 cm çapında olan tane miktarı, dolgunun %10'unu geçmemelidir.
- d) Kaya zonu malzemesi sert, sağlam ve dayanıklı kaya parçalarının karışımından oluşmalıdır. Kaya malzeme içinde silt, kum ve kil olmamalıdır.
- e) Kaya malzeme, dolguda yapılan dökme, serme ve sıkıştırma işlemleri esnasında hiç bir şekilde parçalanmayacak ve ayrışmayacak nitelikte olmalıdır.
- f) Malzemenin tane dağılımı aşağıda belirtilen limitler içinde kalacak şekilde iyi derecelenmiş olması gerekmektedir.

Çizelge 3.4 Kaya malzemeler için tane dağılımı (DSİ 2006b).

Parçanın Ebadı (mm)	Ağırlık Olarak Geçen Yüzde Miktarı	
	İnce	Kaba
600	100	100
300	60-100	60-100
150	45-100	45-100
75	25-75	25-95
56	15-55	15-75
25	10-35	10-60
10	0-20	0-40
2	0-3	0-10
1	<2	<5

Riprap olarak yani gövdenin memba şevinde dolgunun su dalgaları etkisi ile yıkanmasının önlenmesi amacıyla konulan örtü tabakasında kullanılacak kaya malzemelerde tane büyüklüğü, dalga yüksekliğine göre belirlense de genelde 0,5-1 m çapında ve 1 m tabaka kalınlığında düzenlenir. Riprap malzemeler için tane dağılımı Çizelge 3.5’de verilmiştir. Kaya ve riprap malzemeler için yapılan deneylere ait limit değerler ise Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.5 Riprap malzemeler için tane dağılımı (DSİ 2006b).

Riprap Tabakası Kalınlığı (cm)	Maksimum Tane Ağırlığı (kg)	En Az %25 Nisbeti Daha İri (kg)	%45-%75 Nisbeti Aralığı (kg)	En Çok %25’nin Daha İri Olacağı Tane Ağırlığı (kg)
60	680	275	13,5-275	13,5
75	1140	455	22,5-455	22,5
90	2270	910	45,5-910	45,5

Çizelge 3.6 Kaya ve riprap malzeme için yapılan deneylere ait limit değerler (DSİ 2006b).

<b>Deney Türü</b>	<b>DSİ Limit Değerleri</b>
Su emme	%1,8
Özgül ağırlık	2,6 g/cm <sup>3</sup>
Basınç dayanımı	500 kgf/ cm <sup>2</sup> , (50 MPa)
Los Angeles aşınma kaybı	100 devirde %10 500 devirde %40
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı	%10
Don sonu basınç dayanımı	%10

### 3.2.2 DLH Sınıflandırması

DLH'nın kıyı yapıları ve limanlar kapsamındaki, deniz yapılarında kullandığı kaya malzemelerinin kullanılabilirliğini saptamaya yönelik kullandığı parametreler, ilgili limitlerin bulunduğu kaynaklar ve kullanılan standartlar; kurum tarafından hazırlatılan Kıyı Yapıları ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları, TS EN 13383-1 Koruma Tabakası Taşları (Zırh taşı) Bölüm 1: Özellikler ile TS EN 13383-2 Koruma Tabakası Taşları (Zırh taşı) Bölüm 2: Deney Metotları standardıdır.

Deniz yapılarında kullanılacak tahkimat taşının taze-az ayrılmış, geniş eklem aralığına sahip veya masif, homojen, sık kristallerden oluşan, sağlam, sert, aşınma, don ve hava tesirlerine karşı dayanıklı, TS EN 13383-1 ve TS EN 13383-2 standartlarında belirtilen nitelikleri taşıması ve Çizelge 3.7'de istenen özelliklere uygun olması gerekmektedir (DLH 2007). Yapılması istenen gerekli arazi ve laboratuvar deneyleri aşağıda verilmiştir:

- Fiziksel deneyler (doğru yüzey kuru birim hacim ağırlığı),
- Su emme deneyi,
- Tek eksenli basınç deneyi,
- Los Angeles aşınma deneyi,
- Tabii don kaybı,
- NaSO<sub>4</sub> don kaybı deneyi,



- g) MgSO<sub>4</sub> don kaybı deneyi,
- h) Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi,
- ı) Petrografik analiz,
- j) Arazide düşürme testi,
- k) Arazide bekleme-yerinde gözlemdir.

Çizelge 3.7 TS EN 13383-1 ve TS EN 13383-2 standardına göre koruma taşının özellikleri (DLH 2007).

Deney	Şartname Limitleri	Deney Standardı
Ayrışma derecesi	I-II	
Süreksizlik aralığı (m)	1+	
RQD (%)	80-100	
Petrografik görünüm	Kristaller iyi kenetlenmiş, kil minerali ve eriyebilir mineral olmayacaktır.	ASTM C 295
Doygun yüzey kuru birim hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	≥2,5	TS 699 TS EN 1467 TS EN 13383-1 ve TS EN 13383-2
Hacimce su emme oranı (%)	≤3	
Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	≥500, (≥50 MPa)	
Los Angeles aşınma direnci (%)	≤40	
Tabii don dayanımı (%)	≤5	
MgSO <sub>4</sub> don kaybı deneyi (%)	≤25	
NaSO <sub>4</sub> don kaybı deneyi (%)	≤ 18	
Sürtünme ile aşınma kaybı	≤15 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>	
Arazide düşürme testi	Ana boyutta kırılma olmayacak ve çatlak oluşmayacaktır.	
Arazide bekleme-yerinde gözlem	Ocak yerinde veya kullanılacağı yerde 12 ay beklediği sürede çatlak oluşumu, parçalanma ve ayrışma olmayacaktır.	
Not 1: Don kaybı deneyi; tabii don dayanımı deneyinin çabuklaştırılmış şekli olduğundan, tabii don dayanımı deneyinin yapılmadığı durumda yapılacaktır. Don kaybı deneyi için Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> veya Mg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> kullanılacaktır.		

Çizelge 3.7 (devam ediyor).

Not 2: Arazide düşürme testi; yükleyici tarafından 3 m. yüksekliğe taş bloğunun sert bir yüzey üzerine düşürülmesi ile yapılacaktır.

Not 3: Yöredeki taş ocaklarının durumuna göre Los Angeles aşınma değeri maksimum %50, don dayanımı (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) maksimum %25, DYK özgül ağırlığı minimum 2,45 g/cm<sup>3</sup> olarak bulunan taş ocaklarını idare anroşman olarak kabul edebilecektir.

Not 4: Yukarıdaki deneyleri kontrol mühendisi istediği takdirde yılda bir kere merkez laboratuvarında kontrol ettirebilecektir

### 3.2.3 KGM Sınıflandırması

KGM, sanat yapıları, köprüler ve tüneller kapsamında kullandığı kaya malzemelerinin kullanılabilirliğini saptamaya yönelik kullandığı parametreler, ilgili limitlerin bulunduğu kaynaklar ve kullanılan standartlar Karayolları Teknik Şartnamesinde bulunmaktadır. Karayolları Teknik Şartnamesinde; tahkimat taşının homojen, sık kristallerden oluşan, sağlam, sert, aşınma, don ve hava tesirlerine karşı dayanıklı, süreksizlik içermeyen veya az sayıda süreksizliği bulunan ve Çizelge 3.8’de belirtilen özelliklere sahip olması ayrıca TS EN 13383-1 ile TS EN 13383-2 standartlarında belirtilen nitelikleri taşıması istenmektedir (KGM 2006).

Çizelge 3.8 Tahkimat taşının özellikleri (KGM 2006).

Deney	Şartname Limitleri	Deney Standardı
Petrografik görünüm	Kristaller iyi kenetlenmiş, kil minerali ve eriyebilir mineral olmayacaktır.	ASTM C 295
Doygun yüzey kuru birim hacim ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	≥2,6	TS 699
Hacimce su emme oranı (%)	≤2	
Basınç dayanımı (kgf/cm <sup>2</sup> )	≥500, (≥50 MPa)	
Kaba agregada Los Angeles aşınma direnci (%)	≤25	
Tabii don dayanımı (%)	≤5	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı deneyi (%)	≤2	
Sürtünme ile aşınma kaybı	≤15 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>	

Çizelge 3.8 (devam ediyor).

Islanma-kuruma etkisi (35 döngü sonrası)	Önemli derecede çatlak oluşumu ve gelişimi olmayacaktır.	ASTM D5313-92
Arazide düşürme deneyi	Ana boyutta kırılma olmayacak ve çatlak oluşmayacaktır.	Bkz. Not 2
Arazide bekleme-yerinde gözlem	Ocak yerinde veya kullanılacağı yerde 12 ay beklediği sürede çatlak oluşumu, parçalanma ve ayrışma olmayacaktır.	
<p>Not 1: Don kaybı deneyi; tabii don dayanımı deneyinin çabuklaştırılmış şekli olduğundan, tabii don dayanımı deneyinin yapılmadığı durumda yapılacaktır.</p> <p>Not 2: Arazide düşürme testi; yükleyici tarafından 3 m. yüksekliğe taş bloğunun sert bir yüzey üzerine düşürülmesi ile yapılacaktır.</p> <p>Not 3: Islanma-kuruma etkisi deneyi yapılması zorunlu olmayan ancak yapılması yararlı olan bir deneydir.</p>		

KGM’de istifli ve istifsiz taş dolgu işlerinde kullanılacak taşların, düzgün, homojen, sık kristallerden oluşan, toz, toprak, organik madde gibi yabancı madde içermeyecek şekilde ve Çizelge 3.9’da belirtilen özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bununla birlikte taşın hacim olarak 0,002 m<sup>3</sup>’den veya ağırlık olarak 5 kg’dan büyük olması istifli ve istifsiz taş dolgu işlerinde kullanılacak taşlarının özel nitelikleri arasındadır (KGM 2006).

Çizelge 3.9 Taş dolgu yapımında kullanılacak malzemenin özellikleri (KGM 2006).

Deney	Şartname Limitleri	Deney Standardı
Doygun yüzey kuru birim hacim ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	≥2,40	TS 699 ve TS EN 1467
Hacimce su emme oranı (%)	≤3	
Los Angeles aşınma direnci (%)	≤35	
Tabii don dayanımı (%)	≤7	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı deneyi (%)	≤7	
Sürtünme ile aşınma kaybı	≤15 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>	
<p>Not 1: Don kaybı deneyi; tabii don dayanımı deneyinin çabuklaştırılmış şekli olduğundan, tabii don dayanımı deneyinin yapılmadığı durumda yapılacak deneydir.</p> <p>Not 2: Taş dolgu malzemesi olarak tüf, marn, serpantin ve şist kullanılmayacaktır.</p>		

### 3.2.4 CIRIA/CUR Sınıflaması

Genelde dünyada hidrolik yapılarda yaygın olarak kullanılan doğal yapı gereçlerinin özgül nitelikleri ile bu gereçlere ait alt limitlerin belirlenmesinde CIRIA (İngiltere İnşaat Sektörü Araştırma ve Enformasyon Kurumu) ve CUR (Hollanda İnşaat Mühendisliği Araştırma ve Standart Merkezi) tarafından yayınlanan kıyı mühendisliği el kitabından yararlanılır (Özvan 2009). Bu el kitabında, deniz yapıları kapsamında projelendirilen koruyucu tabaka, filtre tabakası, çekirdek/dolgu malzemesi için istenen parametre ve limitler bulunmaktadır. İdealize kaya kalitesini temsil eden tipik parametreler; ayrışma derecesi, süreksizlik aralığı, RQD, porozite, su emme, tek eksenli basınç dayanımı ve kaya yoğunluğudur. Bu parametrelerin dışında blok boyutu, süreksizliklerin niteliği, mukavemet parametreleri, darbeye dayanıklılık, gradasyon gibi ölçütler dikkate alınmaktadır (DLH 2007).

#### 3.2.4.1 Kayaç Türlerinin Kaynağında Değerlendirilmesi

Deniz yapılarında kullanılacak kaya malzemelerin seçilmesinde dikkate alınan başlıca özellikler; renk, kaya yoğunluğu, su emme, porozite, süreksizliklerin konumu, ayrışma durumu, sağlam kayanın mukavemeti, blok bütünlüğü, blok şekli, blok ağırlığı ve boyutudur. Deniz yapılarında kullanılacak doğal yapı gerecinin belirlenmesinde ilk adım olarak jeolojik inceleme yapılmalı ve potansiyel kaya malzemesi öncelikle kaynağında irdelenmelidir. Uygun kaya malzemesi, taş ocağında yapılacak kayanın fiziksel ve jeolojik özelliklerinin ayrıntılı değerlendirilmesine dayalı olarak seçilmelidir. Belirli bir kaynak tespit edildiğinde, kayanın ayrışma durumu laboratuvar deneyleri ile elde edilecek sonuçları doğrudan etkileyeceğinden dikkatlice araştırılmalıdır. Ayrışmayla birlikte kayaçların mineralojisi, oluşumu, süreksizliklerin durumu, bölgesel metamorfizma, tektonizma ve faylanma kaya kalitesini belirleyen önemli faktörlerdir. Ayrışma, kayaçların uzun jeolojik zaman sürecinde iklim koşullarına maruz kalması sonucunda oluşur ve bu süreçte mekanik ve kimyasal ayrışma birlikte hareket eder. Çizelge 3.10'da verilen ayrışma dereceleri, petrografik değerlendirmelerle birlikte kullanılabilir. Bu çizelgede görüleceği gibi ayrışma derecesi III ve daha yüksek ayrışmaya uğramış malzemeler genelde tahkimat için uygun değildir. Bu kayaçlar deniz koşullarında zayıf dayanım özellikleri sergiler. Ancak bazı durumlarda daha düşük kalitede kaya malzemesi kullanılması kaçınılmaz olur. Bu durumlarda kayanın tatmin edici bir performansa ulaşması için tasarımda gerekli değişikliklerin yapılması gerekmektedir (DLH 2007).

Çizelge 3.10 Ayrışma dereceleri (CIRIA/CUR 1991, DLH'dan 2007).

Tanım	Ayrışma Derecesi	Açıklama	Malzeme Özellikler
Taze	IA	Belirgin bir ayrışma izi yoktur.	Kaya özellikleri ayrışma ile etkilenmemiş, kayacın mineral yapısı taze ve sağlamdır.
Çok az ayrılmış	IB	Ana süreksizlik düzlemleri boyunca (örnek; eklem) renk değişimi gözlenir.	Kaya özellikleri ayrışma ile önemli ölçüde etkilenmemiştir. Mineral yapısı sağlamdır.
Az ayrılmış	II	Süreksizlik düzlemlerindeki renk değişimi kayanın ayrışmasını gösterir. Tüm kayaç malzemesinin rengi değişmiş olabilir ve kayaç taze konumundan daha zayıf olabilir.	Kaya özellikleri ayrışma ile önemli ölçüde etkilenmiş olabilir. Dayanım ve aşınma karakteristikleri azalma gösterebilir. Mineral yapının mikro çatlaklar ile alterasyonu gözlemlenebilir.
Orta derecede ayrılmış	III	Kayaç malzemesinin yarısından azı ayrılmış ve/veya parçalanarak zemine dönüşmüştür. Taze veya renk değişimine uğramış kaya, sürekli kütleler veya çekirdek şeklinde gözlenir.	Kaya özellikleri ayrışma ile önemli ölçüde etkilenmiştir. Sağlamlık özellikleri belirgin şekilde etkilenmiştir. Mineral yapının alterasyonu yaygın ve mikro çatlaklar çok fazladır.
Çok ayrılmış	IV	Kayaç malzemesinin yarısından fazlası ayrılmış ve/veya parçalanarak zemine dönüşmüştür. Taze veya renk değişimine uğramış kaya, süreksiz kütleler veya çekirdek şeklinde gözlenir.	Her zaman koruyucu veya filtre tabakaları için uygun değildir ancak daha iyi malzeme bulunamadığı durumlarda bazen çekirdek malzemesi için uygun olabilir.
Tümüyle ayrılmış	V	Kayaç malzemesinin tamamı ayrılmış ve/veya parçalanarak toprak zemine dönüşmüştür. Özgün kütle yapısı önemli ölçüde sağlamdır.	Koruyucu veya filtre tabakaları için uygun değildir ancak başka malzeme bulunamadığı durumlarda çekirdek malzemesi için uygun olabilir.
Artık (rezidüel) zemin	VI	Kayacın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kayacın kütle yapısı ve dokusu tahrip olmuştur. Hacimsel olarak büyük değişiklik olmasına karşın zemin önemli ölçüde taşınmamıştır.	Belirli koşullarda gelişigüzel dolgular veya çekirdek malzemesi için (örneğin jeotekstil ile birlikte) kullanılabilir.

Bir yapı projesi için yeni bir kaya kaynağına veya mevcut ocağın laboratuvar ve arazi araştırmalarına karar verilmesi için malzemenin blok boyutu ve kaya kalitesinin belirlenmesi

çok önemlidir. Çizelge 3.11’de malzeme olarak seçilen kayaların, türüne göre yapının hangi seviyesinde kullanılacağı konusunda ön bilgiler verilmiştir (Özvan 2009).

Çizelge 3.11 Denizel yapılarda ayrışmamış kaya kullanımına ait genel değerlendirme (CIRIA/CUR 1991, Özvan’dan 2009).

Kaya Cinsi	Koruyucu Katman	Filtre	Çekirdek Dolgusu	Açıklama
<b>Magmatik</b>				
Granit	√	√	√	İyi eş şekilli. Ayrışmaya dikkat edilmeli.
Diyorit	√	√	√	İyi eş şekilli. Ayrışmaya dikkat edilmeli.
Gabro	√	√	√	İyi eş şekilli. Ayrışmaya dikkat edilmeli.
Riyolit	√	√	√	Blok tipi köşeli, eşit ve küçük parçalar halindedir.
Andezit	√	√	√	Küçük bloklar verebilir. Ayrışmaya dikkat edilmeli.
Bazalt	√	√	√	Eş boyutlu küçük bloklar verebilir. Ayrışmaya ve boşluk yapısına dikkat edilmeli.
Siyenit	√	√	√	Zayıf düzlemsel şekiller halinde ve aşınma dayanımı bazen düşük olabilir.
<b>Sedimanter</b>				
Kuarsit	√	√	√	Zayıf düzlemsel şekiller halinde ve aşınma dayanımı bazen düşük olabilir.
Kumtaşı	!	√	√	Zayıf düzlemsel şekiller halinde ve aşınma dayanımı bazen düşük olabilir.
Silttaşı	!	!	√	Genellikle düzlemsel ve küçük boyutlu olabilir.
Şeyl	!	!	√	Küçük düzlemsel parçalar halinde ve yumuşaktır. Kullanımı halinde Jeotekstil kullanımı tasarımda düşünülmelidir.
Kireçtaşı	√	√	√	Bazen düzlemsel ve yumuşaktır. Kullanımı halinde Jeotekstil kullanımı tasarımda düşünülmelidir.
Tebeşir	!	!	√	Yumuşaktır ve kolay aşınır.
<b>Metamorfik</b>				
Arduvaz	x	x	√	Uzun şekilli ve genelde yumuşaktır.
Fillit	x	x	√	Uzun şekilli ve genelde yumuşaktır.

Çizelge 3.11 (devam ediyor).

Şist	!	!	√	Uzun ve düzlemsel şekli yaygındır.
Gnays	√	√	√	İyi köşeli şekilli ve serttir. Mikalı ve ayrılmış olanlara dikkat.
Mermer	√	√	√	Genellikle iyi köşeli şekle sahiptir.
Serpantin	√	√	√	Köşeli ve düzensiz bloklar halinde.
Eklojit	√	√	x	Köşeli ve düzensiz bloklar halinde.
√: kullanım için uygun; !: özel önlemler alınarak kullanılabilir; x: uygun değil.				

### 3.2.4.2 İdeal Kaya Kalitesi

Deniz yapılarında kullanılacak doğal yapı gerecinin belirlenmesinde ilk adım olarak jeolojik inceleme yapılmalı ve potansiyel kaya malzemesi öncelikle kaynağında irdelenmelidir. Kayacın özellikleri genel anlamda değerlendirildikten sonra, ayrıntılı ocak etüdü ve gerekli deney programı ile malzemenin gerçek fiziksel ve dayanım özellikleri belirlenmelidir. Bu bağlamda, kayanın ayrışma derecesi, süreksizlik aralıkları ve RQD değeri ile ilgili olarak ocak alanında değerlendirme yapılmalı ve laboratuvar deneyleri ile desteklenmelidir. Don kaybı, donma/çözülme, metilen mavisi emme değeri vb. deneylerden sağlanan veriler jeolojik ayrışmanın kayanın deniz yapılarındaki performansının ne ölçüde etkileyebileceği konusunda bilgi vermektedir. Uygun malzemenin seçiminde dikkat edilmesi gerekli parametreler ve limitler Çizelge 3.12’de verilmektedir (DLH 2007).

Çizelge 3.12 Deniz yapıları için kaya kalitesi parametreleri (CIRIA/CUR 1991, DLH’dan 2007).

Deney veya Gözlem	Koruyucu Tabakalar	Filtre Tabakalar	Çekirdek/Dolgu
Ayrışma derecesi	I-II	I-II	I-II
Süreksizlik aralığı (m)	1+	0,5+	0,2+
RQD (%)	80-100	75-100	55-100
Porozite (%)	0-5	0-10	0-10

Çizelge 3.12 (devam ediyor).

Su emme (%)	<2	<2,5	<3
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	>100	>100	>50
Kaya yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )	>2600	>2600	>2000

### 3.2.4.3 Kaya Kalitesinin Değerlendirilmesi

Kaya kalitesinin değerlendirilmesinde, CIRIA ve CUR tarafından hazırlanan kıyı mühendisliği el kitabında kayaların dayanıklılığı ile ilgili olarak rehber niteliğinde bir tablo hazırlanmış ve deney sonuçları “çok iyi”, “iyi”, “orta” ve “zayıf” olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. Çizelge 3.13’de deney sonuçlarına göre kaya dayanıklılığı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Uygulamada “çok iyi” ve “iyi” sonuçlara sahip kayalar tercih edilmektedir (DLH 2007).

Çizelge 3.13 Deney sonuçlarına göre kaya dayanıklılığı rehberi (CIRIA/CUR 1991, DLH’ dan 2007).

Deney	Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Açıklamalar
Kaya yoğunluğu (t/m <sup>3</sup> )	>2,9	2,6-2,9	2,3-2,6	<2,3	Hidrolik stabiliteyi etkileyen fiziksel özelliktir. Sıkı fakat ayrılmış bazik kayalar dışında sağlamlığın göstergesidir.
Su emme (%)	<0,5	0,5-0,2	2-6	>6	Parçalanmaya karşı direncin tek en önemli göstergesidir. Ayrışma direncinin iyi bir göstergesidir. Geniş boşluklu kireçtaşı için çoğunlukla yanıltıcı sonuçlar verebilir.
Mg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı (%)	<2	2-12	12-30	>30	Ayrışmaya karşı direnci gösterir. Sıcak kuru iklimlerde kullanılacak poroz sedimanter kayalar için önemli bir deneydir.
Donma çözülme kaybı (%)	<0,1	0,1-0,5	0,5-2	>2	Dondurucu kış iklimleri için önemli bir deneydir (özellikle baraj gövdeleri için). Su emme ile iyi bir korelasyon gösterir.



Çizelge 3.13 (devam ediyor).

Metilen mavisı emme değeri (g/100g)	<0,4	0,4-0,7	0,7-1	>1	Zararlı kil minerallerinin varlığını gösterir.
Çatlak tokluğu (Mpa.m1/2)	>2,2	1,4-2,2	0,8-1,4	<0,8	Tip 2 kırılmalarına karşı direnci gösterir. Aşınma direnci ile iyi bir korelasyon gösterir. Büyük blokların darbe dayanımı için yanıltıcı olabilir.
Nokta yükleme indeksi (MPa)	>8	4-8	1,5-4	<1,5	Tip 2 kırılmalarına karşı direnci gösterir. Çok sayıda örnek için hızlı bir deneydir. Büyük blokların darbe dayanımı için yanıltıcı olabilir.
Islak dinamik ezilme değeri (%)	>12	12-20	20-30	<30	Tip 2 kırılmalarına karşı direnci gösterir. Hızlı bir deneydir.
Mil aşınma dayanımı indeksi (kayıp/1000 devir)	<0,002	0,002-0,004	0,004-0,0015	>0,0015	Doğgun kaya yüzeylerinin karşılıklı aşındırmasına karşı direnci gösterir. Sonuçlar kaya ayrışma modeli ile birlikte kullanılabilir.
Blok bütünlüğü-düşürme deneyi (%)	<2	2-5	5-15	>15	Büyük blokların Tip 1 (zayıflık düzlemleri boyun-ca) kırılmalarına karşı direnci gösterir.

### 3.2.5 Diğer Sınıflandırmalar

Yapılarda kullanılan malzemelerin uzun dönemde dayanıklılığının devam edebilmesi için malzemenin arazi gözlemleri ve deneysel yöntemlerle değerlendirilip, malzeme seçiminin elde edilen veriler doğrultusunda yapılması gerekir. Standartlar, malzeme kalitesini değerlendirme aşamasındaki en önemli ölçütlerdendir. Su yapıları, yol sanat yapıları ile deniz yapılarında dünya genelinde yaygın olarak kullanılan birçok standart bulunmaktadır. Bu standartlardan en önemli olanları; AASHTO Amerika Eyalet Yolları ve Ulaşım Çalışanları Kurumu (American Association of State Highway and Transportation Officials) standartları, ASTM Amerika Malzeme ve Test Kurumu (American Society for Testing and Materials) standartları, BSI İngiliz Standartlar Enstitüsü (British Standards Institute) standartları, DIN

Alman Standartlar Enstitüsü (Deutsches Institut für Normung) standartları ve RERS Kaya Mühendisliği Sınıflama Sistemi olarak sıralanabilir.

### **3.3 SİSTEMATİK ANALİZ YÖNTEMİ VE UYGUNLUK SINIFLANDIRMASI**

Bu bölümde kaya ve riprap malzemesi üretimi amacıyla işletilecek taş ocaklarında kaya uygunluğunun sistematik analizi araştırılmıştır. Bu kapsamda önce, yararlanılan sistematik analiz yöntemi tanıtılmıştır. Ardından, taş ocaklarında kaya malzeme uygunluğunun değerlendirilebilmesi için bir uygunluk sınıflandırması önerilmiştir. Önerilen sistemde “kaya malzeme“ ve “konum” yaklaşımları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kaya malzemesi için önerilen uygunluk sınıflandırması Bölüm 5’de Zonguldak Bölgesi Filyos Vadisi kaya malzeme ocaklarına ait gerçek uygulama verileri aracılığıyla sınanmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

#### **3.3.1 Sistematik Analiz Yöntemi**

Kaya malzeme üretimi amaçlı taşocaklarında kaya uygunluğunun değerlendirilebilmesi için sistematik bir analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu kapsamda önce, sistematik analiz yönteminin temel ilkelerini oluşturan çok ölçütlü karar verme yöntemi (Multi Criteria Decision Method-MCDM) hakkında kısaca bilgiler verilmiştir. Ardından, geliştirilen sistematik analiz yönteminin temel unsurları tanıtılmıştır. Ayrıca, bu yönteme uygulanan ölçütlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde izlenen yaklaşım açıklanmıştır.

##### **3.3.1.1 Çok Ölçütlü Karar Verme Yönteminin Temel İlkeleri**

Taşocaklarında kaya malzeme uygunluğunun gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesinde yaşanan en önemli sorun, birlikte incelenmesi gereken ve birbirinden oldukça farklı niceliksel (basınç dayanımı, aşınma dayanımı, su emme vb.) ve niteliksel (kaya türü vb.) değiştirgelere sahip çeşitli ölçütlerin varlığıdır. Bu açıdan birbirinden farklı değiştirgeler içeren ölçütlerin bir arada incelenmesine olanak tanıyan sistematik karar verme analiz yöntemlerine (decision analysis methods) ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut olan yaklaşımlar arasında “çoklu ölçütlü karar verme analiz yöntemi” (multi criteria decision analysis method), bu tür karmaşık karar verme problemlerinin yapılandırılmasında, ön değerlendirme aracı olarak önemli faydalar sağlayabilmektedir. Temel ilkeleri 1976 yılında Keeney ve Raiffa tarafından ortaya konulan

yöntem başlangıçta, maliyet-yarar ilişkisi ön planda tutularak, çeşitli alternatiflerin birbiriyle sistematik olarak kıyaslanmasının sağlanması için geliştirilmiştir (Wenstop 2001, DTLR 2001). Bu sayede karar verici kişi veya kuruluşlar için yardımcı bir araç oluşturulmuştur. Bu kapsamda yöntemin temeli, çeşitli alternatifler için hedefe veya amaca ulaşılmasında, farklı öneme sahip ölçütlerin sistematik bir şekilde puanlar aracılığıyla değerlendirilmesine dayanmaktadır. Ölçütlerde yer alan seçeneklere ait puanların tayin edilmesinde, belirtilen durum veya özelliğin beklentileri yerine getirme düzeyi veya koşullara uygunluk derecesi göz önünde bulundurulmaktadır. Çeşitli ölçütlere ait ağırlıklı puanların da birleştirilmesiyle incelenen alternatife ait toplam puana ulaşılmaktadır. Alternatiflerin birbiriyle kıyaslanmasında da belirlenen ağırlıklı toplam puanlardan yararlanılmaktadır (Martens et al. 1997).

Çok ölçütlü karar verme yönteminde, farklı değiştirgeler ile öneme sahip ölçütlerin sistematik olarak ağırlıklı puanların üst üste toplanmasıyla, toplam ağırlıklı puana ulaşılmasında, iki farklı yöntem uygulanabilmektedir. Çoklu ölçüt karar verme yönteminde yer alan temel ilkeler ile uyumlu olarak, önce uygunluk/yerine getirme düzeyi puanı ( $n_i$ ) ve önem/ağırlık sınıfı katsayısı ( $g_i$ ) çarpılarak, incelenen ölçüt düzeyinde, önem/ağırlık puanı (AP) elde edilmektedir. Ardından hesaplanan her ölçüt için hesaplanmış olan önem/ağırlık puanları, incelenmekte olan ölçüt sayısına bağlı olarak, üst üste toplanmak suretiyle toplam ağırlıklı puana ( $\Sigma AP$ ) ulaşılmaktadır (Martens et al. 1997).

$$\sum AP = \sum_1^i n_i \times g_i = [n_1 \times g_1 + n_2 \times g_2 + \dots + n_i \times g_i] \quad (3.23)$$

Burada;

$\Sigma AP$  : Toplam ağırlıklı puanı,

AP : Ölçüt düzeyinde önem/ağırlık puanı,

i : Analizde yer alan toplam ölçüt sayısı,

n : Uygunluk/yerine getirme düzeyi puanı,

g : Önem/ağırlık sınıfı katsayısıdır.

Daha basit bir yöntem olan toplam önem puanı yönteminde ise, ölçüt bazında uygunluk/yerine getirme düzeyi puanı ile önem sınıfı birleşiminden oluşan bir önem puanı

tayin edilmektedir. Ölçüt sayısına bağlı olan bu önem puanları da üst üste toplanarak ağırlıklı toplam puana ulaşılmaktadır (Martens et al. 1997).

$$\sum AP = \sum_1^i w_i = [w_1 + w_2 + \dots + w_3] \quad (3.24)$$

$$w_i \approx n_i \times g_i \quad (3.25)$$

Burada;

$\Sigma AP$  : Toplam ağırlıklı puan,

$W$  : Ölçüt düzeyinde önem puanı,

$i$  : Analizde yer alan toplam ölçüt sayısıdır.

Önem puanı, yaklaşık olarak, bir önceki yöntemde uygunluk/yerine getirme düzeyi puanı (n) ile önem/ağırlık sınıfı katsayısının (g) çarpımına eşittir. Her iki yöntemde de elde edilen ağırlıklı toplam puan aralıklarına karşılık olarak değerlendirme ifadeleri veya sınıfları yer alabilmektedir. Ulaşılabilecek toplam ağırlıklı puan ile ilgili olarak genel anlamda kısıtlamalar bulunmamasına karşın, birçok uygulamada toplam 100 puan yaklaşımı benimsenmektedir (Martens et al. 1997).

Karar verme analiz yaklaşımlarına dayalı sistematik değerlendirme yöntemlerinin uygulanması çeşitli yararlar sağlayabilmektedir. Yöntemin uygulanması ile fazla sayıda verilere ihtiyaç olmadan, uygunluğu zayıf olan durumların veya koşulların önceden tespiti sağlanabilmektedir. Bu sayede, daha ayrıntılı ve bazen elde edilmesi güç ve maliyeti yüksek olan verilere (sahadan sondaj verileri, yerinde ölçümler vb.) ihtiyaç duyulmadan, incelenen saha ile ilgili araştırmanın devam etmemesi yönünde karar alınabilmektedir. Bu durum da özellikle karar vericiler için, hem maliyet hem de zaman olarak, büyük avantajlar sağlayabilmekte ve gereksiz yatırımlara gidilmesini önlemek için de güçlü bir referans sağlayabilmektedir. Aynı zamanda, yöntem ile elde edilen değerlendirmeler, genel uygunluğu tespit edilen seçenekler veya koşullar için, daha ayrıntılı ve maliyetli araştırmalar için karar alınmasında önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Bunun dışında yöntemin kullanılması ile karmaşık yapılara sahip çok etkenli sorunlar, değerlendirme ölçütlerinin gerekçeli olarak şeffaf bir şekilde ortaya konulması ile uzman olmayan kişiler tarafından da anlaşılabilir hale

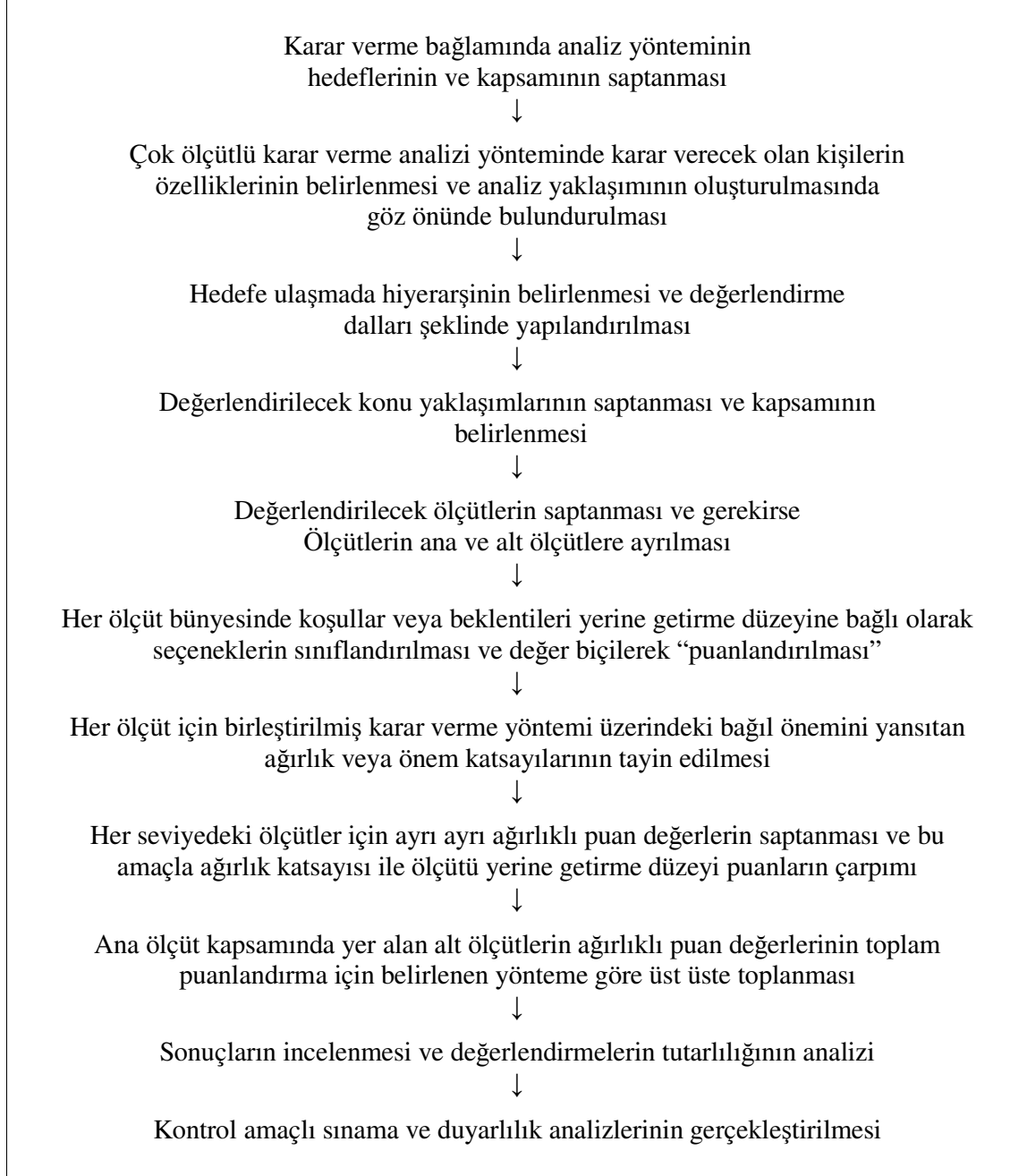
dönüştürülebilmektedir. Bu durum, günümüzde (örneğin; çevresel etki olasılıkları bulunan önemli projelerin gerçekleştirilmesinde) ihtiyaç duyulan geniş toplumsal desteğin sağlanabilmesi için de önemli faydalar sağlayabilmektedir. Açık ve şeffaf olmayan değerlendirmeler bu kesimlerde şüphe uyandırabilmektedir. Günümüzde birçok proje, teknolojik-yasal-ekonomik etkenlerin dışında, geniş toplumsal uzlaşma sağlanamaması nedeniyle durdurulmuş veya terk edilmek zorunda kalmıştır.

Yöntemin avantajları yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Yöntem nihai bir karar verme aracı olmayıp sadece ön değerlendirmeler için yardımcı bir araç niteliği taşımaktadır. Aynı zamanda, yöntemde değerlendirmeler, ölçütleri ve önemleri belirleyen kişilerin bilgi, deneyim ve kısmen kanaatlerine dayanması nedeniyle, fazlasıyla geliştiriciye bağımlıdır. Bundan dolayı sistematik analizin yapılandırılması, ölçütlerin ve önemlerin belirlenmesi, etkilerin değerlendirilmesi, ancak konusunda uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmelidir. Sistematik analiz yönteminin geliştirilmesinden sonra ölçütler ve değerlendirmeler, başarılı uygulamalardan sağlanacak veriler aracılığıyla sınanmalı ve gerekirse tekrar gözden geçirilmelidir. Yine yöntemi kullanacak karar vericiler, ölçütlerle ilgili seçeneklerin doğru yorumlanabilmesi için, belirli özelliklere (meslek, deneyim, bilgi birikimi vb.) ve vasıflara sahip ilgili kişilerden oluşmalıdır.

Sistematik analiz yönteminde yer alan değerlendirme sonuçlarına dayanarak karar verici, incelenen seçenekler veya koşullar arasında uygunluk (en uygun, uygun, uygun değil vb.) durumlarını tespit etme olanağına sahip olmaktadır. Bu şekilde yöntem karar verici için, nihai karar aşamasına geçmeden, gerekçelere dayalı olan bir ön değerlendirme işlevini yerine getirebilmekte ve karar vermeyi kolaylaştırabilmektedir. Çoklu ölçüt karar verme yönteminin temel ilkeleri sırasıyla Şekil 3.3'de şematik olarak verilmiştir.

### **3.3.1.2 Önerilen Sistematik Analiz Yöntemi ve Uygunluk Sınıflandırmaları**

Çalışma kapsamında su yapı projeleri (baraj, yol, şev, sedde, dalgakran vb.) için uygun jeolojik kaya birimlerinde oluşturulacak taşocaklarından üretilmesi düşünülen kaya malzemelerinin uygunluğunun değerlendirilebilmesi için, çok ölçütlü karar verme



Şekil 3.3 Çok ölçütlü karar verme yönteminin temel ilkeleri (Martens et al. 1997, DTLR 2001, Wenstop 2001).

yaklaşımına ait temel ilkeler çerçevesinde, bir sistematik analiz yöntemi geliştirilmiştir. Sistematik analiz yaklaşımı başlıca “kaya malzemesi” ve “konum” ana ölçütlerinden oluşmaktadır. Yöntemde bir ağırlıklı toplam puan yaklaşımı yerine, ölçütlerin kendi içinde uygunluğunun değerlendirilmesi ve puanlandırılması benimsenmiştir. Bununla incelenen ölçütler bazında bağımsız olarak değerlendirilme olanağı sağlanmıştır. Böylece, veri eksikliği ve yeterince güvenilir verilerin bulunmaması gibi durumlarda, toplam değerlendirmeye yansiyacak olası hatalar ve eksiklikler en aza indirgenmeye çalışılmıştır.

Sistematik analiz yöntemi iki ana ölçüt (kaya malzemesi, konum) ve çeşitli alt ölçütlerden oluşmaktadır. Geliştirilen sistematik analiz yönteminde ölçütler, ana ve alt ölçütler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yöntemde kullanılan temel yaklaşımlar ve içerdikleri ana ölçütler Şekil 3.4’de belirtilmiştir. Ana ölçütler değerlendirme birimlerini oluşturmaktadır. Alt ölçütler ise bu ayrı değerlendirme birimlerinin uygunluğunun değerlendirilmesi ve puanlandırılmasını sağlayan alt birimleri oluşturmaktadır. Burada; KAYA kodu kaya malzemesi özellikleri ile ilgili ana ölçütü ve KONUM kodu da işletilmesi planlanan kaya malzeme ocağının konumu ile ilgili özellikleri içeren ana ölçütü oluşturmaktadır. Analizde kullanılan ana ve alt ölçütlerle ilgili ayrıntılı açıklamalar tez çalışması kapsamında verilmiştir.

Geliştirilen sistematik analiz yönteminde değerlendirme ölçütleri genel anlamda uygunluk sınıfı (çok uygun, uygun, az uygun, uygun değil) ölçütlerinden oluşmaktadır. “Uygun değil” sınıfı bir nevi eleyici ölçüt özelliği taşımakta olup, belirtilen koşulların mevcut olması durumunda, malzeme kullanımının veya uygulamanın gerçekleşmesinin mümkün olmadığını ifade etmek için kullanılmaktadır. “Az uygun” sınıfı bir sınırlayıcı ölçütü temsil etmektedir. Bu ifade genel anlamda uygulamayı engellememesine karşın sistem içerisinde önemli bir zayıflığı ifade etmektedir. Yani bir anlamda değerlendirilen koşul veya durumun varlığı, yerine getirilmesi veya uygunluk açısından alabileceği en zayıf düzeyi ifade etmektedir.

Uygunluk sınıfı ölçütleri, tespit edilen kaya malzeme özelliklerinin ve/veya potansiyel kaya malzeme ocakları konumlarının, kaya malzeme sahası olarak işletilebilirliği açısından çeşitli yerine getirme düzeylerini yansıtabilmek için kullanılmaktadır. Uygunluk sınıfları kendi içlerinde uygun değil, az uygun, uygun ve çok uygun olmak üzere dört sınıfa ayrılmaktadır. Uygunluk sınıfına bağlı olarak alt ölçütlerde yer alan değiştirgelerin puanlandırılmaları farklı olmaktadır. Çizelge 3.14’de sistematik analiz yönteminde kullanılan alt ölçütlerin temsil ettiği durumlara ait değerlendirmeler ve puan karşılıkları verilmiştir.

## SİSTEMATİK ANALİZ YÖNTEMİ

### Kaya malzemesi ana ölçütü (KAYA)

(8 adet alt ölçüt)

- KAYA 1 Tek eksenli basınç dayanımı
- KAYA 2 Tek eksenli basınç dayanımı kuru/doymun numune değerlerine oranı
- KAYA 3 Los Angeles aşınma kaybı
- KAYA 4 Su emme
- KAYA 5 Yoğunluk
- KAYA 6 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> don kaybı
- KAYA 7 Kaya kütlesi yapısı
- KAYA 8 Kaya türü

### Kaya malzeme ocağı konumu ana ölçütü (KONUM)

(5 adet alt ölçüt)

- KONUM 1 Yapı tesisi-kaya malzeme sahası mesafesi
- KONUM 2 Patlatma etki mesafesi
- KONUM 3 Mevcut yol koşulu
- KONUM 4 Kaya malzeme saha rezervinin ihtiyaç duyulan malzeme miktarına oranı
- KONUM 5 Arazi mülkiyeti

Şekil 3.4 Geliştirilen sistematik analiz yönteminde yaklaşımlar ve ana ölçütler.

Geliştirilen sistematik analiz yöntemi ile kaya malzeme özellikleri ile saha konumlarının değerlendirilmesinde, eleyici (uygun değil) ve sınırlayıcı (az uygun) özelliğe sahip alt ölçüt değerlendirmeleri öncelikli olarak tespit edilmelidir. Özellikle incelenen ölçütün değişmez özelliğe sahip olması durumunda (değiştirilmesi mümkün olmayan doğal koşullar), diğer



değerlendirmeler olumlu da olsa, kaya malzeme ocağı işletilmesi mümkün olmayabilmektedir.

Çizelge 3.14 Sistematik analiz yönteminde kullanılan alt ölçütlerin temsil ettiği durumlara ait değerlendirmeler ve puanlar.

Ölçüt Özelliği	Değerlendirme	Puan	Açıklamalar
Uygunluk Sınıfı	Çok uygun	5	İncelenen durumda malzemenin kullanımı veya uygulamanın gerçekleştirilmesi için koşullar ideale yakın.
	Uygun	4	İncelenen durumda malzemenin kullanımı veya uygulamanın gerçekleştirilmesi için koşullar avantajlı.
	Az uygun	2	İncelenen durumda malzemenin kullanımı veya uygulamanın gerçekleştirilmesi zayıflıklara rağmen olanaklı.
	Uygun değil	1	İncelenen durumda malzemenin kullanımı veya uygulamanın gerçekleştirilmesi önemli güçlüklerle yol açabilir.

Sistemik analiz yöntemi kapsamında değerlendirilen ana ve alt ölçütler kendi aralarında farklı önem veya ağırlıklara sahiptir. Puanlandırmalara bu özelliklerin yansıtılması için ölçütler arasında bir önem sınıflandırması oluşturulmuştur. Sistemik analiz yöntemi kapsamında değerlendirilen tüm ölçütlerin, kaya malzeme sahaları için genel olarak önemli olmaları nedeniyle, kendi aralarında; çok önemli, önemli ve az önemli şeklinde ayrılmıştır. Çizelge 3.15’de sistemik analiz yönteminde kullanılan alt ölçütlere ait önem sınıfları verilmiştir. Önem dereceleri sınıflandırılırken ölçütün zayıf olması durumunun (az uygun-uygun değil) sistemin genel işleyişi ve güvenliği üzerindeki olası etkileri dikkate alınmıştır.

Kaya malzeme sahalarının uygunluğunun değerlendirilebilmesi için geliştirilen sistemik analiz yöntemi çerçevesinde; KAYA ve KONUM ana ölçütleri yer almaktadır. Bu alt bölümde, yaklaşımlarda yer alan ana ve alt ölçütler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Çizelge 3.15 Sistemik analiz yönteminde kullanılan alt ölçütlere ait önem sınıfları.

Önem Sınıfı	Puan	Açıklamalar
Çok önemli	3	Ölçütün zayıf olması sistemin genel işleyişini ve güvenliğini olumsuz etkilemektedir.
Önemli	2	Ölçütün zayıf olması sistemin genel işleyişini ve güvenliğini olumsuz etkileme olasılığı vardır.
Az önemli	1	Ölçütün zayıf olması sistemin genel işleyişini ve güvenliğini sınırlı da olsa olumsuz etkileyebilmektedir.

### Kaya Yaklaşımı ve Alt Ölçütler

Ülkemizde yapılmakta olan baraj, su yapıları, liman yapıları, demiryolu ve karayolu yapıları için kullanılacak kaya malzemesinin uygunluğunun tespiti önemlidir. Su yapılarında kullanılacak kaya malzemelerin seçilmesinde, dayanım, ayrışma durumu, kaya yoğunluğu, su emme ve gözeneklilik, atmosferik koşullardan etkilenme durumu (donma-çözülme, ıslanma, kuruma) dikkate alınan başlıca özelliklerdir. Bu tip malzemelerin seçiminde, laboratuvar deneyleri ve saha çalışmaları araştırmanın en önemli kısımlarını oluşturmaktadır.

Sistemik analiz yaklaşımında yer alan kaya malzemesi özellikleri ile ilgili ana ölçüt başlıca; tek eksenli basınç dayanımı ve kuru/doygun numune değerlerine oranı, Los Angeles aşınma dayanımı, yoğunluk, su emme, don kaybı, kaya kütlesi yapısı ve kaya türü alt ölçütlerinden oluşmaktadır. Kaya malzemesinin dayanım etkisi incelemek için tek eksenli basınç dayanımı deneyi yaygın kullanılan bir yöntem olup, sistemik analiz yöntemi kapsamında önerilen uygunluk sınıflandırması ve ilgili açıklamalar Çizelge 3.16'da verilmiştir. Kaya malzemelerinin tek eksenli basınç dayanımı (TEBD) değer aralıkları ISRM (2007) tarafından önerilen değer aralıkları ile uyumlu seçilmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı değer aralıkları kuru kaya numuneleri üzerinde yapılan deneyler için geçerlidir. TEBD dolaylı yoldan nokta yükü dayanımı indeks deneyi, Schmidt sertlik çekici deneyi ve jeolog çekici aracılığıyla da tahmin edilebilmektedir. Bu yöntemler ile ilgili bilgiler Bölüm 3.1.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.16 Tek eksenli basınç dayanımı uygunluk sınıflandırması.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzemesi özellikleri, KAYA		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Tek eksenli basınç dayanımı, Çok önemli (3)		
<b>Parametre Dayanım (MPa)</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
>100 MPa	Çok uygun	Kaya malzemenin duraylılığı (stabilite) ve taşıma gücü çok fazladır.
50-100 MPa	Uygun	Su yapısı, deniz yapıları ve karayolları sanat yapılarında kullanılacak kaya malzemesinin olması gereken sınır değerlerini ifade eder. Malzeme duraylılığı ve taşıma gücü açısından uygun değerlerdedir.
25-50 MPa	Az uygun	Kaya malzemesine ait diğer parametrelerle birlikte değerlendirilmelidir. Malzemenin kullanımına dikkat edilmelidir.
<25 MPa	Uygun değil	Kaya malzemenin taşıma gücü ve dayanımı çok azdır. Kaya malzeme kesinlikle kullanılmamalıdır.

Kaya dayanımında suyun etkisinin değerlendirilebilmesi için sistematik analiz yöntemi kapsamında, doymuş basınç dayanımının kuru basınç dayanımına oranının kullanılması önerilmiştir. Bu değer özellikle su yapılarında kullanılacak kaya malzemesinin su etkisiyle aşınma, darbe ve öğütme etkileri altında parçalanma direncinin (aşınmaya karşı dayanıklılığın) değerlendirilebilmesi için önem teşkil etmektedir. Sistematik analiz yöntemi kapsamında önerilen doymuş/kuru basınç dayanımı değer aralıkları ve uygunluk sınıflandırması ilgili açıklamalar ile birlikte Çizelge 3.17’de verilmiştir.

Çizelge 3.17 Tek eksenli basınç dayanımı deneyi doymuş/kuru numune değerleri oranı sınıflandırması.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzemesi özellikleri, KAYA		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Tek eksenli basınç dayanımı doymuş/kuru numune değerleri oranı, Önemli (2)		
<b>Parametre Dayanım (MPa)</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
>0,9	Çok uygun	Kaya malzemesinin dayanımı üzerinde suyun etkisi ihmal edilebilecek düzeydedir.

Çizelge 3.17 (devam ediyor).

0,75-0,90	Uygun	Kaya malzemesinin dayanımı üzerinde suyun etkisi olmakla birlikte kullanımı sınırlandırmamaktadır.
0,50-0,75	Az uygun	Kaya malzemesinin dayanımı üzerinde suyun etkisi mevcut olup kaya yapısını olumsuz yönde etkileyebilmektedir.
<0,50	Uygun değil	Kaya malzemesinin dayanımı üzerinde suyun önemli etkisi mevcut olup kaya yapısını olumsuz etkilemektedir.

Kaya malzemesinin aşınma, darbe ve öğütme etkileri altında parçalanma direncinin (aşınmaya karşı dayanıklılığın) tayini için Los Angeles aşınma kaybı deneyi yaygın kullanılan bir deney yöntemi olup, sistematik analiz yöntemi kapsamında önerilen uygunluk sınıflandırması ve ilgili açıklamalar Çizelge 3.18’de verilmiştir.

Çizelge 3.18 Los Angeles aşınma kaybı uygunluk sınıflandırması.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzemesi özellikleri, KAYA		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Los Angeles aşınma kaybı, Çok önemli (3)		
<b>Parametre Aşınma Kaybı (%)*</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
<%20	Çok uygun	Kaya malzemesindeki mekanik aşınma kaybı en alt seviyededir. Yüksek dayanımlı kaya malzemesi kullanımı yapının niteliğini artırır. Aşınma, parçalanma ve diğer etkilerle meydana gelen bozulmalar alt seviyededir. 100 devir.
%20-40	Uygun	Kaya malzemesinde oluşabilecek aşınma, parçalanma ve diğer etkilerle meydana gelebilecek bozulmalar kabul edilebilir değerler içinde olup, kullanım açısından uygunluğu ifade eder. 500 devir (DSI 2006b).
%40-50	Az uygun	Kaya malzemesindeki mekanik aşınma kaybı, zamanla büyük boyutlara ulaşabileceği ihtimali olduğundan, güvenlik açısından kaya malzemesi olarak kullanımına dikkat edilmelidir.
>50	Uygun değil	Malzemenin yarısından fazla aşınmaya uğraması, darbe ve öğütme etkilerine karşı malzemenin zayıflığını göstermektedir.

\* 500 devir sonucunda elde edilen Los Angeles aşınma kaybı yüzdesi.

Kaya yoğunluğu konusunda önerilen uygunluk sınıflandırma ve ilgili açıklamalar Çizelge 3.19’da verilmiştir. Kaya malzemesinin su emme özelliği konusunda önerilen uygunluk sınıflandırması ve ilgili açıklamalar ise Çizelge 3.20’de verilmiştir.

Çizelge 3.19 Yoğunluk uygunluk sınıflandırması.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzemesi özellikleri, KAYA		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Yoğunluk, Önemli (2)		
<b>Parametre Yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
<2,65	Çok uygun	Hidrolik stabiliteyi etkileyen fiziksel bir özelliktir. Kaya malzemenin sağlamlığının göstergesidir.
2,3-2,6	Uygun	Yoğunluğu fazla olan kaya malzemesinin dayanıklılığı ve taşıma gücü artar. Dış etkilere karşı dayanımı fazla olur. 2,6 g/cm <sup>3</sup> yoğunluk DSİ şartnamesinde istenen değerdir.
2,0-2,3	Az uygun	Kaya malzemesinin boşluklu ve zayıf olduğunu gösterir. Kullanımına dikkat edilmelidir.
<2,0	Uygun değil	Düşük yoğunluk sağlam olmayan kaya malzemesinin göstergesidir ve kullanımından kaçınılmalıdır.

Çizelge 3.20 Su emme uygunluk sınıflandırması.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzemesi özellikleri, KAYA		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Su emme, Çok önemli (3)		
<b>Parametre Kütlece Su Emme (%)</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
<%0,5	Çok uygun	CIRIA sınıflandırmasında yer alan en uygun değer. Ayrışma direncinin ve parçalanmaya karşı direncin en önemli göstergesidir.
%0,5-1,8	Uygun	DSİ dolgu işleri şartnamesinde talep edilen sınır değer.
%1,8-6	Az uygun	CIRIA sınıflandırmasında az uygun olarak sınıflandırılan değer. Kaya malzemesinde boşluklar fazla olduğu için kullanımında dikkat edilmelidir. Kaya malzemesinin dayanımı azdır.

Çizelge 3.20 (devam ediyor).

>%6	Uygun değil	CIRIA. Kaya malzemesinin su emmesi değeri fazla olduğu için don gibi iklim koşullarına karşı dayanıksızdır. Mukavemet kaybına neden olacağı için kullanımından kaçınılmalıdır.
-----	-------------	--

Sodyum sülfat don kaybı, kaya malzemesinin kimyasal yöntemle dona dayanıklılığını belirleme amacıyla yapılan deney yöntemidir. Aynı zamanda ayrışmaya karşı direncin bir ifadesidir. Tabii don deneyinin kimyasal yöntemle hızlandırılmış halidir. Önerilen uygunluk sınıflandırması ve ilgili açıklamalar Çizelge 3.21’de verilmiştir.





Çizelge 3.21 Sodyum sülfat don kaybı uygunluk sınıflandırması.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzemesi özellikleri, KAYA		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Sodyum sülfat don kaybı, Çok önemli (3)		
<b>Parametre Don kaybı (%)</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
<%5	Çok uygun	KGM tarafından taş dolgu malzemesi için önerilen sınır değer. Kaya malzemesinin farklı atmosfer koşulları altında kaldığında, sağlam kaya özellikleri göstereceğini ifade eder.
%5-10	Uygun	DSI 2006 şartnamesinde kaya ve riprap malzemesi için önerilen değer. Kaya malzemesinin don kaybı değerleri kabul edilir sınırlar içerisinde değerlendirilir.
%10-20	Az uygun	DLH 2007 şartnamesinde koruma taşı malzemesi için önerilen değer. Kaya malzemesi farklı atmosfer koşullarında dayanımı azdır, kaya malzeme mukavemet kaybına neden olacağı için kullanımından kaçınılmalıdır.
>%20	Uygun değil	Kaya malzemesinin dona ve ayrışmaya dayanıklılığının çok zayıf olduğunu ifade etmektedir. Mukavemet kaybı olacağından kaya malzeme kullanılmamalıdır.

Kaya kütesinin yapısı ve kaya türü, kaya malzemenin hangi amaçlar için kullanılması gerektiği hakkında bilgi veren ölçütlerdendir. Sistemik analiz yöntemi kapsamında kaya kütesinin yapısı ve kaya türü için önerilen uygunluk sınıflandırması ve ilgili açıklamalar sırasıyla Çizelge 3.22-3.23’de verilmiştir. Kaya yapılarının sınıflandırmasında Jeolojik

Dayanım İndeksi'nde (GSI) kullanımı önerilen sınıflandırmalardan yararlanılmıştır (Hoek 1999, Ulusay ve Sönmez'den 2007).

Çizelge 3.22 Kaya kütlesi yapısı uygunluk sınıflandırması.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzemesi özellikleri, KAYA		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Kaya kütlesi yapısı, Çok önemli (3)		
<b>Parametre</b> <b>Kaya Kütle Yapısı</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
 Homojen kaya kütlesi	Çok uygun	Geniş aralıklı (>1m) birkaç süreksizlik içeren masif kaya kütlesi, sağlam kaya malzemesi içermekte, kaya ve riprap malzemesi üretimi için çok uygundur.
 Bloklu kaya kütlesi	Uygun	Fazla sayıda süreksizlik takımlarının kesişmesiyle oluşmuş, köşeli bloklar içeren kaya kütlesi, yüzeylerde ayrışmaya bağlı olarak kaya malzemesi üretimi için uygundur.
 Parçalanmış kaya kütlesi	Az uygun	Köşeli ve yuvarlak kaya parçalarının birlikteliğinden oluşan çok kırıklı kaya kütlesi, yüzeylerde ayrışmaya bağlı olarak küçük boyutlu kaya malzemesi üretimi için uygun olabilir.
 İnce tabakalı, çatlaklı kaya kütlesi	Uygun değil	Farklı kaya türlerinin bir arada olduğu, çok sayıda doğal süreksizlik içeren ince tabakalı kaya kütlesi, kaya özelliklerinin çok değişkenlik göstermesi nedeniyle genel olarak uygun olmayan yapıdır.

Çizelge 3.23 Kaya türü uygunluk sınıflandırması (Akçalı ve Arman 2006).

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzemesi özellikleri, KAYA		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Kaya türü yapısı, Önemli (2)		
<b>Parametre</b> <b>Kaya Türü</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
Granit, bazalt, kuvarsit	Çok uygun	Dayanımı genelde yüksek, sudan etkilenme çok sınırlı, gözenekliliği ise genelde düşüktür.
Andezit, kumtaşı, kireçtaşı	Uygun	Dayanımı genelde orta-iyi seviyede, sudan etkilenme olanaklı, rezervler yaygındır.

Çizelge 3.23 (devam ediyor).

Killi kireçtaşı, killi kumtaşı, tuf, gnays	Az uygun	Killi kayalarda sudan etkilenme fazla, dayanım kil, gözeneklilik ve yapraklanma durumuna bağlı olarak genelde daha düşüktür.
Kıltaşı, silttaşı, şeyl	Uygun değil	Kuru duruma kıyasla su etkisine karşı oldukça dayanımsız, su etkisi ile dağılma ve ayrılma özelliği gösterebilmektedir.

### Konum Yaklaşımı ve Alt Ölçütler

Kaya malzeme sahasının konumu ile ilgili ana ölçüt toplam 5 adet alt ölçütten oluşmuştur. Bu ölçütler daha ziyade maliyetleri ve zamanı etkilemektedir. Rezerv ölçütü ise kaya sahasının yapı tesisi için tek başına yeterli olup olmadığı ile ilgili unsurları içermektedir. Yapı-kaya malzemesi sahası mesafesi için önerilen uygunluk sınıflandırması ilgili açıklamalar ile birlikte Çizelge 3.24’de verilmiştir.

Çizelge 3.24 Yapı-kaya malzeme sahası mesafesi etkisi.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzeme sahası konumu, KONUM		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Yapı-kaya malzeme sahası mesafesi, Çok önemli (3)		
Parametre Mesafe (km)	Uygunluk Sınıfı	Açıklamalar
<1 km	Çok uygun	Yapı tesisine olan mesafenin kısa olması ulaşım ve malzeme nakliyatı maliyetini azalttığı için önemli avantajlar sağlamaktadır.
1-7 km	Uygun	Doğal yapı malzemesi araştırmalarının öncelikle yapı tesisi merkez olacak şekilde 7 km yarıçaplı bir alan içerisinde yapılması talep edilmektedir (DSİ 2006a).
7-25 km	Az uygun	Uygun kalitede ve miktarda malzeme bulunamaması durumunda 7 km’den uzak yerler inceleme alanı sınırlarına dâhil edilebilmektedir (DSİ 2006a).
>25 km	Uygun değil	Yapı tesisine olan mesafenin fazla olması, ekonomik değeri sınırlı olan kaya malzemesi hammaddesi için büyük maliyetlere neden olmaktadır.

Muhafaza ormanları, milli parklar ve tabiat park alanlarında I (a) Grubu madenler ile kaba inşaat, baraj, gölet, liman, yol gibi yapılarda dolgu amaçlı kullanılan her türlü yapı



hammaddesi üretimi için izin verilmemektedir. İçme ve kullanma suyu alınan su rezervuarlarına ait mutlak koruma alanı (su rezervuarından itibaren 100 metre genişlik) ve kısa mesafeli koruma alanlarında (su rezervuarından itibaren 900 metre genişlik) madencilik faaliyetlerine izin verilmemektedir. Yaban hayatı koruma ve geliştirme sahaları ile avlaklarda, milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtı ve tabiatı koruma alanlarında, korunması gerekli taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarının bulunduğu alanlarda maden üretim faaliyetlerine çevresel etki değerlendirmesi raporunda belirlenen esaslar dâhilinde izin verilmektedir. Tabiat anıtı ve tabiatı koruma alanları ile bu alanlara 60 metre mesafe dâhilinde madencilik faaliyetlerine izin verilmemektedir (Resmi Gazete 2010). Yapı-kaya malzeme sahasında patlatma etki mesafesi, yapı-kaya malzeme sahası mevcut yol koşulu, kaya malzeme sahası rezervi/ihtiyaç duyulan malzeme miktarı oranı, alt ölçütleri için önerilen uygunluk sınıflandırmaları ilgili açıklamalar ile birlikte sırasıyla Çizelge 3.25-3.26-3.27’de verilmiştir.

Çizelge 3.25 Yapı-kaya malzeme sahasında patlatma etki mesafesi etkisi.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzeme sahası konumu, KONUM		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Kaya malzeme sahasında patlatma etki mesafesi, Çok önemli (3)		
<b>Parametre Mesafe (m)</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
>1000 m	Çok uygun	Patlatma yapılacak kaya malzeme sahasının yol, yerleşim yeri, koruma alanları, su kaynakları vb. uzak olması yasal mevzuat açısından kolaylık, can ve mal güvenliği açısından emniyet sağlamaktadır.
300-1000 m	Uygun	Kaya malzeme sahaslarında yapılacak patlatmaların barajı tahrip etmesi ihtimaline karşı baraj eksenine 300 metreden daha yakın olmamalıdır (DSİ 2006a).
150-300 m	Az uygun	Patlatma yapılacak malzeme sahasının ve kırma-eleme tesis yerlerinin; yollar, 1/5000 ölçekli imar planı onaylanmış alanlar, organize hale gelmiş tarım ve hayvancılık bölgeleri, birinci derece arkeolojik sit alanlarında fiziki olarak ortaya çıkarılmış kültürel varlıkların ön görünüm alanında, kamu hizmeti veya umumun yararına ayrılmış binalardan yatay olarak en az 300 metre mesafe dâhilinde izin verilmemektedir (Resmi Gazete 2010).

Çizelge 3.25 (devam ediyor).

<150 m	Uygun değil	Patlatma yapılacak malzeme sahasının ve kırma-eleme tesis yerlerinin; yollar, 1/5000 ölçekli imar planı onaylanmış alanlar, organize hale gelmiş tarım ve hayvancılık bölgeleri, birinci derece arkeolojik sit alanlarında fiziki olarak ortaya çıkarılmış kültürel varlıkların ön görünüm alanı dışında en az 150 metre mesafe dâhilinde izin verilmemektedir (Resmi Gazete 2010).
--------	-------------	---

Çizelge 3.26 Yapı-kaya malzeme sahası mevcut yol koşulu.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzeme sahası konumu, KONUM		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Yapı-kaya malzeme sahası mevcut yol koşulu, Önemli (2)		
<b>Parametre Yol Durumu</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
Asfalt yol	Çok uygun	Yapı-kaya malzeme sahası arasında, malzemenin nakliye süresini azaltır ve nakliye masraflarını en alt seviyeye düşürür. Araç bakım onarım giderleri en düşük düzeyde gerçekleşir.
Stabilize yol	Uygun	Malzemenin nakliye süresi ve nakliye masrafları kabul edilir sınırlar içindedir. Yapı-kaya malzeme sahası arasında kısmen de olsa toz sorunu oluşturur.
Ham yol	Az uygun	Yapı-kaya malzeme sahası arasında toz sorunu oluşturur, malzemenin nakliye süresini ve taşıyıcı ekipmanların bakım onarım maliyetlerini arttırır. Yolun olumsuz hava koşullarından (yağmur vb.) etkilenme olasılığı yüksektir.
Yol yok	Uygun değil	Yapı-kaya malzeme sahası arasında mevcut yol olmaması yol yapım maliyetine neden olmaktadır. Kaya malzeme sahasında üretime geçiş sürecini uzatmaktadır.

Çizelge 3.27 Kaya malzeme sahası rezervi/ihtiyaç duyulan malzeme miktarı oranı.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzeme sahası konumu, KONUM		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Kaya malzeme sahası rezerv/ihtiyaç duyulan malzeme miktarı oranı, Az önemli (1)		
<b>Parametre Rezerv/İhtiyaç Oranı</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>

Çizelge 3.27 (devam ediyor).

>3	Çok uygun	Kaya malzeme sahasındaki rezerv miktarının fazla olması, proje için alternatif kaya malzeme sahalari arayışını öner.
1,5-3	Uygun	Kaya malzeme sahasındaki rezerv miktarı, ihtiyaç duyulan malzeme miktarının 1,5 katını sağlayacak şekilde arazi çalışmaları yapılır (DSİ 2006a).
1-1,5	Az uygun	Kaya malzeme sahasında rezervin, ihtiyaç duyulan malzeme miktarının 1,5 katından az olması, projenin kesintiye uğramaması için tercih edilmemektedir.
<1*	Uygun değil	Üretim kayıplarının olması halinde mevcut rezerv, ihtiyacı karşılayamaz. Genelde ilave kaya malzeme sahalarina ihtiyac duyulmaktadır.

\*Rezerv oranı tek başına kaya malzeme sahası olarak kullanımı için uygun değil.

Madencilik faaliyetinin yapılacağı arazinin mülkiyetine ait izinler, Maden Kanununun 7. maddesi gereği alınacak izinler kapsamında değerlendirilmektedir. Arazi mülkiyetine göre muhafaza ormanları, milli parklar, tabiat parkları vb. yerlerde madencilik faaliyetlerine izin verilmezken uygulamalarda hazine, orman, tarım arazileri vb. yerlerde madencilik faaliyetleri için izin alınabilmesi madencilik faaliyeti yapacak kurum, şirket ya da şahıslarca daha kolay olmaktadır. Kaya malzeme sahası konumu arazi mülkiyeti alt ölçütleri için önerilen uygunluk sınıflandırmaları ilgili açıklamalar Çizelge 3.28’de verilmiştir.

Çizelge 3.28 Kaya malzeme sahası arazi mülkiyeti durumu.

<b>Ana Ölçüt ve Kodu:</b> Kaya malzeme sahası konumu, KONUM		
<b>Alt Ölçüt ve Önemi:</b> Kaya malzeme sahası arazi mülkiyet durumu, Çok önemli (3)		
<b>Parametre Arazi Mülkiyeti</b>	<b>Uygunluk Sınıfı</b>	<b>Açıklamalar</b>
Hazine arazisi	Çok uygun	Belirli bir kullanım amacı olmayan devlete ait arazilerdir. Hazine arazilerinde yapılan/yapılacak madencilik faaliyetleri için ücret alınmamaktadır.
Ormanlık alan	Uygun	Muhafaza ormanları, milli parklar ve tabiat park alanları dışındaki ormanlık alanlarda bedeli alınarak madencilik faaliyetlerine izin verilir.

Çizelge 3.28 (devam ediyor).

Tarım alanları	Az uygun	Tarım alanlarında yapılacak madencilik faaliyetleri ÇED raporuna göre yapılmaktadır. Mera vasfındaki arazilerde yapılacak madencilik faaliyeti için arazinin mera vasfının kaldırılması gerekir.
Su havzaları ve koruma alanları	Uygun değil	Su havzaları, özel koruma alanları vb. alanlarda yapılacak madencilik faaliyetlerinin çevre, insan ve diğer canlılara zarar verebilme ihtimali olduğu için madencilik faaliyetlerine izin verilmemektedir.

### 3.3.1.3 Sistematik Analiz Yöntemi Uygulamaları

Geliştirilen sistematik analiz yönteminde kaya ölçütü ve ilgili uygunluk sınıflandırmalarının sınanması için çeşitli kaya malzeme ocaklarına ait deneysel veriler analiz edilmiştir. Tezin ana çalışma konusunu oluşturan Filyos Vadisi kaya malzeme sahalarının başlıca andezit kaya sahalarından oluşması nedeniyle benzer kaya malzeme ocaklarına ait verilerden yararlanılmıştır. Bu kapsamda Kastamonu il sınırları içerisinde yer alan andezit, andezit-bazalt, bazalt kaya malzeme sahalarından yararlanılmıştır. Bu kaya malzeme sahalarına ait çeşitli kaya numuneleri üzerinde yapılan 17 adet deneysel çalışmalardan (tek eksenli basınç dayanımı, Los Angeles aşınma kaybı, kütlece su emme vb.) elde edilen veriler toplu olarak Çizelge 3.29’da verilmiştir. Deneylere ait değerler standart sapmaları ile birlikte ortalama değerler şeklinde verilmiştir.

Çizelge 3.29 Kastamonu il sınırlarındaki kaya malzeme sahalarına ait veriler.

Kaya Türü	Saha No	TEBD (MPa)	LAHV (%) 100 devir	LAHV (%) 500 devir	TEBD (doğgun)	TEBD (doğgun) /TEBD (kuru)	Su Emme (%)	Porozite
Bazalt	K-1	60,50	4,5	18,3	57	0,94	0,20	0,60
Bazalt	K-2	58,00	3,5	14,8	46,5	0,80	0,10	0,20
Bazalt	K-3	68,50	3,5	14,8	39,5	0,58	0,40	1,20
Andezit-Bazalt	K-4	78,00	6,2	24,8	68	0,87	0,80	2,20
Andezit-Bazalt	K-5	45,50	6,3	27,1	37,5	0,82	4,00	9,80
Andezit-Bazalt	K-6	90,00	8	21,3	83,5	0,93	0,50	1,40

Çizelge 3.29 (devam ediyor).

Andezit-Bazalt	K-7	59,50	8,1	30,6	40,5	0,68	3,20	8,00
Andezit-Bazalt	K-8	49,00	6,4	23,4	40	0,82	2,90	7,30
Andezit-Bazalt	K-9	51,50	7,5	24,8	38,5	0,75	1,70	4,40
Andezit	K-10	39,50	5,7	21,6	31	0,78	3,00	7,50
Andezit	K-11	32,00	5,7	21,6	20	0,63	4,50	10,80
Andezit	K-12	21,50	7,2	26,6	21	0,98	3,00	7,50
Andezit	K-13	38,50	7,2	26,6	34,5	0,90	2,50	6,30
Andezit	K-14	170,00	5,7	19,6	124,5	0,73	0,60	1,40
Andezit	K-15	140,00	7,6	27,9	109,5	0,78	1,70	4,40
Andezit	K-16	125,00	7,7	29,4	87,5	0,70	1,80	4,70
Andezit	K-17	97,50	6,1	20,2	88	0,90	0,70	2,30
<b>Ortalama</b>		<b>72,06</b>	<b>6,29</b>	<b>23,14</b>	<b>56,88</b>	<b>0,80</b>	<b>1,86</b>	<b>4,71</b>
<b>Standart Sapma</b>		<b>40,76</b>	<b>1,43</b>	<b>4,71</b>	<b>31,20</b>	<b>0,11</b>	<b>1,40</b>	<b>3,38</b>
TEBD: Tek eksenli basınç dayanımı, LAAV: 100 ve 500 devir için Los Angeles aşınma kaybı.								

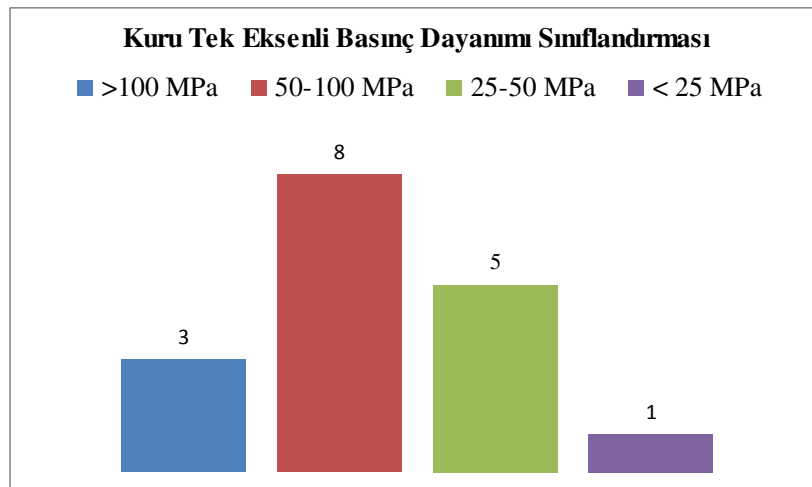
Sistematik analiz yöntemi kapsamında kaya ölçütünde yer alan tek eksenli basınç dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı kuru numune değerlerinin doygun numune değerlerine oranı, Los Angeles aşınma kaybı, kütlece su emme, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (sodyum sülfat) don kaybı, yoğunluk alt ölçütlerine ait uygunluk değer aralıkları ve sınıflandırmalar toplu olarak Çizelge 3.30'da verilmiştir. Çizelge 3.30 üzerinde analizi yapılan Kastamonu il sınırları içinde yer alan andezit, andezit-bazalt, bazalt kaya malzeme sahalarından elde edilen deney verilerinin yer aldığı uygunluk sınıfları ve değer aralıkları da belirtilmiştir. Uygunluk değerlendirmelerine ait sınıflandırmalar da ayrıca sütunsal barlar şeklinde grafiksel olarak sırasıyla Şekil 3.5-3.6-3.7-3.8-3.9-3.10 verilmiştir.

Çizelge 3.30 Sistematik analiz yöntemi kapsamındaki kaya ölçütlerine ait sınıflandırmalar.

Alt Ölçüt/Sınıf	Çok Uygun	Uygun	Az Uygun	Uygun Değil
TEBD (MPa)	>100 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	<25 MPa
Adet (n=17)	3	8	5	1
TEBD (doygun/kuru)	>0,9	0,75-0,90	0,5-0,75	<0,5
Adet (n=17)	4	7	6	0
LAHV (%)	<%20	%20-40	%40-50	>%50
Adet (n=17)	4	13	0	0
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	>2,65	2,3-2,6	2-2,3	<2
Adet (n=17)	5	12	0	0
Su Emme (%)	<%0,5	%0,5-1,8	%1,8-6	>%6
Adet (n=17)	3	6	8	0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	<%5	%5-10	%10-20	>%20
Adet (n=13)	5	6	0	3

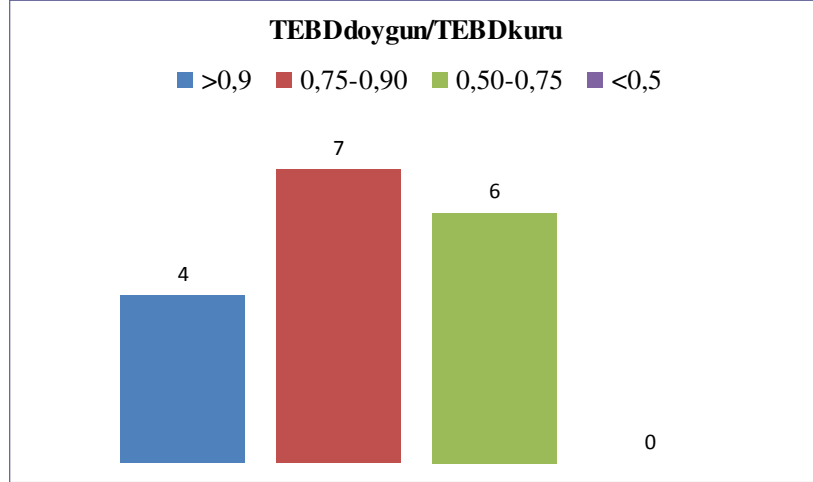
TEBD: Tek eksenli basınç dayanımı, LAHV: Los Angeles aşınma kaybı, 500 devir.

Kuru tek eksenli basınç dayanımına ait sınıflandırma Şekil 3.5’de gösterilmiştir. Deneysel veriler ağırlıklı olarak “uygun” ve “az uygun” sınıfı içerisinde yer almakta olup, sadece 1 adet deney verisi “uygun değil” sınıfında yer almıştır.



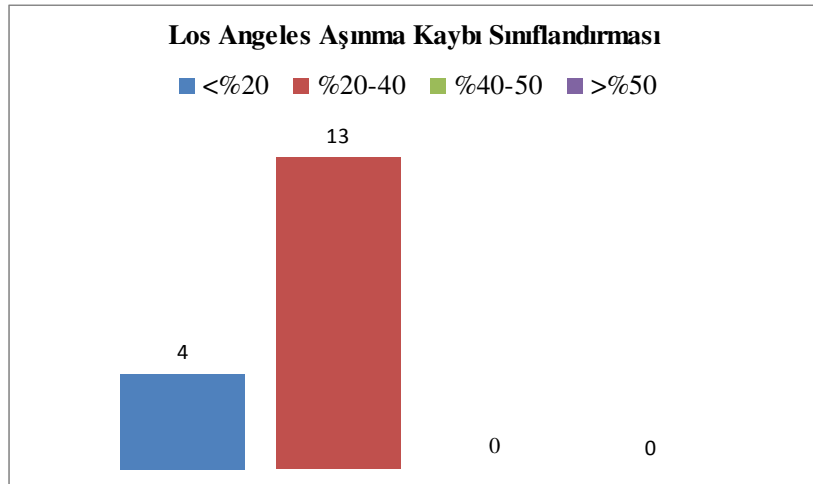
Şekil 3.5 Analizi yapılan sahalara ait tek eksenli basınç dayanımı verileri.

Tek eksenli basınç dayanımı doygun numune değerlerinin kuru numune değerlerine oranı Şekil 3.6’da gösterilmiştir. Deneysel veriler ağırlıklı olarak “uygun” ve “az uygun” sınıfı içerisinde yer almakta olup, “uygun değil” sınıfında deney verisi bulunmamaktadır.



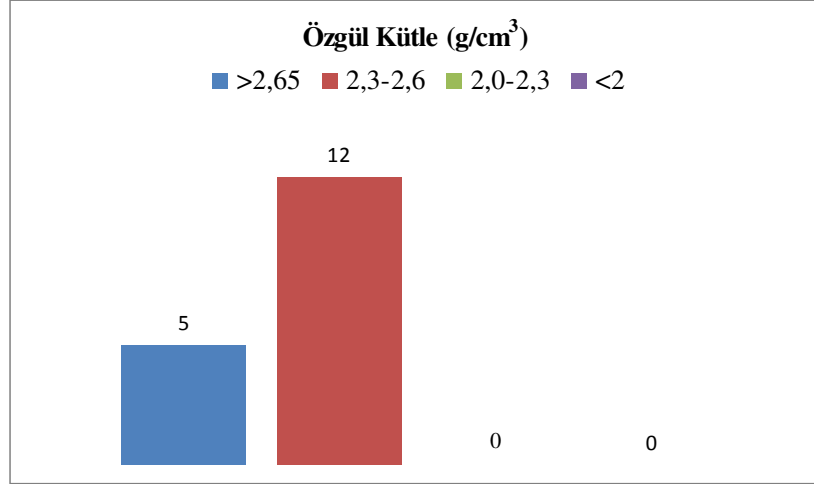
Şekil 3.6 Analizi yapılan sahalara ait tek eksenli basınç dayanımı doygun/kuru numune değerleri ile ilgili veriler.

Los Angeles aşınma kaybına ait sınıflandırma Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Los Angeles aşınma kaybı değerleri ağırlıklı olarak “uygun” sınıfı içerisinde yer almakta olup, “az uygun” ve “uygun değil” sınıfında deney verisi bulunmamaktadır.



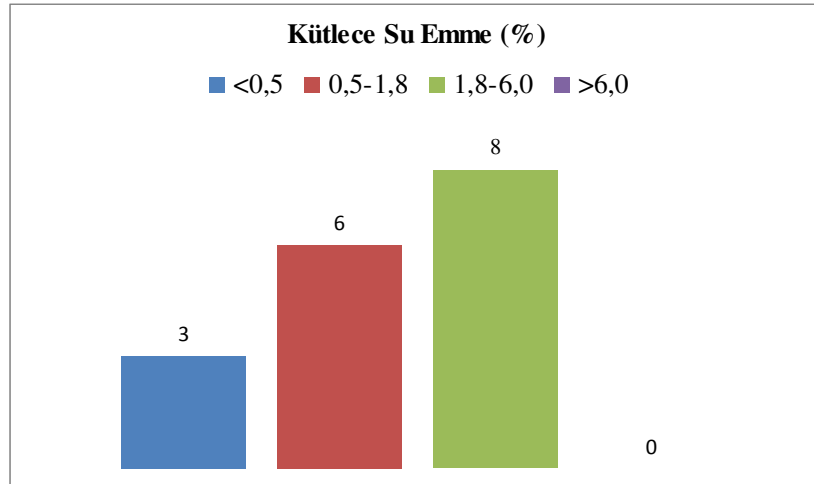
Şekil 3.7 Analizi yapılan sahalara ait Los Angeles aşınma kaybı verileri.

Kaya malzeme yoğunluğuna ait sınıflandırma Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Yoğunluk değerleri ağırlıklı olarak “uygun” sınıfı içerisinde yer almakta olup, “az uygun” ve “uygun değil” sınıfında deney verisi bulunmamaktadır.



Şekil 3.8 Analizi yapılan sahalara ait yoğunluk verileri.

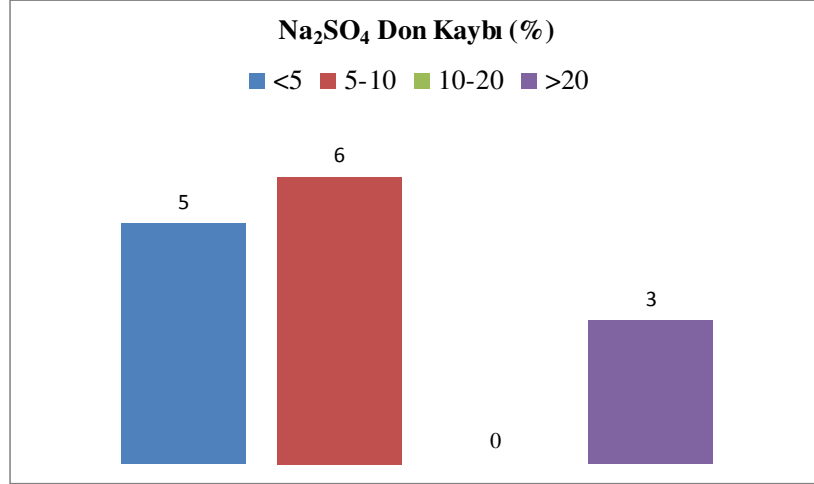
Kütlece su emme verilerine ait sınıflandırma Şekil 3.9’da gösterilmiştir. Kütlece su emme değerleri ağırlıklı olarak “ az uygun” ve “uygun” sınıfı içerisinde yer almakta olup, “uygun değil” sınıfında deney verisi bulunmamaktadır.



Şekil 3.9 Analizi yapılan sahalara ait kütlece su emme deneyi verileri.



Sodyum sülfat don kaybına ait sınıflandırma Şekil 3.10’da gösterilmiştir. Don kaybı değerleri ağırlıklı olarak “ çok uygun” ve “uygun” sınıfı içerisinde yer almakta olup, “uygun değil” sınıfında 3 adet deney verisi, “az uygun” sınıfında ise deney verisi bulunmamaktadır.



Şekil 3.10 Analizi yapılan sahalara ait sodyum sülfat don kaybı deney verileri.

Kaya malzeme sahaları deney verileri aracılığıyla yapılan değerlendirmeler ve uygunluk sınıfı dağılımlarından geliştirilen analiz yönteminin uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

## BÖLÜM 4

### ÇALIŞMA ALANININ TANITILMASI VE JEOLJİSİ

#### 4.1 ÇALIŞMA ALANININ YERİ

Çalışma alanı, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almakta olup, Zonguldak İli'nin Çaycuma İlçesine bağlı Filyos Beldesi ve yakın çevresini kapsamaktadır (Şekil 4.1). Filyos Vadisi konum olarak Zonguldak il merkezinin doğusunda kalmaktadır (Şekil 4.2). Kuzeyinde Karadeniz, doğusunda Bartın, güneyinde Devrek ile çevrilidir. Karadeniz kıyılarının batı bölümünde, Zonguldak merkezine bağlı Türkali Köyü ile Çaycuma ilçesine bağlı Saz Köyü yakınından denize dökülen Filyos Çayı arasındaki kıyı boyunca uzanan bükümlü vadide yer alan çalışma alanının güney kıyıları zengin ormanlarla kaplıdır (Filyos Belediyesi 2012).



Şekil 4.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.



Şekil 4.2 Zonguldak-Filyos vadisi alanına ait görünüm (Google Maps 2012).

#### 4.2 ULAŞIM

Çalışma alanı ve çevresindeki köylerin il ve ilçe merkezi ile ulaşımı Zonguldak-Filyos-Çaycuma arası çalışan banliyö tren seferleri ve mevcut karayolları ile yapılmaktadır. Kara, deniz ve demir yollarının birleştiği noktada kurulmuş olan Filyos, Çaycuma ilçe merkezine 24 km uzaklıktadır. Filyos'a bağlı köylerin tamamı asfalt veya stabilize yollarla merkeze bağlıdır. Hava taşımacılığı ise Saltukova'da bulunan Zonguldak Hava Alanı ile başlamıştır.

Çalışma alanında küçük tonajlı gemilerle ve kuru yük ve hammadde taşımacılığı yapılmaktadır.

### **4.3 AKARSULAR VE DAĞLAR**

Filyos Vadisi yörenin büyük ve en önemli vadisi olup Filyos Çayı boyunca uzanır. Genişliği yer yer 300-400 metreyi bulan bu vadi Çaycuma ilçe merkezinde Çaycuma Düzlüğünü, Saltukova/Kokaksu-Hisarönü mevkiinde Filyos Düzlüğünü oluşturur. Çalışma alanı boyunca yer alan Filyos Çayı güneyden kuzeye doğru akarak Karadeniz'e dökülür. Filyos Çayı, çay boyunca birçok kola ayrılmaktadır. Bu nedenle çalışma alanının dışındaki diğer bölgelerde de farklı adlarla anılmaktadır. Çay; Yenice Nehri, Köroğlu Deresi, Ulu Su, Gerede Çayı, Melen Çayı, Akçay, Soğanlı Çayı vb. birçok isimlerle de anılmaktadır. Filyos Çayının başladığı kaynak, Köroğlu Deresidir. Çay, Bolu'nun Dörtdivan ve Gerede ilçelerinden, Ilgaz Dağlarından, Melen Vadisinden geçip, Kastamonu'ya girmektedir. Kastamonu'dan da Zonguldak'a gelen çay, Filyos Beldesinden Karadeniz'e dökülmektedir.

Filyos Çayının Karadeniz'e karıştığı Filyos Deltası'nda "Filyos Vadisi Projesi" adı altında bir çalışma yürütülmektedir. Projeye göre, deltada dökülen sular kanallarla geri alınmıyor ve yapay bir verimli havza oluşturulması üzere başka bir bölgeye aktarılmaktadır. Böylece yapay bir havza oluşturulacak ve özellikle tarım sektörüne büyük bir yatırım olacaktır. Filyos Çayı Vadisi için geliştirilen "Filyos Projesi" Ülkemizin GAP'tan sonra gerçekleştireceği en büyük yatırımdır (Tuncer 2012).

Çalışma alanında yer alan yükseltiler, çalışma alanının kuzey doğusundaki Karaburun Tepe (204 m) ile doğusunda yer alan Yanık Tepe (167 m), çalışma alanının yakın çevresindeki yükseltiler ise Balat Dağı ve silsilesinde bulunan Göldağı (600 m), Veli Baba Tepesi, Düz Dağ, Hasan Dağı, Yoncalı Dağ'dır.

### **4.4 İKLİM VE BİTKİ ÖRTÜSÜ**

Çalışma alanında Karadeniz iklimi hâkimdir. Yazları fazla sıcak değildir, kış ayları ise ılık ve yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 1250-1500 kg/m<sup>2</sup>'dir. Yağışlar genellikle ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde görülür. Yaz ayları sıcaklık ortalaması +24 °C, kış aylarında ise +8 °C ile -8 °C arasındadır. Saptanan en düşük sıcaklık 1976 da -16 °C, en yüksek sıcaklık ise

+38 °C derecedir. Çalışma alanı, Filyos Vadisi boyunca kuzey rüzgârlarının etkisi altındadır (Zonguldak Valiliği 2012).

Çevresi kestane, meşe, çam ve köknar ormanlarıyla çevrili olan çalışma alanında, ormanlık alanlarının sona erdiği bölümlerde fundalıklar başlamaktadır. Ormanlar genel olarak iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlardan meydana gelmiştir. Toplam yerleşim alanınının 29 000 hektarı tarım alanı, 3 043 hektarı bitkisel alan, 247 hektarı yerleşim alanı biçimindedir. Filyos'un köylerinde genellikle buğday ve mısır yetiştirilmektedir. Diğer ürünler gereksinime göre üretilmektedir. Belde merkezinde, 22 000 adet meyve verir halde zeytin, 35 dekar fındık, 10 000 adet üstünde ürün veren çeşitli cins meyve ürün vermektedir. Ayrıca; 13 600 dekar buğday, 23 900 dekar mısır, 543 dekar da çeşitli cinsten sebze üretilmektedir (Tuncer 2012).

#### **4.5 GENEL JEOLJİ**

Çalışma alanında yaşlıdan gence doğru İkse, Kazpınar, Alaplı Formasyonları ve alüvyon bulunmaktadır. Çalışma alanının stratigrafik kesiti Şekil 4.3'de, jeolojik haritası ise Şekil 4.4'de verilmiştir.

##### **4.5.1 İkse Formasyonu (Kri)**

Birim, sarı, kırmızı renklerde marn, killi kireçtaşı, tuf, kumtaşı ve kilitaşı ardalanmasından oluşur. Formasyonda genellikle marn ve killi kireçtaşı baskın olmak üzere kumtaşı, tuf ve kilitaşı seviyeleri daha az yer alırlar. Formasyon ayrıca nadir olarak aglomera seviyeleri de içerir. Marn ve killi kireçtaşlarında çimentolanma çok iyi olmakla beraber tuf, kumtaşı ve kilitaşı seviyelerinde kötü çimentolanma ve hava ile temasta kolaylıkla dağılganlık mevcuttur. Çalışma alanında Gökçeler Köyü'nün batı ve güneybatısında ve Karaburun Tepe'nin batısında yayılım sunmaktadır. Birim ince-orta katman kalınlığına sahip olup kalınlığı Ereğli dolaylarında 40-50 metre iken Bartın dolaylarında 200 metreye ulaşmaktadır. Bu formasyon içinde bol planktonik foraminifer bulunduğu için derin denizde, ancak, tüfit girdileri taşıması nedeni ile aktif volkanik kuşaklarla temasının bulunduğunu gösteren bölgede çökelmiş olduğu sonucuna varılmıştır. Fosil kapsamına göre yaşı Turoniyen-Kampaniyen (Kretase)'dir (Yergök vd. 1987).

#### 4.5.2 Kazpınar Formasyonu (Krkz)

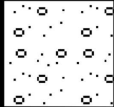
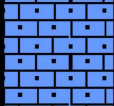


Baskın olarak andezit ve daha az olmak üzere tuf, marn ve aglomeradan oluşan Kazpınar formasyonu andezitik bir volkanizma ve onun ürünlerinden meydana gelmektedir. Makro gözlemlerde pembe, yeşil ve gri renkli çimento içinde beyaz renkli plajiyoklas, az horblend ve biyotit kristallerden meydana gelen kaya özelliği göstermektedir. Çalışma alanında Turoniyen'den başlayarak Orta Eosen sonuna dek görülen yay volkanizmasının en zengin ürünlerinin ve baskın andezitik lav akıntılarının meydana geldiği evrede oluşan Kazpınar formasyonun tabanında İkse formasyonu, tavanında ise açısız bir uyumsuzlukla Alaplı formasyonu yer almaktadır. Kalınlığı çok değişken olan formasyon Kdz. Ereğli yakın civarında hiç görülmezken doğuya doğru 200-600 metre, Bartın civarında ise 100-200 metre kalınlık sunmaktadır. Çalışma alanında Filyos Çayının her iki yakasında, Çömlekçi Köyü batısında ve kuzey batısında, Aşağı İhsaniye Köyü ve Fındıkdere Mahallesi civarında yaygın görülen Kazpınar formasyonunun yaşı Turoniyen-Kampaniyen (Kretase)'dir. Üzerinde kalınlığı yer yer 2-5 m arasında değişen toprak gelişimi vardır. Andezitlerde altıgen prizma şeklinde sütun soğuma çatlakları yaygın gelişmiştir. Aglomera masif veya kalın katmanlıdır. Kazpınar formasyonunun içerdiği birimler duraylılık açısından herhangi bir sorun içermez. Ancak, sütun yapısı gözlenen yamaç zonlarında kornişler sunan andezitlerde yer yer devrilme ve/veya blok ve kaya düşmeleri izlenir (Yergök vd. 1987).

#### 4.5.3 Alaplı Formasyonu (Kra)

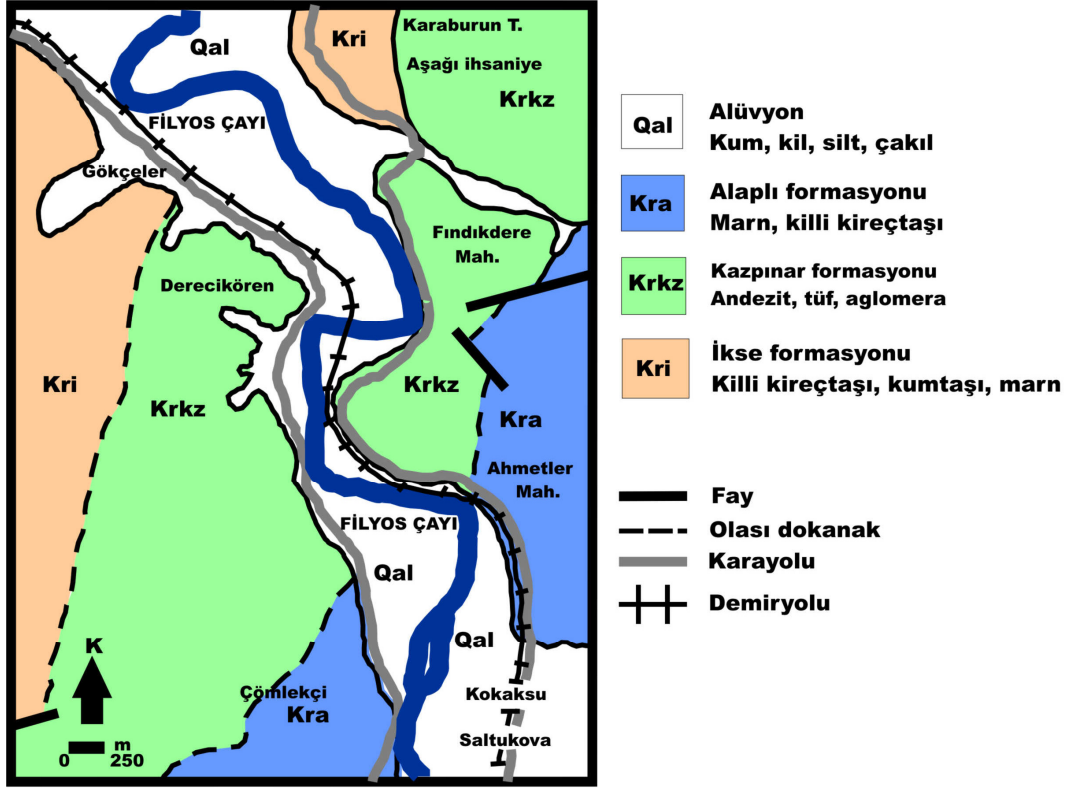
Gri, beyaz, açık sarı, kırmızı ve yeşil renklerde, marn, killi kireçtaşı, kireçtaşı, kumtaşından oluşmuştur. Yeşil renk kil oranının arttığı kesimlerde hâkim renk olmaktadır. Genellikle marn olarak izlenmekle birlikte ara katkı olarak killi kireçtaşı, kiltası, tuf, kumtaşı ve nadir siltaşı ara seviyeleri içermektedir. Marnlı seviyeler ince-orta, killi seviyeler ise orta katmanlıdır. Marnlı seviyeler bazen kolayca ufalanabilmekte, kırılma yüzeyleri pürüzlü olup sarı ve beyaz renklerde görülmektedir. Çalışma alanında Filyos Çayı doğusunda Ahmetler Mahallesi civarında, Filyos Çayı batısında ise Çömlekçi Köyü güneyinde yayılım sunan Alaplı formasyonu açısız uyumsuzlukla Kazpınar formasyonunu üstlemektedir. Katman kalınlığı 80-250 metre arasında değişen birim altta Örencik Kireçtaşı Üyesi (Kraö), üstte ise Çangaza Bazalt Üyesi (Krċa) olmak üzere iki üyeye ayrılmıştır. Maastrichtiyen (Kretase) yaşlı olan formasyon üstte Çaycuma Formasyonu ile geçiş sunar. Alaplı formasyonunun marn ve kiltası seviyeleri çimento hammaddesi olarak da kullanılmaktadır (Yergök vd. 1987).

#### 4.5.4 Alüvyon (Qal)

Akarsu yatakları, ova tabanları ve akarsu düzlüklerinde oldukça geniş alanlar kaplayan Kuvaterner yaşlı alüvyon; pekişmemiş kum, kil, silt ve çakıldan oluşmuştur. Çalışma alanında Zonguldak yöresinin en önemli akarsuyu olan Filyos Çayı boyunca geniş yayılım sunmakta ve bölgenin akarsu kum-çakıl depolarını oluşturmaktadır. (Yergök vd. 1987). Filyos Çayı taşkın ovası yüzeyi 2-5 metre kalınlığında ince kum, silt ve mil dolgusu ile kaplıdır. Tabanında ise örgülü akarsu çökelleri bulunur. Delta alüvyonları ise ince kum, silt ve milden oluşmaktadır. Filyos nehri eski taşkın çökellerinde yapılan deneylerde likit limit: 42-56, plastik limit: 32-51, sıkışma indeksi: 0,337-0,503 aralıklarında, X-Ray analiz sonuçlarına göre kuvars, K-feldispat, smektit, klorit ve illit minerallerinin varlığı saptanmıştır (Duman vd. 1998).

Üst Sistem	Sistem	Formasyon Sembol	Kalınlık ( m )	Litoloji	
SEN.	Kuv.	Alüvyon Qal	0-50		<b>Kum, kil, silt, çakıl</b> <b>Açısal uyumsuzluk</b>
MESOZOYİK	K r e t a s e	Alaplı Kra	80-250		<b>Marn, killi kireçtaşı</b> <b>Açısal uyumsuzluk</b>
		Kazpınar Krkz	100-600		<b>Andezit, tüf, marn, aglomera</b>
		İkse Kri	50-200		<b>Killi kireçtaşı, kumtaşı, marn</b>

Şekil 4.3 Çalışma alanının stratigrafik kesiti (Yergök vd. 1987).



Şekil 4.4 Çalışma alanının genel jeoloji haritası (Yergök vd. 1987).

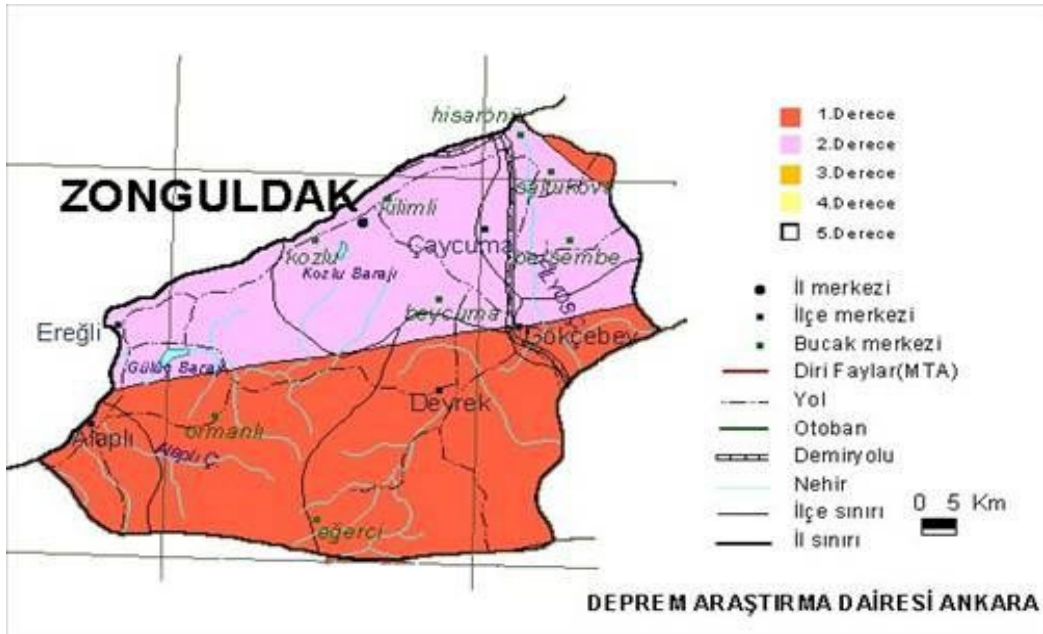
#### 4.6 DEPREMSELLİK

Türkiye'nin çevresinin depremselliği ve tektonik yapısı Afrika, Arabistan, Avrasya ve Anadolu levhalarının birbirlerine göre hareketleri ile açıklanmaktadır. Türkiye'nin bulunduğu bölgede büyük levhalar arasında küçük levhaların olması, Türkiye'nin büyük bir bölümünün deprem kuşağı içinde yer almasına neden olmaktadır. Bu bölgedeki büyük depremlerin çoğu ana levha sınırlarında meydana gelir ve odak mekanizmaları genellikle levha hareketleri ile uyumluluk gösterir. Bununla birlikte, levha sınırlarından uzakta oluşan depremlerin odak mekanizmalarının tektonik hareketlerle ilişkilerinin açıklanmasında güçlüklerle karşılaşılır. Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında bu tür depremler meydana gelmektedir. Anadolu, Alp kıvrım sisteminin ve buna bağlı olarak devam eden KAF (Kuzey Anadolu Fayı), Ege Graben Zonu, DAF (Doğu Anadolu Fayı), Bitlis Bindirmesi gibi aktif tektonik hatlara sahiptir. Kuzey Anadolu Fay Hattı 1 200 km uzunluğunda yay şeklinde uzanma sahip sağ yönlü doğrultu atımlı fay sistemidir. Karlıova'dan başlayarak batıda Yunanistan'ın doğusuna kadar uzanmakta olup Avrasya ve Anadolu levhaları arasındaki sınırı oluşturur. Bu fay zonunun



oluşturduğu sağ yönlü makaslama zonu boyunca Anadolu, batıya kaçış yapar. Bu makaslama zonu, Tetis Denizinin kapanması sonucu oluşan Pontid dağları boyunca uzanmaktadır (Jeotek 2006).

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 2. derece deprem bölgesinde yer alan çalışma alanı ve çevresinde (Şekil 4.5) aletsel dönemde meydana gelen depremler hasarlı depremler; 20 Haziran 1943 Adapazarı-Hendek Depremi ( $M_s=6.4$ ), 1 Şubat 1944 Bolu-Gerede Depremi ( $M_s=7.2$ ), 26 Mayıs 1957 Bolu-Abant Depremi ( $M_s=7.1$ ), 22 Temmuz 1967 Adapazarı Depremi ( $M_s=7.2$ ), 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi ( $M_s=7.8$ ), 12 Kasım 1999 Düzce Depremi ( $M_s=7.2$ )'dir (Özmen 2000).



Şekil 4.5 Çalışma alanının depremselliği (AFAD 2011).

## BÖLÜM 5

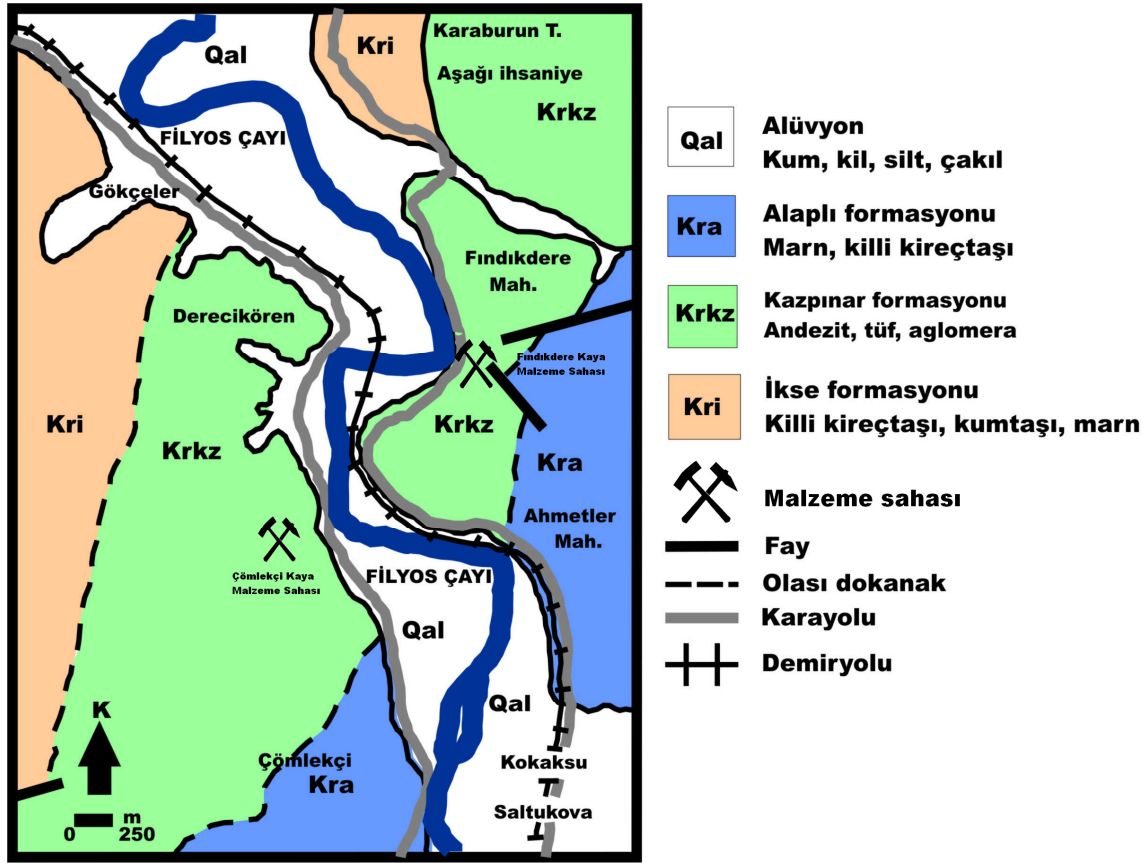
### FİLYOS VADİSİ ANDEZİT KAYA MALZEME OCAKLARI

#### 5.1 KAYA MALZEME SAHASI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Filyos akarsu havzasının Derecikören köyünden Karadenize kadar olan kısmında, Filyos Çayı yatağının sağ ve sol sahilinde yapılacak taşkın koruma seddelerinde kullanılmak üzere, malzeme etüt çalışmaları yapılmıştır. Doğal yapı malzemesi araştırması geçirimsiz, yarı geçirimli ve kaya malzemeleri kapsamaktadır. Yapılacak olan sedde tipi homojen dolgulu kaya malzeme tahkimli olacaktır. Yapılacak sedde tipi ile ilgili özellikler ve taşkın koruma projesi için gerekli doğal yapı malzeme miktarları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Kaya malzeme sahası araştırmalarında Kazpınar formasyonu bünyesindeki andezit kayalar ön plana çıkmaktadır. Tez çalışması kapsamında Filyos Vadisi Çömlekçi ve Fındıkdere malzeme sahalarında incelemeler yapılmıştır (Şekil 5.1).

Çizelge 5.1 Filyos projesi ve ırmağı sedde tipi özellikleri (DSİ 2009).

Sedde tipi	Kaya malzeme destekli homojen dolgu
Sedde kret genişliği	8 m
Menba şevi	1,5/1,0
Mansap şevi	1,0/1,0
Sol sahil sedde uzunluğu	26 845 m
Sağ sahil sedde uzunluğu	27 988 m
Yan dere sedde uzunluğu	8 650 m
Toplam sedde uzunluğu	63 843 m
Homojen dolgu malzemesi ihtiyacı	5 milyon m <sup>3</sup>
Kaya malzemesi ihtiyacı	1,2 milyon m <sup>3</sup>



Şekil 5.1 Filyos Vadisi Çömlekçi ve Fındıkdere malzeme sahaları.

Çömlekçi malzeme sahası Filyos ilçesinin güney doğusunda, Saltukova'nın kuzey batısında bulunan Çömlekçi Köyünün kuzeyindeki 248 rakımlı Çömlekçi Tepenin kuzey doğu yamaçlarındaki andezit alanından oluşmaktadır. Saha kaya türü olarak Kazpınar formasyonu andezitlerinden oluşmaktadır. Andezitler sütunsal dizilim göstermekte olup 1-2 m. arasındaki sütun kalınlıkları arasında süreksizlik düzlemleri mevcuttur (Şekil 5.2). Seyrek ağaçlarla arazinin önceden işletilmesinden dolayı geniş ve yüksek bir üretim aynası oluşmuştur. Alandaki andezit malzemesi sert, sağlam, az çatlaklı, kalsit zeolit, kuvars boşluk dolgulu mikrolitik porfirik dokuda andezit olup alanın topografyasını yer yer az eğimli yamaçlar temsil etmektedir. Filyos Irmağı Taşkın Koruma Projesi Denize Çıkış Ağızı Mansap Seddeleri Jeoteknik ve Malzeme Araştırmaları Raporunda (DSİ 2007), Çömlekçi Kaya Malzemesi Ocağı'ndan 7 milyon m<sup>3</sup> kaya malzemesi alınabileceği belirtilmiştir. Yapılan inceleme ve etüt çalışmaları neticesinde, kaya malzeme sahasından yüksek gerilim hattının geçmesi ve Çömlekçi Köyü'nün içme-kullanma suyu ihtiyacını karşılayan yakın mesafede kaynakların bulunması nedeniyle, işletilebilecek rezervin 2,5 milyon m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiştir (DSİ 2009).

Kaya malzeme sahasına ulaşım Filyos III köprüsünden Filyos istikametinde 1 800 m asfalt yol takip edilerek Çömlekçi Köyü geçildikten sonra da 200 m stabilize yolla Filyos çayının sol sahilinden sağlanmaktadır.

Fındıkdere kaya malzeme sahası Filyos ırmağının sağ sahilinde ve Saltukova Beldesi Fındıkdere mahallesinin güneybatısında yer almaktadır. Kuzeydoğusunda Yanıktepe (167 m.) yer almaktadır. Saha ormanlık alan niteliğinde olup ağaçlarla kaplıdır. Üst kısımlarda yaklaşık 1,5-2 m. örtü kalınlığı tespit edilmiştir. Saha Kazpınar formasyonu içerisinde yer almakta ve kaya türü andezitten oluşmaktadır. Andezitler Çömlekçi sahası ile benzer şekilde sütunsal dizilim göstermekte olup, 1-2 m. kalınlığa sahip sütunlar arasında süreksizlik düzlemleri mevcuttur. Herhangi bir üretim çalışması mevcut olmayan Fındıkdere kaya malzeme sahasının muhtemel rezervi 200 bin m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir. Kaya malzeme sahasına ulaşım, sağ sahilden 800 m asfalt yol ile sağlanmaktadır.

Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaslarının sedde yapısına uzaklıkları, yol koşulları ve rezerv miktarları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahası özellikleri.

Saha adı	Çömlekçi Sahası	Fındıkdere Sahası
Yapıya uzaklık	2 000 m	800 m
Ham yol	-	-
Stabilize yol	200 m	-
Asfalt	1 800 m	800 m
Kaya türü	Andezit	Andezit
Kaya malzemesi rezervi	2,5 milyon m <sup>3</sup>	0,2 milyon m <sup>3</sup>



a. Andezit sütunsal dizilim.



b. Andezit retim aynası.

Şekil 5.2 mleki kaya malzeme sahasına ait görünümler.

Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahalarındaki malzemenin uygunluğunun tespit edilmesi amacıyla sınırlı sayıda örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar deneyleri yoğunluk, su emme, Los Angeles aşınma dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> don kaybı deneylerinden oluşmaktadır. Çömlekçi kaya malzeme sahasının daha önce DLH tarafından işletilmesi nedeniyle deneysel veriler çok sınırlı olup ortalama değerler şeklinde verilmiştir. Fındıkdere kaya malzeme sahasının fiili olarak işletilmemesi nedeniyle az sayıda kaya numunesinden elde edilen deneysel veriler ortalama değerler olarak yer almaktadır. Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahalarından alınan andezit kaya numunelerine ait ortalama deneysel sonuçlar Çizelge 5.3’de verilmiştir. Sınırlı sayıdaki kaya numunelerinden elde edilen deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında Çömlekçi sahası ile Fındıkdere sahasındaki andezit kayalarının benzer özelliklere sahip olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 5.3 Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahalarına ait deneysel veriler.

<b>Deney</b>	<b>Birim</b>	<b>Çömlekçi Sahası</b>	<b>Fındıkdere Sahası</b>
Yoğunluk (özgül kütle)	g/cm <sup>3</sup>	2,74	2,62
Kütlece su emme	%	4,4	4,8
Los Angeles aşınma dayanımı	100 devir (%) 500 devir (%)	9,7 42,4	11,5 44,2
Tek eksenli basınç dayanımı (kuru örnek dayanımı)	MPa	55,4	56,2
Tek eksenli basınç dayanımı (doğgun örnek dayanımı)	MPa	NA	40,0
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı	%	1,4	3,3

## 5.2 UYGUNLUK SINIFLANDIRMASI

Tez çalışması kapsamında Bölüm 3.3’de ayrıntılı olarak açıklanan sistematik analiz ve uygunluk sınıflandırması yöntemi aracılığıyla Filyos vadisi Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları için uygunluk sınıflandırmaları yapılmıştır. KAYA ve KONUM ana ölçütlerinden oluşan sistematik analiz yönteminde, alt ölçütler ve ilgili uygunluk sınıflandırmaları, önem dereceleri ile birlikte, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5’de verilmiştir. Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3’deki verilerden yararlanılarak Batı Karadeniz bölgesi Filyos vadisi

Çömlekçi ve Fındıklıdere kaya malzeme sahaları için yapılan uygunluk değerlendirmeleri Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.4 KAYA ana ölçütü ve alt ölçütler ile ilgili uygunluk sınıflandırması.

Alt Ölçüt	Önem Derecesi	Çok Uygun	Uygun	Az Uygun	Uygun Değil
Tek eksenli basınç dayanımı (kuru)	Çok önemli	>100 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	<25 MPa
Tek eksenli basınç dayanımı (doğgun/kuru)	Önemli	>0,90	0,75-0,90	0,50-0,75	<0,50
Los Angeles aşınma kaybı (500 devir)	Çok önemli	<%20	%20-40	%40-50	>%50
Yoğunluk-özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Önemli	>2,65	2,3-2,6	2-2,3	<2
Su emme (kütlece)	Çok önemli	<%0,5	%0,5-1,8	%1,8-6	>%6
Sodyum sülfat don kaybı	Önemli	<%5	%5-10	%10-20	<%20
Kaya kütle yapısı	Çok önemli	Homojen	İri bloklu	Parçalanmış	Tabakalı, kırıklı,
Kaya türü	Önemli	Granit, bazalt, kuvarsit vb.	Andezit, kumtaşı, kireçtaşı vb.	Killi kireçtaşı, killi kumtaşı, tuf, gnays vb.	Kiltaşı, silttaşı, şeyl vb.

Çizelge 5.5 KONUM ana ölçütü ve alt ölçütler ile ilgili uygunluk sınıflandırması.

Ölçüt	Önem Derecesi	Çok Uygun	Uygun	Az Uygun	Uygun Değil
Yapı-kaya malzemesi sahası mesafesi	Çok önemli	<1 km	1-7 km	7-25 km	>25 km
Mevcut yol koşulu	Önemli	Asfalt yol	Stabilize yol	Ham yol	Yol yok
Patlatma etki mesafesi	Çok önemli	<1000 m	300-1000 m	150-300 m	<150 m
Rezerv/ihtiyaç duyulan malzeme miktarı	Az önemli	>3	1,5-3	1-1,5	<1*
Arazi mülkiyeti	Çok önemli	Hazine arazisi	Ormanlık alan	Tarım alanı	Koruma alanı, su havzası

\* rezerv oranı tek başına kaya malzeme sahası olarak kullanımı için uygun değil

Çizelge 5.6 Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları için uygunluk değerlendirmeleri.

Ölçüt	Çömlekçi Sahası	Fındıkdere Sahası
Yoğunluk (özgül kütle)	Çok uygun	Uygun
Su emme (kütlece)	Az uygun	Az uygun
Los Angeles aşınma dayanımı	Az uygun (500 devir)	Az uygun (500 devir)
Tek eksenli basınç dayanımı	Uygun	Uygun
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> don kaybı	Çok uygun	Çok uygun
Kaya kütleli yapısı	Çok uygun	Çok uygun
Kaya türü	Uygun	Uygun
Yapı-kaya malzemesi sahası mesafesi	Uygun	Çok uygun
Mevcut yol koşulu	Uygun	Çok uygun
Patlatma etki mesafesi	Uygun	Az uygun
Rezerv/ihtiyaç duyulan malzeme miktarı	Çok uygun	Uygun değil
Arazi mülkiyeti	Uygun	Uygun

Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları için yapılan uygunluk değerlendirmelerinde, alt ölçütlerde genelde sınıflandırmalar çok uygun-uygun-az uygun olacak şekilde gerçekleşmiştir. “Az uygun” sınıfı kaya malzeme sahası için bir sınırlayıcı ölçütü temsil etmektedir. Bu ifade genel anlamda uygulamayı engellememesine karşın sistem içerisinde bir zayıflığı ifade etmektedir. Bu durumlar andezit doğal kaya malzemesinin su emme ve aşınma özelliklerinde tespit edilmiştir. Filyos Vadisinde yapılması planlanan su yapılarına 7 km’den daha yakın bir mesafede, farklı kaya türünde, ilave kaya malzeme sahaları olmaması nedeniyle, kaya malzemesinin bu özelliklerine rağmen kullanımı ön görülmektedir. “Uygun değil” değerlendirmesi sadece Fındıkdere kaya malzeme sahasında “rezerv/ihtiyaç duyulan malzeme miktarı” için oluşmuştur. “Uygun değil” sınıfı genelde bir nevi eleyici ölçüt özelliği taşımakta olup, belirtilen koşulların mevcut olması durumunda, uygulamanın gerçekleşmesinin mümkün olmadığını ifade etmek için kullanılmaktadır. Fındıkdere sahasında, Filyos Vadisinde planlanan su yapıları için ihtiyaç duyulan toplam kaya



malzemesinin tek başına karşılanması mümkün değildir. Bu sahadan üretilen kaya malzemesi ancak ilave ihtiyaçlar için yeterli olmaktadır.

Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları genel olarak değerlendirildiğinde hiçbir sahanın “çok uygun” özelliklere sahip olmadığı görülmektedir. Buna karşın sahalarda yerel kaya malzeme ihtiyacının karşılanması için uygun olarak değerlendirilmektedir. Andezit kaya malzemesinin sahip olduğu “az uygun” aşınma ve su emme özellikleri ise kaya kalitesini azaltan başlıca unsurlardır. Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları karşılaştırıldığında, Çömlekçi sahasının daha uygun olduğu değerlendirilmiştir. Sahalarda andezit kaya malzeme özellikleri benzer olmasına karşın, Fındıkdere sahasında rezerv miktarının sınırlı oluşu, en önemli olumsuzluğu oluşturmaktadır. Unutulmaması gereken önemli bir husus ise, kaya malzeme özelliklerinin, ancak sınırlı sayıda numuneler aracılığıyla tespit edilmesidir. Bu açıdan, kaya malzemesi sahasında, pratik arazi deneyleri ve dikkatli gözlemler aracılığıyla kaya malzeme kalitesi teyit edilmelidir. Geliştirilen sistematik analiz yöntemi ve uygunluk sınıflandırmaları özellikle kaya malzeme sahasında görev yapan ocak ve kontrol mühendislerine yöneliktir. Sahaların ön inceleme aşaması için kaya malzemeleri ile ilgili, kaya ve konum özelliklerini göz önünde bulunduran, pratik bir uygunluk değerlendirme aracı sunulmuştur.

### **5.3 TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI DENEYSSEL ÇALIŞMALAR**

Kaya malzemesinin mekanik davranışının ve özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneylerde kullanılan sağlam, çatlaksız kaya parçalarına kaya malzemesi örneği denir. Dairesel dik silindirik ISRM'e göre temel mekanik özelliklerle ilgili deneylerde kullanılması gereken standart geometridir. Mevcut karotların kesilmesi ve düzeltilmesiyle veya arazi örneklerinden laboratuvar ortamında karot alınmasıyla elde edilir. Tek eksenli basınç dayanımı deneyleri için hazırlanan standart kaya malzemesi örneklerinde yükseklik/çap oranının (H/D), ISRM'e göre 2,5-3,0, ASTM'ye göre 2,0-2,5 arasında olması istenmektedir (ISRM 1978, ASTM 1986, ISRM 2007). ISRM standartlarına göre üzerinde deney yapılması düşünülen kaya malzemesi için benimsenen örnek tipi ve boyutları; silindirik NX-54 mm çapında veya daha büyük olmalıdır.

Doğal yapı taşlarının (mermer vb.), tek eksenli basınç dayanımlarının belirlenmesi için uygulanan deney standardı, TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuvar Deney

Yöntemleri standardında atıf yapılan, TS EN 1926 Doğal Taşlar-Deney Metotları-Basınç Dayanımı Tayini standardıdır. Deneyle ilgili olarak, DSİ tarafından hazırlanmış ve Mart 2010'da yürürlüğe girmiş "TS EN 1926 Doğal Yapı Taşları Deney Yöntemleri-Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini Deneyi Talimatı" da bulunmaktadır. Deney numunesi, kenarları 70 mm veya 50 mm olan bir küp ya da boyutları 70 mm veya 50 mm çapı boyuna eşit dik bir silindir olarak hazırlanır ve en az 10 numune üzerinde deney yapılır.

Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı, bir kaya örneğinin tek bir doğrultuda karşı koyabileceği en büyük basınç gerilmesidir. Tek eksenli basınç dayanımı en önemli dayanım özellikleri arasında olup aynı zamanda da en çok kullanılan mekanik büyüklüktür. Kaya malzemesi örneklerinin tek eksenli basınç (sıkışma) dayanımı aşağıdaki ifadeden belirlenir.

$$\sigma_{ci} = \frac{F}{A} \quad (5.1)$$

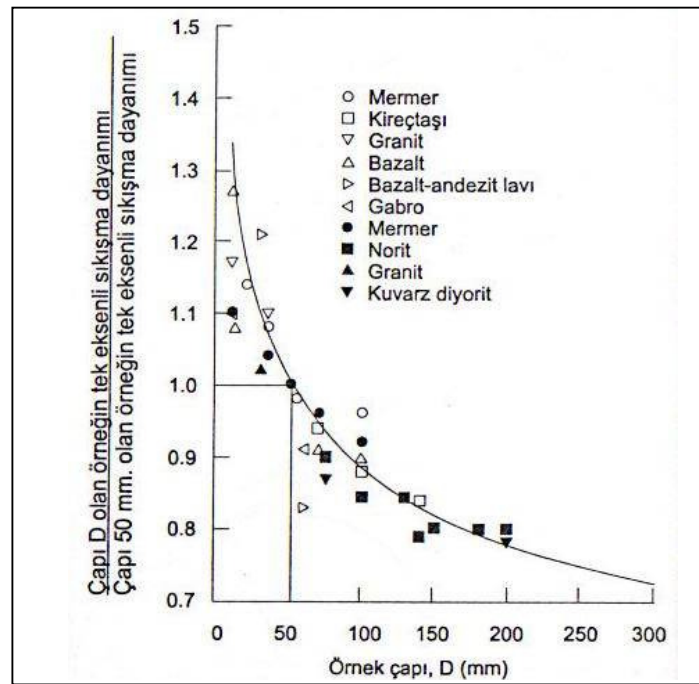
Burada;

- $\sigma_{ci}$  : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa),  
F : Yenilme anında deney örneğine uygulanan kuvvet (kN),  
A : Yüklemenin yapıldığı örnek yüzeyinin alanıdır (mm<sup>2</sup>).

Aynı mineralojik bileşimli kayalar için tek eksenli basınç dayanımı değeri; artan gözeneklilik, artan ayrışma derecesi ve artan mikro-çatlaklılık derecesi ile azalmaktadır. Tek eksenli basınç dayanımı aynı zamanda genelde artan su içeriğiyle birlikte de azalmaktadır. Bir kaya malzemesi örneğinin tek eksenli basınç dayanımı; tane büyüklüğü, örnek yoğunluğu, taneler arasındaki çimentolanma derecesi ve kayanın geçmişi boyunca maruz kaldığı basınç ve sıcaklık değerine bağlı olarak değişmektedir. Bununla birlikte, bir kaya tipinin jeolojik ismi mekanik davranışının bazı nitel göstergelerini verebilmektedir (Ünlü ve Yılmaz 2008).

Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımında ölçek etkisi (boyut etkisi, şekil etkisi) göz önünde bulundurulmalıdır. Boyut etkisi uzunluk/çap oranı sabit tutulduğunda, karot örneğinin mutlak boyutunun (örneğin çap) etkisi olarak tanımlanır. Şekil etkisi ise silindirik bir örneğin (karot) yükseklik boy/çap oranı değişiminin kaya dayanım özellikleri üzerindeki etkisini tanımlar (Ünlü ve Yılmaz 2008).

Kaya malzemesi numunelerinde örneğin çapı büyüdükçe, diğer bir ifade ile örnek hacmi arttıkça, kayaç malzemesinin içerebileceği mikro çatlak sayısı da artabilmektedir. Bu durum kayaç malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı üzerinde etkisi olmaktadır ve genelde dayanım azalmaktadır (Ulusay ve Sönmez 2007). Hoek ve Brown (1980), kaya malzemelerinin tek eksenli basınç dayanımı üzerindeki ölçek etkisini görgül bir ilişkiyle dikkate almaya çalışmışlardır. Araştırmacılar, önerdikleri ilişkide çapı 50 mm ve boy/çap oranı 2 olan örnekleri referans olarak almışlar ve gerçekleştirdikleri deneyler sonucunda hesapladıkları tek eksenli basınç dayanımı değerlerine referans olarak seçtikleri çap (50 mm) için düzeltme uygulamışlardır (Şekil 5.3). Bu düzeltme Eşitlik 5.2 ile ifade edilir.



Şekil 5.3 Örnek boyutunun kayaç malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı üzerindeki etkisi (Hoek and Brown 1980, Ulusay ve Sönmez'den 2007).

$$\sigma_{ci} = \frac{\sigma_{cd}}{\left(\frac{50}{D}\right)^{0,18}} \quad (5.2)$$

Burada;

$\sigma_{ci}$  : Çapı 50 mm olan kaya malzemesi örneğinin tek eksenli basınç dayanımı (MPa),

D : Laboratuvarda deneye tabi tutulan örneğin çapı (mm),

$\sigma_{cd}$  : D çapındaki örneğin tek eksenli basınç dayanımıdır (MPa).

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği (ISRM), kaya malzemelerinin jeomekanik karakterizasyonuna yönelik deney yöntemleri önermiştir (ISRM 1978). Böylece, araştırmacıların aynı yöntemleri izlemesini sağlayarak, farklı çalışmalardan elde edilen sonuçlar arasında karşılaştırma yapabilme yönünde önemli bir adım atmıştır.

Tez çalışması kapsamında incelenen andezit kaya örneklerin karot çapları ISRM tarafından önerilen NX-54 mm çap ile uyumlu olması kararlaştırılmıştır. 54 mm örnek çapı aynı zamanda TS EN 1926 Doğal Yapı Taşları Deney Yöntemleri-Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini Deneyi talimatında yer alan 50 mm çapı boyuna eşit dik bir silindir olarak hazırlanması istenen numuneler ile uyumludur ve 4 mm boyut farkının dayanım üzerindeki etkisi ihmal edilecek düzeyde (<%1,4) kalmaktadır.

Kaya malzemesi örneklerinde yükseklik/çap oranının (H/D), ISRM'e göre 2,5-3,0, ASTM'ye göre 2,0-2,5 arasında olması istenmektedir. TS EN 1926 Doğal Yapı Taşları Deney Yöntemleri-Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini Deneyi talimatında ise çapı boyuna eşit (H/D=1) dik silindir kaya numunelerin hazırlanması istenmektedir. Konu üzerinde yapılan çalışmalar, silindirik kaya örneğinden elde edilecek dayanım değerinin yükseklik/çap oranına (H/D) bağlı olarak değişim gösterdiği yönündedir.

ASTM tek eksenli basınç dayanımında şekil düzeltmesi için aşağıdaki eşitliği tavsiye etmiştir (ASTM 1986).

$$C = \frac{C_a}{\left[ 0,88 + 0,24x\left(\frac{D}{H}\right) \right]} \quad (5.3)$$

Burada;

C : Uzunluk/çap oranı 2/1 olan örneğin hesaplanan basınç dayanımı (MPa),

$C_a$  : Test edilen örneğin ölçülen basınç dayanımı (MPa),

D : Örneğin çapı (mm),

h : Örneğin uzunluğudur (mm).

Obert ve Duvall (1967), yükseklik/çap oranı 2,0'dan küçük ve 1/3'den büyük olan silindirik örnekler üzerinde yaptıkları çalışmalarda aşağıdaki dönüşüm eşitliğini önermişlerdir.

$$C_o = \frac{C_p}{\left(0,778 + 0,222x \frac{D}{H}\right)} \quad (5.4)$$

Burada;

$C_o$  : Yükseklik/çap oranının 1,0'a eşit olduğu örneklerin tek eksenli basınç dayanımı (MPa),

$C_p$  : Yükseklik/çap oranı birden farklı değerlere sahip kaya örneklerinin tek eksenli basınç dayanımıdır (MPa).

$D$  : Örneğin çapı (mm),

$H$  : Örneğin uzunluğudur (mm).

Kahraman ve Alber (2006) ise aşağıdaki eşitliği önermişlerdir.

$$TEBD_{(H/D=2)} = \frac{8 TEBD}{\left(7 + 2x \frac{D}{H}\right)} \quad (5.5)$$

Burada;

$TEBD_{(H/D=2)}$  : Uzunluk/çap oranı 2/1 olan silindirik örneğin hesaplanan tek eksenli basınç dayanımı (MPa),

$TEBD$  :  $H/D < 2$  için test edilen örneğin ölçülen tek eksenli basınç dayanımı (MPa),

$D$  : Örneğin çapı (mm),

$H$  : Örneğin uzunluğudur (mm).

Ünlü ve Yılmaz (2008) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, diyabaz, granit, kireçtaşı, çimento ve alçı üzerine yapılan deneylerin sonuçlarına göre, homojen ve mikro tane yapısına sahip malzemelerden oluşan örneklerin tek eksenli basınç dayanımları ile boy/çap oranları arasında gözle görülür bir farklılık görülmediği ifade edilmektedir. Ancak, yapılan deneysel çalışmalar ve sayısal modelleme çalışmaları, boy/çap oranlarındaki değişimlerin örneklerin yenilme şekli üzerinde önemli etkisi olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, kaya malzemelerinin

tek eksenli basınç dayanımlarının belirlenmesi için mümkün merteye tek bir boy/çap oranının seçilmesi önerilmiştir. Önerilen boy/çap oranının  $H/D=2\pm\%10$  olması tavsiye edilmiştir. Tek bir boy/çap oranında çalışmanın, yükleme sırasında malzemede oluşacak gerilme dağılımındaki farklılıkları da ortadan kaldıracak ifade edilmiştir (Ünlü ve Yılmaz 2008).

Mogi (1966, 2007), John (1972), Hawkins (1998) göre ise, yükseklik/çap (H/D) oranının tek eksenli basınç dayanımı üzerinde önemli etkisi olduğunu ve bu oranın 2,0'a eşit veya daha büyük olması durumunda ise etkinin ihmal edilebilecek seviyeye geldiğini ifade etmişlerdir.

Tuncay ve Hasancebi (2009) gri ve pembe kuru silindirik andezit kaya örnekleri üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Tüm silindirik numunelerde örnek çapı 47 mm seçilmiştir. Deneysel sonuçlar Çizelge 5.7'de verilmiştir. Kuru kaya örnekleri üzerinde yapılan deneylerde, gri andezit için  $TEBD (H/D=1)/TEBD (H/D=2)$  oranının 1,27, pembe andezit için 1,07 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir. H/D oranının artması basınç dayanımı değerlerinin bir miktar azalmasına neden olmaktadır. Gri andezit için tek eksenli basınç dayanımı azalması %21, pembe andezit için %7 civarında gerçekleşmiştir (H/D=1, H/D=2).

Çizelge 5.7 Farklı yükseklik/çap oranlarının andezit kaya malzemesi örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları üzerindeki etkisi (Tuncay and Hasancebi 2009).

H/D	Gri Andezit		Pembe Andezit	
	TEBD (MPa)	Standart Sapma	TEBD (MPa)	Standart Sapma
1,0	129,4	8,0	74,9	6,0
1,5	114,5	13,5	73,4	3,0
2,0	102,1	6,5	70,0	4,2
2,5	87,9	6,4	69,5	2,8

Tez çalışması kapsamında Çömlekçi kaya malzeme sahasından temin edilen bozunma etkisinde kalmamış kaya bloklarından silindirik karot örnekleri alınmıştır. Yükseklik/çap oranının etkisini incelemek için sınırlı sayıda örnek üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.8). Tüm deneylerde yükleme hızı 0,5 MPa/s olarak

uygulanmıştır. Silindirik kaya örnekleri 54 mm çapa sahip olacak şekilde hazırlanmıştır. Şekil etkisini incelemek üzere Çömlekçi andezit kaya malzemesine ait sınırlı sayıda elde edilen deney sonuçları Çizelge 5.8’de verilmiştir. Kaya örnekleri üzerinde herhangi bir kurutma veya suya doygun hale getirme işlemi uygulanmadığından örneklere arazi veya doğal olarak sınıflandırılmıştır. Az sayıda deney verisi elde edilmesine karşın şekil etkisinin TEBD üzerindeki etkisinin göz önüne alınması gerektiği tespit edilmiştir.

Çizelge 5.8 Farklı H/D oranlarında Çömlekçi andezit kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

Kaya Türü	Örnek Sayısı	Şekil Etkisi	Uygulama Koşulu	Ort. TEBD (MPa)
Andezit	2	H/D $\approx$ 1,0	Arazi (doğal)	57,9 MPa
Andezit	2	H/D $\approx$ 2,5	Arazi (doğal)	47,2 MPa



Şekil 5.4 Farklı yükseklik/çap oranlarına sahip andezit örneklerine ait görünüm.

Deney numunelerinin farklı koşullar altındaki dayanım özelliklerinin incelenebilmesi için kaya örnekleri, arazi, kuru ve doygun şeklinde sınıflandırılmıştır. Arazi örnekleri herhangi bir işlem görmeyen (kurutma vb.) kaya örneklerini teşkil etmektedir. Doyun örnekler için kaya örnekleri 48 saat boyunca su dolu bir kaptaki bekletilmiştir (Şekil 5.5). Kuru örnekler için kaya örnekleri etüvde 105°C’de 24 saat boyunca kurutma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 5.6). Kurutma işleminden sonra ve deney öncesinde kaya numuneleri ortamın nem etkisinden korumak için desikatörde bekletilmiştir (Şekil 5.7). Ayrıca kaya örneklerinin su emme

yüzdelerini tespit etmek için hem kuru hem de doymun örnek ağırlıkları ölçülmüştür. Doymun örnekler sudan çıkarıldıktan sonra bir havlu kağıt ile sarılıp kısa süre içerisinde deney tabi tutulmuştur.



Şekil 5.5 Suya doymun durum için kaya örneklerinin 48 saat süresince suda bekletilmesi.



Şekil 5.6 Kuru durum için etüvde 105°C'de 24 saat süresince kaya örneklerinin kurutulması.





Şekil 5.7 Fırında kurutulan kaya örneklerinin nemden korunması için desikatör kullanımı.

Tek eksenli basınç dayanımı üzerimde su etkisinin incelenmesi için Çömlekçi kaya malzeme sahası andezit örnekleri farklı koşullarda (kuru, doygun) deneylere tabi tutulmuştur. Tüm deneylerde yükleme hızı 0,5 MPa/s olarak uygulanmıştır. Silindirik kaya örnekleri 54 mm çapa sahip olacak şekilde hazırlanmıştır. Kaya numunelerine ait ortalama deney sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir. Az sayıda deney örneği kullanılmasına karşın fırında kurutulmuş örneklerde tek eksenli basınç dayanımının belirgin bir şekilde farklı olduğu tespit edilmiştir. Kuru örneğe kıyasla doygun örneğin TEBD dayanım azalması %35,9 oranında gerçekleşmiştir. Tez çalışması kapsamında sınırlı sayıda deney yapılabilmesi nedeniyle DSİ tarafından Fındıkdere andezit kaya malzeme sahası kuru ve suya doygun tek eksenli basınç dayanım deney sonuçları da incelenmiştir. Kuru andezit örneklerine ait TEBD sonuçları Çizelge 5.10’da, suya doygun örneklere ait TEBD değerleri ise Çizelge 5.11’de verilmiştir. Kuru ve suya doygun örneklerin TEBD karşılaştırmaları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.9 Farklı koşullarda Çömlekçi andezit kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

<b>Kaya Türü</b>	<b>Örnek Sayısı</b>	<b>Şekil Etkisi</b>	<b>Uygulama Koşulu</b>	<b>Ort. TEBD (MPa)</b>
Andezit	2	H/D $\approx$ 2	Suya doygun	53,9 MPa
Andezit	2	H/D $\approx$ 2	Fırın kuru	84,1 MPa

Çizelge 5.10 Fındıklidere andezit kuru kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

<b>Kaya Türü</b>	<b>Kaya Kodu</b>	<b>Örnek Sayısı</b>	<b>Şekil Etkisi</b>	<b>Uygulama Koşulu</b>	<b>Ort. TEBD (MPa)</b>	<b>Standart Sapma</b>
Andezit	K-4	5	H/D ≈ 2	Kuru	59,9	2,9
Andezit	K-5	5	H/D ≈ 2	Kuru	47,4	3,3
Andezit	K-6	5	H/D ≈ 2	Kuru	61,3	9,3
<b>Andezit</b>	<b>TÜMÜ</b>	<b>15</b>	<b>H/D ≈ 2</b>	<b>Kuru</b>	<b>56,2</b>	<b>8,5</b>

Çizelge 5.11 Fındıklidere andezit doymun kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

<b>Kaya Türü</b>	<b>Kaya kodu</b>	<b>Örnek Sayısı</b>	<b>Şekil Etkisi</b>	<b>Uygulama Koşulu</b>	<b>Ort. TEBD (MPa)</b>	<b>Standart Sapma</b>
Andezit	K-4	5	H/D ≈ 2	Doymun	41,1	2,0
Andezit	K-5	5	H/D ≈ 2	Doymun	33,2	5,0
Andezit	K-6	5	H/D ≈ 2	Doymun	45,6	9,4
<b>Andezit</b>	<b>TÜMÜ</b>	<b>15</b>	<b>H/D ≈ 2</b>	<b>Doymun</b>	<b>40,0</b>	<b>7,9</b>

Çizelge 5.12 Fındıklidere andezit kaya kuru ve suya doymun örneklerin tek eksenli basınç dayanımı karşılaştırmaları.

<b>Kaya Türü</b>	<b>Kaya Kodu</b>	<b>Ort. TEBD Kuru (MPa)</b>	<b>Ort. TEBD Doymun (MPa)</b>	<b>TEBD Doymun/TEBD Kuru</b>	<b>Dayanım Azalması</b>
Andezit	K-4	59,9	41,1	0,69	%31
Andezit	K-5	47,4	33,2	0,70	%30
Andezit	K-6	61,3	45,6	0,74	%26
<b>Andezit</b>	<b>TÜMÜ</b>	<b>56,2</b>	<b>40,0</b>	<b>0,71</b>	<b>%29</b>

Deney verilerinden anlaşılabilirdiği üzere dış koşulların (su, kuruma) andezit kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı değerleri üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Özellikle su yapılarında (sedde, baraj, riprap vb.) mevsimsel ve yağış koşullarına bağlı daha belirgin olacaktır. Bu nedenle sistematik analiz yönteminde kaya malzemesinin uygunluğunun

değerlendirilmesinde kaya örneklerinin doymun basınç dayanımının, kuru durumdaki basınç dayanımına oranını ifade eden bir alt ölçüt geliştirilmiştir.

Farklı başlangıç koşullarında yapılan kaya örnekleri kurutma işleminin tek eksenli basınç dayanımı üzerindeki etkisini incelemek için hem arazi hem de suyu doymun koşuldan etüvde 105°C’de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları Çizelge 5.13’de verilmiştir. Deney sonuçlarından kaya örneğinin başlangıç koşulunun da basınç dayanımı üzerindeki etkisinin olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle su yapılarında ıslanma-kuruma süreçlerinin kaya malzemesi özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 5.13 Farklı koşullarda Çömlekçi andezit kaya örneklerine ait ortalama tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

<b>Kaya Türü</b>	<b>Örnek Sayısı</b>	<b>Şekil Etkisi</b>	<b>Uygulama Koşulu</b>	<b>Ort. TEBD (MPa)</b>	<b>Standart Sapma</b>
Andezit	5	H/D $\approx$ 2	Arazi → Fırın kuru	84,8	7,2
Andezit	4	H/D $\approx$ 2	Doymun → Fırın kuru	76,5	6,9

Doğal yapı taşlarının veya su yapılarında kullanılan kaya malzemelerin, tek eksenli basınç dayanımları daha basit bir yöntem olan nokta yükü dayanım indeksi kullanılarak da tahmin edilebilmektedir. Nokta yükü dayanım indeksi, kaya mekaniği uygulamalarında geniş bir kullanım alanına sahip olup, hızlı ve ekonomik yolla kayaların basınç dayanımlarının tahmin edilmesini sağlamaktadır. Yaygın olarak nokta yükleme deneyi, çap doğrultusunda deney (karot eksenine dik yönde yükleme) ve eksenel deney (karot eksenine paralel yönde yükleme), olmak üzere üç farklı şekilde uygulanmaktadır (Şekil 5.8). Deney için silindirik karot numuneleri kullanılmaktadır. Tez çalışmasında silindirik andezit kaya örnekleri kullanılmış olup, hem eksenel hem de çapsal deneylerde, boy/çap oranı 1 alınmıştır.



a. Eksenel deney.



b. Çapsal deney.

Şekil 5.8 Nokta yükü dayanım indeksi deneyine ait görünümüler.

Nokta yükü dayanımından elde edilen değerler, ortalama  $I_s$  ve  $I_s(50)$  şeklindedir (ISRM 1985, 2007). Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi ( $I_s$ ) aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$I_s = \frac{P}{D_c^2} \quad (5.6)$$

Burada;

$I_s$  : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi (kPa),

$P$  : Kırılma yükü (kN),

$D_c$  : Eşdeğer karot çapıdır (mm).

Çap doğrultusunda deneyde eşdeğer çap aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$D_c^2 = D^2 \quad (5.7)$$

Burada;

$D_c$  : Eşdeğer karot çapı (mm),

$D$  : Karot numunesinin çapıdır (mm).

Eksenel deney, blok ve düzensiz numunelerde deneyde ise aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$D_e^2 = \frac{4a_0}{\pi} \quad (5.8)$$

Burada;

$D_e$  : Eşdeğer karot çapı (mm)

$a_0$  : Konik başlıkların temas noktalarından geçen numunenin en küçük kesit alanıdır (mm<sup>2</sup>).

$I_s$  değerinin standart bir karot çapına (50 mm) göre düzeltilmesi gerekir. Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi  $I_{s(50)}$  aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$I_{s(50)} = f \times I_s \quad (5.9)$$

Burada;

$I_{s(50)}$  : Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi (kPa),

$I_s$  : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi (kPa),

$f$  : Boyut düzeltme faktörüdür.

Boyut düzeltme faktörü, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$f = \left( \frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad (5.10)$$

Burada;

$D_e$  : Eşdeğer karot çapıdır (mm).

Nokta yükü dayanımı indeksi verileri aracılığıyla tek eksenli basınç dayanımının tahmin edilmesi çeşitli araştırmacılar tarafından farklı eşitlikler önermiştir. Tez çalışması kapsamında yaygın kullanılmakta olan ve Broch ve Franklin (1972), Bieniawski (1975, 1989) tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır.

(Broch and Franklin 1972, DSİ 2010b)

$$\text{Tek Eksenli Basınç Dayanımı} = 22 \times \text{Nokta Yüğü Dayanımı İndeksi (I}_{s(50)}) \quad (5.11)$$

(Bieniawski 1975, 1989)

$$\text{Tek Eksenli Basınç Dayanımı} = 25 \times \text{Nokta Yüğü Dayanımı İndeksi (I}_{s(50)}) \quad (5.12)$$

Çömlekçi andezit kaya malzemesi için yapılan nokta yüğü dayanım indeksi deney sonuçları Şekil 5.14'de verilmiştir. Su etkisinin incelenmesi için kuru ve suya doygun örnekler ayrı olarak deneye tabi tutulmuştur. Silindirik kaya örnekleri çapı boyuna eşit ( $H/D=1$ ) ve çapı 54 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Nokta yüğü dayanım değerlerinden ve tahmin edilen basınç dayanımı değerlerinden kaya malzemesi koşulunun (kuru, suya doygun) basınç dayanımı üzerinde önemli etkinin olduğu görülmektedir. Elde edilen veriler tek eksenli basınç dayanımı deney verileri ile örtüşmektedir. Bu durum, tez çalışması kapsamında geliştirilen sistematik analiz yönteminde, kaya malzemesinin uygunluğunun değerlendirilmesinde, kaya örneklerinin doygun dayanımının, kuru durumdaki dayanımına oranını ifade eden bir alt ölçütün gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu oran aynı zamanda suda dağılma dayanımı deneyinin yapılamadığı durumlarda, kaya malzemeleri için dolaylı bir suya dayanım indeksi olarak kullanılmasını sağlayabilmektedir.

Çizelge 5.14 Çömlekçi andezit kaya malzemesi için yapılan nokta yüğü dayanım indeksi deney sonuçları.

Kaya Türü	Örnek Sayısı	Şekil Etkisi	Uygulama Koşulu	Ort. $I_{s(50)}$ (MPa)	TEBD tahmini (MPa)*	TEBD tahmini (MPa)**
Andezit	10	$H/D \approx 1$	Suya doygun	$2,85 \pm 0,60$	62,7	71,3
Andezit	10	$H/D \approx 1$	Kuru	$3,63 \pm 0,56$	79,9	90,8

\* TEBD (MPa) =  $22 \times I_{s(50)}$  (Broch ve Franklin 1972, DSİ 2010b)

\*\* TEBD (MPa) =  $25 \times I_{s(50)}$  (Bieniawski 1975, 1989)

Andezit kaya malzemesi örnekleri üzerinde gerçekleştirilen tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yüğü dayanım indeks deneylerine ait veriler değerlendirildiğinde, kaya örneğinin kuru dayanımı ve suya doygun dayanım arasında önemli fark olduğu tespit edilmiştir. Bu açıdan DSİ tarafından uygulanan 50 MPa sınır değerinin hangi koşullar altındaki kaya örnekleri için talep edildiği açıkça ifade edilmelidir. Tez çalışması kapsamında geliştirilen sistematik analiz kaya ana ölçütü altında yer kaya malzemesi tek eksenli basınç dayanımı değer aralıklarının

kuru arazi örneklerine uygulanması önerilmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinin olanaklı olmaması durumlarında ise nokta yükü dayanım indeksi aracılığıyla tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin tahmin edilmesi önerilmektedir.

Deney verilerinden anlaşılabilirdiği üzere dış koşulların (su, kuruma) andezit kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı değerleri üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır. Özellikle su yapılarında (sedde, baraj, riprap vb.) mevsimsel ve yağış koşullarına bağlı daha belirgin olacaktır. Bu nedenle sistematik analiz yönteminde kaya malzemesinin uygunluğunun değerlendirilmesinde kaya örneklerinin doymuş basınç dayanımının, kuru durumdaki basınç dayanımına oranını ifade eden bir alt ölçüt ve değer aralıkları önerilmiştir.

Deney sonuçlarından andezit gibi sudan etkilenen kaya malzemelerinin su yapılarında kullanımın ön görülmesi durumunda, ıslanma-kuruma süreçlerinin kaya malzemesi özellikleri üzerindeki etkisinin ayrıntılı olarak ve yeterli sayıda örnek üzerinde araştırılması gereğini ortaya koymaktadır.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında su yapıları için kaya malzemesi uygunluk ölçütleri geliştirilmiştir. Çalışmada, kaya malzemesinin uygunluğunun değerlendirilmesi geliştirilen bir sistematik analiz yöntemi ile yapılmıştır. Geliştirilen yöntem Zonguldak-Filyos Vadisinde kaya malzeme saha araştırmaları kapsamında tespit edilen iki adet andezit kaya sahası üzerinde uygulanmıştır. Tez çalışması ile ilgili elde edilen genel sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Su ve benzer yapılar için işletilecek kaya malzeme ocaklarında, kaya malzemelerinin uygunluğunun tespiti için şartnamelerde talep edilen deneyler başlıca, yoğunluk, su emme, aşınma kaybı (Los Angeles), basınç dayanımı, don kaybı ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), deneylerinden oluşmaktadır.

- Kaya malzeme sahalarının uygunluğunun değerlendirilmesinde kaya malzemesi ve sahanın konumu ile ilgili özellikler ön plana çıkmaktadır. Geliştirilen sistematik analiz yönteminde kaya ve konum ana ölçütleri kullanılmıştır.

- Geliştirilen sistematik analiz yönteminde kullanılan ölçütlerin belirlenmesi ve geliştirilmesinde teknik şartnamelerde istenilen değerler ve uygulamadaki bilgilerden yararlanılmıştır.

- Kaya malzemesi özellikleri ile ilgili ana ölçüt, tek eksenli basınç dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı doygun numune değerlerinin kuru numune değerlerine oranı, Los Angeles aşınma dayanımı, yoğunluk, su emme, don kaybı, kaya kütlesi yapısı ve kaya türü alt ölçütlerinden oluşmaktadır. Kaya malzeme sahasının konumu ile ilgili ana ölçüt ise, yapı-kaya malzeme sahası mesafesi, kaya malzeme sahasında patlatma etki mesafesi, yapı-kaya malzeme sahası mevcut yol koşulu, kaya malzeme sahası rezervi/ihtiyaç duyulan malzeme



miktarı oranı ve arazi mülkiyeti alt ölçütlerinden oluşmaktadır. Alt ölçütler kendi aralarında önem derecelerine göre sınıflandırılmıştır.

- Geliştirilen sistematik analiz yönteminde elde edilen verilerin değerlendirilmesinde, ölçütlerle ilgili veri eksikliği olması durumunda, üretim yapılması düşünülen saha için sistemin kullanılamama durumu olacağından puanlandırma yerine sınıflandırma yoluna gidilmiştir.

- Tezin ana çalışma konusunu oluşturan Filyos Vadisi kaya malzeme sahalarının başlıca andezit kaya sahalarından oluşması nedeniyle benzer kaya malzeme ocaklarına ait verilerden yararlanılmıştır. Geliştirilen sistematik analiz yöntemi ve ilgili uygunluk sınıflandırmalarının sınanması için Kastamonu il sınırları içinde yer alan andezit, andezit-bazalt, bazalt kaya malzeme sahalarından elde edilen çeşitli kaya numuneleri üzerinde yapılan 17 adet deneysel çalışmadan (tek eksenli basınç dayanımı, Los Angeles aşınma kaybı, kütlece su emme vb.) elde edilen deney verileri ile değerlendirmeler yapılmış ve uygunluk sınıfı dağılımlarından geliştirilen analiz yönteminin uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

- Filyos Vadisi Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları için uygunluk sınıflandırmaları yapılmıştır. Andezit kaya malzeme sahaları için yapılan uygunluk değerlendirmelerinde, alt ölçütlerde genelde sınıflandırmalar çok uygun-uygun-az uygun olacak şekilde gerçekleşmiştir. “Az uygun” sınıflandırması andezit doğal kaya malzemesinin “su emme” ve “aşınma” özelliklerinde tespit edilmiştir. “Uygun değil” değerlendirmesi sadece Fındıkdere kaya malzeme sahasında “rezerv/ihtiyaç duyulan malzeme miktarı” için oluşmuştur.

- Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları genel olarak değerlendirildiğinde hiçbir sahanın “çok uygun” özelliklere sahip olmadığı görülmektedir. Buna karşın sahalar yerel kaya malzeme ihtiyacının karşılanması için uygun olarak değerlendirilmektedir. Andezit kaya malzemesinin sahip olduğu “az uygun” aşınma ve su emme özellikleri ise kaya kalitesini azaltan başlıca unsurlardır. Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları karşılaştırıldığında, Çömlekçi sahasının daha uygun olduğu değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

- Çömlekçi ve Fındıkdere kaya malzeme sahaları kaya türü olarak Kazpınar formasyonu andezitlerinden oluşmaktadır. Fındıkdere kaya malzeme sahasında fiili olarak üretim yapılmaması nedeniyle, üretim faaliyeti yapılan Çömlekçi kaya malzeme sahasından malzemenin tek eksenli basınç dayanımını belirlemek üzere bozunma etkisinde kalmamış kaya bloklarından silindirik karot örnekleri alınmıştır. Alınan numuneler üzerinde tek eksenli basınç dayanımı üzerinde şekil etkisi ve farklı uygulama koşulları (kuru, suya doymuş vb.) değerlendirilmiştir.

- Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde yükseklik/çap oranının etkisini incelemek için Çömlekçi kaya malzeme sahasından elde edilen sınırlı sayıda karot örnekleri üzerinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerde, yükseklik/çap oranı arttıkça, kaya örneklerinin tek eksenli basınç dayanımında azalma tespit edilmiştir.

- Tek eksenli basınç dayanımı deneyi üzerinde su etkisinin incelenmesi için, Çömlekçi kaya malzeme sahasından elde edilen sınırlı sayıda karot örnekleri, arazi, kuru ve doymuş şeklinde sınıflandırılmıştır. Yapılan deneylerde kaya örneklerinin, kuru ve suya doymuş tek eksenli basınç dayanımları arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir. Suya doymuş örneklerin, kuru örneklere kıyasla daha az dayanıma sahip oldukları görülmüştür.

- Tez çalışması kapsamında sınırlı sayıda deney yapılabilmesi nedeniyle DSİ tarafından Fındıkdere andezit kaya malzeme sahası kuru ve suya doymuş tek eksenli basınç dayanım deney sonuçları da incelenmiştir. Deney verilerinden, dış koşulların (su, kuruma) andezit kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı değerleri üzerinde önemli etkisinin bulunduğu anlaşılmıştır. Bu etki özellikle su yapılarında (sedde, baraj, riprap vb.) mevsimsel ve yağış koşullarına bağlı olarak daha belirgin olacaktır. Bu nedenle sistematik analiz yönteminde kaya malzemesinin uygunluğunun değerlendirilmesinde kaya örneklerinin doymuş basınç dayanımının, kuru durumdaki basınç dayanımına oranını ifade eden bir alt ölçüt geliştirilmiştir.

- Çömlekçi kaya malzeme sahasından elde edilen karot örneklerinin, farklı başlangıç koşullarının tek eksenli basınç dayanımı üzerindeki etkisini incelemek için, hem arazi hem de suya doymuş koşullardan kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarından kaya örneğinin başlangıç koşulunun da basınç dayanımı üzerinde etkisinin olduğu görülmüş olup, araziden fırın kurusu koşulundaki örneklerin, doymuş durumdan fırın kurusu koşuluna göre daha fazla

dayanıma sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum özellikle su yapılarında ıslanma-kuruma süreçlerinin, kaya malzemesi özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

- Çömlekçi sahası kaya malzemelerinin tek eksenli basınç dayanımları daha basit bir yöntem olan nokta yükü dayanım indeksi kullanılarak da tahmin edilmiştir. Nokta yükü dayanım değerlerinden ve tahmin edilen basınç dayanımı değerlerinden, kaya malzemesi koşulunun (kuru, suya doymuş) basınç dayanımı üzerinde önemli etkisinin olduğu görülmüş olup elde edilen veriler tek eksenli basınç dayanımı deney verileri ile örtüşmüştür. Bu durum, tez çalışması kapsamında geliştirilen sistematik analiz yönteminde, kaya malzemesinin uygunluğunun değerlendirilmesinde, kaya örneklerinin doymuş dayanımının, kuru durumdaki dayanımına oranını ifade eden bir alt ölçütün gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu oran aynı zamanda suda dağılma dayanımı deneyinin yapılamadığı durumlarda, kaya malzemeleri için dolaylı bir suya dayanım indeksi olarak kullanımını sağlayabilecektir.

- Andezit kaya malzemesi örnekleri üzerinde gerçekleştirilen tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü dayanım indeks deneylerine ait veriler değerlendirildiğinde, kaya örneğinin kuru dayanımı ve suya doymuş dayanım arasında önemli fark olduğu tespit edilmiştir. Bu açıdan DSİ tarafından uygulanan 50 MPa sınır değerinin hangi koşullar altındaki kaya örnekleri için talep edildiği açıkça ifade edilmelidir.

- Tez çalışması kapsamında geliştirilen sistematik analiz kaya ana ölçütü altında yer kaya malzemesi tek eksenli basınç dayanımı değer aralıklarının kuru arazi örneklerine uygulanması önerilmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinin olanaklı olmaması durumlarında ise nokta yükü dayanım indeksi aracılığıyla tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin tahmin edilmesi önerilmektedir.

- Yapılan deneylerden ve elde edilen deney verilerine göre; andezit gibi sudan etkilenen kaya malzemelerinin su yapılarında kullanımın ön görülmesi durumunda, ıslanma-kuruma süreçlerinin kaya malzemesi özellikleri üzerindeki etkisinin ayrıntılı olarak ve yeterli sayıda örnek üzerinde araştırılması gereğini ortaya koymaktadır.

- Genelde su yapıları ve benzer yapılar için kaya malzeme üretimi amacıyla işletilecek taşocaklarında, kaya malzemesinin standartlara ve şartnamelere uygunluğu, ancak sınırlı

sayıda alınan kaya numuneleri aracılığıyla incelenmektedir. Bu durum genelde büyük alanları kapsayan kaya malzemesi sahalarının temsil edilebilirliğini sınırlandırmaktadır. Ayrıca, istenen standart deneyler (Los Angeles aşınma,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  don kaybı, tek eksenli basınç dayanımı vb.) genelde numune hazırlama ve deney prosedürü gereği zaman alan ve maliyeti nispeten yüksek olan deneylerdir. Bundan dolayı, önemli fiziksel ve mekanik özelliklerin, daha fazla sayıda örnek üzerinde uygulanan pratik arazi deneyleri (Nokta yükü, Schmidt çekici vb.) aracılığıyla yapılması ve kestirimi önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

- AFAD** (2011) Deprem Daire Başkanlığı Deprem Haritası, Deprem Daire Başkanlığı, www.deprem.gov.tr (12.10.2011).
- ASTM** (1986) American Society for Testing and Materials, Standard test method of unconfined compressive strength of intact rock core specimens, D 2938.
- Akçalı E** (2005) Dolgu Barajlarda Kullanılan Doğal Malzemenin Seçim Kriterlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya, s. 75-150.
- Akçalı E ve Arman H** (2006) Baraj Dolgularında Kullanılan Doğal Malzemenin Seçim Kriterleri ve Limit Aşımının Doğuracağı Tehlikeler. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (2): 16-23.
- Alp S** (2004) *Kum, Kil ve Taş Ocakları Sektör Raporu*, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul s. 3-5.
- Bieniawski ZT** (1975) Point load test in geotechnical practice. *Engineering Geology*, 9: 1-11.
- Bieniawski Z T** (1989) *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley and Sons, 237 p.
- Broch E and Franklin JA** (1972) Point-load strength test. *Int. Journal of Rock Mechanics Mining Science*, 9: 669-697.
- DLH** (2007) *Kıyı Yapıları ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları*, Demiryollar Limanlar Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 91-100.
- DSİ** (2006a) *Doğal Yapı Malzeme Etütleri Şartnamesi* (yayımlanmamış), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 3-21.
- DSİ** (2006b) *Dolgu İşleri Şartnamesi* (yayımlanmamış), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 28-32.
- DSİ** (2007) *Filyos Irmağı Taşkın Koruma Projesi Denize Çıkış Ağızı Mansap Seddeleri Jeoteknik ve Malzeme Araştırmaları Raporu*, DSİ 23. Bölge Müdürlüğü, Kastamonu.
- DSİ** (2008a) *Küçük Boyutlu İri Agregaların Los Angeles Bilyeli Tambur Cihazında Aşınma Etkilerine Karşı Dayanıklılık Tayini Deney Talimatı*, Devlet Su İşleri Laboratuvarları, Ankara, s. 2-9.
- DSİ** (2008b) *Tabii Yapı taşlarının Tabii Don Kaybı Tayini Deneyi Talimatı*, Devlet Su İşleri Laboratuvarları, Ankara, s. 1-3.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- DSİ** (2009) *Filyos Çayı Taşkın Koruma Projesi Mansap Seddeleri Kati Proje Aşaması Doğal Yapı Gereçleri Raporu*, DSİ 23. Bölge Müdürlüğü, Kastamonu.
- DSİ** (2010a) *Doğal Taşlar-Deney Metotları-Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini Deneyi Talimatı*, Devlet Su İşleri Laboratuvarları, Ankara, s. 2-4.
- DSİ** (2010b) *Doğal Yapı Taşlarının Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini Deneyi Talimatı*, Devlet Su İşleri Laboratuvarları, Ankara, s. 3-11.
- DTLR** (2001) Multi criteria analysis: a manual. Department for Transport, Local Government and the Regions, <http://www.dtlr.gov.uk/about/multicriteria>, London, 160 p.
- Duman TY, Emre Ö, Akçay AE, Uysal Ş, Özmutaf M, Bozbay E, Tongal O ve Sönmez M** (1998) Arazi Kullanım Kapasitesi Belirleme Çalışmalarında Yerbilim Verilerinin Uygulanmasına Bir Örnek: Aşağı Filyos Vadisi (Zonguldak, Batı Karadeniz). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41 (2): 117-129.
- Filyos Belediyesi** (2012) Beldemiz Hakkında, yüzölçümü ve haritadaki yeri, <http://www.filyos.bel.tr/belde.html> (24.06.2012).
- Google Maps** (2012) Zonguldak Filyos Vadisi, <http://maps.google.com/> (24.06.2012).
- Hawkins AB** (1998) Aspects of rock strength. *Bulletin of Engineering Geology Environment*, 57: 17-30.
- ISRM** (1978) International Society for Rock Mechanics, Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials. *Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 16: 135-140.
- ISRM** (1985) ISRM suggested methods. Suggested method for determining point-load strength. *Int. Journal of Rock Mechanics Mining Sciences*, 22: 53-60.
- ISRM** (2007) The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. In: Ulusay R, Hudson JA (eds) *Suggested methods prepared by the commission on testing methods*, ISRM, Compilation arranged by the ISRM Turkish National Group, Kozan ofset, Ankara.
- Jeotek** (2006) *Zonguldak-Bartın-Karabük Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Araştırma Raporu*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, s. 113-163.
- John M** (1972) The influence of length to diameter ratio on rock properties in uniaxial compression: a contribution to standardisation in rock mechanics testing. *Rep. S. Afr. CSIR No: ME1083/5*.
- Kahraman S and Alber M** (2006) Estimating unconfined compressive strength and elastic modulus of a fault brecciamixture of weak blocks and strong matrix. *Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 43: 1277-1287.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- KGM** (2006) *Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler*, Karayolları Teknik Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 138-141.
- Martens PN, Asemann V, Koch H und Marx H** (1997) *Gegenüberstellung und vergleichende Bewertung unterschiedlicher Konzepte zur untertägigen Deponierung chemisch/toxischer Abfälle*. Abschlussbericht des Projektes AKUT, Förderkennzeichen 02C01832, RWTH Aachen Institut für Bergbaukunde I, 354 s.
- MEB** (2006) Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, İnşaat Teknolojisi, *Agrega Deneyleri-I*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, s. 13-15.
- MMO** (2005) *5177 Sayılı Kanunla Değişik 3213 Sayılı Maden Kanunu ve Maden Kanunu Uygulama Yönetmeliği*, Maden Kanununun I-a Grubu Madenleri ile İlgili Uygulama Yönetmeliği, Madencilik Faaliyetleri İzin Yönetmeliği, I-a Grubu Madenlerle İlgili Uygulama Yönetmeliği, Maden Mühendisleri Odası Yayınları: 92, Ankara, s. 122-181.
- Mogi K** (2007) *Experimental rock mechanics*. Taylor & Francis, London, 361 p.
- Özmen B** (2000) *Düzce-Bolu Bölgesi'nin Jeolojisi, Diri Fayları ve Hasar Yapan Depremleri 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Raporu* (Editör: Bülent ÖZMEN ve Günruh BAĞCI), Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, s. 1-14.
- Öztürk Ö, Çelikkol M ve Erkan M** (2007) Türkiye Agregas Sektör Raporu, Türkiye Hazır Beton Birliği, *Hazır Beton Dergisi*, Kasım-Aralık sayısı, İstanbul, 52 s.
- Özvan A** (2009) Toprakkale-Yumurtalık (Doğu Akdeniz) Civarındaki Kireçtaşı ve Bazalt Birimlerinin Hidrolik Yapılarda Kullanılabilirliği. Doktora Tezi (yayımlanmamış), CU Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, s. 25-27.
- Resmi Gazete** (2008) 26939 Sayılı Resmi Gazete, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, s. 4-5.
- Resmi Gazete** (2010) 27751 Sayılı Resmi Gazete, Madencilik Faaliyetleri Uygulama Yönetmeliği, s. 3-42.
- Resmi Gazete** (2011a) 27980 Sayılı Resmi Gazete, Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, s. 2-5.
- Resmi Gazete** (2011b) 27983 Sayılı Resmi Gazete, İşyeri Açma ve Çalışma Ruhsatlarına İlişkin Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, s. 1-5.
- TSE** (1987) *TS 699 Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları-Sodyum Sülfat (veya Magnezyum Sülfat) Don Kaybı Deneyi*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 30-31.
- TSE** (2004) *TS EN 12504-2 Yapılarda Beton Deneyleri-Bölüm 2 Tahribatsız Deneyler-Geri Sıçrama Değerinin Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 1-2.



## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- TSE** (2007) *TS EN 1926 Doğal Taşlar-Deney Metotları-Basınç Dayanımı Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 5.
- TSE** (2009) *TS 699 Doğal Yapı Taşları-İnceleme ve Laboratuar Deney Yöntemleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 4-23.
- TSE** (2010) *TS EN 1936 Doğal Taşlar-Deney Yöntemleri-Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s. 1-5.
- Tuncay E and Hasancebi N** (2009) The effect of length to diameter ratio of test specimens on the uniaxial compressive strength of rock. *Bulletin of Engineering Geology Environment*, 68: 491-497.
- Tuncer M** (2012) Filyos Hakkında Genel Bilgiler, Mimarlık, Şehir Planlama, Tarihsel ve Doğal Çevre Koruma, <http://mehmet-urbanplanning.blogspot.com/2011/11/filyos-ve-filyos-projesi-hakkinda-genel.html> (24.06.2012).
- Ulusay R ve Sönmez H** (2007) *Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri*. Genişletilmiş 2. baskı, TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayınları: 60, Kozan Ofset Matbaacılık, Ankara, 292 s.
- Ulusay R** (2010) *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler*. Genişletilmiş 5. Baskı, TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayınları: 38, Kozan Ofset Matbaacılık, Ankara, 458 s.
- Ünlü T ve Yılmaz Ö** (2008) Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımına şekil etkisinin araştırılması. *IX. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, İzmir, s. 121-141.
- Ün H** (2007) Yapı Malzemeleri Ders Notları, *Agregalar*, PAÜ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli, 12 s.
- Wenstop F** (2001) Multi criteria decision making. *Unpublished class notes of the course GRA 8005*, Master of Business Administration Program, The Norwegian School of Management, <http://www.bi.no.users/fag87027/mcdm/index.htm>, Sandvika.
- Yergök A F, Akman Ü, Keskin İ, İpekçi E, Mengi H, Karabalık N N, Umut M, Armağan F, Erdoğan K, Kaymakçı H ve Çetinkaya A** (1987) *Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi I*, MTA. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdüleri Dairesi, Ankara, Rapor No: 8273, 237 s.
- Yılmaz G** (2008) Avrupa Birliği Sürecinde Kırmataş Üretim Modelleri ve Kalite Parametreleri. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Kütahya, 27 s.
- Zonguldak Valiliği** (2012) İlçeler, Çaycuma, [http://www.zonguldak.gov.tr/default\\_b0.aspx?content=1055](http://www.zonguldak.gov.tr/default_b0.aspx?content=1055) (24.06.2012).

## BİBLİYOGRAFYA

- CIRIA/CUR** (1991) Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering. CIRIA Special Publication 83, Report:154, London, 607 p.
- Deere and Miller** (1966) Engineering Classifications and index properties of intact rock, Universty of Illinois, Tech. Report No. AFWL-TR 65-116.
- Hoek E and Brown ET** (1980) Underground excavations in Rock. Institution of Mining and Metallurgy. Stephen Austin and Sons Ltd., Hertford, London, 527 p.
- Hoek E** (1999) Putting numbers to Geology-an engineer's viewport. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 32: 1-19.
- ISRM** (1978) Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Geomech. Abstr*, 15: 89- 97.
- Mogi K** (1966) Some precise measurements of fracture strength of rocks under uniform compressive stress. *Felsmechanik und Ingenieurgeologie*, 4: 41-55.
- Obert L and Duvall W I** (1967) *Rock Mechanics and The Design of Structures in Rock*, John Eilly & Sons, 650 p.



## **ÖZGEÇMİŞ**

Selma DOĞAN 1978’de Hollanda Alkmaar’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini Kayseri’de tamamladı; 1997 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü’ne girdi; 2002’de mezun oldu. 2006 yılında Devlet Su İşleri XXIII. Bölge Müdürlüğüne Maden Mühendisi olarak göreve başladı. Halen 2009 yılında girdiği ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Devlet Su İşleri XXIII. Bölge Müdürlüğü  
Taşköprü Yolu Üzeri 37000 KASTAMONU

Tel : (366) 2141314

Faks : (366) 2147495

E-posta : selmadogan@dsi.gov.tr