

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TRABZON GÜNEY ÇEVRE YOLU GÜZERGAHI DARICA ( AKÇAABAT) - YALI**  
**MAHALLESİ (TRABZON) ARASININ MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ**

706454

**Jeoloji Müh. Serhat DAĞ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU**  
**DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**"Jeoloji Yüksek Mühendisi"**

**Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 01.06.2001**

**Tezin Savunma Tarihi : 10.07.2001**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fikri BULUT**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Remzi DİLEK**

**Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN**

**Enstitü Müdürü: Prof. Dr. Asım KADIOĞLU**

**Trabzon 2001**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle lisans eğitiminden başlayarak, gerek mesleki alanda bizleri yetiştiren, gerekse beşeri münasebetlerde her zaman yardım ve desteklerini gördüğüm kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Fikri BULUT'a içtenlikle teşekkür ederim.

Bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım hocam Sayın Prof. Dr. Remzi DİLEK'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Suat BOYNUKALIN'a ve Sayın Prof. Dr. Fikret TARHAN'a ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışmayı maddi olarak destekleyen K.T.Ü Araştırma Fonu Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Özellikle çalışmada bilgi ve önerilerinden faydalandığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Şener CERYAN'a, petrografik incelemelerde yardımları bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdullah KAYGUSUZ'a ve Sayın Arş. Gör. Faruk AYDIN'a, paleontolojik tayinlerdeki yardımlarından dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Sibel ÖZGÜR'e teşekkür ederim. Çalışmanın arazi ve büro aşamalarında yardımlarını gördüğüm Arş. Gör. Aykut AKGÜN, Arş. Gör. Emel ABDİOĞLU ve diğer arkadaşlarıma, laboratuvar çalışmaları safhasındaki yardımlarından dolayı teknisyen Sayın Yakup YAVUZ'a ve ince kesitlerin yapımında emeği geçen makine mühendisi Sayın Murat KAYIKÇIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteğini esirgemeyen başta saygıdeğer anne ve babam olmak üzere tüm aileme şükranlarımı sunarım.

Her konuda olduğu gibi, çalışmanın tüm aşamalarında yardım, destek ve fedakarlıklarından dolayı kıymetli eşim Nihal DAĞ'a içtenlikle teşekkür ederim.

Serhat DAĞ

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VI
SUMMARY.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
TABLOLAR DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu.....	1
1.3. Ulaşım ve Yerleşim.....	1
1.4. Morfoloji.....	2
1.5. Akarsular.....	3
1.6. İklim ve Bitki Örtüsü.....	3
1.7. Önceki Çalışmalar.....	5
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	7
3. BULGULAR.....	9
3.1. Stratigrafi ve Petrografi.....	9
3.1.1. Çağlayan Formasyonu.....	9
3.1.1.1. Tanım ve Dağılım.....	9
3.1.1.2. Litoloji.....	11
3.1.1.3. Alt, Üst Sınırlar ve Kalınlık.....	17
3.1.1.4. Yaş.....	17
3.1.1.5. Deneştirme.....	17
3.1.2. Kabaköy Formasyonu.....	17
3.1.2.1. Tanım ve Dağılım.....	17
3.1.2.2. Litoloji.....	18
3.1.2.3. Alt, Üst Sınırlar ve Kalınlık.....	21
3.1.2.4. Yaş.....	21

	<u>Sayfa No</u>
3.1.2.5.	Deneyler ..... 21
3.1.3.	Taraçalar ..... 21
3.1.4.	Alüvyonlar ..... 22
3.1.5.	Heyelan Malzemesi ..... 22
3.2.	Yapısal Jeoloji..... 25
3.2.1.	Tabakalı Yapılar ..... 22
3.2.2.	Çatlaklar ..... 23
3.2.3.	Faylar ..... 23
3.3.	Mühendislik Jeolojisi..... 26
3.3.1.	Giriş ..... 26
3.3.2.	Ayrışma..... 26
3.3.3.	Süreksizlik Özellikleri ..... 30
3.3.3.1.	Kaya Kalitesi Özelliği (RQD)..... 30
3.3.3.2.	Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı ..... 32
3.3.3.3.	Süreksizliklerde Pürüzlülük ve Dolgu Türü ..... 38
3.3.4.	Kayaların Fizikomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi..... 40
3.3.4.1.	Deney Örneklerinin Hazırlanması..... 41
3.3.4.2.	Fiziksel Özellikler ..... 43
3.3.4.2.1.	İndeks Özellikleri ..... 43
3.3.4.2.2.	Sertlik..... 46
3.3.4.2.3.	Suda Dayanım İndeksi..... 47
3.3.4.2.4.	Boyuna Dalga Hızı ..... 49
3.3.4.3.	Mekanik ve Elastik Özellikleri ..... 51
3.3.4.3.1.	Nokta Yük Direnci ..... 51
3.3.4.3.2.	Tek Eksenli Basınç Direnci ..... 56
3.3.4.3.3.	Çekme Direnci ..... 62
3.3.4.3.4.	Dinamik Elastisite Modülü ..... 66
3.3.5.	Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özelliklerinin Ampirik Yöntemlerle Belirlenmesi..... 69
3.3.5.1.	Kaya Kütle Sınıflaması..... 69
3.3.5.1.1.	RMR ( Rock Mass Rating ) SİSTEMİ ..... 69



**Sayfa No**

3.3.5.2.	Kaya Kütle Dayanımı .....	76
3.3.5.2.1	Hoek-Brown Görgül Yenilme Ölçütü .....	76
3.3.5.2.1.1.	I. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi.....	84
3.3.5.2.1.2.	II. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi .....	85
3.3.5.2.1.3.	III. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi .....	86
3.3.5.2.1.4.	IV. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi.....	86
3.3.5.2.1.5.	V. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi .....	87
3.3.6.	I. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri .....	88
3.3.7.	II. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri .....	89
3.3.8.	III. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri.....	91
3.3.9.	IV. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri.....	92
3.3.10.	V. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri.....	93
4.	İRDELEME	
5.	SONUÇLAR	
6.	ÖNERİLER	
7.	KAYNAKLAR	
8.	EKLER	

## ÖZET

Bu çalışmada Trabzon Güney Çevre Yolu Darıca (Akçaabat) - Yalı Mahallesi (Trabzon) arası muhtemel güzergahında yüzeylenen kaya birimlerinin mühendislik özellikleri hem arazi, hem de laboratuvar deney ve gözlemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle muhtemel yol güzergahının da içerisinde bulunduğu, Trabzon F43-d4, G43-a1 ve G43-a2 paftalarında yer alan yaklaşık 40 km<sup>2</sup>'lik bir alanın genel jeoloji haritası yapılmıştır.

İnceleme alanında 4 farklı birim ayırt edilmiştir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru; kireçtaşı, marn arakatlı andezit - bazalt ve piroklastları (Üst Kretase), kumlu kireçtaşı, marn araseviyeli andezit - bazalt ve piroklastları (Eosen), taraça ve alüvyondur (Kuvaterner).

Muhtemel yol güzergahı boyunca yüzeyleme veren kayaların litoloji ve ayrışma durumları baz alınarak, 1/10000 ölçeğinde mühendislik jeolojisi haritası yapılmış ve 5 alan ayırtlanmıştır. Bu alanlar; orta derecede ayrışmış aglomeralar (1.alan), az ayrışmış aglomeralar (2.alan), az ayrışmış bazalt (3.alan) orta derecede ayrışmış tuf (4.alan) ve ayrışmış breşir (5.alan).

Ayrıtılan her bir alandaki kaya malzemelerinin fiziko-mekanik özellikleri arazi ve laboratuvar deneyleri ile bulunmuştur.

Ayrıca her alanda kaya kütesinin jeomekanik sınıflandırması yapılmış ve bu kaya kütleleri, temel olabilme, şev duraylılığı ve tünel kayası olmaları açısından irdelenmiştir.

Yine ayrıtılan her alanda, kaya kütesinin dayanım özellikleri Hoek-Brown ampirik kırılma kriteri ile bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çevre yolu, Ayrışma, Jeomekanik sınıflandırma, Kaya kütle dayanım özellikleri

## **SUMMARY**

### **Investigation of The Planned Route of The Southern Highway Between Darica (Akçaabat) - Yalı Mahallesi (Trabzon) In Terms of Engineering Geology**

Engineering properties of the rock units exposed at the planned route of the Trabzon southern highway between Darica (Akçaabat) and Yalı Mahallesi (Trabzon) were determined by field and laboratory studies. For this purpose, a general geologic map of 40 km<sup>2</sup> area including the planned bypass route on Trabzon F43-d4, G43-a1 and G43-a2 sheets were prepared. Four different geologic units were subsequently identified from oldest to youngest as andesite-basalt and their pyroclastics interbedded with limestone and marl of Upper Cretaceous age, andesite-basalt and their pyroclastics interbedded with marl and limestone of Eocene age and terraces and alluviums of Quaternary age.

An engineering geologic map of 1/10.000 scale was prepared on the basis of the lithologic units and their weathering and five areas were outlined. These areas consist of moderately weathered agglomerates (1<sup>st</sup> area), weakly weathered agglomerates (2<sup>nd</sup> area), weakly weathered basalt (3<sup>rd</sup> area) moderately weathered tuff (4<sup>th</sup> area) and weathered breccia (5<sup>th</sup> area).

The engineering and physico-mechanic properties of the rock units in each area were determined by field measurements and laboratory tests. Besides, geomechanic classification of the rock bodies was carried out and the rock bodies were examined in terms of slope stabilities and their use as foundation and tunnel rock.

In addition, durabilities of the rock units were found by empirical HOEK-BROWN failure criteria.

**Key Words:** Highway (bypass), Weathering, Geomechanic, Classification, Rock Mass Strength

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası (125 x 125 çözünürlüklü Landsat 5 TM uydu görüntüsü, <a href="http://www.mta.gov.tr">www.mta.gov.tr</a> ).....	2
Şekil 2.	Ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılım grafiği.....	4
Şekil 3.	Ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılım grafiği.....	4
Şekil 4.	İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti .....	10
Şekil 5.	Çağlayan Formasyonu'na ait aglomeraların araziden bir görünümü.....	11
Şekil 6.	Ojitli andezitteki mikrolitik porfirik doku ve öz şekilli ojit mineralinin mikroskopik görünümü.....	12
Şekil 7.	Biyotit – ojitli traki andezitteki fluidal strüktürün mikroskopik görünümü .....	13
Şekil 8.	Ojitli bazaltın mikroskopik görünümü .....	14
Şekil 9.	Litik kristal tufün mikroskopik görünümü .....	15
Şekil 10.	Vaketaşının mikroskopik görünümü .....	16
Şekil 11.	Kabaköy Formasyonu'na ait kolonsu debi gösteren bazaltların araziden bir görünümü.....	18
Şekil 12.	Ojitli andezitin mikroskopik görünümü .....	19
Şekil 13.	Olivin – ojitli bazaltın mikroskopik görünümü.....	20
Şekil 14.	Çağlayan Formasyonu'ndan alınan 100 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı .....	24
Şekil 15.	Kabaköy Formasyonu'ndan alınan 100 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı .....	25
Şekil 16.	Yol güzergahına ait mühendislik jeolojisi haritası.....	27
Şekil 17.	İnceleme alanlarında ölçülen çatlak ara uzaklığı değerleri.....	35
Şekil 18.	İnceleme alanlarında ölçülen çatlak açıklığı değerleri.....	36
Şekil 19.	İnceleme alanlarında ölçülen tabaka kalınlığı değerleri.....	37
Şekil 20.	İnceleme alanlarında ölçülen çatlak pürüzlülük katsayısı (JRC) değerleri .....	39
Şekil 21.	Laboratuvar tipi sondaj makinesi.....	41
Şekil 22.	Taş kesme makinesi.....	42
Şekil 23.	Karot ucu düzeltme makinesi.....	42

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 24.	Suda dağılıma dayanımı deney aleti..... 48
Şekil 25.	Ultrasonik deney aleti..... 50
Şekil 26.	Nokta yük direnci deney aleti ..... 51
Şekil 27.	Tek eksenli basınç direnci deney aleti..... 57
Şekil 28.	Tek Eksenli Basınç Deneyi sonucunda karot örneklerinde meydana gelen kırılma şekilleri ..... 58
Şekil 29.	İndirekt Çekme Deneyi sonrasında karot örneklerinde meydana gelen kırılma şekilleri ..... 66
Şekil 30.	Q Sisteminde destekleme önerileri (Barton ve Grimstad, 1994) ..... 75
Şekil 31.	Kaya kütlelerinin jeolojik tanımlamasına göre GSI indisinin belirlenmesi..... 78
Şekil 32.	Modifiye edilmiş GSI sınıflama sistemi (Sönmez ve Ulusay, 1998)..... 81
Şekil 33a,b.	$C_y/\sigma_{lab,b} = f(GSI, m_{lab})$ ve $\phi = f(GSI, m_{lab})$ Değişimleri (Hoek-Brown, 1998)..... 83

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.	Bölgedeki ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı .....	3
Tablo 2.	Bölgedeki ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı .....	4
Tablo 3.	Heterojen kaya kütleleri için ayrışma sınıflaması .....	28
Tablo 4.	Ayrışmış kayaların tanımlanmasında kullanılan makroskobik özellikler ile basit mekanik deneyler ve uygulandıkları ayrışma dereceleri.....	29
Tablo 5.	İncelemeleri yapılan alanlara ait RQD değerleri ve bu değerlerin Deere, 1963 tarafından verilen RQD sınıflamasındaki yerleri .....	32
Tablo 6.	İncelenen alanlarda ölçülen çatlak ara uzaklıkları sonuçlarının değerlendirilmesi.....	33
Tablo 7.	İncelenen alanlarda ölçülen çatlak açıklıklarının değerlendirilmesi .....	33
Tablo 8.	İncelenen alanlarda ölçülen tabaka kalınlıklarının değerlendirilmesi .....	34
Tablo 9.	Çatlak pürüzlülük katsayıları (JRC) .....	40
Tablo 10.	I. Alana ait aglomeraların indeks özellikleri.....	43
Tablo 11.	II. Alana ait aglomeraların indeks özellikleri .....	44
Tablo 12.	III. Alana ait bazaltların indeks özellikleri .....	44
Tablo 13.	IV. Alana ait tüflerin indeks özellikleri.....	45
Tablo 14.	V. Alana ait breşlerin indeks özellikleri .....	45
Tablo15.	İncelenen alanlardaki schmidt çekici ortalama geri tepme sayısı ve değerlendirilmesi.....	47
Tablo 16.	İncelenen alanlara ait suda dayanım indeksi.....	49
Tablo 17.	İncelenen alanlara ait boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri.....	50
Tablo 18.	I. Alana ait aglomeraların nokta yük direnci deney sonuçları .....	52
Tablo 19.	II. Alana ait aglomeraların nokta yük direnci deney sonuçları.....	53
Tablo 20.	III. Alana ait bazaltların nokta yük direnci deney sonuçları.....	53
Tablo 21.	IV. Alana ait tüflerin nokta yük direnci deney sonuçları .....	54
Tablo 22.	V. Alana ait breşlerin nokta yük direnci deney sonuçları.....	54
Tablo 23.	İncelenen alanlara ait ortalama nokta yük direnci.....	55

Tablo 24.	İncelemesi yapılan alanlarda yüzeyleme veren kayaçların nokta yük direnci değerlerinin ISRM (1985)' nin sınıflamasındaki yerleri .....	55
Tablo 25.	I. Alana ait aglomeraların tek eksenli basınç direnci deney sonuçları ....	58
Tablo 26.	II. Alana ait aglomeraların tek eksenli basınç direnci deney sonuçları...	59
Tablo 27.	III. Alana ait bazaltların tek eksenli basınç direnci deney sonuçları.....	59
Tablo 28.	IV. Alana ait tüflerin tek eksenli basınç direnci deney sonuçları .....	60
Tablo 29.	V. Alana ait breşlerin tek eksenli basınç direnci deney sonuçları.....	60
Tablo 30.	Tek eksenli basınç direnci ortalama değerleri.....	61
Tablo 31.	İncelenen alanlarda yüzeyleme veren kayaçların tek eksenli basınç direnci değerlerinin, Deere ve Miller (1977)' in sınıflamasındaki yerleri.....	61
Tablo 32.	I. Alana ait aglomeraların indirekt çekme deneyi sonuçları .....	63
Tablo 33.	II. Alana ait aglomeraların indirekt çekme deneyi sonuçları.....	63
Tablo 34.	III. Alana ait bazaltların indirekt çekme deneyi sonuçları.....	64
Tablo 35.	IV. Alana ait tüflerin indirekt çekme deneyi sonuçları .....	64
Tablo 36.	V. Alana ait breşlerin indirekt çekme deneyi sonuçları .....	65
Tablo 37.	İncelenen alanlara ait ortalama indirekt çekme direnci değerleri .....	65
Tablo 38.	İncelemesi yapılan alanlara ait dinamik elastisite modülü .....	68
Tablo39.	RMR Sisteminde kullanılan parametreler ve bunların dereceleri.....	70
Tablo 40.	I. Alana ait aglomeraların RMR değerlendirmesi .....	72
Tablo 41.	I. Alana ait düzeltilmiş aglomeraların RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması .....	72
Tablo 42.	II. Alana ait aglomeraların RMR değerlendirmesi.....	72
Tablo 43.	II. Alana ait düzeltilmiş aglomeraların RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması .....	73
Tablo 44.	III. Alana ait bazaltların RMR değerlendirmesi.....	73
Tablo 45.	III. Alana ait bazaltların düzeltilmiş RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması.....	73
Tablo 46.	IV. Alana ait tüflerin RMR değerlendirmesi .....	74
Tablo 47.	IV. Alana ait tüflerin düzeltilmiş RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması.....	74
Tablo 48.	V. Alana ait breşlerin RMR değerlendirmesi .....	74

Tablo 49.	V. Alana ait breşlerin düzeltilmiş RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması .....	74
Tablo 50.	Modifiye edilmiş GSI sisteminde SCR' nin belirlenmesi (Sönmez ve Ulusay) .....	79
Tablo 51.	Blok boyutu tanımlamaları ve $J_v$ için ISRM (1981) tarafından önerilen aralıklar .....	80
Tablo 52.	İnceleme alanlarına ait kaya kütle dayanım parametreleri .....	88





## SEMBOLLER DİZİNİ

- RQD : Kaya kalitesi özelliği (%)
- $\lambda$  : 1 m uzunluktaki ortalama çatlak sayısı
- J<sub>v</sub> : Hacimsel çatlak sayısı (m<sup>3</sup>)
- L : Ölçüm hattı uzunluğu (m)
- Ç<sub>s</sub> : Ölçüm hattını kesen çatlak sayısı.
- JRC : Çatlak pürüzlülük katsayısı
- $\gamma_k$  : Kuru birim hacim ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)
- $\gamma_d$  : Doygun birim hacim ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)
- $\gamma_s$  : Tane birim hacim ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)
- n : Porozite (%)
- a<sub>s</sub> : Ağırlıkça su emme (%)
- S<sub>r</sub> : Doygunluk derecesi (%)
- h<sub>s</sub> : Hacimsel su emme (%)
- R : Schimidt çekici geri tepme sayısı
- V<sub>k</sub> : Ultrasonik ses dalgasının kuru örneği kat etme hızı (m/sn)
- V<sub>d</sub> : Ultrasonik ses dalgasının doygun örneği kat etme hızı (m/sn)
- I<sub>s</sub> : Düzeltilmemiş nokta yük direnci (kg/cm<sup>2</sup>)
- I<sub>s(50)</sub> : Düzeltilmiş nokta yük direnci (kg/cm<sup>2</sup>)
- P : Deney esnasında örneği kıran kuvvet (kg)
- De : Örnek çapı (cm)
- A : Minimum kesit alanı (cm<sup>2</sup>)
- W : Örneğin genişliği (cm)
- D : Yükleme noktaları arasındaki uzaklık (cm)
- F : Düzeltme faktörü
- $\sigma_c^1$  : Deneyde bulunan tek eksenli basınç direnci (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\sigma_c$  : 50 mm çaplı karota göre düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\sigma_t$  : Çekme direnci (kg/cm<sup>2</sup>)
- E : Dinamik elastisite modülü (lb / in<sup>2</sup>)
- f : Boyuna dalganın titreşim frekansı ( devir/sn )

- t : Elastik dalganın örneği kat etme zamanı ( $\mu$  sn)
- Ed : Dinamik elastisite modöülü ( $\text{kg/cm}^2$ )
- RSR : Rock Structure Rating
- RMR : Rock Mass Rating (Kaya Kütlesine Puanlaması)
- Q : Kaya kütlesine niteliği
- ESR : Kazı tahkimat oranı
- SR : Yapısal Özellik Puanı
- SCR : Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı
- $R_r$  : Pürüzlülük Puanı
- $R_w$  : Bozunma Puanı
- $R_f$  : Dolgu Puanı
- $\sigma_1^l$  : Düşey efektif asal gerilme
- $\sigma_3^l$  : Yatay efektif asal gerilme
- $\sigma_{lab,b}$  : Laboratuvarda belirlenen tek eksenli basınç dayanımı ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $m_y$  : Kaya kütlesine ait ampirik bir büyüklük
- $m_{lab}$  : Kayaç litolojisine bağlı ampirik faktör
- GSI : Geological strength index (Jeolojik dayanım indeksi)
- S : GSI'ye bağlı ampirik bir büyüklük
- a : Kaya kütlesinin jeomekanik büyüklüklerine bağlı ampirik bir büyüklük
- $C_y$  : Kohezyon değeri ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $\Phi$  : İçsel sürtünme açısı
- $E_y$  : Kaya kütlesinin dinamik elastisite modöülü ( $\text{kg/cm}^2$ )
- Pl : Plajiyoklas
- Oj : Ojit
- Op : Opak mineral
- ÇN : Çift nikol
- Bi : Biyotit
- Gl : Globotruncana
- Ka : Kalsit

## **1.GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

Çalışmanın amacı, Trabzon ve yakın çevresine sosyal anlamda çok önemli faydaları olacağı düşünülen Güney Çevre Yolu'nun Darıca (Akçaabat) - Yalı Mahallesi (Trabzon) arasında kalan güzergahının mühendislik jeolojisi açısından incelenmesidir. Bu amaçla inceleme alanında yapılan genel jeoloji çalışmalarıyla güzergahın genel jeolojisi ortaya konmuş ve birimlerin mühendislik özellikleri belirlenmiştir.

Bu bölümde, çalışma alanının coğrafik konumu, ulaşım ve yerleşimi, morfolojisi, akarsuları, iklim ve bitki örtüsü hakkında genel bilgilere değinilmiştir.

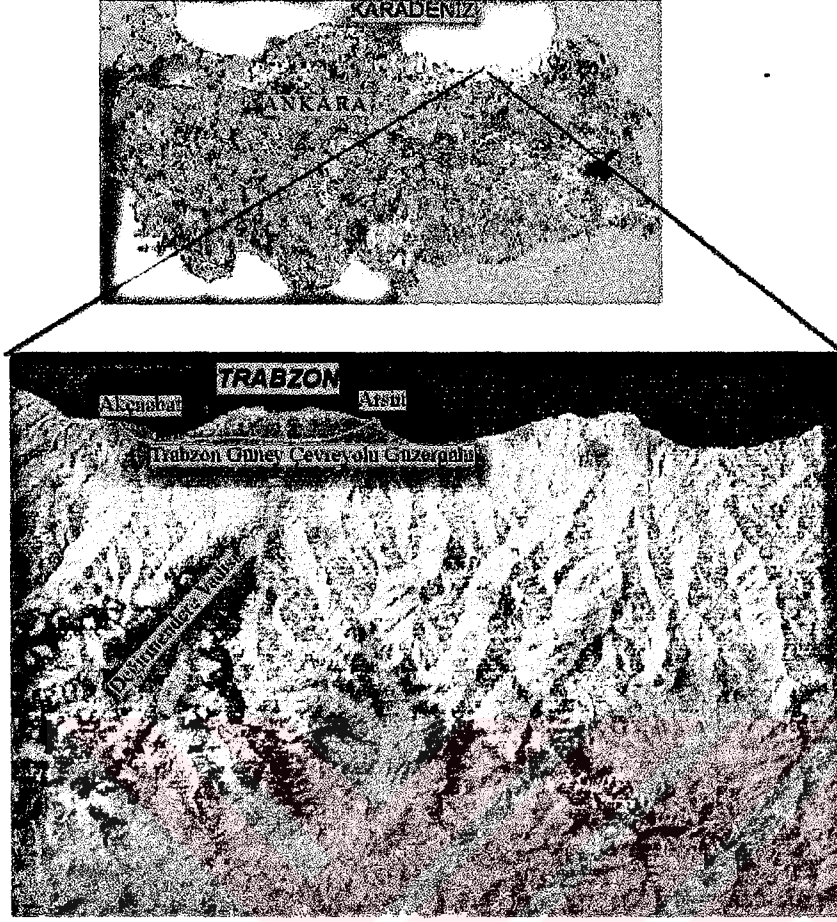
### **1.2. İnceleme Alanının Coğrafik Konumu**

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölümünde, Trabzon iline bağlı Darıca (Akçaabat) ve merkez Yalı Mahallesi arasında yer alır ve Trabzon F43-d4, G43-a1 ve Trabzon G43-a2 paftaları içerisinde yaklaşık 40 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsar (Şekil 1).

### **1.3. Ulaşım ve Yerleşim**

Çalışma alanında ana ulaşım Samsun-Hopa Devlet Karayolu ile sağlanmaktadır. Sahilden daha içeri kesimlere ise asfalt ve yer yer de stabilize yollarla ulaşım sağlanmaktadır.

Çalışma alanının kuzey kesimlerinde toplu yerleşim hakimken daha yüksek kesimlerde arazinin engebeli olmasından dolayı dağınık yerleşim gözlenmektedir. Önemli yerleşim alanları Darıca, Sargana Mahallesi, Dürbünar Mahallesi, Sarıtaş Mahallesi, Kayalar Mahallesi, Söğütlü, Hanzar Mahallesi, Yıldızlı, Güney Mahallesi, Akyazı, Konak Mahallesi ve Yalı Mahallesi' dir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası (125 x 125 çözünürlüklü Landsat 5 TM uydu görüntüsü, [www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr))

#### 1.4. Morfoloji

Doğu Karadeniz Bölümüne özgü topografya gösteren çalışma alanı engebeldir. Derin vadi ve tepelerden oluşan inceleme alanında güneye doğru gidildikçe yükseklik artmaktadır. Söğütlü güneyindeki Yeşiltepe, 443 m yükseklikle çalışma alanının en yüksek tepesidir. Bunun haricindeki belli başlı yükseltiler Salarbaşı Sırtı (350m), Çobanalı Sırtı (200m), Bozoğlu Sırtı (150m)'dir.

### 1.5. Akarsular

Çalışma alanı içerisinde yaklaşık KD-GB doğrultusunda uzanan Söğütlü Dere en önemli deredir. Diğer dereler batıdan doğuya doğru sırası ile Sargana Dere, Kavaklı Dere, Dazlar Dere, Kireçhane Dere, Kanziga Dere, Ortaburun Dere, Yıldızlı Dere, Beşirli Dere ve Kirli Dere'dir.

### 1.6. İklim ve Bitki Örtüsü

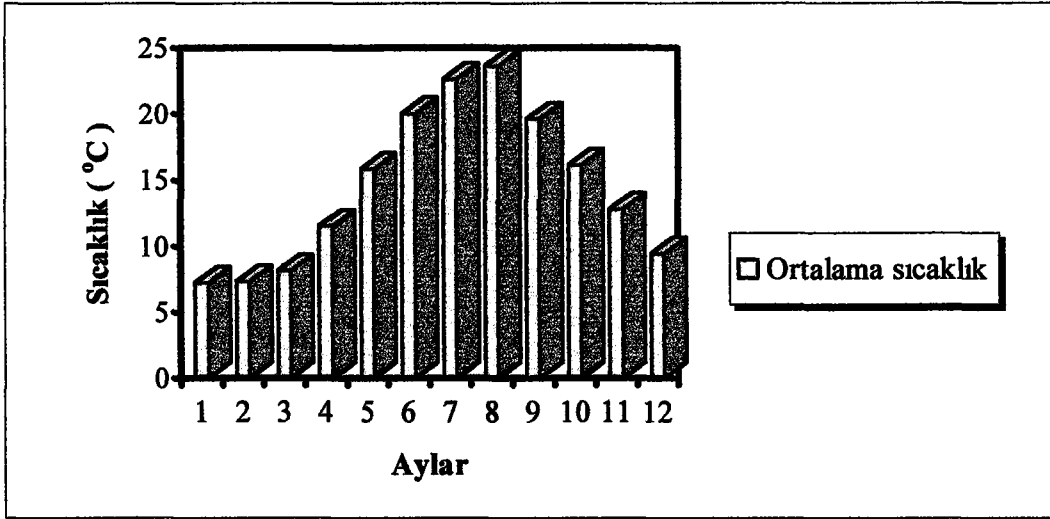
Bölgede yazları serin kışları ılık ve hemen hemen her mevsim yağışlı geçen Karadeniz iklimi hakimdir. Bölgede yağışlar daha çok bahar ve kış aylarında gerçekleşmektedir. Trabzon meteoroloji gözlem istasyonundan alınan verilere göre Ocak ayı 7 ° C ile en soğuk, Ağustos ayı ise 23 ° C ile en sıcak aydır. Yıllık ortalama sıcaklık 14.5 ° C'dir. Yıllık ortalama yağış 798 mm, ortalama nisbi nem 73.58 mm' dir. Yörede hakim rüzgar yönü Karayel (kuzeybatı) dir.

Trabzon Meteoroloji Gözlem İstasyonundan alınan 57 yıllık ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinin aylara göre dağılım değerleri Tablo 1 ve Tablo 2' de, ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinin aylara göre dağılım grafiği de Şekil 2 ve Şekil 3' de verilmiştir.

İklimin bol yağışlı olması nedeniyle çalışma alanı oldukça yoğun bitki örtüsü ile kaplanmıştır. Yerleşim merkezleri yakınında yaygın olarak bahçe ziraatı yapılmakta olup, yöre halkına ekonomik anlamda katkısı olan tütün ve çok az da fındık üretilmektedir. Diğer yeşil alanlar meşe, kestane, akasya gibi orman ağaçları ile kaplıdır.

Tablo 1. Bölgedeki ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılımı

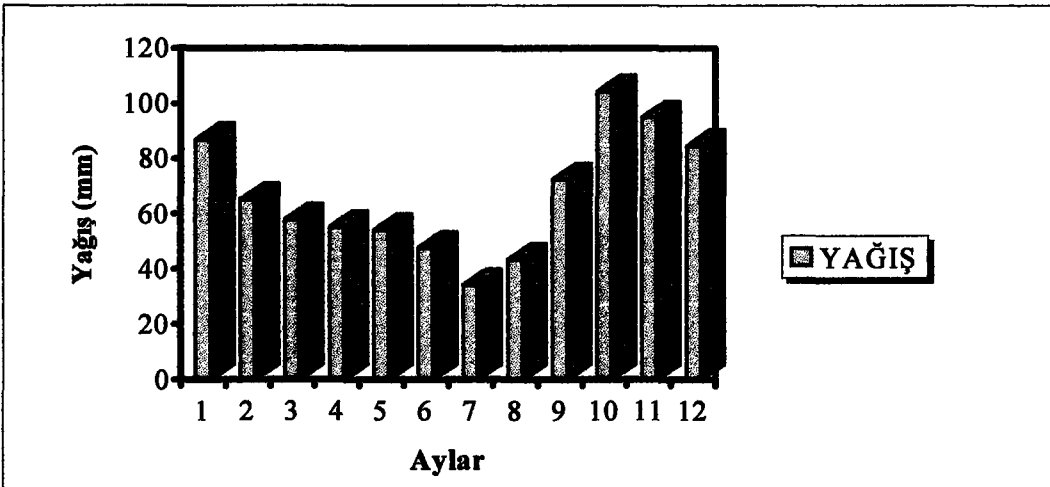
Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ort
Ort. Sic. (°C)	7.2	7.3	8.1	11.5	15.8	20.0	22.6	23.6	19.6	16.1	12.8	9.4	14.5



Şekil 2. Ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre dağılım grafiği

Tablo 2. Bölgedeki ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılımı

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$\Sigma$
Ort.Yağış (mm)	86.7	65.1	57.6	55.0	53.9	47.4	33.9	43.3	72.2	104.1	94.6	84.3	798



Şekil 3. Ortalama yağış değerlerinin aylara göre dağılım grafiği



## 1.7. Önceki Çalışmalar

Ketin (1966), " Anadolu' nun Tektonik Birlikleri " isimli çalışmasında; Pontidler' i litostratigrafik özellikleri birbirinden farklı iki zona ayırmıştır. Kuzeyde, magmatik aktivitenin en yoğun şekilde etkilediği bölge Kuzey zon; güneyde, magmatizma etki alanı dışında kalan tortul havza çökellerinin yüzeylendiği bölge ise, Güney zon olarak tanımlanmıştır.

Türk- Japon Heyeti (1974), " Report on Geological Survey of Trabzon Area " isimli çalışmalarında; bölgedeki Üst Kretase ile Tersiyer Formasyonları arasında belirli bir diskordansın varlığını belirtmekte, ayrıca Üst Kretase yaşlı volkanik kayaların genellikle yoğun bir bozuşmaya uğradıklarını buna karşılık Tersiyer yaşlıların ise daha az altere olduklarını ifade etmektedir.

GÜVEN ve Diğerleri (1993), Trabzon F42 ve G42 paftalarını içine alan alanda yapmış oldukları " 1/100.000 ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları " isimli çalışmalarında; yörede en yaşlı birimin Liyas volkanitleri olduğu, Üst Kretase döneminde kuzey pontidlerde yoğun bir magmatik aktiviteye karşılık güney zonda daha çok tortul birimlerin geliştiğini, Eosen' de magmatik aktivitenin yeniden etkili bir şekilde başlayıp, devam ettiğini Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimleri kesen granitoidlerin kontak zonları oluşturan irili ufaklı stoklar halinde görüldüğünü ifade etmişlerdir.

GENÇ (1994), " Doğu Pontidler' de Volkanizma ve Jeotektonik Gelişim " isimli çalışmasında Liyas, Eosen, Üst Kretase ve Miyosen yaş gruplarına ait bazalt, andezit, trakit, dasit ve riyolitlerle temsil edilen volkanitleri saha gözlemleri ve yapılan ana element analizleri ile incelemiştir. Örneklerin çoğunun kalkalkalen ve alkalen birkaç tanesinin de toleyitik bileşimli olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca bölge volkanitlerinin büyük bölümünün, "orojenik bölge volkanitleri" niteliğinde, bazılarının ise değişik dönemlerde meydana gelen riftleşmenin ürünleri olabileceğini ortaya koymuştur.

SADIKLAR (1994), "Trabzon Yöresindeki Karasal Oluşumlu Fe-Mn Yumrularının Mineralojik ve Jeokimyasal Tanımlanması " isimli çalışmasında güncel topraklar içerisinde Fe-Mn zenginleşmelerine rastlamıştır. Yapılan arazi çalışmaları ve kimyasal analizler

sonucunda yumrular ve bantlar şeklindeki bu zenginleşmelerin andezit, bazalt gibi bazik kayalarda bulunan mafik silikat minerallerinin bozulmasından oluştuğu belirtilmiştir.

KORKMAZ ve VAN (1995), " Trabzon Kıyı Bölgesinin Stratigrafisi " isimli çalışmalarında Trabzon bölgesindeki Üst Kretase' den Pliyo-Kuvaterner' e kadar değişik yaşta ve farklı özellikteki birimlerin varlığına dikkati çekmişlerdir. Bölgenin temelini Kampaniyen - Mestiriyen yaşlı, tortul ara katkılı andezitik - bazaltik lav ve piroklastlardan meydana geldiğini ve çok geniş yayılımı olan volkano - tortul bir istif oluşturduğunu, bu istifin yukarıya doğru Üst Kampaniyen - Mestiriyen yaşlı, beyaz renkli kireçtaşı ve marn ardalanmasına geçtiğini ve bunların üzerine de uyumsuz olarak Eosen yaşlı andezitik - bazaltik lav ve piroklastların geldiğini belirtmişlerdir.

ARSLAN ve Diğerleri (1997), " Doğu Pontid volkanik kayalarının petrojenez ve Jeokimyası " isimli çalışmalarında Pontidlerin Liyas, Üst Kretase ve Eosen' de faaliyet gösteren 3 volkanizma ile karakterize edildiğini, Liyas volkaniklerinin geçişli, Üst Kretase volkaniklerinin subalkalen ve Eosen volkanik kayalarının Trabzon ve Tonya' da alkalen, Gümüşhane' nin güneyinde subalkalen karakterde olduklarını belirtmişlerdir.



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

İncelemenin ilk safhası daha önce inceleme alanında yapılmış olan değişik amaçlı jeolojik araştırmaların değerlendirilmesine yönelik olmuştur.

Çalışmanın devamında inceleme alanının genel jeolojisini tanımlamak amacı ile 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritası hazırlanmış ve yüzeyleyen kayaçların stratigrafik dizilimi ortaya konmuştur. Genel jeoloji çalışmalarıyla elde edilen sonuçlar, daha önce inceleme alanı ve yakın çevresinde yapılmış genel jeoloji çalışmaları ile karşılaştırılmış ve litolojik birimler denetlenmiştir.

İnceleme alanında yüzeyleme veren kayaçların litolojik özelliklerinin daha iyi tanımlanması amacı ile değişik yerlerden alınan kayaç örneklerinin ince kesitleri hazırlanarak, mikroskobik incelemeleri yapılmıştır.

Arazi çalışmaları safhasında inceleme alanındaki birimlerden çatlak ölçüleri alınmış ve bu ölçümlerden hazırlanan kontur diyagramları yardımı ile bölgedeki hakim çatlak konumları tespit edilmiştir.

Trabzon Güney Çevre Yolu Muhtemel Güzergahının mühendislik jeolojisi amaçlı incelemesi sırasında öncelikle litoloji ve ayrışmayı baz alan 1/10000 ölçekli mühendislik jeolojisi hazırlanmıştır. Daha sonra arazi çalışmaları ile kaya kalite özellikleri, süreksizlik özellikleri, deneysel ve gözlemsel çalışmalarla (scanline ölçümleri, schmidt çekici ölçümleri v.b) belirlenmeye çalışılmıştır. Yine arazi çalışmaları sırasında laboratuvar deneyleri için kaya bloklarından örnekler alınmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında ise incelemeleri yapılan her bir alana ait kaya birimlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi amacıyla özgül ağırlık deneyi, schmidt çekici ölçümü, ultrasonik hız (boyuna dalga hızı) ve suda dayanım deneyleri yapılmıştır. Mekanik özelliklerin tespiti için, nokta yük direnci deneyi, tek eksenle basınç direnci deneyi, çekme direnci (İndirekt çekme)

denepleri, dinamik elastisite modülü değerlerini belirlemek için ise ultrasonik deney yapılmıştır.

Yapılan inceleme ve deneyler sonucunda çevre yolu muhtemel güzergahında yüzeaylenen kaya kütlelerinin jeomekanik sınıflaması yapılmış ve mühendislik özellikleri ampirik yöntemlerle belirlenmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar belirtilmiş ve karşılaşılabilecek muhtemel mühendislik problemlerinin çözümüne ilişkin öneriler sunulmuştur.



### 3. BULGULAR

#### 3.1. Stratigrafi ve Petrografi

Çalışma alanı Doğu Pontid Tektonik Birliği' nin (Ketin, 1966) kuzeydoğusunda yer almaktadır.

İnceleme alanında yüzeylenme veren birimlerin yaşları ve yayılımları önceki çalışmalara paralellik göstermesi nedeni ile daha önce verilen adların kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmüştür. Bu çalışmada Türkiye Stratigrafi Komitesinin hazırladığı "Stratigrafi Sınıflama ve Adlandırma Kuralları, (1986)" esas alınarak inceleme alanında yaşlıdan gence doğru aşağıdaki birimler ayırtlanmıştır (Şekil 4).

Çağlayan Formasyonu	( Üst Kretase )
Kabaköy Formasyonu	( Eosen )
Taraça	( Kuvaterner )
Alüvyon	( Kuvaterner )

##### 3.1.1. Çağlayan Formasyonu

###### 3.1.1.1. Tanım ve Dağılım

Doğu Pontidlerde Üst Kretase dönemi volkanizmasının sonucu gelişen bazik volkano-tortul karakterli istif Güven (1993) tarafından Çağlayan Formasyonu olarak tanımlanmıştır.

Bu formasyona ait yüzeylemeler çalışma alanının büyük bölümünü kaplamaktadır. Başlıca Söğütlü, Yıldızlı ve Akyazı civarında yüzeylenmektedir (Ek Şekil 1).

Zaman		Litoloji	Açıklama
Sistem	Seri		
SENZOYİK	Kuvaterner		Alüvyon
	TERSİYER	10	Taraça
	EOSEN	800	Kumlu kireçtaşı - marn arakatkılı andezit, bazalt ve piroklastikleri
	KABAKÖY FORMASYONU	800	
MESOZOYİK	KRETASE		
	ÜST KRETASE		
	Kampaniyen - Maastrichtiyen		
	ÇAĞLAYAN FORMASYONU	800	Kireçtaşı - marn arakatkılı andezit, bazalt ve piroklastikleri

Ölçeksizdir.

Şekil4. İnceleme alanının stratigrafik kolon kesiti

### 3.1.1.2. Litoloji

Birim başlıca andezit-bazalt ve piroklastları ile bunların arasında yer alan tüfit, marn, kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır.

Birim içerisinde en geniş yayılımı aglomeralar göstermektedir. Aglomeralar çoğunlukla andezit, nispeten daha az oranda da bazalt çakıl ve bloklarının gevşek bir çimento malzemesiyle çimentolanması sonucu oluşmuşlardır. Çimento malzemesi aynı türden tuf boyutundaki malzemeden oluşmaktadır. Aglomera elemanlarının boyutları değişiklik göstermektedir (Şekil 5). Bu elemanların boyutları çakıldan, yaklaşık 50cm çaplı bloğa kadar değişmektedir. Nadiren daha büyük boyutlu bloklara da rastlanmakla beraber birim içerisindeki aglomeralarda hakim eleman çapı 20-40 cm arasındadır.



Şekil 5. Çağlayan Formasyonu'na ait aglomeraların araziden bir görünümü

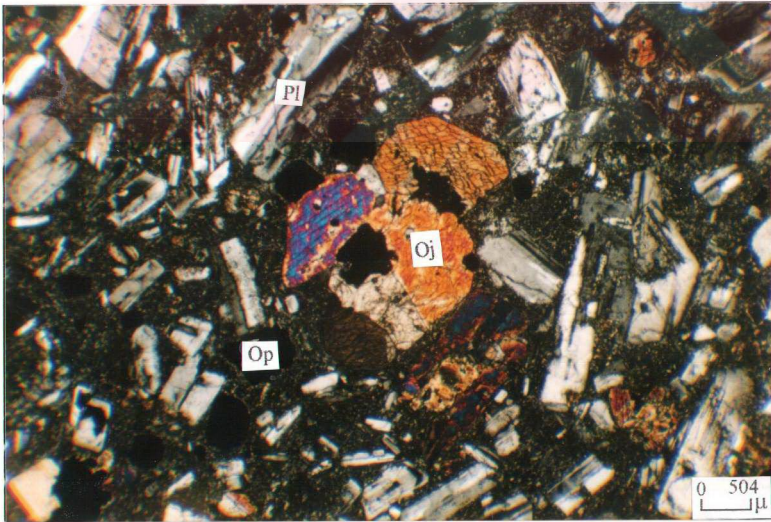
Çalışma alanında gözlenen tüfitler bazik karakterli olup aglomeralar arasında kalınlıkları 0.2-2m arasında değişen seviyeler halinde bulunurlar. Gri-beyaz renkli kireçtaşı ve marnlar katmanlı olup, kalınlıkları 10-15cm arasında değişir. Açık kahverenkli tüfitlerde



ise katman kalınlığı 30-40cm arasındadır. Tüfit, marn, kireçtaşı ardalanması şeklinde görülen birim daha çok Akyazı ve çevresinde yüzeylenmekte olup düşey yönde aglomeralara geçişlidir. Formasyondan alınan makro örneklerden yapılan ince kesitlerin incelenmesi ile şu sonuçlara varılmıştır;

#### Ojitli Andezit:

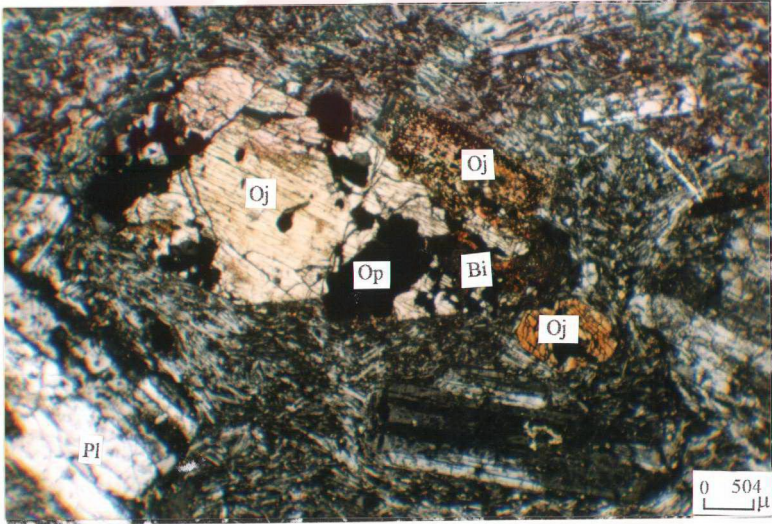
Mikrolitik porfirik strüktür göstermektedir (Şekil 6). Plajiyoklazlar küçük kristal boyutundan iri kristal boyutuna kadar değişmektedir. Plajiyoklazlarda anortit içeriği %45-50 arasında değişmektedir. Plajiyoklaz cinsi  $An_{45-50}$  içeriği ile andezindir. Ojit, genellikle öz ve yarı öz şekilli iri kristaller, hamurda ise küçük kristaller halinde bulunur. Maksimum sönme açıları  $40-44^\circ$  arasında değişmektedir. Bazı ojit minerallerinde tek yönde dilinimler belirginken, bazı kesitlerde ise birbirleri ile dik açılar yapan dilinimler belirgindir. Ojit genellikle klorit ve kalsite ayrılmıştır ve kenar kısımlarında opak mineraller gelişmiştir. Kayaçtaki ikincil mineraller, serizit, kalsit ve klorit minerallerinden oluşmaktadır. Ayrışma ürünü ve çatlak dolgusu şeklinde ikincil olarak gelişmişlerdir.



Şekil 6. Ojitli andezitteki mikrolitik porfirik doku ve öz şekilli ojit mineralinin mikroskobik görüntüsü (Pl: Plajiyoklaz, Oj: Ojit, Op: Opak mineral, ÇN)

### Biyotit-ojitli traki andezit:

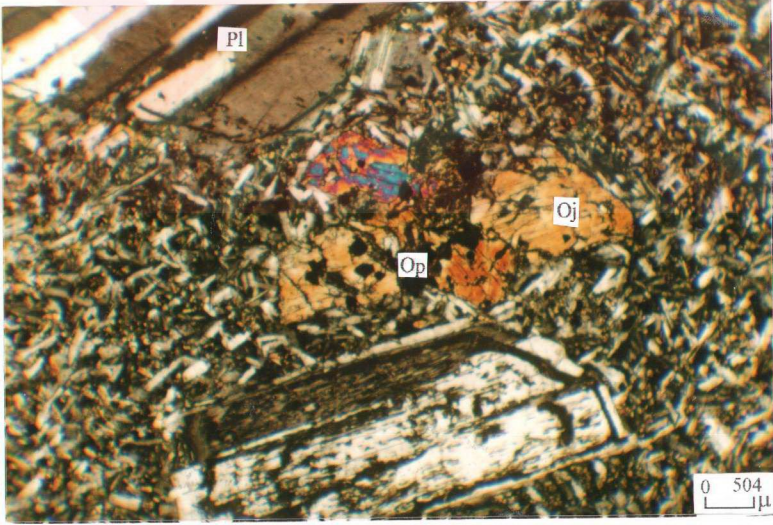
Fluidal (akıntı) strüktürü göstermektedir (Şekil 7). Plajiyoklazlar öz ve yarı öz şekilli levhamsı iri kristaller, hamurda da mikrolitler halinde bulunmaktadır. Mikrolitler belli bir akıntı yönüne göre dizilmişlerdir. Plajiyoklaz cinsi  $An_{45-50}$  içeriği ile andezindir. Genellikle az ayrılmış olup serizitleşmişlerdir. Sanidin, plajiyoklazlara nazaran daha az oranda bulunur. Genellikle küçük, öz şekilli latalar halindedir. Karlspat ikizi yaygın olarak görülmektedir. Ojit, genelde küçük yarı öz şekilli kristaller, seyrek olarak ta iri kristaller halindedir. Maksimum sönme açıları  $41-43^\circ$  arasındadır. İri ojit kristalleri genellikle kırıklı ve çatlaklıdır. Biyotit, öz ve yarı öz şekilli çubuğumsu prizmatik kristaller halindedir. (001) yüzeyine paralel dilinimleri belirgin ve bu dilinime göre dik sönmelidir. Açık sarı ve koyu kahverengi pleokroizma göstermektedir. Bazı biyotit mineralleri kısmen ayrışarak klorite dönüşmüş ve dilinimler boyunca opak mineral yığılımları gözlenmiştir. Serizit ve klorit ikincil mineralleri oluşturmakta ve klorit hamurda ayrışma ürünü olarak bulunmaktadır. Opak mineraller değişik büyüklükteki taneler halindedir. Hamur, plajiyoklaz, sanidin, ojit, biyotit ve opak minerallerin çok küçük tanelerinden oluşmaktadır.



Şekil 7. Biyotit – ojitli traki andezitteki fluidal strüktürün mikroskobik görünümü (Pl: Plajiyoklaz, Oj: Ojit, Bi: Biyotit, Op: Opak mineral, ÇN)

### Ojitli Bazalt:

Mikrolitik porfirik strüktür göstermektedir (Şekil 8). Plajiyoklazlar açık renkli minerallerin tümünü oluşturmaktadır. Hem mikrolitler halinde hem de çok iri kristaller halinde gözlenmektedir. İri plajiyoklaz kristallerinde zonlanma yaygın olarak görülmektedir. Küçük kristallerde albit, iri kristallerde de polisentetik ikizlenme belirgindir. Plajiyoklazlardaki anortit içeriği % 52-56 arasında değişmekte olup, plajiyoklaz cinsi labradordur (010' a dik kesit). İri plajiyoklazlarda az miktarda serizitleşme ve kalsitleşme ile yer yer epidot oluşumları mevcuttur. Ayrışma daha ziyade kristalin merkezine yakın kesimlerde görülmektedir. Ojit, hem iri kristaller, hem de hamurda küçük kristaller halindedir. İri ojit kristalleri öz ve yarı özşekilli olup, genellikle kırıklı yapıdadır. İkincil mineraller, serizit, kalsit, epidot ve klorit minerallerinden oluşmaktadır. Opak mineraller bol miktarda , irili ufaklı taneler halindedir. Hamur, plajiyoklaz, ojit ve opak minerallerin çok küçük kristallerinden oluşmaktadır.



Şekil 8. Ojitli bazaltın mikroskobik görünümü.  
(Pl: Plajiyoklaz, Oj: Ojit, Op: Opak mineral, ÇN)



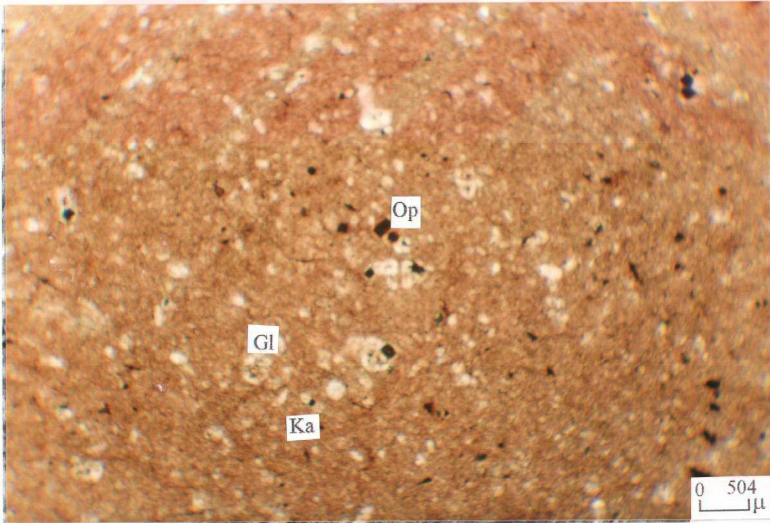
**Vaketaşı:** Bileşenlerin büyük bir çoğunluğunu pelajik fosiller (Globotruncana, mikrokavkı parçaları) oluşturmaktadır.

**Bileşenler;**

**Biyoklastlar:** Karbonatlı bileşenler başlıca %15 biyoklastlardan oluşur. Çoğunlukla iyi korunmuş pelajik foraminiferler (Globotruncana, radiolaria, mikro kavkı parçaları) mevcuttur.

Terijen (kıvrıntılı) bileşenlerden kesit alanı içerisinde küçük parçalar halinde köşeli veya küt köşeli taneler halinde %1-2 oranında K- Feldspat izlenir. Kayaç yer yer laminallı özellikler gösterir.

Matriks	: Mikrit
Çökelme ortamı	: Derin deniz
Enerji seviyesi	: Düşük
Kayaç adı	: Biyomikrit (Folk, 1962) Vaketaşı (Dunham, 1962)
Yaş	: Globotruncana arca (Cushman) Globotruncana Stuarti (De Lapporent)'e göre Kampaniyen-Maastrichtiyen (Tayin: S.ÖZGÜR, 2000)



Şekil 10. Vaketaşının mikroskobik görünümü  
(Gl: Globotruncana, Ka: Kalsit, ÇN)

### 3.1.1.3. Alt, Üst Sınır ve Kalınlık

Çağlayan Formasyonu stratigrafik dizilimde en altta yer aldığı için çalışma alanı içerisinde alt sınırı gözlenememektedir. Ancak önceki çalışmalara göre, Güven (1993), birimin alt sınırını dasit-riyodasit ve piroklastları ve nadiren çamurtaşları içeren Senoniyen yaşlı Kızılkaya Formasyonu oluşturmaktadır. Çalışma alanında birimin üzerine uyumsuzlukla (aşınma uyumsuzluğu) Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu gelmektedir. Birimin kalınlığı Güven,1993' e göre yaklaşık olarak 800m. dir.

### 3.1.1.4. Yaş

Birim içerisindeki biyomikritlerden alınan örneklerin mikropaleontolojik incelemesinde; Globotruncana Arca (CUSHMAN), Globotruncana Stuarti (DE LAPPARENT) fosil türlerine göre birimin yaşı Kampaniyen - Maestrichtiyen olarak saptanmıştır (Tayin; S. ÖZGÜR, 2000).

### 3.1.1.5. Deneştirme

Bu formasyon Zigana yöresinde Üst Kretase yaşlı Zigana Formasyonu' nun A<sub>2</sub> üyesi (Türk-Japon Ekibi, 1985); Güzelyayla (Maçka) yöresinde Kıranoba birimi (Yalçınalp, 1992); Çaykara yöresinde Karona üyesi (Bulut, 1989) ve Trabzon - Maçka güneyi yöresinde andezit-bazalt ve piroklastlardan oluşan B<sub>2</sub> üyesi (Gülibrahimoğlu, 1985) ile hem litolojik, hem de stratigrafik olarak benzerdir.

## 3.1.2. Kabaköy Formasyonu

### 3.1.2.1. Tanım ve Dağılım

Gümüşhane ilinin güneydoğusunda izlenen Eosen yaşlı birimin Kabaköy civarında en iyi şekilde görülmesi dolayısıyla Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu formasyona ait yüzeylemeler çalışma alanında Akçaabat ilçesi ve batı kesiminde görülmektedir (Ek Şekil 1).

### 3.1.2.2. Litoloji

Kumtaşı, kumlu kireçtaşı, ve marn ara seviyeleri içeren gri renkli andezit ve piroklastları ile bol ojitli bazalt ve piroklastlarından oluşmaktadır.

Formasyona ait andezit ve bazaltlar Üst Kretase yaşlı bazaltlara oranla daha sağlamdır. Eosen yaşlı birim, gözle görülebilir büyüklükte ojit kristalleri içermektedir. Bazaltlar yer yer kolonsu debi göstermektedir (Şekil 11).

Bu birimde piroklastikler yaygın olarak görülmektedir. Piroklastikler içerisinde ise aglomeralar tüflere nazaran daha boldur. Aglomera çakılları kısmen yuvarlağımsıdır. Piroklastik kayalara ait tüfler, aglomeralara nazaran daha dar bir alanda, yer yer onlarla ardalanmalı ve karmaşık olarak yer almaktadır. Bundan dolayı aglomera ve tüflerini ayrı haritalama imkanı olmamıştır.

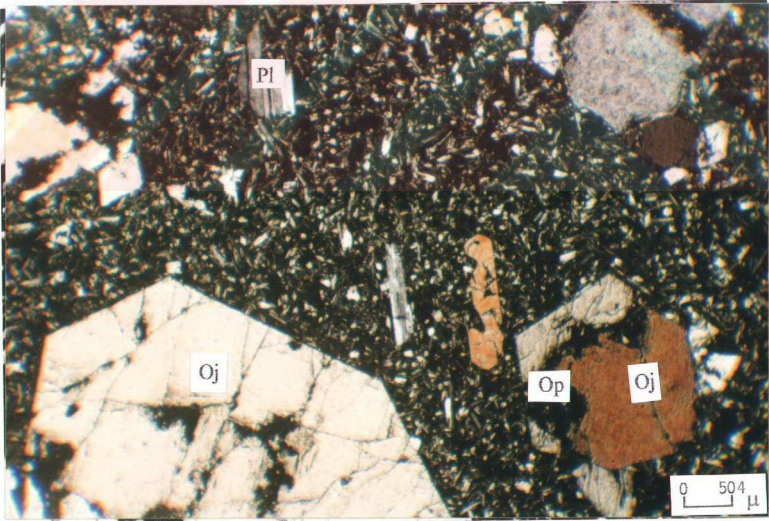


Şekil 11. Kabaköy Formasyonu'na ait kolonsu debi gösteren bazaltların araziden bir görünümü

Farmasyonda hem aglomera çakıllarından hem de lavlardan alınan makro örneklerden yapılan ince kesitlerin incelenmesi ile şu sonuçlara varılmıştır;

### Ojitli Andezit:

Mikrolitik porfirik yapı gösterir (Şekil 12). Plajiyoklazlar açık renkli minerallerin hemen hemen tamamını oluşturmaktadır. Genellikle küçük ve hamur içerisinde gelişigüzel dağılmış kristaller halindedir. Bu plajiyoklaz kristalleri yarı özşekilli olup, az ayrışma gösterirler. Albit ikizine göre 010'a dik kesitlerde yapılan plajiyoklaz tayininde plajiyoklaz cinsi  $An_{44}$  içeriği ile andezin olarak belirlenmiştir. Ojit genelde küçük yarı öz şekilli kristaller, seyrek olarak iri kristaller halindedir. İri kristaller genellikle çatlaklıdır. İkincil mineraller, serizit, klorit ve kalsit minerallerinden oluşmaktadır. Opak mineraller, az oranda küçük düzensiz şekilli taneler halindedir. Hamur, plajiyoklaz, piroksen ve opak minerallerin çok küçük tanelerinden oluşmaktadır.

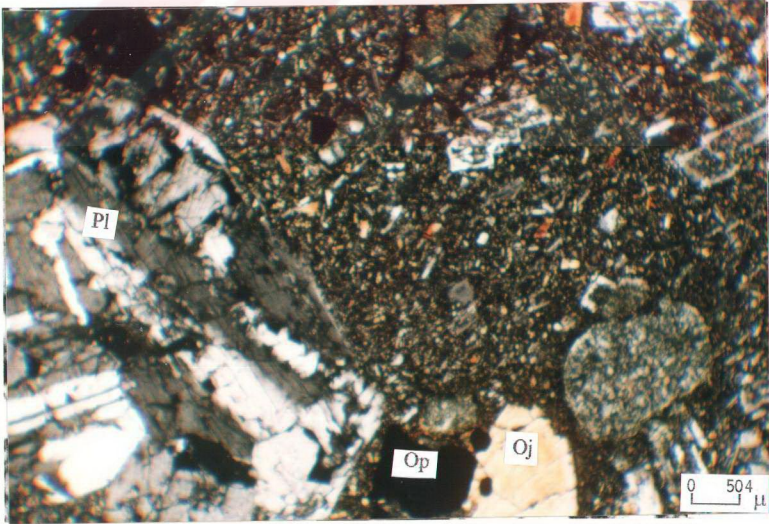


Şekil 12. Ojitli andezitin mikroskobik görünümü.  
(Pl: Plajiyoklaz, Oj: Ojit, Op: Opak mineral, ÇN)



### Olivin- Ojitli Bazalt:

Mikrolitik porfirik strüktür göstermektedir (Şekil 13). Plajiyoklazlar iri, yarı öz ve öz şekilli kristallerden, hamurda da küçük kristallerden oluşmaktadır. İri Plajiyoklaz kristallerinde oldukça kırıklı bir yapı mevcuttur. Plajiyoklazlarda yapılan cins tayininde, bunların  $An_{64}$  içeriği ile labrador olduğu tespit edilmiştir (010'a dik kesit). Genelde serizitleşmiş ve killeşmiş olarak görülmektedirler. Olivin, öz ve yarı öz şekilli levhamsı iri kristaller, hamurda da küçük kristaller halindedir. Klinopiroksenlerle beraber kayaçtaki koyu renkli mineralleri oluşturmaktadır. Bunlarda serpantinleşme ve demiroksit zarfı ile kuşatılma belirgindir. Genelde kırıklı ve çatlaklı yapıda olup, altıgenimsi şekilde bulunmaktadır. Ojit, öz şekilli olup, yer yer kırıklı yapı göstermektedir. Maksimum sönme açıları (010) yüzeyine paralel kesitlerde  $40-43^\circ$  arasındadır. Bazı minerallerde tek yönde, bazılarında ise birbirine dik yönde dilinimler belirgindir. Opak mineraller, yarı öz şekilli olup, koyu renkli mineraller ile birliktelik göstermektedir. İkincil mineraller, serizit, kil, serpantin ve klorit minerallerinden oluşmaktadır. Hamur, plajiyoklaz, olivin, ojit ve opak minerallerin çok küçük tanelerinden meydana gelmektedir.



Şekil 13. Olivin – ojitli bazaltın mikroskobik görünümü  
(Pl: Plajiyoklaz, Oj: Ojit, Op: Opak mineral ÇN)

### 3.1.2.3. Alt, Üst Sınırlar ve Kalınlık

Kabaköy Formasyonu, çalışma alanında, Üst Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Birimin üzerinde taraçalar uyumsuz olarak bulunmaktadır.

Çalışma alanında birimin kalınlığı tespit edilememiştir. Önceki çalışmalara göre birimin yaklaşık kalınlığı 800m dir (Güven, 1993).

### 3.1.2.4. Yaş

Çalışma alanında birim içerisinde yaş tayini yapabilecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Ancak Formasyon içerisinde araseviyeler halinde yeralan kumtaşı-kumlu kireçtaşı örneklerinin önceki çalışmalarda incelenmesi neticesinde formasyonun yaşı; Nümmilites cf. Globus (LEYMERIE), Assilina cf. Exponens (SOWERBY), Assilina cf. Spira, Nümmilites sp., Discocлина sp., Asterocyclina sp., Antinocyclina sp., Amphistegina sp., Alueolina sp. fosil türlerine göre Alt-Orta Eosen olarak saptanmıştır (Güven, 1993).

### 3.1.2.5. Deneştirme:

Bu formasyon Eosen yaşlı Bazaltik Piroklastlar (Taşhan, 1993); Arsin yöresindeki Bazaltik-Andezitik Piroklastlar (Hanedan, 1994) ve Elmaalan (Arsin) yöresindeki Bilenler Bazaltı (Saraç, 1996) ile hem litolojik hem de stratigrafik olarak benzerdir.

### 3.1.3. Taraçalar

Çalışma alanında iki farklı seviyede taraça gözlenmektedir. Birinci seviyedeki taraçaların deniz seviyesinden yükseklikleri yaklaşık 30 m kadar olup eğimleri yataya yakındır. Kum, silt ve kil seviyeleri, zayıf çimentolanmış blok ve çakıl seviyeleri ile ardışıklıdır. Çakıllar genelde bazalt ve andezittir. Bu taraçanın kalınlığı 2-4 m arasında değişir.

İkinci seviyedeki taraçalar ise deniz seviyesinde yer alan plaj kumu ve çakıllarından oluşmaktadır. Bunların yaşları Kuvaternerdir.

### **3.1.4 Alüvyonlar**

Çalışma alanında dere vadileri ve sahil şeridi boyunca görülmektedir. Söğütlü Dere ve Yıldızlı Dere vadilerinde en yoğun şekilde gözlenmektedir. Söğütlü Deresi vadisinde alüvyonların genişliği yer yer 250-300 m yi bulmaktadır. Bu alüvyonlar litolojik olarak daha çok çevreye hakim olan bazalt, andezitler, tüfit, kireçtaşı çakıl ve kumları ile kilden oluşmuşlardır. Söğütlü Dere alüvyonlarının önceki çalışmalardan maksimum kalınlıkları 17 m, ortalama kalınlıkları 7 m olarak tespit edilmiştir (Dilek, 1979).

### **3.1.5 Heyelan Malzemesi**

Çalışma alanında Sera Heyelanı sonucunda oluşan heyelan malzemesi andezitik, bazaltik aglomeralar ve tüfitlerden oluşmaktadır. Bu malzeme heyelan alanında ve Sera deresi vadisinde gözlenmektedir.

## **3.2. Yapısal Jeoloji**

İnceleme alanındaki yapısal unsurları tabakalar, çatlaklar, küçük ölçekli kıvrımlar ve faylar oluşturmaktadır.

### **3.2.1. Tabakalı Yapılar**

Tabakalı yapılar inceleme alanında Üst Kretase yaşlı kireçtaşı, marnlar ve tüflerde ve Eosen yaşlı kumlu kireçtaşlarında gözlenmektedir. Bunlara ek olarak diğer piroklastik birimler içerisinde de yer yer tabakalı yapılara rastlanmaktadır.

Üst Kretase yaşlı kireçtaşı ve marnların tabaka kalınlıkları 10-15 cm arasında değişmektedir. Tabaka doğrultuları KB-GD olup eğimleri 20-25<sup>0</sup> KD' ya doğrudur. Açık

kahverenkli tüflerde ise tabaka kalınlığı 30-40 cm arasında değişmektedir. Tüflerin tabaka doğrultuları KD-GB, eğimleri ise 15-25<sup>0</sup> KB' ya doğrudur.

Çalışma alanı içerisinde yer yer çok küçük ölçekte kıvrımlanmalara rastlanmıştır.

### **3.2.2. Çatlaklar**

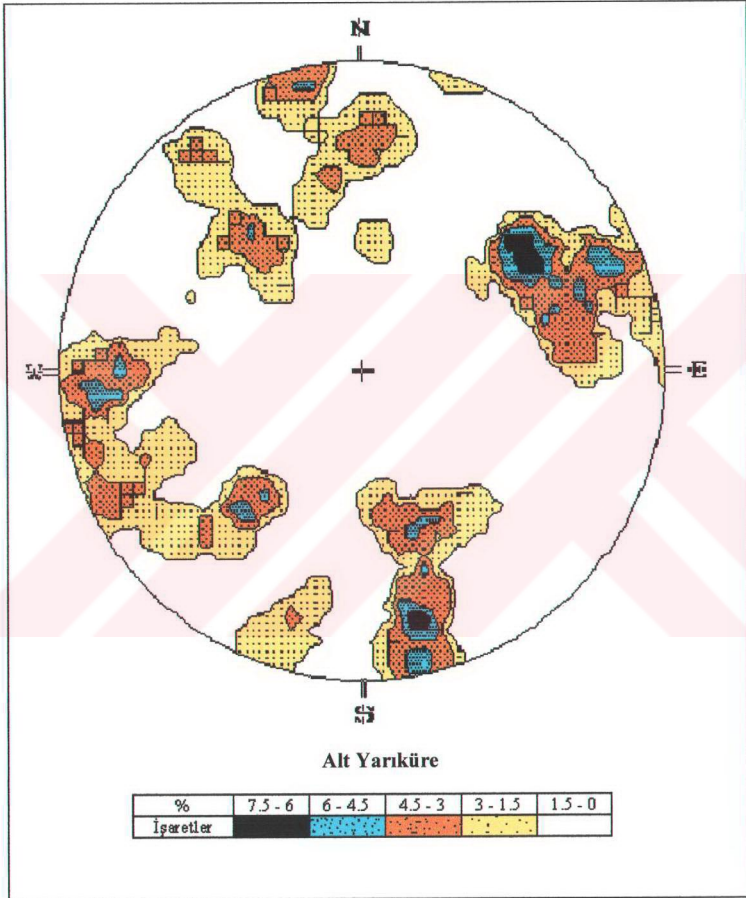
Çalışma sahasındaki kayalar bölgenin tektonik gelişimine bağlı olarak çatlaklı bir yapı sunmaktadır. Çatlak yüzeyleri hidrotermal alterasyon sonucu gelişmiş limonit ve hematit boyamalı olup genellikle hafif pürüzlü yer yerde pürüzlüdür.

### **3.2.3. Faylar**

Çalışma alanının yoğun bitki örtüsüyle kapalı olması nedeni ile belirgin bir faya rastlanılamamıştır. Çağlayan Formasyonu içerisinde Akyazı güneyinde eğim atımlı normal fay gözlenmiştir. Bu fay yaklaşık doğu batı doğrultulu olup aglomera ve tüfit içerisinde ara seviye halinde bulunan tüfit, marn, kireçtaşı ar dalanmasını güneyden sınırlamaktadır.

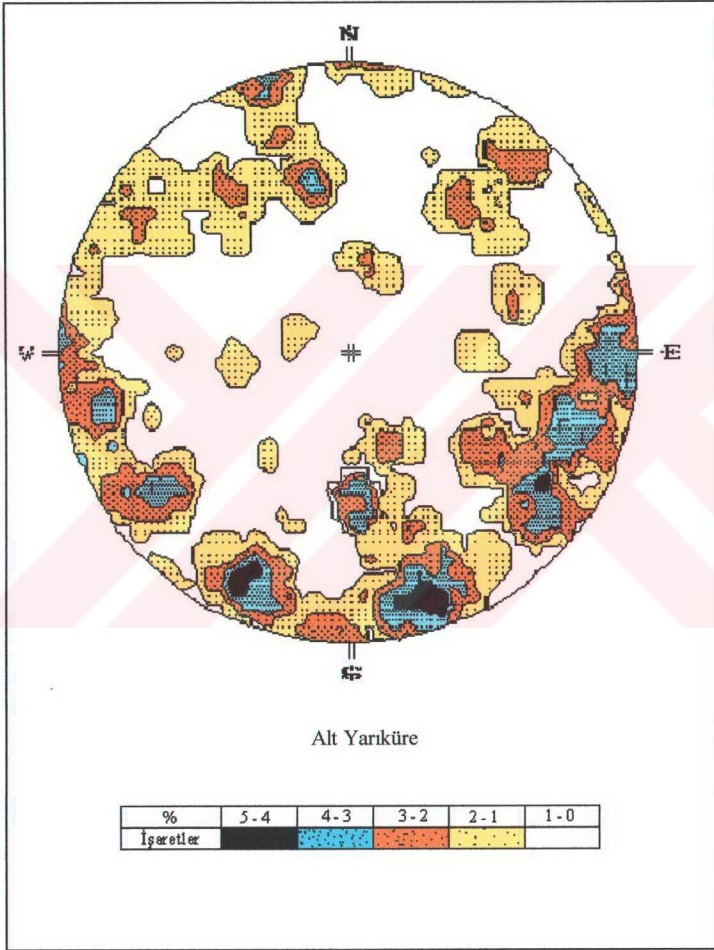


Çağlayan Formasyonu'ndan alınan 100 çatlak ölçüsünden faydalanılarak hazırlanan çatlak kontur diyagramından elde edilen hakim çatlak konumları K75D/65KB, K38B/62GB olarak tespit edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Çağlayan Formasyonu'ndan alınan 100 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı

Kabaköy Formasyonu'ndan alınan 100 çatlak ölçüsünden faydalanılarak hazırlanan çatlak kontur diyagramından elde edilen hakim çatlak konumları K35D / 73KB, K72D / 78KB ve K63B / 79KD olarak tespit edilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Kabaköy Formasyonu'ndan alınan 100 çatlak ölçüsüne ait kontur diyagramı

### 3.3. Mühendislik Jeolojisi

#### 3.3.1. Giriş

Bu bölümde Trabzon Güney Çevre Yolu Güzergahının Darıca - Yalı Mahallesi arasında kalan yaklaşık 15 km uzunluğunda ve 1 km genişliğindeki alanının mühendislik jeolojisi incelenmektedir.

Yol güzergahında yüzeylenen kaya kütleleri litoloji ve ayrışma derecelerine göre gruplandırılarak, her bir litoloji ve ayrışma derecesi için bir alan tanımlanmış ve bunlar 1. alan "orta derecede ayrışmış aglomera", 2. alan "az ayrışmış aglomera", 3. alan "az ayrışmış bazalt", 4. alan "orta derecede ayrışmış tüf" ve 5. alan "ayrışmış breş" şeklinde numaralandırılmıştır. Bu durum baz alınarak 1/10.000 ölçeğinde mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır (Şekil 16).

Bu alanların kaya kütlelerinin süreksizlik özellikleri tespit edilmiştir ve kaya kütlelerinden alınan kaya bloklarından hazırlanan örnekler üzerinde deneyler yapılmıştır.

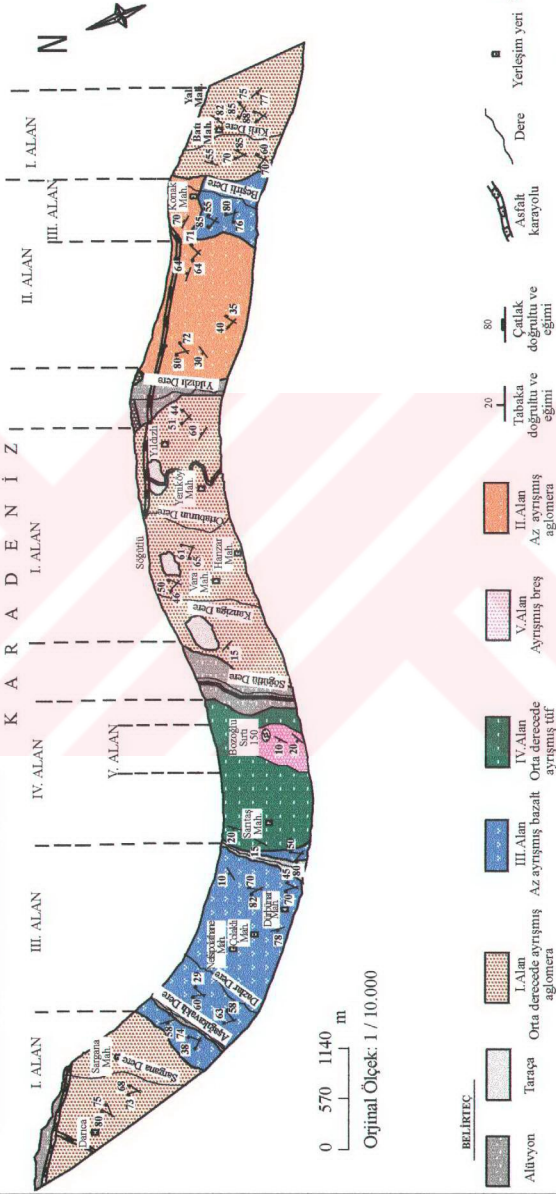
#### 3.3.2. Ayrışma

Literatürde, ayrışma terimi değişik şekillerde tanımlanmıştır. Genel anlamda ayrışma, mineral ve kayalarda sonradan oluşan fiziksel ve kimyasal değişimleri ifade etmektedir (Gary vd., 1972).

Doğal süreçlerde gelişen ayrışma, zaman ölçeği dikkate alındığında; a-) Jeolojik süreçte ayrışma b-) Mühendislik zamanında ayrışma şeklinde iki başlık altında toplanabilir. Kayaların oluşumundan günümüze kadar geçirdikleri tüm değişiklikler jeolojik süreçteki ayrışmayı oluşturmaktadır. Yapı taşlarının üretim aşamalarından kullanıldıkları mühendislik yapısının ömrü boyunca doğal olarak geçirdikleri değişimler de mühendislik zamanındaki ayrışma olarak ele alınmaktadır (Ceryan, 1999).

## DARICA (AKCAABAT) - YALILI MAHALESİ (TRABZON) ARASINDA KALAN GÜNEY ÇEVRE YOLU GÜZERGAHININ MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ HARİTASI

Mühendislik Özellikleri İncelenen Alanlar





Şekil 16. Yol güzergahına ait mühendislik jeolojisi haritası

Kayacın oluşumundan bugüne kadar ki jeolojik süreçte geçirdiği değişiklikler a-) Yüzeysel etkilerle (atmosfer, hidrosfer ve biyosferdeki olaylar) oluşan yüzeysel ayrışma ve b-) Hidrotermal alterasyon başlığı altında toplanabilir (Ceryan, 1999).

Ayrışma süreçlerindeki işlemler fiziksel ve kimyasal ayrışma olarak değerlendirilebilir. Biyolojik olaylara bağlı olarak gelişen değişim, sonuçları dikkate alınarak fiziksel ve kimyasal ayrışmaya dahil edilebilir. Doğada, genellikle her iki ayrışma türü aynı anda etkilidir. Fakat genelde biri diğerine daha baskındır.

Ayrışmış kaya malzemesi ve kütlelerinin sınıflandırmasında Martin ve Hencer (1986) tarafından önerilen ayrışma sınıflandırması esas alınmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Heterojen kütleler için ayrışma sınıflaması (Martin ve Hencer (1986))

Derece	Tanımlama	Malzeme Derecesi Oranı	Açıklama
1	Taze	Kaya oranı %100	Kaya gibi davranır. Kaya mekanik prensipleri uygulanır.
2	Az ayrışmış	Kaya oranının %90' ı I-III %10' u IV-VI dan meydana gelir.	Sürekli yüzeyleri boyunca zayıf malzeme. Kayma gerilmesi, sertlik ve geçirimsizlik etkilidir.
3	Orta ayrışmış	Kaya oranının %50-90' ı I-III %10-50' si IV-VI dan meydana gelir.	Kaya yapısı hala korunur ve direnç ve sertliği kontrol eder. Matriks geçirimsizliği kontrol eder.
4	Yüksek ayrışmış	Kaya oranının %30-50' si I-III %50-70' i IV-VI dan meydana gelir.	Kaya yapısı dirence destek sağlar. Matriks yada süreksizliklerdeki ayrışma ürünleri sertlik ve permeabiliteyi kontrol eder.
5	Tamamen ayrışmış	Kaya oranının %30 dan azı I-III %70 den fazlası IV-VI dan oluşur.	Zayıf taneler davranışı kontrol eder. Kaya parçaları yapı için önemli olabilir.
6	Rezdüel zemin	Kaya oranının %100' ü IV-VI dan meydana gelir.	Kaya dokusu hala gözlemlenebilir de zemin gibi davranır.
		I-III Kaya elle kırılmayacak kadar sağlam	
		IV-VI Kaya elle kırılabilir kadar zayıf, zemin özelliğindedir.	



Çalışma alanında ayrılmış kayaçların tanımlanması, jeolojik özelliklerin (litolojik özellikler ve süreksizlik durumu) görsel olarak tariflemesine ve arazide de uygulanabilen standart olmayan basit mekanik deneylere dayandırılmıştır. Bu nedenle ayrılmış kayaçların tanımlanmasında Ceryan (1999) tarafından önerilen Tablo 4 dikkate alınmıştır.

Tablo 4. Ayrılmış kayaçların tanımlanmasında kullanılan makroskobik özellikler ile basit mekanik deneyler ve uygulandıkları ayrışma dereceleri (Ceryan, 1999)

Derece	Taze	Az Ayrılmış	Orta Derecede Ayrılmış	Yüksek Derecede Ayrılmış	Tamamen Ayrılmış	Kalıntı Toprak
Kaya Malzemesi	Orijinal yapının varlığı					
	Kaya malzemesinde renk bozulma derecesi					
	Fiyetit ve feldispatın kimyasal bozunma derecesi					
	Fiziksel parçalanma derecesi					
	Kaya malzemesinin göreceli direnci					
	(büyük parçaların elle kırılabilirliği)					
	Ufalanabilirlik					
	Malzemenin suda dağılabilirliği					
	Çekiç darbesiyle göreceli sertlik ölçümü					
	El ile kazılabilirlik					
Jeolog çekiçi sivri ucu ile penetreyon						
Kaya malzemesinin göreceli geçirirliliği						
Kaya Kütleli	Süreksizlik yüzeylerinde ayrışma					
	Kaya/toprak oranı					
	Çekirdek taşlarının durumu					
	Süreksizlik açıklığı					
	Süreksizliğin ayrışma derecesi					
	Kaya kütlelerinin göreceli geçirirliliği					
	Birim alandaki çatlak izi miktarı					
Süreksizlik ara uzaklığı						
Ayrışmayla oluşan kırıkların varlığı						

### 3.3.3. Süreksizlik Özellikleri

Çalışma alanı içerisindeki en önemli süreksizlikleri çatlaklar oluşturmaktadır. Bu çatlaklar oluşumlarına bağlı olarak tektonik, rahatlama, ayrışma ve patlatma çatlaklarıdır.

Tektonik çatlaklar, bölgesel tektonizmaya bağlı olarak oluşmuşlardır. Sistematik olarak gelişmiş olan bu çatlaklar çatlak takımı oluştururlar.

Rahatlama çatlakları, kayaçların üzerindeki yükün kalkmasıyla oluşmuştur ve topografik yüzeye paralel olarak gelişmişlerdir. Az ayrışmış bazaltik kütlelerdeki rahatlama çatlakları çoğunlukla dolgusuzdur.

Ayrışma ile oluşan çatlaklar yüzeye yakın kısımlarda bulunurlar, düzensiz olarak gelişmişlerdir ve çoğunlukla ayrışmış kayaç dolguludurlar. Tektonik çatlaklara göre uzunlukları daha kısa, pürüzlülükleri daha fazla olan bu çatlaklar, farklı doğrultuda gelişmişlerdir.

Patlatmalarla oluşan çatlaklar, çoğunlukla patlayıcı maddenin konulduğu delikleri merkez alan ışınal doğrular şeklinde gelişmiştir. Bu çatlakların yüzeyleri çoğunlukla temizdir.

Tüf ve breşlerde yer yer görülen tabakalı yapılar diğer süreksizlikleri oluşturmaktadır.

#### 3.3.3.1. Kaya Kalitesi Özelliği (RQD)

Yol güzergahı boyunca incelenen alanlardaki kaya kalitesi özelliği yüzeylemelerde oluşturulan ölçüm hatlarından elde edilen 1m deki çatlak sayısı ( $\lambda$ ) ve hacimsel çatlak sayısı ( $J_v$ ) kullanılarak belirlenmiştir.

Bu alanların çoğunlukla bitki örtüsü ile kaplı olması, sistematik çatlakların gözlenmesini zorlaştırmıştır. Sistematik çatlakların yanı sıra rastgele çatlakların bulunduğu yüzeylemelerde RQD' yi belirlemek için 1m deki ortalama çatlak sayısından

yararlanılmıştır. RQD' nin hesaplanması için Priest ve Hudson (1976) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$RQD = 100 \times e^{(-0.1\lambda)} (0.1\lambda + 1) \quad (1)$$

Bu eşitlikte :

RQD ; Kaya kalitesi özelliği (%)

$\lambda$  ; 1m uzunluktaki ölçüm hattını kesen ortalama çatlak sayısıdır.

Sadece sistematik çatlakların rastlandığı yüzeylemelerde RQD' yi belirlemek için  $1m^3$  teki çatlak sayısını ifade eden hacimsel çatlak sayısından ( $J_v$ ) yararlanılmıştır.  $J_v$  değerlerinden yararlanarak RQD' yi bulmak için Palmstrom (1974) tarafından verilen aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$J_v > 4.5 \text{ için } RQD = 115 - (3.3 J_v) \quad (2)$$

$$J_v < 4.5 \text{ için } RQD = 100$$

Ölçüm yapılabilen yerlerde 1m uzunluktaki hattı kesen çatlak sayısını belirlemek için birbirine dik iki istikamette ölçüm hattı oluşturulmuş ve bu ölçüm hatlarını kesen çatlaklar sayılmıştır.

$1m^3$  teki çatlak sayısını ( $J_v$ ) bulmak için her bir çatlak takımına dik olarak çekilen 5-10m lik ölçüm hatlarını kesen çatlakların sayısı belirlenerek aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Barton vd., 1974).

$$J_v = \sum_{i=1}^n (C_{si} / L_i) \quad (3)$$

Bu eşitlikte :

$J_v$  ; Hacimsel çatlak sayısı (çatlak/ $m^3$ )

$n$  ; Çatlak takımı sayısı

$L$  ; Ölçüm hattı uzunluğu (m)

$C_s$  ; Ölçüm hattını kesen çatlak sayısıdır.

İncelenen alanlardan elde edilen RQD değerlerinin Deere, 1963 tarafından verilen RQD sınıflamasındaki yerleri Tablo 5' te verilmiştir.

Tablo 5. İncelemeleri yapılan alanlara ait RQD değerleri ve bu değerlerin Deere, 1963 tarafından verilen RQD sınıflamasındaki yerleri.

ALAN NO		1	2	3	4	5
Kaya Türü ve Ayrışma Derecesi		Aglomera Orta Derecede Ayrışmış	Aglomera Az Ayrışmış	Bazalt Az Ayrışmış	Tüf Orta Derecede Ayrışmış	Breş Ayrışmış
Kaya Kalitesi Özelliği (RQD) (Deere, 1963)	Kaya Kalitesi Tanımı	RQD (%)				
	Çok kötü	< 25				
	Kötü	25 - 50				
	Orta	50 - 75				
	İyi	75 - 90				
	Çok iyi	90 - 100				

Tablo 5 incelendiğinde, 1. alandaki kayaçların "iyi kaliteli", 2. ve 3. alanlardaki kayaçların "çok iyi kaliteli", 4. alandaki kayaçların "kötü kaliteli" ve 5. alandaki kayaçlarında "çok kötü kaliteli" olduğu görülmektedir.

### 3.3.3.2. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Açıklığı

Çalışma alanında yol güzergahı boyunca yüzeyleme veren kayaçlarda yapılan süreksizlik ölçümlerinden yararlanarak ortalama çatlak ara uzaklığı bulunmuştur. Süreksizlik ara uzaklığı değerleri kayaç litolojisine ve ayrışma durumuna göre değişmektedir. Ayrışma değeri arttıkça süreksizliklerin ara uzaklığı azalmaktadır.

Arazide yapılan ölçümler ve gözlemlere dayanarak çatlak açıklığının ayrışmayla beraber arttığı sonucuna varılmıştır. Çatlak açıklıkları 0.5 mm den 20 mm ye kadar değişmektedir.

İncelenen alanlardan belirlenen süreksizlik ara uzaklığı ve süreksizlik açıklığına ilişkin değerlerin Deere, 1963 tarafından verilen çatlak ara uzaklığı ve ISRM, 1975 tarafından önerilen çatlak açıklığı sınıflamasındaki yerleri Tablo 6 ve Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 6. İncelenen alanlarda ölçülen çatlak ara uzaklıkları sonuçlarının değerlendirilmesi

ALAN NO		1	2	3
Kaya Türü ve Ayrışma Derecesi		Aglomera Orta Derecede Ayrışmış	Aglomera Az Ayrışmış	Bazalt Az Ayrışmış
Çatlak Ara Uzaklığı (Deere, 1963)	Çatlak Özelliği	Çatlak Ara Uzaklığı (cm)		
	Çok sık	< 5		
	Sık	5 - 30		
	Orta	30 - 100		
	Seyrek	100 - 300		
	Çok seyrek	> 300		

Tablo 6 incelendiğinde Deere, 1963 tarafından verilen sınıflamaya göre 1., 2., ve 3. alanlarda yüzeylenen kayaların "orta çatlaklı kaya" olduğu görülmektedir.

Tablo 7. İncelenen alanlarda ölçülen çatlak açıklıklarının değerlendirilmesi

ALAN NO		1	2	3	4	5
Kaya Türü ve Ayrışma Derecesi		Aglomera Orta Derecede Ayrışmış	Aglomera Az Ayrışmış	Bazalt Az Ayrışmış	Tüf Orta Derecede Ayrışmış	Breş Ayrışmış
Çatlak Açıklığı (ISRM, 1975)	Kayaç Tanımı	Çatlak Açıklığı (mm)				
	Çok sıkı	< 0.1				
	Sıkı	0.1 - 0.5				
	Orta	0.5 - 2.5				
	Geniş	2.5 - 10				
	Çok geniş	>10				



Tablo 7 incelendiğinde 1. alandaki kayaçların çoğunlukla "geniş", 2. alandaki kayaçların "orta", 3. alandaki kayaçların "orta-geniş", 4. alandaki kayaçların "geniş-çok geniş" ve 5. alandaki kayaçların da "çok geniş" çatlak açıklığına sahip olduğu anlaşılmaktadır.

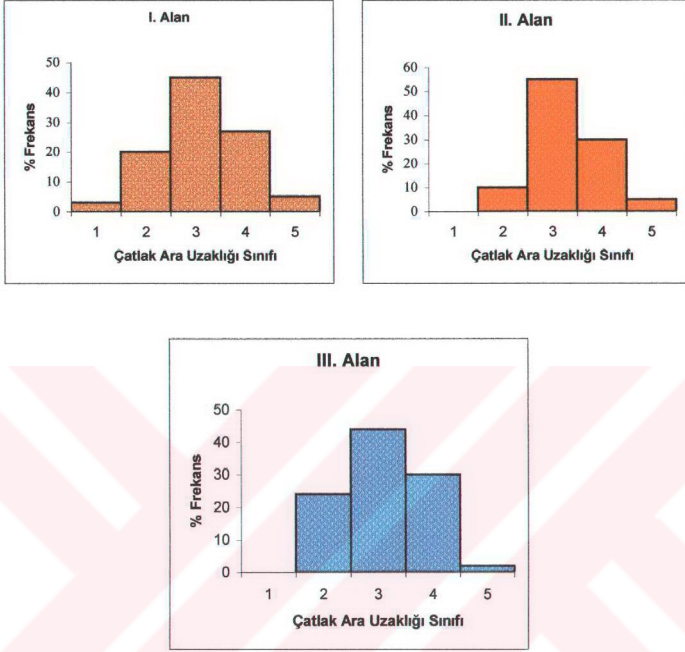
İncelenen alanlardan ölçülen tabaka kalınlıklarının Deere, 1963 tarafından verilen tabaka kalınlığı sınıflamasındaki yerleri Tablo 8' de verilmiştir.

Tablo 8. İncelenen alanlarda ölçülen tabaka kalınlıklarının değerlendirilmesi

ALAN NO		4	5
Kaya Türü ve Ayrışma Derecesi		Tüf Orta Derecede Ayrışmış	Breş Ayrışmış
Kaya Tanımı (Deere, 1963)	Kaya Tanımı	Tabaka Kalınlığı (cm)	
	Çok kalın tabakalı	> 300	
	Kalın tabakalı	300 - 100	
	Orta tabakalı	100 - 30	
	İnce tabakalı	30 - 5	
	Çok ince tabakalı	< 5	

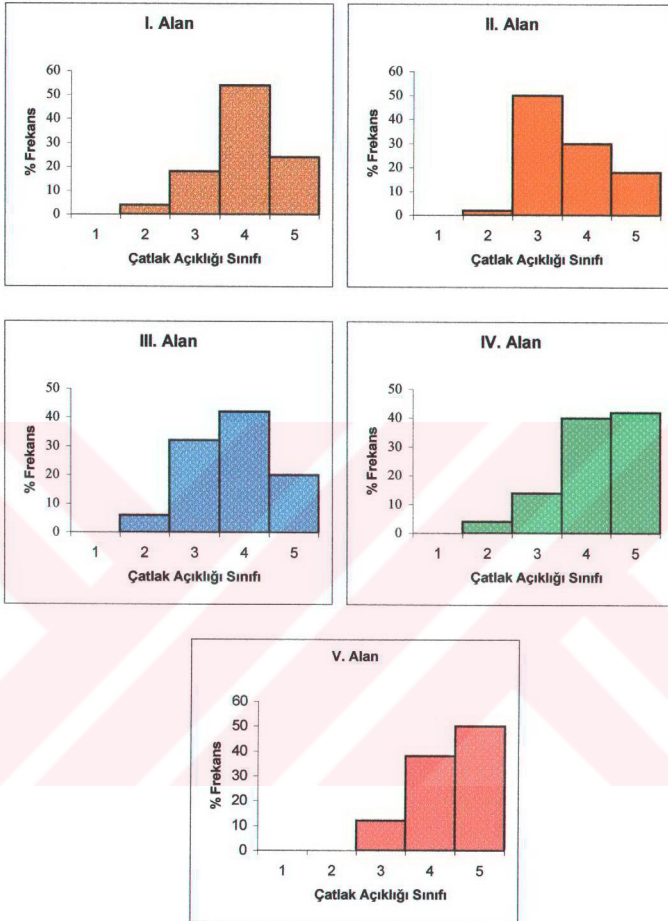
Deere, 1963 tarafından verilen ve tabaka kalınlıklarını dikkate alan Tablo 8' deki sınıflamaya göre, tüfler "orta tabakalı", breşler ise "ince tabakalı" kaya sınıfında bulunmaktadır.

Ayrıca inceleme alanlarında ölçülen çatlak ara uzaklığı (Şekil 17), çatlak açıklığı (Şekil 18) ve tabaka kalınlığı (Şekil 19) değerlerinden yararlanarak histogramlar hazırlanmıştır.



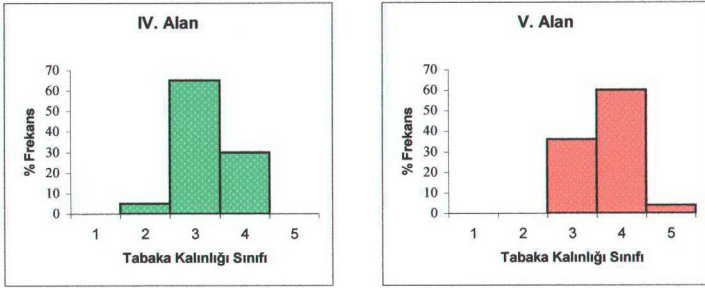
Çatlak Ara Uzaklığı Sınıfı	Tanımlama ( Deere, 1963 )	Çatlak Ara Uzaklığı (cm)
1	Çok sık	< 5
2	Sık	5 - 30
3	Orta	30 - 100
4	Seyrek	100 - 300
5	Çok seyrek	> 300

Şekil 17. İnceleme alanlarında ölçülen çatlak ara uzaklığı değerleri



Çatlak Açıklığı Sınıfı	Tanımlama ( ISRM,1975 )	Çatlak Açıklığı (mm)
1	Çok sıkı	< 0.1
2	Sıkı	0.1 - 0.5
3	Orta	0.5 - 2.5
4	Geniş	2.5 - 10
5	Çok geniş	> 10

Şekil 18. İnceleme alanlarında ölçülen çatlak açıklığı değerleri



Tabaka Kalınlığı Sınıfı	Tanımlama (Deere, 1963)	Tabaka Kalınlığı (cm)
1	Çok kalın tabakalı	> 300
2	Kalın tabakalı	300 - 100
3	Orta tabakalı	100 - 30
4	İnce tabakalı	30 - 5
5	Çok ince tabakalı	< 5

Şekil 19. İnceleme alanlarında ölçülen tabaka kalınlığı değerleri

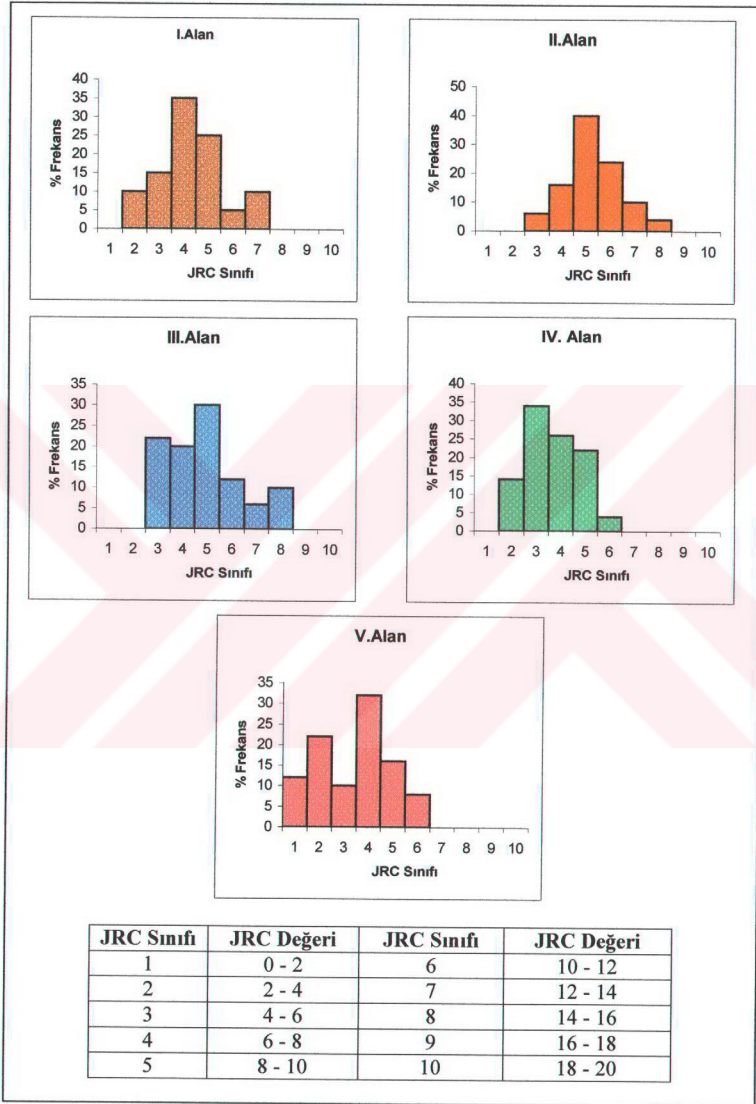
### 3.3.3.3. Süreksizliklerde Pürüzlülük ve Dolgu Türü

Süreksizliklerin kesme direncini etkileyen en önemli faktörlerden biri süreksizlik yüzeyinin düzlemsellikten uzaklaşma durumudur. Bu durum dalgalanma ve pürüzlülük olarak tanımlanmaktadır (Barton, 1978; ISRM, 1978).

Çalışma alanında çatlak yüzeylerinin pürüzlülüğü, özel olarak geliştirilmiş pürüzlülük tarağı ile ölçülmüştür. Ölçümleri yapılan çatlak yüzeylerine ait pürüzlülük değerleri Şekil 20' de verilmektedir. Bu ölçümler Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilen standart profillerle karşılaştırılarak çatlak pürüzlülük katsayıları (JRC) Tablo 9' dan bulunmuştur.

Bulunan değerlere göre; orta derecede ayrılmış aglomeraların (1. alan), hafif pürüzlü, az ayrılmış aglomeraların (2. alan), pürüzlü, az ayrılmış bazaltların (3. alan), pürüzlü, orta derecede ayrılmış tüflerin (4. alan), düz ve ayrılmış breşlerin (5. alan), pürüzlü oldukları saptanmıştır.

Az ayrılmış bazalt ve aglomeralarda çatlak açıklığı 3 mm den fazla olan çatlaklar ayrılmış kayaç malzemesi ile dolguludur. Orta derecede ayrılmış aglomeralardaki çatlaklarda süreksizlik yüzeyinden itibaren ayrışmanın ilerlemesiyle birlikte çatlak dolgusu olarak kil ve ayrılmış kaya malzemesinin oranı artmıştır. Yine artan ayrışmayla beraber süreksizliklerde renk değişimi de artmıştır.



Şekil 20. İnceleme alanlarında ölçülen çatlak pürüzlülük katsayısı (JRC) değerleri



Tablo 9. Çatlak pürüzlülük katsayıları (JRC)

	<u>Tipik Pürüzlülük Profilleri</u>	<u>JRC değeri</u>
1		0 - 2
2		2 - 4
3		4 - 6
4		6 - 8
5		8 - 10
6		10 - 12
7		12 - 14
8		14 - 16
9		16 - 18
10		18 - 20

### 3.3.4. Kayaların Fizikomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Kaya kütlelerinin davranışını etkileyen en önemli parametrelerden biri kaya kütlelerinin fizikomekanik özellikleridir. Hem kaya kütlelerini tanımlamak, hem de kaya malzemesinin mühendislik performansını tayin etmek için gerekli olan fizikomekanik

özellikler, kaya bloklarından çıkarılan karot örnekleri ve şekilsiz örnekler üzerinde yapılan deneylerle saptanmıştır.

#### 3.3.4.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Yol güzergahı boyunca incelenen alanlarda yüzeyleme veren süreksizlikler tarafından sınırlanan, bozulmamış kaya bloklarından Şekil 21' de gösterilen laboratuvar tipi sondaj makinesi kullanılarak karot örnekleri alınmıştır. Karot örnekleri alımında 42 mm çaplı karotiyer kullanılmıştır.

Kaya bloklarından çıkarılan karot örnekleri, boyları çaplarının iki katı kadar olacak biçimde Şekil 22' de gösterilen taş kesme makinesi ile kesilmiştir. Kesilen karot örneklerinin uçları Şekil 23' de gösterilen karot ucu düzeltme makinesi ile düzeltilmiştir. Daha sonra karot örneklerinin pürüzlülük durumları ve paralelliği komperatör yardımı ile kontrol edilerek, örnekler deney yapılmaya hazır hale getirilmiştir.



Şekil 21. Laboratuvar tipi sondaj makinesi



Şekil 22. Taş kesme makinesi



Şekil 23. Karot ucu düzeltme makinesi

### 3.3.4.2. Fiziksel Özellikler

#### 3.3.4.2.1. İndeks Özellikleri

Kaya kütlelerinin indeks özelliklerini belirlemek için kaya malzemelerinden alınan karotlar üzerinde yapılan deneylerde TS 8615, UDK 622.02, TSE 1990 "Doğal Yapı Taşlarının Muayenesi ve Deney Metodları" esas alınmıştır.

İndeks özelliklerinin saptanması amacıyla yapılan özgül ağırlık deneyinde, öncelikle karot örneklerinden alınan yaklaşık 100gr örnek öğütülerek karıştırılmış ve karışımdan çeyrekleme (dörtleme) yöntemiyle yaklaşık 25' er gr örnek alınarak her kaya türü için üçer adet deney yapılmıştır. Sonuçta bunların ortalaması alınarak özgül ağırlıkları bulunmuştur. Bloklardan alınan karot örnekleri 105°C de 24 saat etüvde kurutulduktan sonra tartılarak kuru ağırlıkları bulunmuştur. Daha sonra 48 saat arı suda bekletilip tartılarak doymun ağırlıkları belirlenmiştir. Bu verilerden faydalanarak kayaların kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k$ ), doymun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ ), porozite (n), ağırlıkça su emme ( $a_s$ ), doymunluk derecesi (Sr) ve hacimsel su emme ( $h_s$ ) gibi indeks özellikleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 10., 11., 12., 13. ve 14.' de verilmiştir.

Tablo 10. I. Alana ait aglomeraların indeks özellikleri

KAYA TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ							
		$\gamma_s$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	n (%)	$a_s$ (%)	Sr (%)	$h_s$ (%)
AGLOMERA	Veri Sayısı	-	20	20	20	20	20	20
	En büyük değer	2,74	2,617	2,635	6,7	0,9	43	2,4
	En küçük değer	2,74	2,555	2,571	4,5	0,6	24	1,5
	Ortalama	2,74	2,593	2,612	5,3	0,7	36	1,89
	Standart Sapma	-	0,02	0,02	0,61	0,07	4,64	0,17

Tablo 11. II. Alana ait aglomeraların indeks özellikleri

KAYA TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ							
		$\gamma_s$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	n (%)	as (%)	Sr (%)	hs (%)
AGLOMERA	Veri Sayısı	-	12	12	12	12	12	12
	En büyük değer	2,72	2,415	2,464	12,9	2,1	43	5
	En küçük değer	2,72	2,365	2,415	11,2	1,8	36	4,2
	Ortalama	2,72	2,401	2,448	11,7	2,0	41	4,8
	Standart Sapma	-	0,012	0,012	0,441	0,09	2,461	0,216

Tablo 12. III. Alana ait bazaltların indeks özellikleri

KAYA TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ							
		$\gamma_s$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	n (%)	as (%)	Sr (%)	hs (%)
BAZALT	Veri Sayısı	-	20	20	20	20	20	20
	En büyük değer	2,98	2,919	2,961	4,8	1,5	69	4,4
	En küçük değer	2,98	2,837	2,862	2	0,6	43	1,8
	Ortalama	2,98	2,867	2,894	3,801	0,938	61,249	2,69
	Standart Sapma	-	0,02	0,02	0,63	0,26	7,32	0,75

Tablo 13. IV. Alana ait tüflerin indeks özellikleri

KAYA TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ							
		$\gamma_s$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	n (%)	as (%)	Sr (%)	hs (%)
TÜF	Veri Sayısı	-	20	20	20	20	20	20
	En büyük değer	2.55	1.79	2.058	35.4	15.9	90	26.8
	En küçük değer	2.55	1.651	1.908	29.8	13.3	70	23
	Ortalama	2.55	1.691	1.939	33.7	14.6	74	24.8
	Standart Sapma	-	0.03	0.03	1.34	0.75	4.08	1.04

Tablo 14. V. Alana ait breşlerin indeks özellikleri

KAYA TÜRÜ	İNDEKS ÖZELLİKLERİ							
		$\gamma_s$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	n (%)	as (%)	Sr (%)	hs (%)
BREŞ	Veri Sayısı	-	12	12	12	12	12	12
	En büyük değer	2.61	1.811	2.047	34.5	15.5	79	26.5
	En küçük değer	2.61	1.71	1.976	30.6	13.1	77	23.7
	Ortalama	2.61	1.773	2.023	32.1	14.1	79	25
	Standart Sapma	-	0.03	0.02	1.09	0.69	0.76	0.82



### 3.3.4.2.2. Sertlik

İnceleme alanlarındaki kayaçların sertlikleri schmidt çekici ile belirlenmiştir. Schmidt çekici betonun direncini ölçmek için ilk kez İsviçre' de geliştirilmiştir. Günümüzde kayaçların sertliğini ölçmek ve basınç direncini belirlemek için geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Schmidt çekici ile yapılan sertlik ölçümleri değerlendirilirken yaygın olarak geri tepme sayılarının ( R ) yüksek değeri kullanılmaktadır. Bu durum düşük R değerlerinin kolay bulunmasına, yüksek değerlerin zor elde edilmesine dayanmaktadır. Düşük değerler kayaçlardaki ezilmelerden, kaya yüzeyi durumundan, deney aletinin fiziksel durumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla beraber düşük değerler sadece yukarıda verilen faktörlere bağlı değildir (Göktan ve Ayday, 1993).

Ayrışmayla beraber taneler arasındaki bağ zayıflamakta, yeni süreksizlikler oluşmakta ve kayaçta heterojenlik artmaktadır. Bunların sonucu olarak ayrılmış kayaç yüzeylerinde ölçülen R değerlerinin küçük olması yüzeyi temsil etmesi açısından normaldir. Dolayısıyla düşük R değerlerinin de hesaba katılması daha doğru olmaktadır.

Schmidt çekici ile sertliğin ölçümüne başlamadan önce süreksizliklerin yüzeyi dolgudan temizlenmiş ve blok örneklerin yüzeyi düzeltilmiştir. Okumalar birbirinden en az çelik uç genişliği kadar uzakta ve alet yüzeye dik tutularak yapılmıştır. Ölçümlerin ortalaması incelenen yüzey veya blok için R değeri olarak alınmıştır.

İncelenen alanlardan elde edilen schmidt çekici ölçümlerine ilişkin sonuçlar Tablo 15' te verilmiştir.

Tablo 15. İncelenen alanlardaki schmidt çekici ortalama geri tepme sayısı ve değerlendirilmesi

Kaya Türü	Vuruş Sayısı	Ortalama Geri Tepme Sayısı (R)	Standart Sapma	Kaya Sınıfı (ISRM, 1978)
Aglomera	20	42,9	3,34	Sert Kaya
Aglomera	20	45,5	7,02	Çok Sert Kaya
Bazalt	20	31,6	2,87	Sert Kaya
Tüf	20	27,8	3,4	Yumuşak Kaya
Breş	20	19,35	2,6	Çok Katı Toprak

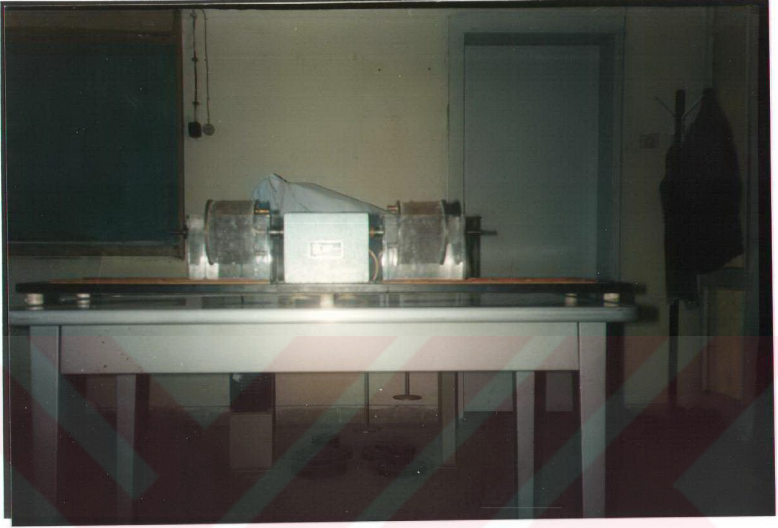
Tablo 15 incelendiğinde 1. ve 3. alanlardaki kayaçların "sert kaya", 2. alandaki kayaçların "çok sert kaya", 4. alandaki kayaçların "yumuşak kaya" ve 5. alandaki kayaçların "çok katı toprak" olduğu görülmektedir.

### 3.3.4.2.3. Suda Dayanım İndeksi

İlk kez Franklin ve Chendra (1972) tarafından, çamurtaşlarının kısa süreli ıslanma, kuruma şeklindeki fiziksel etkilerle parçalanma durumunu belirlemek için yapılmış olan deney ISRM (1979) tarafından standart hale getirilmiştir. Genellikle ayrılmış kayaçlar ve kil içeren kayaçlar için uygulanan bir indeks deneyidir. Bu deney kayaçların mühendislik zamanında ayrışabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanıldığı gibi ayrılmış kayaçların tanımlanması ve sınıflamasında da kullanılmaktadır.

Deney için her biri 40-60gr, ve toplam ağırlığı 450-550gr olan 10 adet kaya parçası kullanılmıştır. Kayaların tane boyunun 3mm' yi geçmemesi gerekmektedir. Kaya parçaları yaklaşık küre şeklinde ve köşeleri numune hazırlanması sırasında yuvarlatılmıştır.

Deney, suda dağılma dayanımı deney aleti ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 24).



Şekil 24. Suda dağılma dayanımı deney aleti

Deney iki standart ıslanma-kuruma devrine tabi tutulan kaya örneklerinin suda dağılmaya karşı gösterdiği direncin belirlenmesine yöneliktir.

Suda dağılmaya dayanım indeksi birinci ve ikinci devir için yüzde olarak, numunelerin son ve ilk kuru ağırlığının oranı şeklinde aşağıda gösterilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I_1 = (B-D) / (A-D) \times 100 \quad (4)$$

$$I_2 = (C-D) / (A-D) \times 100 \quad (5)$$

Bu eşitliklerde:

A ; Numune + tamburun ağırlığı

B ; 1. devir için deneyden sonra fırından çıkarılan tambur ve içerisinde kalan numune ağırlığı

C ; 2. devir için deneyden sonra fırından çıkarılan tambur ve içerisinde kalan numune ağırlığı

D ; Tamburun ağırlığı

İncelenen alanlardan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen suda dayanım deneyine ait sonuçlar Tablo 16' da verilmiştir.

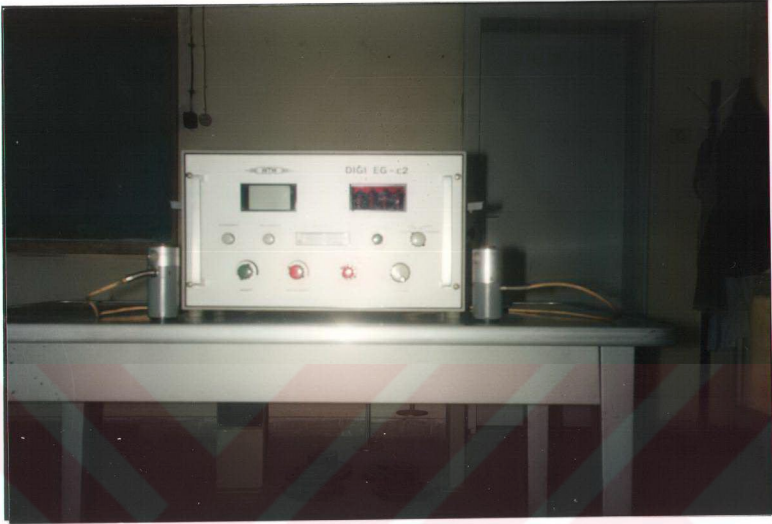
Tablo 16. İncelenen alanlara ait suda dayanım indeksi

ALAN NO		1	2	3	4	5
Kaya Türü ve Ayrışma Derecesi		Aglomera Orta Derecede Ayrışmış	Aglomera Az Ayrışmış	Bazalt Az Ayrışmış	Tüf Orta Derecede Ayrışmış	Breş Ayrışmış
ISRM (1979)	Dağılım Dayanım Sınıflaması	İndeks Değeri (%)				
	Çok düşük	0-30				
	Düşük	30-60				
	Orta	60-85				
	Orta-yüksek	85-95				
	Yüksek	95-98				
Çok yüksek	98-100					

Tablo 16 incelendiğinde 1. ve 2. alanlardaki kayaçların "çok yüksek", 3. ve 5. alanlardaki kayaçların "orta-yüksek", 4. alandaki kayaçların "yüksek" dayanıma sahip oldukları görülmektedir.

#### 3.3.4.2.4. Boyuna Elastik Dalga Hızı

Boyuna elastik dalganın yayılma hızı, alınan karot örnekleri üzerinde Şekil 25' de gösterilen DIGI-EG-C2 ultrasonik deney aleti ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler oda sıcaklığında kuru ve doymun örnekler kullanılarak yapılmıştır. Boyuna dalganın örnekteki yayılma hızı örnek boyunun, ultrasonik dalganın örneği kat ediş zamanına oranından bulunmuştur.



Şekil 25. Ultrasonik deney aleti

İncelenen alanlardan alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen boyuna elastik dalga hızı değerleri Tablo 17' de verilmiştir.

Tablo 17. İncelenen alanlara ait boyuna dalga hızlarının ortalama değerleri

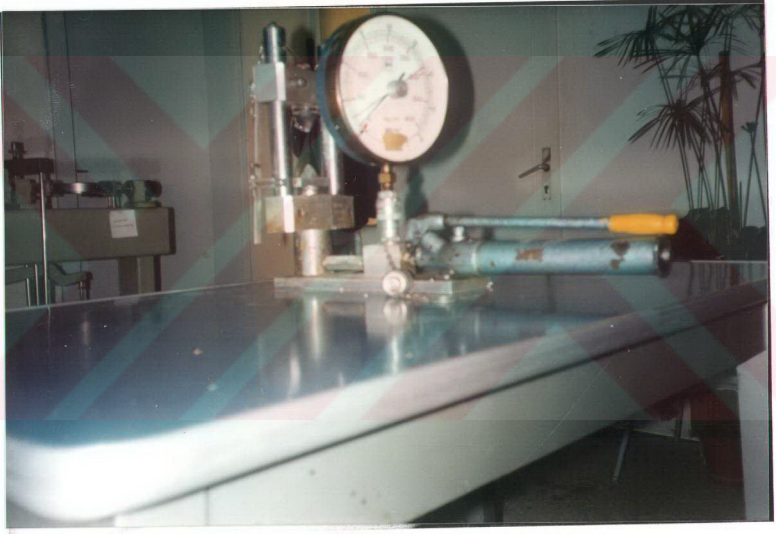
Kaya Türü	Deney Sayısı	$V_{kuru}$ (m/sn)		$V_{doygun}$ (m/sn)	
		Ortalama	S. Sapma	Ortalama	S. Sapma
Aglomera	12	3765	53,36	3885	105,46
Aglomera	20	4068	106,69	4281	120,03
Bazalt	20	3747	247,05	4237	280,34
Tüf	20	2132	129,97	2526	136,58
Breş	12	1074	50,55	1628	24,95

### 3.3.4.3. Mekanik ve Elastik Özellikleri

#### 3.3.4.3.1. Nokta Yük Direnci

Farklı bölgelerden alınan kayaç örneklerinin nokta yük dirençleri hem araziden alınan şekilsiz örnekler, hem de karot örnekleri üzerinde yapılan deneylerle saptanmıştır.

Nokta yük deneyinin yapılması esnasında ISRM (1985) tarafından önerilen standartlara uyulmuş ve deneyin yapılmasında Şekil 26' da gösterilen deney aleti kullanılmıştır.



Şekil 26. Nokta yük direnci deney aleti

Nokta yük direncinin hesaplanmasında;

$$I_s = P / De^2 \quad (6)$$

Eşitliği kullanılmış ve elde edilen sonuçlar 50mm çaplı standart örneğe göre düzeltilmiştir. Düzeltme faktörü aşağıdaki eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$I_{s(50)} = F \times I_s \quad (7)$$

$$F = (De / 50)^{0.45}$$



Bu eşitliklerde:

$I_s$  ; Düzeltilmemiş nokta yük direnci ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$I_{s(50)}$  ; Düzeltilmiş nokta yük direnci ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

P ; Deney esnasında örneği kıran kuvvet (kg)

De ; Örnek çapı (cm)

( $De^2 = 4A / \Pi$  , eksenel yükleme durumunda)

A ; Minimum kesit alanı ( $\text{cm}^2$ )

(  $A = W \times D$  )

W ; Örneğin genişliği (cm)

D ; Yükleme noktaları arasındaki uzaklık (cm)

F ; Düzeltme faktörüdür.

Nokta yük deneyinde örnek çekme gerilmeleri altında kırılmaktadır. ISRM (1985)' de  $\sigma_t / I_{s(50)}$  oranının yaklaşık olarak 1.25 değerinde olduğu belirtilmektedir. İncelemeleri yapılan alanlardaki kayaçlardan alınan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen nokta yük direnci deney sonuçları Tablo 18., 19., 20., 21., 22. ve ortalama nokta yük direnci değerleri de Tablo 23' te verilmiştir.

Tablo 18. I. Alana ait aglomeraların nokta yük direnci deney sonuçları

Örnek Çapı D (mm)	Düzeltilmiş Çap De (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	$I_s = P/De^2$	$F = (De/50)^{0,45}$	$I_{s(50)} = F \times I_s$
42	42	793,43	44,98	0,92	41,38
42	42	1045,89	59,29	0,92	54,55
42	42	1045,89	59,29	0,92	54,55
42	42	901,63	51,11	0,92	47,02
42	42	1081,95	61,34	0,92	56,43
35	43,26	1190,15	63,60	0,94	59,78
42	42	1081,95	61,34	0,92	56,43
34	42,64	1298,34	71,41	0,93	66,41
42	42	829,5	47,02	0,92	43,26
42	42	973,76	55,20	0,92	50,78
42	42	1370,47	77,69	0,92	71,47
42	42	1081,95	61,34	0,92	56,43
42	42	865,56	49,07	0,92	45,14
42	42	1009,82	57,25	0,92	52,67
42	42	1154,08	65,42	0,92	60,19
42	42	937,69	53,16	0,92	48,90

Tablo 19. II. Alana ait aglomeraların nokta yük direnci deney sonuçları

Örnek Çapı D (mm)	Düzeltilmiş Çap De (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	$I_s=P/De^2$	$F=(De/50)^{0,45}$	$I_{s(50)}=F \times I_s$
42	42	1586,86	89,96	0,92	82,76
42	42	649,17	36,80	0,92	33,86
42	42	937,69	53,16	0,92	48,91
42	42	1622,93	92,00	0,92	84,64
42	42	2127,84	120,63	0,92	110,98
42	42	1911,45	108,36	0,92	99,69
42	42	1298,34	73,60	0,92	67,71
42	42	1514,73	85,87	0,92	79,00
42	42	1875,38	106,31	0,92	97,81
42	42	1658,99	94,05	0,92	86,53
42	42	1947,51	110,40	0,92	101,57
42	42	1298,34	73,60	0,92	67,71
42	42	1298,34	73,60	0,92	67,71
42	42	1695,06	96,09	0,92	88,40
42	42	1875,38	106,31	0,92	97,81
42	42	1442,6	81,78	0,92	75,24

Tablo 20. III. Alana ait bazaltların nokta yük direnci deney sonuçları

Örnek Çapı D (mm)	Düzeltilmiş Çap De (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	$I_s=P/De^2$	$F=(De/50)^{0,45}$	$I_{s(50)}=F \times I_s$
42	42	937,69	53,16	0,92	49,15
42	42	1009,82	57,25	0,92	52,93
42	42	757,37	42,93	0,92	39,69
42	42	973,76	55,20	0,92	51,04
42	42	973,76	55,20	0,92	51,04
42	42	1190,15	67,47	0,92	62,38
42	42	973,76	55,20	0,92	51,04
42	42	1045,89	59,29	0,92	54,82
42	42	1045,89	59,29	0,92	54,82
42	42	1983,58	112,45	0,92	103,96
42	42	1406,54	79,74	0,92	73,72
42	42	1550,8	87,91	0,92	81,28
42	42	973,76	55,20	0,92	51,04
42	42	1045,89	59,29	0,92	54,82
42	42	1009,82	57,25	0,92	52,93
42	42	865,56	49,07	0,92	45,37

Tablo 21. IV. Alana ait tüflerin nokta yük direnci deney sonuçları

Örnek Çapı D (mm)	Düzeltilmiş Çap De (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	$I_s = P/De^2$	$F = (De/50)^{0,45}$	$I_{s(50)} = F \times I_s$
42	42	324,59	18,40	0,92	16,93
42	42	360,7	20,45	0,92	18,81
42	42	360,7	20,45	0,92	18,81
42	42	360,7	20,45	0,92	18,81
42	42	324,59	18,40	0,92	16,93
42	42	468,85	26,58	0,92	24,45
42	42	288,52	16,36	0,92	15,05
42	42	216,39	12,27	0,92	11,29
42	42	180,33	10,22	0,92	9,40
42	42	216,39	12,27	0,92	11,29
42	42	216,39	12,27	0,92	11,29
42	42	216,39	12,27	0,92	11,29
42	42	252,46	14,31	0,92	13,17
42	42	288,52	16,36	0,92	15,05
42	42	360,7	20,45	0,92	18,81
42	42	432,8	24,54	0,92	22,58

Tablo 22. V. Alana ait breşlerin nokta yük deney sonuçları

Örnek Çapı D (mm)	Düzeltilmiş Çap De (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	$I_s = P/De^2$	$F = (De/50)^{0,45}$	$I_{s(50)} = F \times I_s$
42	42	288,52	16,36	0,92	15,12
40	46,25	901,63	42,15	0,97	40,70
29	39,38	288,52	18,60	0,90	16,71
42	42	396,72	22,49	0,92	20,79
35	43,26	577,04	30,83	0,94	28,89
35	43,26	901,63	48,18	0,94	45,14
42	42	613,11	34,76	0,92	32,13
40	46,25	1226,21	57,32	0,97	55,35

Tablo 23. İncelenen alanlara ait ortalama nokta yük direnci değerleri

Alan No	Kaya Türü	Deney Sayısı	Standart Sapma	$I_{s(50)}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_t / I_{s(50)}$
1	AGLOMERA	16	4,8	53,57	1,55
2	AGLOMERA	16	11,83	82,92	1,96
3	BAZALT	17	16,94	60,20	1,41
4	TÜF	16	3,12	15,52	1,98
5	BREŞ	9	10,24	29,20	0,35

İnceleme yapılan alanlardaki birimlerden elde edilen nokta yük direnci ortalama değerlerinin ISRM (1985)' in nokta yük direncine göre verdiği kaya sınıflamasındaki yerleri Tablo 24' de verilmiştir.

Tablo 24. İncelemesi yapılan alanlarda yüzeyleme veren kayaların nokta yük direnci değerlerinin ISRM (1985)' in sınıflamasındaki yerleri

ALAN NO		1	2	3	4	5
KAYA TÜRÜ		Aglomera	Aglomera	Bazalt	Tüf	Breş
<b>Nokta Yük Direncine Göre Kayaların Sınıflandırılması ISRM (1985)</b>						
Kaya Tanımı	$I_{s(50)}$ kg/cm <sup>2</sup>					
Çok düşük dirençli	< 10					
Düşük dirençli	10-20					
Orta dirençli	20-40					
Yüksek dirençli	40-80					
Çok yüksek dirençli	>80					

Tablo 24 incelendiğinde 1. alandaki aglomeraların "yüksek dirençli", 2. alandaki aglomeraların "çok yüksek dirençli", 3. alandaki bazaltların "yüksek dirençli", 4. alandaki tüflerin "düşük dirençli" ve 5. alandaki breşlerin "orta dirençli" oldukları görülmektedir.

### 3.3.4.3.2. Tek Eksenli Basınç Direnci

Tek eksenli basınç direnci, kaya malzemesi ve kaya kütlesinin sınıflandırılmasında en çok kullanılan özelliklerden olup, jeoteknik uygulamaların bir çoğunda gerekli olan tasarım parametrelerindedir. Ayrıca kaya kütlesinin basınç direnci ve kesme parametrelerinin tahmini için geliştirilen ampirik yaklaşımlarda kaya malzemesinin tek eksenli basınç direnci değeri kullanılmaktadır.

Tek eksenli basınç deneyi Şekil 27' de gösterilen deney aleti kullanılarak yapılmıştır. 42 mm çaplı örnekler üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçları aşağıdaki formül kullanılarak referans çapa (50 mm) göre düzeltilmiştir (Hoek ve Brown 1980).

$$\sigma_c = \sigma_c' (50 / D)^{0.18} \quad (8)$$

Bu eşitlikte:

$\sigma_c'$  ; Deneyde bulunan tek eksenli basınç direnci (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_c$  ; 50 mm çaplı karota göre düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci (kg/cm<sup>2</sup>)

D ; Çap (mm)

Karot örneklerinin boyutları  $L / D = 2$  olacak şekilde alınmaya çalışılmıştır. Deneyde kullanılan ve  $L / D = 2$  şartını sağlamayan örneklerde Szlavın (1974) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak örnek boyutları düzeltilmiştir.

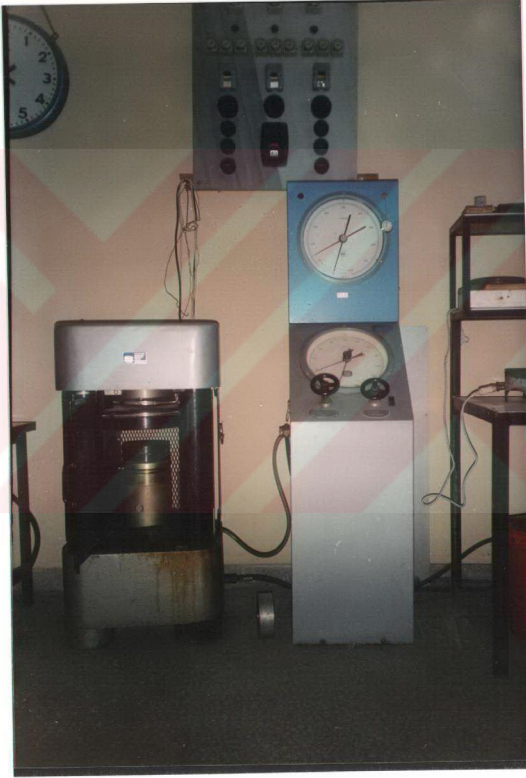
$$\sigma_c = \frac{\sigma_c'}{0,304 D/L + 0,848} \quad (9)$$

Bu eşitlikte:

$\sigma_c'$  ; Deneyde bulunan tek eksenli basınç direnci (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_c$  ; Düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci (kg/cm<sup>2</sup>)

Tek eksenli basınç deneyinde, örneklerin ortalama 5-15 dakika arasında kırılmaları sağlanmıştır. Deneyler esnasında kırılmaların, genellikle şiddetli, çok parçalı ve koni oluşturarak gerçekleştikleri gözlenmiştir (Şekil 28). Kayaç litolojisine ve ayrışma derecesine bağlı olarak, örneklerin basınç dirençleri arasında değişiklikler olduğundan, deney sırasındaki yükleme hızları birbirinden farklı alınmıştır.



Şekil 27. Tek eksenli basınç direnci deney aleti





Şekil 28. Tek Eksenli Basınç Deneyi sonucunda karot örneklerinde meydana gelen kırılma şekilleri.

İncelenen alanlardaki kayalardan alınan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen tek eksenli basınç deneyi sonuçları Tablo 25., 26., 27., 28., 29.' da verilmiştir.

Tablo 25. I. Alana ait aglomeraların tek eksenli basınç direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Düzeltilmiş Tek Eks. $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	I-1	42	82,2	14300	1061,54
	I-2	42	81,6	15550	1153,02
	I-3	42	83,5	15300	1138,52
	I-4	42	83	15800	1174,65
	I-5	42	84,1	15450	1150,94
Doygun	I-6	42	85,4	13950	1041,60
	I-7	42	84,8	14100	1051,69
	I-8	42	82,6	14100	1047,48
	I-9	42	83,4	12500	929,99
	I-10	42	84,2	12900	961,15

Tablo 26. II. Alana ait aglomeraların tek eksenli basınç direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Düzeltilmiş Tek Eks. $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	II-1	42	85,1	19600	1462,70
	II-2	42	83,3	22000	1636,49
	II-3	42	85,7	20650	1542,68
	II-4	42	83,9	25000	1861,68
	II-5	42	85,7	20550	1535,21
Doygun	II-6	42	86,9	17950	1343,75
	II-7	42	83,8	19950	1485,35
	II-8	42	84,2	20050	1493,88
	II-9	42	86,6	17900	1339,32
	II-10	42	86,5	20000	1496,19

Tablo 27. III. Alana ait bazaltların tek eksenli basınç direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Düzeltilmiş Tek Eks. $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	III-1	42	83,4	13750	1022,99
	III-2	42	82,1	14800	1098,45
	III-3	42	85,3	13100	977,96
	III-4	42	81,2	13050	966,91
	III-5	42	81,6	14950	1108,53
Doygun	III-6	42	85	9350	697,64
	III-7	42	86,4	9900	740,49
	III-8	42	83,7	8950	666,24
	III-9	42	86	9150	683,92
	III-10	42	83,7	9400	699,74

Tablo 28. IV. Alana ait tüflerin tek eksenli basınç direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Düzeltilmiş Tek Eks. $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	IV-1	42	82,7	2400	178,33
	IV-2	42	81,6	2300	170,54
	IV-3	42	85,2	2400	179,14
	IV-4	42	84,5	2800	208,73
	IV-5	42	84,9	2350	175,31
Doygun	IV-6	42	82,7	2400	178,33
	IV-7	42	84	2400	178,75
	IV-8	42	85	2300	171,61
	IV-9	42	79,4	2700	199,34
	IV-10	42	84,2	1700	126,66

Tablo 29. V. Alana ait breşlerin tek eksenli basınç direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Düzeltilmiş Tek Eks. $\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	V-1	42	84,1	1500	111,74
	V-2	42	84,9	1200	89,52
	V-3	42	84,3	1000	74,52
	V-4	42	83,8	1800	134,02
	V-12	42	82,7	1600	118,89

Elde edilen tek eksenli basınç direnci ortalama değerleri Tablo 30' da ve bu değerlerin Deere ve Miller (1977) tarafından önerilen sınıflama tablosundaki yerleri Tablo 31' de verilmiştir.

Tablo 30. Tek eksenli basınç direnci ortalama değerleri

Kaya Türü	Deney Türü	Deney Sayısı	Standart Sapma	$\sigma_{c \text{ ort}}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Aglomera (1. Alan)	Kuru	5	43,46	1135,73
	Doygun	5	56,71	1006,38
Aglomera (2. Alan)	Kuru	5	154,79	1607,75
	Doygun	5	82,42	1431,7
Bazalt (3. Alan)	Kuru	5	66,08	1034,97
	Doygun	5	27,45	697,61
Tüf (4. Alan)	Kuru	5	15,1	182,41
	Doygun	5	26,85	170,94
Breş (5. Alan)	Kuru	5	23,7	105,74

Tablo 31. İncelenen alanlarda yüzeyleme veren kayaların Tek Eksenli Basınç Direnci değerlerinin, Deere ve Miller (1977) in sınıflamasındaki yerleri

ALAN NO		1		2		3		4		5
KAYA TÜRÜ		Aglomera		Aglomera		Bazalt		Tüf		Breş
Tek Eksenli Basınç Direncine Göre Kayaların Sınıflandırılması Deere ve Miller (1977)										
Kaya Tanımı	$\sigma_c$ kg/cm <sup>2</sup>	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru	Doygun	Kuru
Çok düşük dirençli	< 250									
Düşük dirençli	250-500									
Orta dirençli	500-1000									
Yüksek dirençli	1000-2000									
Çokyüksek dirençli	>2000									

Tablo 31 incelendiğinde bazaltlarda doymun örnekler üzerinde yapılan deney sonucunda tek eksenli basınç direnci değeri kuru örneklerle karşılaştırıldığında % 33

oranında önemli bir azalmanın olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin tane kenetlenmesinin azalması olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla kaya kütlesinin mühendislik özellikleri değerlendirilirken bu durumun gözönünde tutulmasında fayda vardır.

### 3.3.4.3.3. Çekme Direnci

Mühendislik çalışmalarında, çekme direnci değerlerine tek eksenli basınç direnci değerlerinden daha az ihtiyaç duyulmasına karşın, özellikle kayaların kazılabilirliğinde, yer altı kazılarında patlayıcı madde kullanımında ve sökülebilirlikte çekme direncinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, kayaların çekme direnci Brazilian Deneyi ile belirlenmiştir. Deneyler kuru örnekler üzerinde yapılmıştır. Çekme direnci değerleri aşağıda verilen 10 nolu eşitlik yardımı ile bulunmuştur.

$$\sigma_t = 2P / \pi DL \quad (10)$$

Bu eşitlikte:

$\sigma_t$  ; Çekme direnci ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

P ; Örneği kıran kuvvet (kg)

D ; Örnek çapı (cm)

L ; Örnek boyu (cm)

Deneyler sırasında, örnekler çoğunlukla yükleme doğrultusundan geçen düşey bir düzlem boyunca kırılmışlardır. Kırılma yüzeyleri düz ve pürüzlü düzlemler oluşturmuş olup, kırılan örnekler Şekil 29' da gösterilmiştir. Ayrışma derecesi yüksek olan örneklerde daha fazla parçalanma meydana gelmiştir.

Teorik olarak tek eksenli basınç direnci / çekme direnci ( $\sigma_c / \sigma_t$ ) değerinin 8 olması gerekmektedir (Griffith, 1927). Ancak önceki çalışmalarda bu oranın 8' den büyük olduğu görülmektedir (Boynukalın, 1991, Ceryan, 1999). Bu çalışmada da  $\sigma_c / \sigma_t$  oranı 8' den büyük olarak bulunmuştur.

İncelemeleri yapılan alanlardaki kayalardan alınan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen indirekt çekme direnci (Brezilyan) deney sonuçları Tablo 32., 33., 34., 35., 36. ' da ve ortalama indirekt çekme direnci değerleri ile  $\sigma_c / \sigma_t$  oranı ise Tablo 37' de verilmiştir.

Tablo 32. I. Alana ait aglomeraların indirekt çekme direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Çekme Direnci $\sigma_t = 2P / \pi.D.L$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	I-11	42	81,8	4200	77,83
	I-12	42	81,2	4700	87,74

Tablo 33. II. Alana ait aglomeraların indirekt çekme direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Çekme Direnci $\sigma_t = 2P / \pi.D.L$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	II-11	42	86,8	9400	164,15
	II-12	42	85,6	9000	159,37
	II-13	42	84,8	9400	168,02
	II-14	42	87,4	8700	150,88
	II-15	42	87,8	9800	169,19
Doygun	II-16	42	86,3	8000	140,51
	II-17	42	84,7	7600	136,01
	II-18	42	86,1	8900	156,68
	II-19	42	85,9	7000	123,52
	II-20	42	84	9900	178,64



Tablo 34. III. Alana ait bazaltların indirekt çekme direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Çekme Direnci $\sigma_t = 2P / \pi.D.L$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	III-11	42	86,1	4800	84,50
	III-12	42	82,9	3400	62,17
	III-13	42	81,2	4400	82,14
	III-14	42	85	5400	96,30
	III-15	42	84,9	5400	96,41
Doygun	III-16	42	80,4	3200	60,33
	III-17	42	83,5	5450	98,93
	III-18	42	83,6	3950	71,62
	III-19	42	87,2	4200	73,01
	III-20	42	81,4	3950	73,55

Tablo 35. IV. Alana ait tüflerin indirekt çekme direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Çekme Direnci $\sigma_t = 2P / \pi.D.L$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	IV-11	42	83,2	1600	29,15
	IV-12	42	81,2	1800	33,60
	IV-13	42	80,9	2100	39,35
	IV-14	42	85,1	1500	26,72
	IV-15	42	84,4	1400	25,14
Doygun	IV-16	42	78,1	1400	27,17
	IV-17	42	79,3	1350	25,80
	IV-18	42	78,8	1100	21,16
	IV-19	42	82,7	1550	28,41
	IV-20	42	80,3	1100	20,76

Tablo 36. V. Alana ait breşlerin indirekt çekme direnci deney sonuçları

Deney Türü	Örnek No	Örnek Çapı D (mm)	Örnek Boyu L (mm)	Uygulanan Yük P (kg)	Çekme Direnci $\sigma_t = 2P / \pi.D.L$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kuru	V-7	42	85,2	600	10,67
	V-8	42	83,4	400	7,27
	V-9	42	83,8	500	9,04
	V-10	42	83	500	9,13
	V-11	42	84,3	800	14,38

Tablo 37. İncelenen alanlara ait ortalama indirekt çekme direnci değerleri

Alan No	Kaya Türü	Deney Türü	Deney Sayısı	Standart Sapma	$\sigma_{cort}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_c / \sigma_t$
1	AGLOMERA	Kuru	2	7,01	82,78	13,8
2	AGLOMERA	Kuru	5	7,46	162,32	9,9
		Doygun	5	21,27	147,07	9,7
3	BAZALT	Kuru	5	14,01	84,30	12,3
		Doygun	5	14,18	75,49	9,2
4	TÜF	Kuru	5	5,75	30,79	5,9
		Doygun	5	3,5	24,66	6,9
5	BREŞ	Kuru	5	2,68	10,1	10,5



Şekil 29. İndirekt Çekme Deneyi sonrasında karot örneklerinde meydana gelen kırılma şekilleri.

#### 3.3.4.3.4. Dinamik Elastisite Modülü

Kayaçların dinamik elastisite modülünü bulmak için boyuna elastik dalganın karotları katetme zamanından yararlanılmıştır. Bu ölçümler kuru ve doygun karot örnekleri için yapılmış olup, dinamik elastisite modülü Youash (1970) tarafından önerilen eşitlikle hesaplanmıştır.

$$E = D \times W \times f^2 \quad (11)$$

Bu eşitlikte:

$E$  ; Dinamik elastisite modülü (lb / in<sup>2</sup>)

$D = 0.01318 L / d^2$  , (sn<sup>2</sup> / in<sup>2</sup>) (silindirik örnekler için)

- L ; Örnek boyu, (in)  
d ; Örnek çapı, (in)  
W ; Örnek ağırlığı ( lb )  
f ; Boyuna dalgaının titreşim frekansı ( devir/sn )

Boyuna dalgaının titreşim frekansının belirlenmesinde Şekil 25' de gösterilen deney aletinden yararlanılmıştır. Bu alet yardımı ile elastik boyuna dalgaının karot örneklerini katetme zamanı ölçülmüştür. Boyuna dalgaının titreşim frekansı aşağıdaki bağıntı ile verilmiştir.

$$f = 1 / 2t \quad (12)$$

Bu eşitlikte:

- f ; Boyuna dalgaının titreşim frekansı (devir/sn)  
t ; Elastik dalgaının örneği kat etme zamanı (μ sn)

11 nolu eşitlik metrik sisteme dönüştürülürse,

$$Ed = 1.29 \times L/d^2 \times W \times 1 / t^2 \times 10^6 \quad (13)$$

şeklını alır.

Bu eşitlikte:

- Ed ; Dinamik elastisite modülü (kg/cm<sup>2</sup>)  
L ; Örnek boyu (cm)  
d ; Örnek çapı (cm)  
W ; Örnek ağırlığı (gr)  
t ; Elastik dalgaının örneği kat etme zamanı (μ sn) dir.

Doğun ve kuru karot örnekleri üzerinde yapılan ölçümler sonucunda hesaplanan dinamik elastisite modülü ortalama değerleri Tablo 38' de verilmiştir.

Tablo 38. İncelemesi yapılan alanlara ait dinamik elastisite modülü

Alan No	Kaya Türü	Deney Türü	Deney Sayısı	Standart Sapma	Ort. Dinamik Elastisite Modülü ( x 10 <sup>5</sup> , kg/cm <sup>2</sup> )
1	Aglomera	Kuru	12	0,097	3,52
		Doygun	12	0,198	3,67
2	Aglomera	Kuru	20	0,229	4,35
		Doygun	20	0,256	4,85
3	Bazalt	Kuru	20	0,542	4,09
		Doygun	20	0,688	5,27
4	Tüf	Kuru	20	0,113	0,90
		Doygun	20	0,131	1,10
5	Breş	Kuru	12	0,021	0,21
		Doygun	12	0,020	0,54

### **3.3.5. Kaya Kütlesi Mühendislik Özelliklerinin Ampirik Yöntemlerle Belirlenmesi**

#### **3.3.5.1. Kaya Kütle Sınıflaması**

Kaya kütle sınıflandırmaları mühendislik projesinin tasarlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla amaca uygun ve doğru olarak yapılan kaya kütle sınıflamaları mühendislik çalışmalarında çok faydalı olmaktadır. Günümüzde özellikle tünel açımında, şev stabilitesinde, büyük mühendislik yapılarının temel kayası araştırmalarında ve madencilik çalışmalarında kaya kütle sınıflamaları yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bugün kayaçların 80' e yakın özelliği bilinmektedir. Bu özelliklerden ancak 15 kadarı sınıflama parametresi olarak kullanılmaktadır. Çeşitli araştırmacılar tarafından farklı parametreler kullanılarak kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır. Bunlar arasında RSR (Rock Structure Rating), RMR (Rock Mass Rating) ve Q sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada sınıflama yöntemlerinden RMR sisteminin, kullanılan parametreler açısından uygun olduğu görülmüştür.

##### **3.3.5.1.1. RMR ( Rock Mass Rating ) SİSTEMİ**

Kayaçların jeomekanik açıdan sınıflandırılmasında kolaylıkla uygulanabilen RMR sistemi Bieniawski (1989) tarafından önerilmiştir. Kayaçların sınıflandırılmasında 6 kayaç özelliği sınıflandırma parametresi olarak kullanılmaktadır.

Bunlar;

- Kaya malzemesinin tek eksenli basınç direnci ya da nokta yük direnci,
- Kaya kalitesi özelliği ( RQD % ),
- Süreksizlik ara uzaklıkları,
- Süreksizliklerin durumu,
- Yer altı su durumu,
- Süreksizliklerin yönelimi ve bunların tünel doğrultusu ile olan ilişkisi.



Bu parametrelere ait RMR puanları Tablo 39' dan faydalanmak sureti ile elde edilir. Daha sonra bu puanlar toplanarak kaya kütlesi için toplam RMR puanı hesaplanır. Proje türü gözönüne alınarak gerekli düzeltme yapılır. Bulunan düzeltilmiş RMR değeri kayacın jeomekanik sınıflamadaki yerini gösterir.

Tablo 39. RMR Sisteminde kullanılan parametreler ve bunların dereceleri

### A. SINIFLANDIRMA PARAMETRELERİ VE BUNLARIN PUANLAMALARI

Parametreler		Değer Aralıkları							
1	Sağlam Kaya	Nokta Yük İndeksi (Mpa)	>10	4-10	2-4	1-2	Bu dar aralıkta tek eksenli basınç deneyi tercih edilir		
	Malzeme-si Direnci	Tek eksenli basınç direnci (Mpa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	>1
	Puanlama		15	12	7	4	2	1	0
2	Kaya kalitesi özelliği RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Puanlama		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik ara uzaklıkları		>2m	0.6-2m	200-600mm	60-200mm	<60mm		
	Puanlama		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin Durumu		Çok pürüzlü yüzey Süreksiz Ayrılma yok Ayrışmamış çatlak duvarı	Hafifçe pürüzlü yüzeyler Ayrılma<1 m Hafifçe ayrılmış çatlak duvarı	Hafifçe pürüzlü yüzeyler Ayrılma<1 m Hayli ayrılmış çatlak duvarı	Kayma izli yüzeyler Çıkıntı<5 mm veya Ayrılma 1-5 mm Sürekli	Yumuşak çıkıntı>5mm Veya Ayrılma >5 mm Sürekli		
	Puanlama		30	25	20	10	0		
5	Yeraltı Suyu	Tünel uzunluğunun her 10m'sindeki akış (L/dak)	Yok	<10	10-25	25-125	>125		
		Oran:Çatlak suyu basıncı/Birincil Gerilme	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.6	>0.5		
	Genel Durum		Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlayan	Akan		
	Puanlama		15	10	7	4	0		

## B. SÜREKSİZLİK YÖNELİMLERİ İÇİN PUANLAMA

Süreksizliklerin Doğrultu ve Eğimleri		Çok Uygun	Uygun	Orta	Uygun Değil	Hiç Uygun Değil
Puanlama	Tünel ve Madenler	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-5	-25	-50	-60

## C. TOPLAM PUANLAMALARDAN BELİRLENEN KAYA KÜTLE SINIFLARI

Puanlama	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Sınıf No	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok İyi Kaya	İyi Kaya	Orta İyi Kaya	Zayıf Kaya	Çok Zayıf Kaya

## D. KAYA KÜTLE SINIFLARININ ANLAMI

Sınıf No	I	II	III	IV	V
Ortalama Dayanma Zamam	20 yıl-15 m lik kemer	1 yıl-10 m lik kemer	1 hafta-5 m lik kemer	10 saat-2.5 m lik kemer	30 dakika-1 m lik kemer
Kaya Kütle Kohezyonu (kPa)	>400	300-400	200-300	100-200	<100
İçsel Sürtünme Açısı (derece)	>45	35-45	25-35	15-25	<15

İncelenen alanlardaki kaya kütlelerine ait RMR sınıflandırma parametreleri ve bu değerlere bağlı kaya kütle sınıflamaları Tablo 40., 41., 42., 43., 44., 45., 46., 47., 48., 49.' da verilmiştir.

Tablo 40. I. Alana ait aglomeraların RMR değerlendirmesi

Kaya Türü Orta derecede ayrılmış Aglomera	Değer	Puan
$I_{s(50)}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	53.57	12
$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1135.73	
RQD (%)	81.84	17
Çatlak ara uzaklığı (cm)	35-55	10
Süreksizlik durumu	Hafifçe pürüzlü, hayli ayrılmış çatlak duvarı	20
Yer altı su durumu	Nemli	10
<b>T e m e l R M R P u a n ı</b>		<b>69</b>

Tablo 41. I. Alana ait aglomeraların düzeltilmiş RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması

Türü	Eğime dik açım Eğim 45°-90°	Süreksizlik yönelimi Düzeltilme derecesi	Düzeltilmiş RMR	Kaya Sınıfı
Tünel	Orta	-5	64	İyi Kaya
Temel	Orta	-7	62	İyi Kaya
Şev	Orta	-25	44	Orta Kaya

Tablo 42. II. Alana ait aglomeraların RMR değerlendirmesi

Kaya Türü Az ayrılmış Aglomera	Değer	Puan
$I_{s(50)}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	89.92	12
$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1607.75	
RQD (%)	92.76	20
Çatlak ara uzaklığı (cm)	50.60	10
Süreksizlik durumu	Hafifçe pürüzlü, hafifçe ayrılmış çatlak duvarı	25
Yer altı su durumu	Nemli	10
<b>T e m e l R M R P u a n ı</b>		<b>77</b>

Tablo 43. II. Alana ait aglomeraların düzeltilmiş RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması

Türü	Eğime dik açım Eğim 45°-90°	Süreksizlik yönelimi Düzeltilme derecesi	Düzeltilmiş RMR	Kaya Sınıfı
Tünel	Orta	-5	72	İyi Kaya
Temel	Orta	-7	70	İyi Kaya
Şev	Orta	-25	52	Orta Kaya

Tablo 44. III. Alana ait bazaltların RMR değerlendirmesi

Kaya Türü Az ayrılmış Bazalt	Değer	Puan
$I_{s(50)}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	60.12	12
$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	1034.97	20
RQD (%)	90.25	10
Çatlak ara uzaklığı (cm)	40-60	25
Süreksizlik durumu	Hafif pürüzlü, hafif ayrılmış çatlak duvarı	10
Yer altı su durumu	Nemli	77
<b>T e m e l R M R P u a n ı</b>		

Tablo 45. III. Alana ait bazaltların düzeltilmiş RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması

Türü	Eğime dik açım Eğim 45°-90°	Süreksizlik yönelimi Düzeltilme derecesi	Düzeltilmiş RMR	Kaya Sınıfı
Tünel	Orta	-5	72	İyi Kaya
Temel	Orta	-7	70	İyi Kaya
Şev	Orta	-25	52	Orta Kaya

Tablo 46. IV. Alana ait tüflerin RMR değerlendirmesi

Kaya Türü Orta derecede ayrılmış Tüf	Değer	Puan
$I_{s(50)}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	15.52	2
$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	182.41	
RQD (%)	42.56	8
Çatlak ara uzaklığı (cm)	30-35	10
Süreksizlik durumu	Kayma izli yüzeyler	10
Yer altı su durumu	Nemli	10
<b>T e m e l R M R P u a n ı</b>		<b>40</b>

Tablo 47. IV. Alana ait tüflerin düzeltilmiş RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması

Türü	Eğime dik açım Eğim 45°-90°	Süreksizlik yönelimi Düzeltilme derecesi	Düzeltilmiş RMR	Kaya Sınıfı
Tünel	Orta	-5	35	Zayıf Kaya
Temel	Orta	-7	33	Zayıf Kaya
Şev	Orta	-25	15	Çok Zayıf Kaya

Tablo 48. V. Alana ait breşlerin RMR değerlendirmesi

Kaya Türü Ayrılmış Breş	Değer	Puan
$I_{s(50)}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	29.2	2
$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	105.74	
RQD (%)	6.87	3
Çatlak ara uzaklığı (cm)	25-30	10
Süreksizlik durumu	Yumuşak çıkıntı	0
Yer altı su durumu	Nemli	10
<b>T e m e l R M R P u a n ı</b>		<b>25</b>

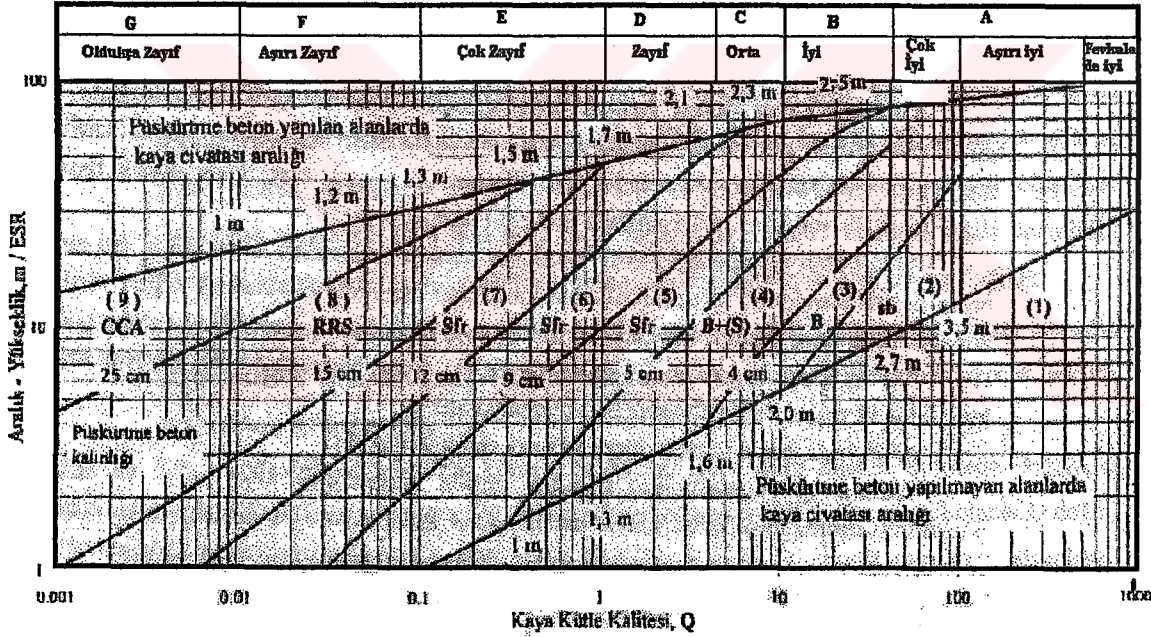
Tablo 49. V. Alana ait breşlerin düzeltilmiş RMR değerine göre kaya kütle sınıflaması

Türü	Eğime dik açım Eğim 45°-90°	Süreksizlik yönelimi Düzeltilme derecesi	Düzeltilmiş RMR	Kaya Sınıfı
Tünel	Orta	-5	20	Çok Zayıf Kaya
Temel	Orta	-7	18	Çok Zayıf Kaya
Şev	Orta	-25	0	Çok Zayıf Kaya

Özellikle tünellerin kayalarının sınıflandırılmasında Q sistemi en yaygın olarak kullanılan sınıflama sistemidir. Değişik yerlerde yapılan 212 çalışma neticesinde Barton (1988) tarafından önerilen 14 nolu bağıntı ile RMR ve Q sistemi arasında dönüşüm yapılabilmektedir.

$$RMR = 9 \ln Q + 44 \quad (14)$$

Dolayısıyla temel RMR değerleri kullanılarak Q değeri elde edilebilir. Tünel açılması gereken durumlarda, yapılacak kazı açıklığının ESR (kazı destek oranı)' ye bölünmesi ile eş değer boyut (De) bulunur. Elde edilen Q ve De değerleri yardımı ile Şekil 30' dan gerekli destek türü belirlenebilir.



#### DESTEKLEME KATEGORİLERİ

- |  |   |
|--|---|
| (1) : Tahkimatsız  | (5) : Lifli Püskürtme Beton (3-9 cm) ve Kaya cıvatası, Sfr+B                |
| (2) : Noktasal Kaya Cıvatası, sb   | (6) : Lifli Püskürtme Beton (9-12cm) ve Kaya cıvatası, Sfr+B                |
| (3) : Sistematik Kaya Cıvatası, B  | (7) : Lifli Püskürtme Beton (12-15cm), Kaya cıvatası, Sfr+B                 |
| (4) : Sistematik Kaya Cıvatası ( ve Donatısız Püskürtme Beton), 4-5cm, B(+S) | (8) : Lifli Püskürtme Beton >15cm ve Kaya cıvatası ve Çelik İksa, Sfr,RRS+B |
|  | (9) : Yerinde Dökme Beton Kaplama, CCA                                      |

Şekil 30. Q Sisteminde destekleme önerileri (Barton ve Grimstad, 1994)



Barton ve arkadaşları tarafından 200 kadar tünel üzerinde yapılan çalışma ile ortaya koydukları sınıflama sistemi ve her kaya sınıfına ait destek türü, yine Barton ve arkadaşlarının 2000 kadar tünel üzerinde yaptıkları çalışma ile güncelleştirilmiştir. Güncelleştirilmiş Q sisteminde destekleme türü 38 yerine 9 gruba ayrılmıştır. Yapılan yer altı kazısında 38 farklı tahkimat türünün belirlenmesi ve her gruba göre farklı tahkimat uygulanması yerine , 9 tahkimat türünün belirlenip uygulanması zaman ve ekonomik açıdan daha uygundur.

### 3.3.5.2. Kaya Kütle Dayanımı

Kayaçların; tünel, temel ya da şev kayası olması durumlarında kalite açısından sınıflandırılması, destek türlerinin belirlenmesi, duraylılıklarının sağlanması ve dayanımlarının belirlenmesi için pek çok çalışma yapılmıştır.

Bunlar;

- RSR Sistemi (Wickham, Tiedeman, Skinner, 1970)
- RMR Sistemi (Bieniawski, 1974 ve 1989)
- Q Sistemi (Barton ve Arkadaşları, 1974 ve 1994)
- Hoek-Brown Görgül Yenilme Ölçütü (Hoek, Brown, 1998)

Bu çalışmada yol güzergahı boyunca yüzeylenen kaya kütlelerinin dayanımlarının belirlenmesinde Hoek-Brown Görgül Yenilme Ölçütü kullanılmıştır.

#### 3.3.5.2.1. Hoek-Brown Görgül Yenilme Ölçütü

Doğal malzemelerin dayanım parametreleri bu malzemelerden alınmış temsil edici büyüklükteki örneklerin laboratuvarında uygun şartlarda test edilmesi ile belirlenir. Ancak çatlaklı kaya kütlelerinden sağlam kaya malzemesi ile birlikte süreksizlik sistemlerini de içerecek büyüklükte örneklerin alınması genellikle mümkün olmamaktadır. Yeterli büyüklükte örnek alınsa bile bu örneği laboratuvarında test edecek ekipman geliştirilmemiştir.

Ayrıca yerinde yapılan deformasyon ve direnç deneylerinin de uygulandıkları örnek hacmi tüm çatlaklı kaya kütlelerini temsil edebilecek boyutta olmamaktadır.

Bu nedenle çatlaklı kaya kütlelerinin direnç ve deformasyon özelliklerini belirlemek için ampirik kırılma kriterleri kullanılmaktadır. Bu ampirik yöntemlerden biri de son zamanlarda literatürde geniş ölçüde kabul görmüş olan Hoek-Brown Görgül Yenilme Ölçütüdür. Bu kriter önceleri Bieniawski tarafından önerilen Kaya Kütle Sınıflama Puanı (RMR)'ni bir girdi parametresi olarak kullanmıştır.

Ancak RMR'm bir takım dezavantajları vardır. Bunlar; RMR zayıf ve çok zayıf kaya kütleleri için bir takım sınırlamalar içermektedir, şevlerde süreksizliklerin yönelimi için gerçekçi olmayan düzeltme faktörleri önermektedir ve ayrıca zaman alıcı işlemler gerektirmektedir. Bu nedenle önceleri RMR kullanılarak belirlenmeye çalışılan ampirik yenilme ölçütüne daha sonradan RMR yerine Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) dahil edilmiştir.

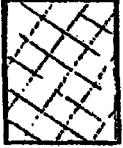



RMR'ye bağlı olarak belirlenmeye çalışılan GSI'yi denetleyen temel faktörler sırasıyla laboratuvar basınç dayanımı, RQD, çatlak aralığı ve çatlakların durumudur.

Başlangıçta RMR kullanılarak hesaplanan GSI daha sonra Hoek-Brown tarafından önerilen bir GSI sınıflama abağından belirlenmeye başlanmıştır (Şekil 31).

Verilen abakta kaya kütlelerinin yapısı ve yüzey koşulları ile ilgili uygun bir kutu seçilir ve bu kutuları karşılayan ortalama GSI değeri kontur çizgilerinden kestirilir.

Görsel ve subjektif bir değerlendirmeye dayanan GSI abağındaki kaya kütlelerinin aldığı GSI değeri çok geniş bir aralık sergiler. Örneğin çok bloklu ve iyi süreksizlik koşuluna sahip kaya kütlelerinin aldığı GSI değeri 45-63 arasında değişmektedir. Bu nedenle belirlenen GSI değeri hassas bir değer olmayıp yaklaşık bir "aralık" biçimindedir. Ayrıca yine bu abakta kaya kütleleri üzerinde kazı tipine (ekskavatörlerle kazı, patlatma vs.) bağlı olarak gelişebilecek örselenmenin etkisi dikkate alınmamıştır. Bu konuda Sönmez ve Ulusay (2000) çeşitli çalışmalar yapmış ve kaya kütleleri parametrelerinin daha hassas bir şekilde belirlenmesi amacıyla bir puanlama sistemine geçilmesi uygun

görülmüştür. Bu amaçla “Yapısal Özellik Puanı (SR)” ve “Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR)” sisteme dahil edilmiştir.

YAPI	SÜREKSİZLİK YÜZEY KOŞULU	AZALAN YÜZEY KALİTESİ →					
		80	70	60	50	40	
 <p><b>BLOKLU-</b> 3 ortogonal süreksizlik setinin oluşturduğu kübik blokları, çok iyi kenetlenmiş, örselenmemiş kaya kütleleri</p>		B/Çİ	B/İ	B/O	B/Z	B/ÇZ	
 <p><b>ÇOK BLOKLU-</b> Dört veya daha fazla sayıda süreksizlik setlerinin kesişmesiyle oluşmuş çok yüzeyli-köşelli bloklar içeren kısmen örselenmiş kaya kütleleri</p>		ÇB/Çİ	ÇB/İ	ÇB/O	ÇB/Z	ÇB/ÇZ	
 <p><b>BLOKLU/ÖRSELENMİŞ-</b> Birbirini kesen çok sayıda süreksizliklerin oluşturduğu köşeli bloklar içeren kıvrımlanmış ve/yeya faylanmaya maruz kalmış kaya kütleleri</p>		BÖ/Çİ	BÖ/İ	BÖ/O	BÖ/Z	BÖ/ÇZ	
 <p><b>PARÇALANMIŞ-</b> Köşeli ve yuvarlak kaya parçalarının karışımından oluşan, zayıf derecede kenetlenmiş, aşırı derecede kırıklı kaya kütleleri</p>		P/Çİ	P/İ	P/O	P/Z	P/ÇZ	
							10

Şekil 31. Kaya kütlelerinin jeolojik tanımlanmasına göre GSI indisinin belirlenmesi

Güncel GSI abağında (Şekil 32) süreksizlik yüzeylerinin durumu; süreksizliklerin dolgu, bozunma ve pürüzlülük özelliklerine bağlı olarak Çok İyi (Çİ), İyi (İ), Orta (O), Zayıf (Z), Çok Zayıf (ÇZ) olmak üzere beş sınıfa ayrılarak değerlendirilmektedir. Sönmez ve Ulusay ise Süreksizlik Yüzey Koşulunun tanımlanması amacıyla RMR Sınıflama Sistemi'nin dolgu, bozunma ve pürüzlülükle ilgili olarak önerdiği (Bieniawski, 1989) tanımlama ve puanlamaları kullanmışlardır. Bunun sonucunda 0-18 arasında değişen Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR) elde etmişlerdir (Tablo 50). SCR aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$SCR = R_r + R_w + R_f \quad (15)$$

Bu eşitlikte:

$R_r$  ; Pürüzlülük Puanı

$R_w$  ; Bozunma Puanı

$R_f$  ; Dolgu Puanı'dır.

Tablo 50 . Modifiye edilmiş GSI sisteminde SCR' nin belirlenmesi (Sönmez ve Ulusay)

Pürüzlülük Puanı ( $R_r$ )	Çok pürüzlü 6	Pürüzlü 5	Az pürüzlü 3	Düz 1	Kaygan 0
Bozunma Puanı ( $R_w$ )	Yok 6	Az bozunmuş 5	Orta derecede bozunmuş 3	İleri derecede bozunmuş 1	Çok ileri derecede bozunmuş 0
Dolgu Puanı ( $R_f$ )	Yok 6	Sert <5 mm 4	Sert >5 mm 2	Yumuşak <5 mm 2	Yumuşak >5 mm 0

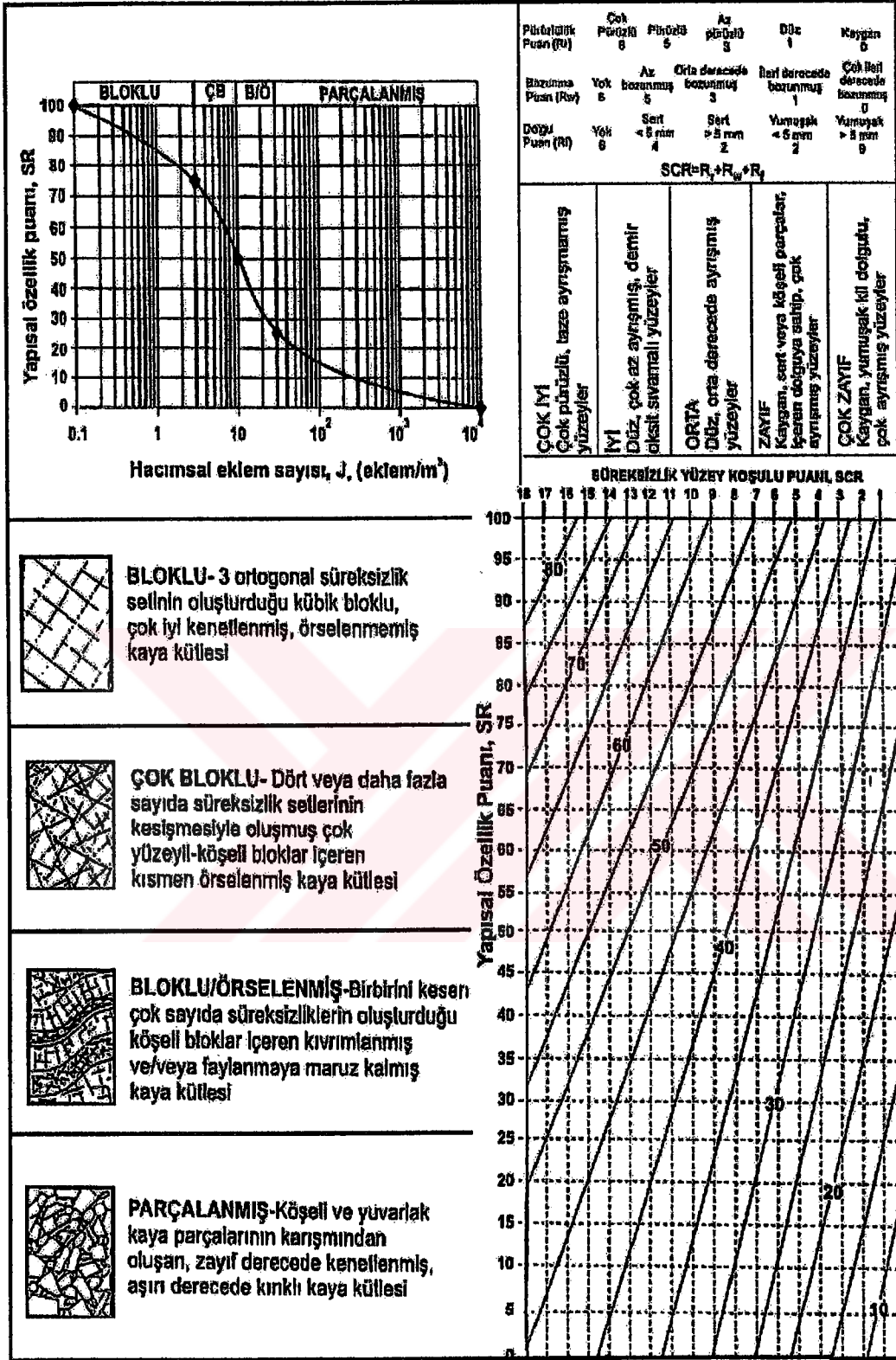
GSI' nin hesaplanmasında kullanılan girdi parametrelerinin sayısının azaltılarak pratiklik sağlanması açısından hem süreksizlik aralığını, hem de süreksizlik sayısını birlikte ifade eden hacimsel çatlak sayısı ( $J_v$ ) bulunur.

$J_v$  parametresi için gereksinim duyulan sınır değerler ISRM (1981) tarafından önerilen aralıklar esas alınarak ve ayrıntısı Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından verilen bir yaklaşımla Yapısal Özellik Puanı (SR) GSI sistemine uyarlanmıştır (Tablo 51).

Tablo 51. Blok boyutu tanımlamaları ve  $J_v$  için ISRM (1981) tarafından önerilen aralıklar

ISRM (1981)' in Tanımları	$J_v$ (çatlak/m <sup>3</sup> )	GSI için önerilen tanımlar
Çok Büyük Bloklar	< 1	BLOKLU (B)
Büyük Bloklar	1-3	
Orta Boyutlu Bloklar	3-10	ÇOK BLOKLU (ÇB)
Küçük Bloklar	10-30	BLOKLU/ÖRSELENMİŞ(B/Ö)
Çok Küçük Bloklar	30-60	PARÇALANMIŞ
Parçalanmış-Ufalanmış	>60	

Yukarıda anlatılan şekilde  $J_v$  parametresi belirlendikten sonra Yapısal Özellik Puanı (SR) Şekil 32' den ilgili grafik kullanılarak belirlenir.



Şekil 32. Modifiye edilmiş GSI sınıflama sistemi ( Sönmez ve Ulusay, 1998)



Sık aralıklı süreksizlikler içeren kaya kütlelerinin dayanımları Hoek-Brown'ın belirlediği kritere göre aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir:

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_{lab,b} \left( m_y * \frac{\sigma_3'}{\sigma_{lab,b}} + S \right)^a \quad (16)$$

Bu eşitlikte:

$\sigma_1'$  ve  $\sigma_3'$  ; Sırasıyla düşey ve yatay efektif asal gerilmeler.

$\sigma_{lab,b}$  ; Küçük boyutlu laboratuvar numunelerinden belirlenen tek eksenli basınç dayanımı.

$m_y$  ; Kaya kütlelerine ait ampirik bir büyüklük olup, aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir:

$$\frac{m_y}{m_{lab}} = \exp\left(\frac{GSI - 100}{28}\right) \quad (17)$$

Bu eşitlikte:

$m_{lab}$  ; Küçük boyutlu laboratuvar numunelerinin üç eksenli basınç deneylerinden belirlenen ve büyük ölçüde kayaç litolojisine bağlı ampirik faktör. Örneğin aglomera için  $m_{lab} = 20$ , breş için  $m_{lab} = 18$ , tuf için  $m_{lab} = 15$ , kumtaşı için  $m_{lab} = 9$ , kıltaşı için  $m_{lab} = 4$ , kireçtaşı için  $m_{lab} = 10-8$  arasında değişmekte, granit, bazalt ve andezit için sırasıyla 33, 17 ve 19 olmaktadır.

$GSI$  ; Mühendislik çalışmaları yapılacak formasyonlarda gerçekleştirilecek detaylı "jeomekanik yerinde çalışmalar" sonucu belirlenen jeolojik dayanım indeksi.

$S = GSI$ 'ye bağlı ampirik bir büyüklük.

$GSI > 25$  ise

$$S = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9}\right) \quad (18)$$

$GSI < 25$  ise

$S = 0$ 'dır.

$a =$  Kaya kütlelerinin jeomekanik büyüklüklerine bağlı ampirik bir büyüklüktür.

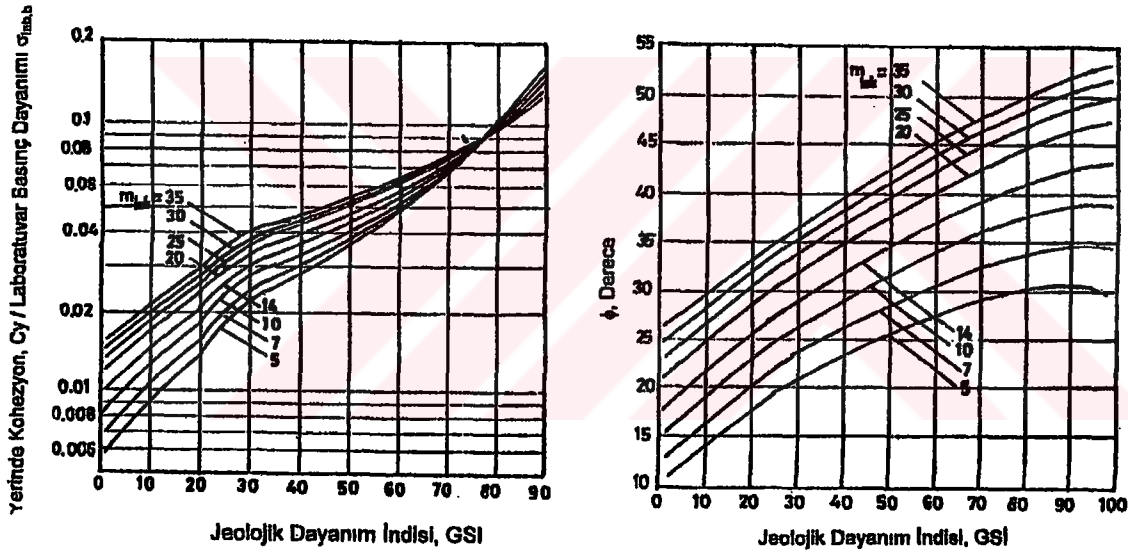
GSI>25 ise

$a = 0.5$  olup değişmez bir değerdir.

GSI<25 ise

$$a = 0.65 - \frac{GSI}{200} \text{ 'dür.}$$

GSI değeri hesaplandıktan sonra çatlaklı kaya kütesinin verilen  $m_{lab}$  büyüklüğü için kohezyon değeri " $C_y$ " ve içsel sürtünme açısı " $\phi$ " (Şekil 33a,b) den elde edilir. Şekil 33a' da GSI değeri için "Yerinde Kohezyon ( $C_y$ )/Laboratuvar Basıç Dayanımı" belirlenir. Şekilden de görüldüğü gibi GSI değeri arttıkça yerinde kohezyon büyüklüğü " $C_y$ " ve içsel sürtünme açısı " $\phi$ " de artmaktadır.



Şekil 33a,b.  $C_y/\sigma_{lab,b} = f(GSI, m_{lab})$  ve  $\phi = f(GSI, m_{lab})$  Değişimleri (Hoek-Brown, 1998)

Mohr-Coulomb kırılma kriterine göre yerinde kaya kütesinin basınç dayanımı aşağıdaki bağıntı ile belirlenir.

$$\sigma_{y,b} = \frac{2.C_y \cdot \cos \phi}{1 - \sin \phi} \quad (19)$$

Ayrıca yerinde elastisite modülü “E<sub>y</sub>” 20 numaralı ampirik ifade yardımıyla hesaplanabilir ( Hoek-Brown, 1998).

$$E_y = \sqrt{\frac{\sigma_{lab,b}}{100}} \cdot 10^{\left(\frac{GSI-10}{40}\right)}, \text{ Gpa} \quad (20)$$

Ancak yukarıda belirtilen ifade  $\sigma_{lab,b} < 100$  Mpa için geçerlidir. Tek eksenli laboratuvar basınç dayanımının 100 Mpa' dan büyük olduğu durumlarda kaya kütlelerinin elastisite modülü (E<sub>y</sub>), RMR değerine bağlı olarak 21 veya 22 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanır.

$$E_y = 2xRMR-100 \text{ Gpa} \quad RMR > 50 \text{ (Bianiawski, 1978)} \quad (21)$$

$$E_y = 10^{(RMR-10)/40} \text{ Gpa} \quad RMR < 50 \text{ ( Serafim and Pereira, 1983 )} \quad (22)$$

Mohr-Coulomb kırılma zarfı (üç eksenli basınç altında) ise 23 numaralı eşitlikle verilir:

$$\sigma_1 = \sigma_{y,b} + K \sigma_3 \quad (23)$$

Bu eşitlikte K 24 nolu ampirik ifadeden hesaplanır.

$$K = (1 + \sin\phi) / (1 - \sin\phi) \quad (24)$$

İncelemeleri yapılan alanlara ait kaya kütle dayanım parametreleri şu şekilde hesaplanmıştır:

### 3.3.5.2.1.1. I. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi

Aglomeralara ait süreksizlik yüzey koşulu puanı (SCR) değeri Tablo 50 yardımıyla 8, J<sub>v</sub> değeri 3 nolu bağıttan 10.17 ve buna bağlı olarak yapısal özellik puanı (SR) Şekil 32' den 50 olarak bulunmuştur.

Yapısal özellik puanı ve süreksizlik yüzey koşulu puanından faydalanılarak Şekil 32' den jeolojik dayanım indeksi (GSI) 39 olarak bulunmuştur. Aglomeralar için  $m_{lab,b}$  değeri 20' dir. Bu değerler kullanılarak Şekil 33a,b' den  $C_y = 43.15 \text{ kg/cm}^2$  ve  $\phi = 34^\circ$  saptanmıştır.

Mohr-Coulomb kırılma kriterine göre kaya kütlelerinin basınç dayanımı " $\sigma_{y,b}$ " 19 nolu bağıntıdan  $162.64 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca kaya kütlelerinin elastisite modülü " $E_y$ " 21 nolu ampirik ifadeden  $3.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  bulunmuştur.

Mohr-Coulomb kırılma zarfındaki K değeri 24 nolu eşitlikten 3.55 olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.5.2.1.2. II. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi

Aglomeralara ait süreksizlik yüzey koşulu puanı (SCR) değeri Tablo 50 yardımıyla 12,  $J_v$  değeri 3 nolu bağıntıdan 6.74 ve buna bağlı olarak yapısal özellik puanı (SR) Şekil 32' den 62 olarak bulunmuştur.

Yapısal özellik puanı ve süreksizlik yüzey koşulu puanından faydalanılarak Şekil 32' den jeolojik dayanım indeksi (GSI) 52 olarak bulunmuştur. Aglomeralar için  $m_{lab,b}$  değeri 20' dir. Bu değerler kullanılarak Tablo 33a,b' den  $C_y = 75.56 \text{ kg/cm}^2$  ve  $\phi = 37^\circ$  saptanmıştır.

Mohr-Coulomb kırılma kriterine göre kaya kütlelerinin basınç dayanımı " $\sigma_{y,b}$ " 19 nolu bağıntıdan  $302.24 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca kaya kütlelerinin elastisite modülü " $E_y$ " 21 nolu ampirik ifadeden  $5.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  bulunmuştur.

Mohr-Coulomb kırılma zarfındaki K değeri 24 nolu eşitlikten 4 olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.5.2.1.3. III. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi

Bazaltlara ait süreksizlik yüzey koşulu puanı (SCR) değeri Tablo 50 yardımıyla 10,  $J_v$  değeri 3 nolu bağıntıdan 7.5 ve buna bağlı olarak yapısal özellik puanı (SR) Şekil 32' den 59 olarak bulunmuştur.

Yapısal özellik puanı ve süreksizlik yüzey koşulu puanından faydalanılarak Şekil 32' den jeolojik dayanım indeksi (GSI) 46 olarak bulunmuştur. Bazaltlar için  $m_{lab,b}$  değeri 17' dir. Bu değerler kullanılarak Tablo 33a,b' den  $C_y = 43.47 \text{ kg/cm}^2$  ve  $\phi = 35^\circ$  saptanmıştır.

Mohr-Coulomb kırılma kriterine göre kaya kütlelerinin basınç dayanımı " $\sigma_{y,b}$ " 19 nolu bağıntıdan  $167.01 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca kaya kütlelerinin elastisite modülü " $E_y$ " 21 nolu ampirik ifadeden  $5.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  bulunmuştur.

Mohr-Coulomb kırılma zarfındaki K değeri 24 nolu eşitlikten 3.69 olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.5.2.1.4. IV. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi

Tüflere ait süreksizlik yüzey koşulu puanı (SCR) değeri Tablo 50 yardımıyla 6,  $J_v$  değeri 3 nolu bağıntıdan 21.95 ve buna bağlı olarak yapısal özellik puanı (SR) Şekil 32' den 30 olarak bulunmuştur.

Yapısal özellik puanı ve süreksizlik yüzey koşulu puanından faydalanılarak Şekil 32' den jeolojik dayanım indeksi (GSI) 30 olarak bulunmuştur. Tüfler için  $m_{lab,b}$  değeri 15' dir. Bu değerler kullanılarak Şekil 33a,b' den  $C_y = 4.56 \text{ kg/cm}^2$  ve  $\phi = 23^\circ$  saptanmıştır.

Mohr-Coulomb kırılma kriterine göre kaya kütlelerinin basınç dayanımı " $\sigma_{y,b}$ " 19 nolu bağıntıdan  $13.78 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca kaya kütlelerinin elastisite modülü " $E_y$ " 20 nolu ampirik ifadeden  $0.43 \times 10^5$   $\text{kg/cm}^2$  bulunmuştur.

Mohr-Coulomb kırılma zarfındaki K değeri 24 nolu eşitlikten 2.28 olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.5.2.1.5. V. Alana Ait Kaya Kütle Dayanım Parametreleri Değerlendirmesi

Breşlere ait süreksizlik yüzey koşulu puanı (SCR) değeri Tablo 50 yardımıyla 6,  $J_v$  değeri 3 nolu bağıntıdan 32.77 ve buna bağlı olarak yapısal özellik puanı (SR) Şekil 32' den 24 olarak bulunmuştur.

Yapısal özellik puanı ve süreksizlik yüzey koşulu puanından faydalanılarak Şekil 32' den jeolojik dayanım indeksi (GSI) 28 olarak bulunmuştur. Breşler için  $m_{lab,b}$  değeri 18' dir. Bu değerler kullanılarak Şekil 33a,b' den  $C_y = 2.43 \text{ kg/cm}^2$  ve  $\phi = 23^\circ$  saptanmıştır.

Mohr-Coulomb kırılma kriterine göre kaya kütlelerinin basınç dayanımı " $\sigma_{y,b}$ " 19 nolu bağıntıdan  $7.34 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca kaya kütlelerinin elastisite modülü " $E_y$ " 20 nolu ampirik ifadeden  $0.29 \times 10^5$   $\text{kg/cm}^2$  bulunmuştur.

Mohr-Coulomb kırılma zarfındaki K değeri 24 nolu eşitlikten 2.28 olarak hesaplanmıştır.

İnceleme alanlarına ait kaya kütle dayanım parametreleri Tablo 52' de verilmiştir.



Tablo 52. İnceleme alanlarına ait kaya kütle dayanım parametreleri

Kaya Kütle Dayanım Parametreleri	1.ALAN	2.ALAN	3.ALAN	4.ALAN	5.ALAN
Kaya kütle basıncı dayanımı $\sigma_{y,b}$ , kg/cm <sup>2</sup>	162.64	302.24	167.01	13.78	7.34
Kohezyon $C_y$ , kg/cm <sup>2</sup>	43.15	75.56	43.47	4.56	2.43
İçsel sürtünme açısı, $\phi$	34°	37°	35°	23°	23°
Elastisite modülü $E_y$ , kg/cm <sup>2</sup>	3.8X10 <sup>5</sup>	5.4x10 <sup>5</sup>	5.4X10 <sup>5</sup>	0.43X10 <sup>5</sup>	0.29x10 <sup>5</sup>
Mohr-Coulomb kırılma zarfı $\sigma_1 = \sigma_{y,b} + K\sigma_3$	162.64 + 3.55 $\sigma_3$	302.24 + 4 $\sigma_3$	167.01 + 3.69 $\sigma_3$	13.78 + 2.28 $\sigma_3$	7.34 + 2.28 $\sigma_3$

### 3.3.6. I. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

Bu alanda yer alan kayaçlar aglomeralardan oluşmaktadır. Aglomeralarda yaygın olarak andezit ve daha az oranda da bazalt blok ve çakılları yer almaktadır.

Bu kayaçlar ayrışma durumları dikkate alındığında "orta derecede ayrışmış" kayaç sınıfına girmektedir. Kaya kalitesi özelliğine göre "iyi kaliteli kaya", süreksizlik ara uzaklığına göre "orta çatlaklı kaya" ve süreksizlik açıklığına göre de "orta", "geniş" çatlak açıklıklı kaya olarak sınıflandırılmıştır. Çatlaklarının bir kısmı dolgusuz olmakla beraber çatlak açıklığı 2.5mm den büyük olan çatlaklar ayrışmış kayaç malzemesi ile dolguludur. Süreksizlik yüzeyleri hafif pürüzlüdür.

Aglomeralara ait indeks özellikleri, yapılan laboratuvar deneylerinden faydalanılarak, tane birim hacim ağırlığı ( $\gamma_s$ ) 2.72 gr/cm<sup>3</sup>, kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k$ )

2.401 gr/cm<sup>3</sup>, doymun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ ) 2.448 gr/cm<sup>3</sup>, porozitesi (n) 11.7, ağırlıkça su emme değeri (as) 2, doymunluk derecesi (Sr) 41, hacimce su emme değeri (hs) 4.8 olarak hesaplanmıştır.

Aglomeralar schimidt çekici ortalama geri tepme sayısı (R) değerine göre "sert kaya" sınıfına girmektedir. Suya dayanım indeksi değeri 98.62 olarak bulunmuş ve bu değere göre dağılma dayanımı sınıflamasında "çok yüksek" olarak sınıflandırılmıştır.

Aglomeraların boyuna dalga hızı kuru örneklerde 3765 m/sn, doymun örneklerde 3885 m/sn olarak hesaplanmıştır.

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler sonucunda nokta yük direnci ve tek eksenli basınç direnci değerlerine göre "yüksek dirençli" olan aglomeraların çekme direnci 82.78 kg/cm<sup>2</sup>, dinamik elastisite modülü değerleri kuru örnekler için 3.52x10<sup>5</sup> kg/cm<sup>2</sup>, doymun örnekler için 3.67x10<sup>5</sup> kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Yapılan RMR sınıflandırması neticesinde bu alanda yer alan aglomeralar tünel ve temel kayası olarak "iyi kaya", şev açısından da "orta iyi kaya" sınıfında yer almıştır.

Aglomeralara ait jeolojik dayanım indeksi (GSI) 39 olarak bulunmuştur. Bu değerden hareketle kaya kütleinin basınç dayanımı 162.64 kg/cm<sup>2</sup>, elastisite modülü 3.8x10<sup>5</sup> kg/cm<sup>2</sup>, kohezyonu 43.16 kg/cm<sup>2</sup>, içsel sürtünme açısı 34° ve Mohr-Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 162.64 + 3.55\sigma_3$  kg/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.7. II. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

Bu alanda yer alan kayaçlar aglomeralardan oluşmaktadır. Aglomeralarda yaygın olarak andezit ve daha az oranda da bazalt blok ve çakılları yer almaktadır.

Bu kayaçlar ayrışma durumları dikkate alındığında "az ayrışmış" kayaç sınıfına girmektedir. Kaya kalitesi özelliğine göre "çok iyi kaliteli kaya", süreksizlik ara uzaklığına göre "orta çatlaklı kaya" ve süreksizlik açıklığına göre de "orta", "geniş" çatlak açıklıklı

kaya olarak sınıflandırılmıştır. Çatlaklarının çoğu dolgunsuz olmakla beraber geniş açıklıklı çatlaklar ayrılmış kayaç malzemesi ile dolguludur. Süreksizlik yüzeyleri pürüzlüdür.

Aglomeralara ait indeks özellikleri, yapılan laboratuvar deneylerinden faydalanılarak, tane birim hacim ağırlığı ( $\gamma_s$ ) 2.74 gr/cm<sup>3</sup>, kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k$ ) 2.593 gr/cm<sup>3</sup>, doymun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ ) 2.612 gr/cm<sup>3</sup>, porozitesi (n) 5.3, ağırlıkça su emme değeri (as) 0.7, doymunluk derecesi (Sr) 36, hacimce su emme değeri (hs) 1.89 olarak hesaplanmıştır.

Aglomeralar schimidt çekici ortalama geri tepme sayısı (R) değerine göre "çok sert kaya" sınıfına girmektedir. Suya dayanım indeksi değeri 99.48 olarak bulunmuş ve bu değere göre dağılma dayanımı sınıflamasında "çok yüksek" olarak sınıflandırılmıştır.

Aglomeraların boyuna dalga hızı kuru örneklerde 4068 m/sn, doymun örneklerde 4281 m/sn olarak hesaplanmıştır.

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler sonucunda nokta yük direnci değerine göre "çok yüksek dirençli" ve tek eksenli basınç direnci değerine göre de "yüksek dirençli" olan aglomeraların çekme direnci 162.32 kg/cm<sup>2</sup>, dinamik elastisite modülü değerleri kuru örnekler için  $4.35 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>, doymun örnekler için  $4.85 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Yapılan RMR sınıflandırması neticesinde bu alanda yer alan aglomeralar tünel ve temel kayası olarak "iyi kaya", şev açısından da "orta iyi kaya" sınıfında yer almıştır.

Aglomeralara ait jeolojik dayanım indeksi (GSI) 52 olarak bulunmuştur. Bu değerden hareketle kaya kütleinin basınç dayanımı 302.24 kg/cm<sup>2</sup>, elastisite modülü  $5.4 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>, kohezyonu 75.56 kg/cm<sup>2</sup>, içsel sürtünme açısı 37° ve Mohr-Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 302.24 + 4\sigma_3$  kg/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.8. III. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

Bu alanda yer alan kayaçlar bazaltlardan oluşmaktadır.

Bu kayaçlar ayrışma durumları dikkate alındığında "az ayrışmış" kayaç sınıfına girmektedir. Kaya kalitesi özelliğine göre "çok iyi kaliteli kaya", süreksizlik ara uzaklığına göre "orta çatlaklı kaya" ve süreksizlik açıklığına göre de "orta", "geniş" çatlak açıklıklı kaya olarak sınıflandırılmıştır. Çatlaklarının bir kısmı ayrışmış kayaç malzemesi ile dolguludur. Az olmakla beraber hidrotermal alterasyon sonucu gelişen limonit ve hematit boyamaları yer almaktadır. Süreksizlik yüzeyleri hafif pürüzlüdür.

Bazaltlara ait indeks özellikleri, yapılan laboratuvar deneylerinden faydalanılarak, tane birim hacim ağırlığı ( $\gamma_s$ ) 2.98 gr/cm<sup>3</sup>, kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k$ ) 2.867 gr/cm<sup>3</sup>, doymun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ ) 2.894 gr/cm<sup>3</sup>, porozitesi (n) 3.8, ağırlıkça su emme değeri (as) 0.94, doymunluk derecesi (Sr) 61.2, hacimce su emme değeri (hs) 2.69 olarak hesaplanmıştır.

Bazaltlar schimidt çekici ortalama geri tepme sayısı (R) değerine göre "sert kaya" sınıfına girmektedir. Suya dayanım indeksi değeri 94.7 olarak bulunmuş ve bu değere göre dağılma dayanımı sınıflamasında "orta yüksek" olarak sınıflandırılmıştır.

Bazaltların boyuna dalga hızı kuru örneklerde 3747 m/sn, doymun örneklerde 4237 m/sn olarak hesaplanmıştır.

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler sonucunda nokta yük direnci ve tek eksenli basınç direnci değerlerine göre "yüksek dirençli" olan bazaltların çekme direnci 84.30 kg/cm<sup>2</sup>, dinamik elastisite modülü değerleri kuru örnekler için 4.09x10<sup>5</sup> kg/cm<sup>2</sup>, doymun örnekler için 5.27x10<sup>5</sup> kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Yapılan RMR sınıflandırması neticesinde bu alanda yer alan bazaltlar tünel ve temel kayası olarak "iyi kaya", şev açısından da "orta iyi kaya" sınıfında yer almıştır.

Bazaltlara ait jeolojik dayanım indeksi (GSI) 46 olarak bulunmuştur. Bu değerden hareketle kaya kütesinin basınç dayanımı 167.01 kg/cm<sup>2</sup>, elastisite modülü 5.4x10<sup>5</sup>

kg/cm<sup>2</sup>, kohezyonu 43.47 kg/cm<sup>2</sup>, içsel sürtünme açısı 35° ve Mohr-Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 167.01 + 3.69\sigma_3$  kg/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.9. IV. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

Bu alanda yer alan kayaçlar tüflerden oluşmaktadır.

Bu kayaçlar ayrışma durumları dikkate alındığında "orta derecede ayrılmış" kayaç sınıfına girmektedir. Kaya kalitesi özelliğine göre "kötü kaliteli kaya", süreksizliklerin açıklığına göre "geniş" "çok geniş", tabaka kalınlığına göre "orta tabakalı kaya" olarak sınıflandırılmıştır. Çatlaklar kil ile dolguludur. Süreksizlik yüzeyleri düzdür.

Tüflere ait indeks özellikleri, yapılan laboratuvar deneylerinden faydalanılarak, tane birim hacim ağırlığı ( $\gamma_s$ ) 2.55 gr/cm<sup>3</sup>, kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k$ ) 1.691 gr/cm<sup>3</sup>, doymun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ ) 1.939 gr/cm<sup>3</sup>, porozitesi (n) 33.7, ağırlıkça su emme değeri (as) 14.6, doymunluk derecesi (Sr) 74, hacimce su emme değeri (hs) 24.8 olarak hesaplanmıştır.

Tüfler schimidt çekici ortalama geri tepme sayısı (R) değerine göre "yumuşak kaya" sınıfına girmektedir. Suya dayanım indeksi değeri 97.6 olarak bulunmuş ve bu değere göre dağılma dayanımı sınıflamasında "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır.

Tüflerin boyuna dalga hızı kuru örneklerde 2132 m/sn, doymun örneklerde 2526 m/sn olarak hesaplanmıştır.

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler sonucunda nokta yük direnci değerine göre "düşük dirençli" ve tek eksenli basınç direnci değerine göre "çok düşük dirençli" olan tüflerin çekme direnci 30.79 kg/cm<sup>2</sup>, dinamik elastisite modülü değerleri kuru örnekler için  $0.90 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>, doymun örnekler için  $1.10 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Yapılan RMR sınıflandırması neticesinde bu alanda yer alan tüfler tünel ve temel kayası olarak "zayıf kaya", şev açısından da "çok zayıf kaya" sınıfında yer almıştır.

Tüflere ait jeolojik dayanım indeksi (GSI) 30 olarak bulunmuştur. Bu değerden hareketle kaya kütlelerinin basınç dayanımı  $13.78 \text{ kg/cm}^2$ , elastisite modülü  $0.43 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , kohezyonu  $4.56 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısı  $23^\circ$  ve Mohr-Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 13.78 + 2.28\sigma_3 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır.

### 3.3.10. V. Alan Kayaçlarının Mühendislik Özellikleri

Bu alanda yer alan kayaçlar breşlerden oluşmaktadır.

Bu kayaçlar ayrışma durumları dikkate alındığında "ayrışmış" kayaç sınıfına girmektedir. Kaya kalitesi özelliğine göre "çok kötü kaliteli kaya", süreksizlik açıklığına göre "çok geniş", tabaka kalınlığına göre "ince tabakalı kaya" olarak sınıflandırılmıştır. Çatlaklar kil dolgululu olup dolgu kalınlığı 1 cm dir. Süreksizlik yüzeyleri pürüzlüdür.

Breşler ait indeks özellikleri, yapılan laboratuvar deneylerinden faydalanılarak, tane birim hacim ağırlığı ( $\gamma_s$ )  $2.61 \text{ gr/cm}^3$ , kuru birim hacim ağırlığı ( $\gamma_k$ )  $1.773 \text{ gr/cm}^3$ , doymun birim hacim ağırlığı ( $\gamma_d$ )  $2.023 \text{ gr/cm}^3$ , porozitesi (n) 32.1, ağırlıkça su emme değeri (as) 14.1, doymunluk derecesi (Sr) 79, hacimce su emme değeri (hs) 24.8 olarak hesaplanmıştır.

Breşler schimidt çekici ortalama geri tepme sayısı (R) değerine göre "çok katı toprak" sınıfına girmektedir. Suya dayanım indeksi değeri 89.52 olarak bulunmuş ve bu değere göre dağılma dayanımı sınıflamasında "orta yüksek" olarak sınıflandırılmıştır.

Breşlerin boyuna dalga hızı kuru örneklerde  $1074 \text{ m/sn}$ , doymun örneklerde  $1628 \text{ m/sn}$  olarak hesaplanmıştır.

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler sonucunda nokta yük direnci değeri "orta dirençli" ve tek eksenli basınç direnci değerine göre "çok düşük dirençli" olan breşlerin çekme direnci  $10.1 \text{ kg/cm}^2$ , dinamik elastisite modülü değerleri kuru örnekler için  $0.21 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , doymun örnekler için  $0.54 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  olarak bulunmuştur.



Yapılan RMR sınıflandırması neticesinde bu alanda yer alan breşler tünel, temel ve şev kayası olarak "çok zayıf kaya" sınıfında yer almıştır.

Breşlere ait jeolojik dayanım indeksi (GSI) 28 olarak bulunmuştur. Bu değerden hareketle kaya kütleinin basınç dayanımı  $7.34 \text{ kg/cm}^2$ , elastisite modülü  $0.29 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , kohezyonu  $2.43 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısı  $23^\circ$  ve Mohr - Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 7.34 + 2.28\sigma_3 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır.



#### 4. İRDELEME

Trabzon Güney Çevre Yolu muhtemel güzergahının Darıca - Yalı Mahallesi arasında kalan bölümünde yapılan genel jeoloji çalışmalarından elde edilen sonuçların daha önce aynı alan ve yakın çevresinde yapılmış olan genel jeoloji çalışmaları sonucu elde edilen genel stratigrafik dizilim ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak litolojik birimlerin sınırları ve bazı yapısal unsurlarda farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

İnceleme alanında ayırtılan kaya birimlerinin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler sonucunda bulunan değerlerin literatürde belirtilen değerlerle uyumlu olduğu saptanmıştır.

Kaya kütlelerinin jeomekanik sınıflandırması yapılmış ve incelemeleri yapılan alanlardaki kaya kütleleri temel olabilme, şev ve tünel kayası olmaları açısından irdelenmiştir. Jeolojik dayanım indeksi (GSI) kullanılarak kaya kütlelerinin dayanım parametreleri hesaplanmıştır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Trabzon Güney Çevre Yolu muhtemel güzergahının Darıca (Akçaabat) - Yalı Mahallesi (Trabzon) arasında kalan kısmının mühendislik jeolojisi açısından incelemesi yapılmıştır. Litoloji ve ayrışma baz alınarak alanlara ayrılan kayaçların jeomekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Arazi ve laboratuvar çalışmaları neticesinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1. İnceleme alanında yapılan genel jeoloji çalışmasında, 1 / 25.000 ölçekli genel jeoloji haritası hazırlanarak 4 birim ayrılmıştır. Bu birimler yaşlıdan gence doğru şöyledir:

Kireçtaşı-marn arakatkılı andezit, bazalt ve piroklastikleri	(Üst Kretase)
Kumlu kçt.-marn arakatkılı andezit, bazalt ve piroklastikleri	(Eosen)
Taraça	(Kuvaterner)
Alüvyon	(Kuvaterner)

2. Muhtemel yol güzergahı boyunca yüzeyleme veren kayaçların litolojileri ve ayrışma durumları dikkate alınarak, 1 / 10.000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmış ve 5 birim ayrılmıştır. Bu birimler :

Orta derecede ayrılmış aglomera	(1.Alan)
Az ayrılmış aglomera	(2.Alan)
Az ayrılmış bazalt	(3.Alan)
Orta derecede ayrılmış tüf	(4.Alan)
Ayrılmış breş	(5.Alan)

şeklindedir.

Yapılan ölçüm ve gözlemler sonucunda bu alanlarda yer alan kayaların, aşağıdaki özelliklere sahip oldukları tespit edilmiştir.

## I-) Kayaçların Süreksizlik Özelliklerinden Elde Edilen Sonuçlar

### a-) Kaya Kalitesi Özelliği (RQD)

Orta derecede ayrılmış aglomeraların (1.alan) iyi kaliteli kaya, az ayrılmış aglomera ve bazaltların (2. ve 3.alan) çok iyi kaliteli kaya, orta derecede ayrılmış tüflerin (4.alan) kötü kaliteli kaya ve ayrılmış breşlerin (5.alan) çok kötü kaliteli kaya sınıfında yer aldıkları tespit edilmiştir.

### b-) Süreksizlik Ara Uzaklığı

Orta derecede ayrılmış aglomera, az ayrılmış aglomera ve az ayrılmış bazaltların (1.,2., ve 3. alan) orta çatlaklı kaya, orta derecede ayrılmış tüflerin (4.alan) orta tabakalı kaya, ayrılmış breşlerin (5.alan) ince tabakalı kaya sınıfında oldukları belirlenmiştir.

### c-) Süreksizlik Açıklığı

Orta derecede ayrılmış aglomeraların (1.alan) genellikle geniş çatlak açıklıklı, az ayrılmış aglomeraların (2.alan) orta, az ayrılmış bazaltların (3.alan) orta-geniş, orta derecede ayrılmış tüflerin (4.alan) geniş-çok geniş, ayrılmış breşlerin (5.alan) çok geniş çatlak açıklıklı oldukları görülmüştür.

### d-) Süreksizlik Dolgusunun Özellikleri

İnceleme alanında yüzeyleyen kayaçların genellikle kayaç kırıntısı, kil ve kalsit dolgulu oldukları görülmüştür. Artan ayrışmayla beraber çatlak yüzeylerinde kloritleşme, epidotlaşma ve limonitleşmenin hakim olduğu saptanmıştır.

### e-) Çatlak Pürüzlülüğü

Orta derecede ayrılmış aglomeraların (1.alan) hafif pürüzlü, az ayrılmış aglomeraların (2.alan) pürüzlü, az ayrılmış bazaltların (3.alan) hafif pürüzlü, orta derecede ayrılmış tüflerin (4.alan) düz, ayrılmış breşlerin (5.alan) pürüzlü oldukları saptanmıştır.

## II- )Kayaçların Fiziksel Özelliklerinden Elde Edilen Sonuçlar

### a-) İndeks Özellikleri

İncelemesi yapılan 5 alandan çıkarılan kaya bloklarından laboratuvarında elde edilen karot örnekleri üzerinde, kayaçların fiziksel özellikleri tespit edilmiştir. Kayaçların özgül ağırlıkları ( $\gamma_s$ ), kuru birim hacim ağırlıkları ( $\gamma_k$ ), doygun birim hacim ağırlıkları ( $\gamma_d$ ), poroziteleri ( $n$ ), ağırlıkça su emmeleri ( $a_s$ ), hacimce su emmeleri ( $h_s$ ) ve doygunluk dereceleri ( $S_r$ ) bulunmuştur.

### b-) Kayaçların Sertliği

Kaya blokları üzerinde gerçekleştirilen schmidt çekici deneyi sonuçlarına göre, orta derecede ayrılmış aglomeraların (1.alan) ve az ayrılmış bazaltların (3.alan) sert kaya, az ayrılmış aglomeraların (2.alan) çok sert kaya, orta derecede ayrılmış tüflerin (4.alan) yumuşak kaya, ayrılmış breşlerin (5.alan) çok katı toprak sınıfında yer aldıkları tespit edilmiştir.

### c-) Suda Dağılma Dayanımı

Suda dağılma dayanımı deney sonuçlarına göre 1. ve 2. alandaki kayaçların çok yüksek, 3. ve 5. alandaki kayaçların orta-yüksek, 4. alandaki kayaçların yüksek dayanımlı sınıfında oldukları belirlenmiştir.

## III-) Kayaçların Mekanik Özelliklerinden Elde Edilen Sonuçlar

### a-) Nokta Yük Direnci

Nokta yük direnci deney sonuçlarına göre, orta derecede ayrılmış aglomeralar (1.alan) yüksek dirençli, az ayrılmış aglomeralar (2.alan) çok yüksek dirençli, az ayrılmış bazaltlar (3.alan) yüksek dirençli, orta derecede ayrılmış tüfler (4.alan) düşük dirençli ve ayrılmış breşler (5.alan) orta dirençli kaya sınıfında yer almışlardır.

### b-) Tek Eksenli Basınç Direnci

Tek eksenli basınç direnci deney sonuçlarına göre, orta derecede ayrılmış aglomeraların, az ayrılmış aglomeraların ve az ayrılmış bazaltların (1., 2. ve 3.alan) yüksek dirençli, orta derecede ayrılmış tüflerin (4.alan) ve ayrılmış breşlerin (5.alan) çok düşük dirençte oldukları görülmüştür. Az ayrılmış bazaltların (3.alan) doygun örneklerinin orta dirençli olduğu tespit edilmiştir. Doygun ortamlarda bazaltların direncinin değişmesinin, kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri değerlendirilirken, dikkate alınmasında fayda vardır.

### c-) Çekme Direnci

Yapılan Brezilyan deneyi sonuçlarına göre, kuru ve doygun örnekler üzerinde gerçekleştirilen deneylerde kayaçların sudan etkilendikleri ve doygun durumlarda dirençlerinin düştüğü gözlenmiştir.

3. İncelene alanlarda bulunan birimlere ait kaya kütle sınıflandırması RMR sistemine göre yapılmış ve birimler tünel kayası, temel kayası ve şev kayası olmaları açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, orta derecede ayrılmış aglomeralar, az ayrılmış aglomeralar ve az ayrılmış bazaltlar (1., 2. ve 3.alan) tünel ve temel kayası olarak iyi kaya, şev kayası olarak orta kaya, orta derecede ayrılmış tüfler (4.alan) tünel ve temel kayası olarak zayıf kaya, şev kayası olarak çok zayıf kaya ve ayrılmış breşlerde (5.alan) tünel, temel ve şev kayası olarak çok zayıf kaya sınıfında yer almışlardır.

4. İnceleme alanındaki birimlerin kaya kütle dayanımları Hoek-Brown ampirik kırılma kriteri kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre,

a-) Orta derecede ayrılmış aglomeralarda (1.alan); kaya kütlelerinin basınç dayanımı  $\sigma_{y,b} = 162.64 \text{ kg/cm}^2$ , kohezyonu  $C_y = 43.15 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısı  $\phi = 34^\circ$ , elastisite modülü  $E_y = 3.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , Mohr- Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 162.64 + 3.55\sigma_3 \text{ kg/cm}^2$ .



b-) Az ayrıışmış aglomeralarda (2.alan); kaya kütlesinin basınç dayanımı  $\sigma_{y,b} = 302.24 \text{ kg/cm}^2$ , kohezyonu  $C_y = 75.56 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısı  $\phi = 37^\circ$ , elastisite modülü  $E_y = 5.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , Mohr- Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 302.24 + 4\sigma_3 \text{ kg/cm}^2$ .

c-) Az ayrıışmış bazaltlarda (3.alan); kaya kütlesinin basınç dayanımı  $\sigma_{y,b} = 167.01 \text{ kg/cm}^2$ , kohezyonu  $C_y = 43.47 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısı  $\phi = 35^\circ$ , elastisite modülü  $E_y = 5.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , Mohr- Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 167.01 + 3.69\sigma_3 \text{ kg/cm}^2$ .

d-) Orta derecede ayrıışmış tüflerde (4.alan); kaya kütlesinin basınç dayanımı  $\sigma_{y,b} = 13.78 \text{ kg/cm}^2$ , kohezyonu  $C_y = 4.56 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısı  $\phi = 23^\circ$ , elastisite modülü  $E_y = 0.43 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , Mohr- Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 13.78 + 2.28\sigma_3 \text{ kg/cm}^2$ .

e-) Ayrıışmış breşlerde (5.alan); kaya kütlesinin basınç dayanımı  $\sigma_{y,b} = 7.34.64 \text{ kg/cm}^2$ , kohezyonu  $C_y = 2.43 \text{ kg/cm}^2$ , içsel sürtünme açısı  $\phi = 23^\circ$ , elastisite modülü  $E_y = 0.29 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ , Mohr- Coulomb kırılma zarfını veren ifade  $\sigma_1 = 7.34 + 2.28\sigma_3 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır..

## 6. ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar sonucunda muhtemel yol güzergahındaki kayaların mühendislik özellikleri, litoloji ve ayrışma derecelerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle güzergah boyunca yapılacak mühendislik çalışmalarında (yol kazısı, tünel açımı, patlatma, temel olabilme durumu v.b.) karşılaşılabilecek sorunlar söz konusu özelliklere göre ayrıtlanan her bir alan içerisinde benzerdir. Bundan dolayı bu çalışmada her bir alan için bulunan veriler mühendislik problemlerinin çözümünde kullanılabilir. Ancak yapılacak mühendislik çalışmaları için süreksizliklerin yönelimi dikkate alınmalıdır. Ayrıca ayrışmanın arttığı alanlar yol ve tünel açımı ya da temel olabilme açısından değerlendirilirken 1/100 - 1/500 ölçekli daha ayrıntılı çalışmalar gerekmektedir. Çünkü artan ayrışmayla beraber kaya kütlelerinin heterojenliği artmakta ve kaya kütlesi özellikleri çok dar alanlarda değişim göstermektedir. Dolayısıyla da bu gibi durumlarda mühendislik çalışmasının yapıldığı yerde kaya kütlesi özelliklerinin yerinde test edilmesinde de fayda vardır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Akgün, A., Trabzon Güney Çevre Yolu Güzergahı Arsin - Yomra Arasının Mühendislik Jeolojisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2001.
2. Anon, 1995, The Description and Classification of Weathered Rocks for Engineering Purposes (Geological Society Engineering Group Working, Party Report). Q. J. Engng Geol 28,207-204
3. Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Kurt, H., 1997, Geochemistry and Petrogenesis of the Eastern Pontide Volcanic Rocks, Northeast Turkey, Chemie der Erde, Geochemistry, 57, 157-187.
4. Barton, N., Lien, B., and Lunde, J., 1974, Engineering Classification Of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. Rock Mech., 6, 189-236
5. Bieniawski, Z., T., 1989, Engineering Rock Mass Classification, John Wiley & Sons, USA.,
6. Boynukalm, S., Dereli (Giresun) Baraj Yeri ve Göl Alanının Mühendislik jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri. Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1990.
7. Bulut, F., Çambaşı (Çaykara- Trabzon) Barajı ve Uzungöl Hidroelektrik Santral Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1989.
8. Ceryan, Ş., Harşit Granitoyidi'nin Ayrışması, Sınıflandırılması, Ayrışmanın Mühendislik Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1999.
9. Colman, S., M., 1982, Chemical Weathering of Basalts and Andesites: Evidence From Weathering Rinds. U. S. Geological Survey Professional Paper 1246.
10. Dearman, W., R., 1974, Weathering Classification in the Characterization of Rock for Engineering Purposes in British Practice. Bull. Int. Assoc. Engng. Geol. 9, 33-42.
11. Dilek, R., Trabzon - Hopa Kıyı Şeridinin Yer Altı Suyu Olanakları, KTÜ Basımevi, Trabzon, 1979.

12. Franklin, J., A. And Dusseault, M., B., (1989), Rock Engineering, McGraw-Hill Publishing Company
13. Fookes, P., G., Dearman, W., R. And Franklin, J., A., 1971, Some Engineering Aspect of Rock Weathering with Field Examples From Dartmoor and Elsewhere., Q. Jl. Engng. Geol, 4, 139-185
14. Gary, M., Mc Afee, R., and Wolf, C., L., 1972, Glossary of Geology. Washington, D. C., American Geological Institute.
15. Grimstad, E. Barton, : "Updating of The Q- System for NMT", İnternational Symposium on Sprayed Concrete, (Eds: R. Kompen, O.A. Opshl, K.R.Berg) Fagernes Norway, October, 1993.
16. Gülibrahimoğlu, İ., Nalbantoğlu, A., Saral, A., Yağcı, M., Doksanbir, T., Maçka Güneyinin Jeolojik Etüd Raporu, 1328, Ankara, 1987.
17. Güven, İ. H., Nalbantoğlu, A. K. Ve Takaoğlu, S. 1/100.000 Ölçekli Açmsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi. MTA Genel Müd., Ankara, 1993.
18. Hanedan, A., Arsin (Trabzon) Yöresi Topraklarının Mn, Cu, Zn, Pb İçeriklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1994.
19. Hook, E. And Bray, J., W., Rock Slope Engineering, (3rd ed.), IMM, London, 1981.
20. Hook, E., Brown, E.T. : "Practical Estimation of Rock Mass Strength", Int. J. Rock Mechanic. Min. Sci., Vol. 34, No. 8, Elsewier Science Ltd., 1998.
21. ISRM 1979, Suggested Method for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake Durability Index Properties. Int. D. Rock Mech. Min. Sci. and Geomechanical Abstracts, 16, 2, 141-156.
22. ISRM 1978b, Suggested Method for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomechanical Abstracts, 15, 3, 89-97.
23. ISRM 1985, Suggested Method for Determining Point Load Strength. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomechanical Abstracts, 22, 2, 53-60.
24. Korkmaz, S., Tüysüz. N., Er, M., Musaoğlu, A. Ve Keskin, İ., 1995, Stratigraphy of The Eastern Pontides, Geology of the Black Sea Region (eds. Erler at all.), Ankara, 59-69.

25. Ketin, İ., Anadolu' nun Tektonik Birlikleri, M.T.A., Dergisi, Sayı.66, 20-34, 1966.
26. Martin, R., P. and Hencher, S., R., 1986, Principles For Description And Classification of Weathered Rocks For Engineering Purposes. In: Hawkins, A., B. (ed.), Site Investigation Practice, Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication, 2, 229-308.
27. Sadıklar, M.B., Goerg, U., and Van, A. Mineralogical and Geochemical Characterization of Terrastrial-hydrogenetic Fe-Mn-Nodules of the Trabzon Area, NE Turkey, Geochemistry, 177, 1996.
28. Saraç, S., Elmaalan (Arsin-Trabzon) Yöresinde Masif Sülfit Mineralizasyonları Üzerinde Gelişen Toprakların Element Dağılımının İncelenmesi, Yüksek Lisans tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1996
29. Szalavin, J., 1974, Relationship between some Physical Properties of Rock Determined by Laboratory Test. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomechanical Abstracts, 11, 107-113.
30. Şirin, A., Kürtün-Torul (Gümüşhane) Arası Kaya Şevlerinin Duraylılık Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1995.
31. Tarhan, F., Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, 2. Baskı, KTÜ Basımevi, Trabzon, 1996.
32. Tashan, E., Trabzon Toprakları Civarında İyot Derişimleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1996.
33. T.S.E., 1975, Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini UDK 622.02, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
34. T.S.E., 1978, Kayaçların Çekme Dayanımlarının Tayini.TS 2027, UDK 622.02, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
35. T.S.E., 1989, Kayaçların Çekme Mukavemetinin Dolaylı (İndrek) Metotla Tayini. TS 7654, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
36. T.S.E., 1990, Kaya Mekanığı Deneyleri İçin Karot numunelerinin Hazırlanması, Boyut ve Şekil Toleranslarının Tesbiti. TS 8614, UDK 622.02.624.121, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

37. T.S.E., 1990, Kayaçların Su Muhtevası, Yoğunluk ve Porozite Tayini. TS 8615, UDK 622.02 Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

38. Türk-Japon Ekibi., 1974, Report on Geological Survey of Trabzon Area, Phase 1, M.T.A Rap no: JD 125

39. Ulusay, R. Ve Sönmez, H. : "Hook-Brown Görgül Yenilme Ölçütüne İlişkin Değişiklik Önerileri ve Bunların Uygulanabilirliği", Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 24 (1), 1-21, 2000

40. Yalçınalp, B., 1992, Güzelyayla (Maçka-TRABZON) Porfiri Cu-Mo Cevherleşmesinin Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyası, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.







## BELİRTEÇ



A lü vyon



Taraça



**Kabaköy Formasyonu**

Kumlu çt-marn arakatkılı  
andezit, bazalt ve piroklastikler



**Çağlayan Formasyonu**

Kireçtaşı, marn, tüffit arakatkılı  
andezit, bazalt ve piroklastikler



Heyelan



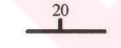
Heyelan malzemesi



Olası Fay

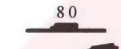


Formasyon Sınırı



20

Tabaka Doğrultu ve Eğim i



80

Çatlak Doğrultu ve Eğim i



Asfalt Karayolu ve Stabilize Yol



Dere



Yerleşim Yeri



Tepe



Jeolojik Kesit Doğrultusu

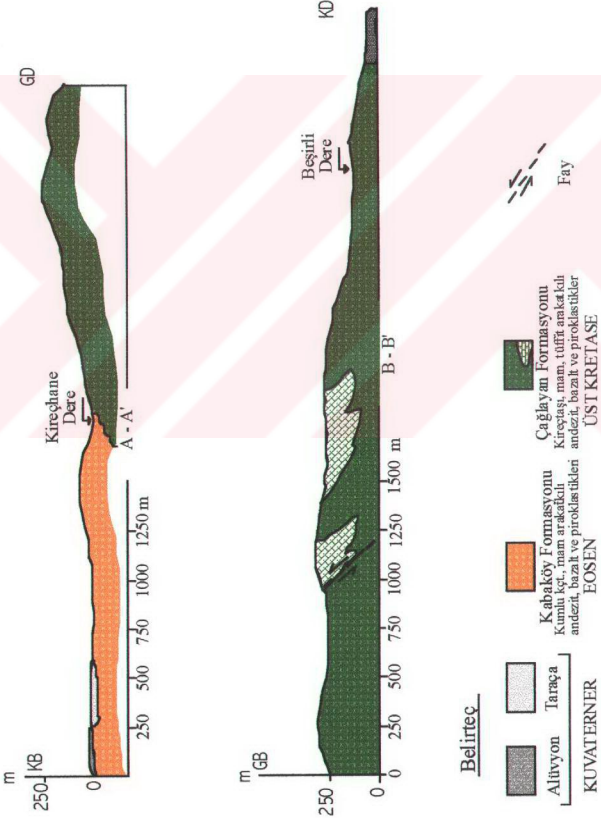
KUVATERNER

EOSEN

ÜST KRETASE

Ek Şekil 1' in devamı.

Ek 2.



DAĞ, 2001

Ek Şekil 2. Çalışma alanına ait jeolojik kesitler

## ÖZGEÇMİŞ

Serhat DAĞ, 1976 yılında Mercan' da doğmuştur. 1986 yılında Erzincan Altınbaşak Köyü İlkokulu' nu, 1989 yılında Erzurum Gazi Ahmet Muhtar Paşa Ortaokulu' nu, 1992 yılında Erzurum Lisesi' ni bitirerek orta öğrenimini tamamlamıştır. 1997 yılında K.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümünü bitirerek jeoloji mühendisi olarak mezun olmuştur. Aynı yıl yüksek lisans öğrenimine başlamış olup, Kasım 1998' de K.T.Ü Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Jeolojisi Bilim Dalı' na Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi olarak atanmıştır. Kasım 2000 tarihinde ise K.T.Ü. Gümüşhane Mühendislik Fakültesinin açmış olduğu araştırma görevliliği sınavını kazanarak Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı' na Araştırma Görevlisi olarak atanmıştır. Halen Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı' nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. İngilizce bilmektedir.