

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ARHAVİ-HOPA (ARTVİN) ARASINDAKİ KARAYOLU ŞEVLERİNİN  
DURAYLILIK AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeo. Müh. Melek KARSLI**

**ŞUBAT 2009  
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ




JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARHAVİ-HOPA (ARTVİN) ARASINDAKİ KARAYOLU ŞEVLERİNİN  
DURAYLIKLIK AÇISINDAN İNCELENMESİ

Jeoloji Mühendisi Melek KARSLI

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“Jeoloji Yüksek Mühendisi”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13.01.2009  
Tezin Savunma Tarihi : 02.02.2009

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Şener CERYAN   
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Fikri BULUT   
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ayhan KESİMAL 

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2009

## ÖNSÖZ

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

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamasında bilgi ve desteğini esirgemeyen, çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Şener CERYAN'a şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmasının her aşamasına bilgi, eleştiri ve önerileri ile katkıda bulunan Sayın Doç. Dr. Orhan KARSLI'ya, Yrd. Doç. Raif KANDEMİR'e, Yrd. Doç. Kemal AKDAĞ'a, Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY'a, Yrd. Doç. Dr. Arzu FIRAT ERSOY'a ve Dr. İbrahim UYSAL'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen bölümümüz teknik elemanlarından Murat KAYIKÇI ve Erdoğan TİMURKAYNAK'a, arazi ve büro çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğrencilerine özellikle Emrah Özker ÖZTÜRK'e içtenlikle teşekkür ederim.

Tez çalışmasının değişik aşamalarında katkıda bulunan, görüş ve önerileri ile destek olan Araş. Gör. Ayberk KAYA'a, Araş. Gör. Esra HATİPOĞLU'na, Araş. Gör. Emine TÜRK'e ve Jeoloji Mühendisi Seçil CELEP ve Arzu ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Tez çalışması sırasında göstermiş olduğu maddi, manevi her türlü fedakârlığı için Hakan Abime, eşime, oğluma, anneme, babama ve kardeşlerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Melek KARSLI

Trabzon 2009

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ÖNSÖZ .....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	V
SUMMARY .....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	IX
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1.GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	1
1.3. Kütle Hareketleri .....	2
1.3.1 Kaya Kütle Yenilme Türleri ve Oluşum Koşulları ve Sınıflandırılmaları .....	4
1.3.1.1. Düzlemsel Kayma .....	4
1.3.1.2. Kama Tipi Yenilme .....	5
1.3.1.3. Devrilme Tipi Yenilme .....	6
1.3.2. Sürtünme Konisi Kavramı .....	7
1.4. Çalışma Alanının Genel Özellikleri .....	8
1.4.1. Ulaşım ve Yerleşim Durumu .....	9
1.4.2. İklim ve Bitki Örtüsü .....	10
1.4.3. Akarsular .....	11
1.5. Bölgesel Jeoloji .....	11
1.6. Literatür Çalışması .....	13
2 YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	15
2.1. Giriş .....	15
2.2. Jeolojik Harita Alımı .....	15
2.3. Mikroskobik Tayinler .....	15
2.4. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları .....	16
2.5. Kaya Malzemesinin İndeks ve Dayanım Özelliklerinin Ölçümü .....	16
2.5.1 Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı .....	16
2.5.2 Nokta Yükleme Deneyi .....	18

2.6.	Süreksizlik Özelliklerinin Ölçümü .....	19
2.6.1.	Süreksizliklerin Yönelimi ile Şev Yönelimi Arasındaki İlişki .....	19
2.6.2.	Süreksizlik Ara Uzaklığı .....	19
2.6.3.	Süreksizliklerin Devamlılığı .....	20
2.6.4.	Süreksizliklerin Yüzeylerinin Pürüzlülük ve Dalgahlığı .....	21
2.6.5.	Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı ve Dolgu Malzemesinin Özelliği .....	22
2.6.6.	Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı .....	24
2.6.7.	Süreksizlik Yüzeylerindeki Su Durumu .....	26
2.6.8.	Blok Boyutu İndeksi ve Hacimsel Eklem Sayısı .....	27
2.6.9.	Kaya Kalite Göstergesi (RQD %).....	29
2.6.10.	Süreksizlik Yüzeylerinin Sürtünme Açısı.....	30
3.	BULGULAR .....	31
3.1.	Stratigrafi ve Petrografi .....	31
3.1.1.	Kızılkaya Formasyonu .....	31
3.1.2.	Çağlayan Formasyonu .....	34
3.1.2.	Dayklar ve Siller .....	39
3.1.2.	Alüvyon.....	39
3.1.2.	Yamaç Molozu .....	39
3.2.	Mühendislik Jeolojisi .....	40
3.2.1.	Kaya Şevlerinin Tanımlanması.....	40
3.2.2.	Kaya Kütlelerinin Süreksizlik Özelliklerinin Tayini .....	47
3.2.2.1.	Süreksizliklerin Yönelimi .....	48
3.2.2.2.	Süreksizlik Ara Uzaklığı .....	49
3.2.2.3.	Süreksizliklerin Devamlılığı .....	53
3.2.2.4.	Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü .....	54
3.2.2.5.	Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı ve Dolgu Malzemesinin Özelliği .....	54
3.2.2.6.	Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı .....	56
3.2.2.7.	Süreksizlik Yüzeylerindeki Su Durumu .....	57
3.2.2.8.	Kaya Kalite Göstergesi (% RQD).....	58
3.2.3.	Kaya Şevlerinin Duraylılık Analizi .....	58
3.2.3.1.	Kinematik Analizler .....	59
3.2.3.1.	Kaya Kütle Sınıflama Sistemleri ile Stabilite Analizi .....	66

3.2.3.1.1.	SMR (Slope Mass Rating).....	66
4.	SONUÇLAR.....	75
5.	KAYNAKLAR.....	78
6.	EKLER.....	85
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Bu çalışmada Arhavi-Hopa (Artvin) Karayolunda bulunan 6 adet kaya şevinin duraylılığı kaya kütle sınıflamaları (SMR, slope mass rating) ve kinematik analizler kullanılarak araştırılmıştır. Kinematik analizler sonucu duraysız oldukları belirlenen kaya şevlerinde SMR sınıflama sistemleri kullanılarak detaylı duraylılık analizleri yapılmıştır.

Çalışma alanı ve çevresinde yaşlıdan gence doğru, dasit, riyodasit ve bunların piroklastitlerinden oluşan Üst Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu, kireçtaşı ve marn içeren bazalt, andezit ve bunların piroklastitlerinden oluşan Üst Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ayırt edilmiştir.

Bu çalışmada Arhavi-Hopa (Artvin) arasındaki 6 adet karayolu şevi duraylılık açısından incelenmiştir. Kaya şevlerinin duraylılık analizi yapılırken, ilk aşamada süreksizliklerin özellikleri hat etüdü çalışmalarıyla belirlenmiştir, ikinci aşamada süreksizliklerin duraylılık üzerine etkileri araştırılmıştır. Bunun yanı sıra bu çalışmada kinematik analizler sonucunda elde edilen veriler, kaya kütle sınıflandırmalarına dayanan analizlerle desteklenmiştir.

Kinematik analizlerle SMR sisteminin birlikte değerlendirilmesi sonucunda tüm şevlerde özellikle 330/50 duruşlu süreksizlik boyunca düzlemsel kayma ve 330/50 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca kama tipi yenilmelerin gelişebileceği belirlenmiştir.

Sonuç olarak 330/50 duruşlu süreksizlikler boyunca gelişebilecek düzlemsel yenilmenin ve 330/50 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca gelişebilecek kama tipi yenilmelerin önlenmesi amacıyla şevlerin yeniden düzenlenmesi (basamaklandırma vb.), iyi projelendirilmiş drenaj sistemlerinin geliştirilmesi ve dayanma yapılarının inşa edilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arhavi, Hopa, Kaya Şev Stabilitesi, Kinematik Analiz, SMR

## **SUMMARY**

### **STABILITY ANALYSIS OF ROCK SLOPES ON ARHAVI-HOPA (ARTVIN) HIGHWAY**

In this study, slope stability analyses of the six rock slopes on Arhavi-Hopa (Artvin) highway were carried out by using rock mass classification systems (SMR, slope mass rating) and kinematic analysis. The detailed stability analyses were performed by using SMR on the unstable rock slopes considering to the results of kinematic analysis.

The geological units are Late Cretaceous aged Kızılkaya Formation containing dacite, rhyodacite and their pyroclastics, Late Cretaceous aged Çağlayan Formation consisting of limestone and marl interbedded basalt and andesite, and Quaternary alluvium in the area.

In this study, six slopes on Arhavi-Hopa (Artvin) highway were performed considering to the slope stability. In the stability analyses of rock slopes, discontinuity properties were conducted by using scan line analysis at first, and secondly the discontinuity effects on stability were investigated. In addition, the obtained data from the results of kinematic analysis were supported with the analyses based on rock mass classifications.

According to the results of the kinematic analyses and SMR system, planar failure on 330/50 directed discontinuities and wedge failure on intersect of 330/50 and 240/80 directed discontinuities are supposed on the all rock slopes.

As a result of study, for prevention of planar failure on 330/50 directed discontinuities and wedge failure on intersect of 330/50 and 240/80 directed discontinuities, all slopes should be rearranged, and detailed drainage system should be developed.

**Key Words:** Arhavi, Hopa, Rock Slope Stability, Kinematic Analysis, SMR



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Yamaç üzerine etki eden kuvvetler.....	2
Şekil 1.2. Düzlemsel yenilme sergileyen şevin geometrisi: (a) Düzlemsel yenilme oluşturan düzlemleri gösteren enine kesit; (b) düzlemsel yenilmenin uçlarında zayıflık yüzeyleri ( $\psi_f$ : şevin eğim açısı, $\psi_p$ : süreksizlik eğim açısı ve $\Phi$ : içsel sürtünme açısı).....	5
Şekil 1.3. Kama tipi yenilmenin genel görünümü (a) ve kinematik analizi (b).....	6
Şekil 1.4. Eşit alanlı stereonet üzerinde devrilme tipi yenilme zarfı.....	7
Şekil 1.5. Sürtünme konisi kullanılarak yapılan birleşik kinematik ve basit duyarlılık analizi. (a) Eğimli düzlem üzerinde hareketsiz duran blokla ilgili sürtünme konisi. (b) Sürtünme konisinin şev yüzeyini kesen zarflar üzerine oturtulan stereografik izdüşümü.....	8
Şekil 1.6. İnceleme alanı ve çevresine ait yer bulduru haritası.....	9
Şekil 1.7. Rize ili meteoroloji istasyonu verilerine göre sıcaklık ve yağış histogramları.....	10
Şekil 2.1. Pürüzlülük profilleri ve bunlara karşılık gelen JRC (eklem pürüzlülük katsayısı) değerleri aralığı.....	23
Şekil 3.1. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait dikme kesit.....	32
Şekil 3.2. Kızılkaya Formasyonu'na ait dasitlerin arazideki görünümü.....	33
Şekil 3.3. Dasitlerdeki yenmiş kuvarsların görünümü (Ku:Kuvars, Pl:Plajiyoklas, Op:Opak mineral, Ç.N.).....	34
Şekil 3.4. Çağlayan Formasyonu'na ait bazaltların (a) ve volkanik kayalar içerisinde ara katkılı olarak bulunan çamurtaşı ve marnların (b) arazi görünümü.....	35
Şekil 3.5. Çağlayan Formasyonu'na ait yastık debili bazaltların arazideki Görünümü.....	36
Şekil 3.6. Bazaltlardaki boşlukları dolduran kalsit minerallerinin oluşturduğu amigdaloidal doku (a), boşluklu bazaltların görünümü (b), bazaltlardaki entersertal doku (c), spilitik bazaltlardaki flüidal dokuya örnek (d) (Pl:Plajiyoklas, Pr:Piroksen, Op:Opak mineral, Ka: Kalsit, Ç.N.).....	37
Şekil 3.7. Entersertal dokulu doleritlerin görünümü (Pl:Plajiyoklas, Oj: Ojit, Ç.N.).....	38
Şekil 3.8. Bazaltlar içinde yataya yakın konumlu andezit daykının arazi görünümü.....	40
Şekil 3.9. Kıyıcık (Arhavi) tüneli doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 1).....	42
Şekil 3.10. Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 2)...	43

Şekil 3.11.	Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 3)...	44
Şekil 3.12.	Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 4)...	45
Şekil 3.13.	Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 5)...	46
Şekil 3.14.	Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 6)...	47
Şekil 3.15.	Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini tanımlayan parametreleri gösteren blok diyagram.....	48
Şekil 3.16.	Çatlak kontur diyagramı (a) (alt yarı küre) ve eğim açısı histogramları (b).....	50
Şekil 3.17.	Şev 1'e ait 3 ayrı süreksizlik seti için hazırlanan süreksizlik ara uzaklığı histogramları.....	51
Şekil 3.18.	Şev 4 ve 5'e ait 3 ayrı süreksizlik seti için hazırlanan süreksizlik ara uzaklığı histogramları.....	51
Şekil 3.19.	Şev 1'e ait 3 ayrı süreksizlik seti için hazırlanan süreksizlik açıklığı histogramları.....	55
Şekil 3.20.	Şev 4 ve 5'e ait 3 ayrı süreksizlik seti için hazırlanan süreksizlik açıklığı histogramları.....	55
Şekil 3.21.	Yenilme zarfları kullanılarak Şev 1 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi.....	60
Şekil 3.22.	Yenilme zarfları kullanılarak Şev 2 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi.....	61
Şekil 3.23.	Yenilme zarfları kullanılarak Şev 3 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi.....	62
Şekil 3.24.	Yenilme zarfları kullanılarak Şev 4 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi.....	63
Şekil 3.25.	Yenilme zarfları kullanılarak Şev 5 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi.....	64
Şekil 3.26.	Yenilme zarfları kullanılarak Şev 6 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi.....	65
Şekil 3.27.	RMR sisteminin son versiyonunda tek eksenli sıkışma dayanımı, süreksizlik aralığı ve RQD parametrelerine ait puanları tanımlama grafikleri .....	68
Şekil 3.28.	SMR puanına göre şevlerin duraylılık sınıflaması, şevde görülebilecek yenilme türleri ve duraylılığı sağlamak için gerekli önlemler .....	70

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1.1. Kütle hareketlerinin oluşmasına neden olan faktörler.....	3
Tablo 1.2. Rize İli'ne ait meteorolojik veriler.....	10
Tablo 2.1. Chauvenet ölçütü için örnek sayılarına (N) karşılık gelen en büyük standart sapma değerleri .....	17
Tablo 2.2. Schmidt çekici geri tepme sayılarının aşağıya doğru dik olarak tutuluş durumuna göre düzeltme değerleri.....	17
Tablo 2.3. Süreksizlik ara uzaklığı tanımlama ölçütleri .....	20
Tablo 2.4. Süreksizlik devamlılığı tanımlama ölçütleri.....	21
Tablo 2.5. Süreksizlik açıklığının tanımlanmasına ilişkin ölçütler.....	23
Tablo 2.6. Kaya kütlelerinin bozuşma dereceleriyle ilgili sınıflama.....	25
Tablo 2.7. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımı ve arazi tanımlamalarına göre sınıflaması.....	26
Tablo 2.8. Kaya kütlelerinin bozuşma dereceleriyle ilgili sınıflama.....	26
Tablo 2.9. Kaya kütleleri için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri.....	27
Tablo 2.10. Dolgulu ve dolgunsuz süreksizlikler için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri.....	27
Tablo 2.11. Hacimsel eklem sayısına ( $J_v$ ) göre blok boyutu tanımlaması.....	29
Tablo 2.12. Güncel $J_v$ sınıflaması.....	29
Tablo 2.13. RQD sınıflaması.....	30
Tablo 3.1. Şev 1 için süreksizlik ara uzaklıkları değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi.....	52
Tablo 3.2. Şev 4 ve 5 için süreksizlik ara uzaklıkları değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi.....	52
Tablo 3.3. Şev 1'e ait süreksizlik devamlılık değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi.....	53
Tablo 3.4. Şev 4 ve 5'e ait süreksizlik devamlılık değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi.....	53
Tablo 3.5. Kaya şevlerindeki farklı süreksizlik yüzeylerine ait dalgalılık ve ortalama JRC değerleri.....	54
Tablo 3.6. Şev 1'deki süreksizlik setlerine ait süreksizlik açıklığı değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi.....	56

Tablo 3.7.	Şev 4 ve 5'deki süreksizlik setlerine ait süreksizlik açıklığı değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi.....	56
Tablo 3.8.	Jeoteknik birimlere ait farklı süreksizlik yüzeylerin bozunma indeksi değerleri.....	57
Tablo 3.9.	Arazi ölçümleriyle hesaplanan RQD değerleri.....	58
Tablo 3.10.	Kaya şevlerinin çeşitli özellikleri.....	59
Tablo 3.11.	RMR kaya kütlesi sınıflama sisteminin son versiyonu.....	67
Tablo 3.12.	Farklı şevler için hesaplanan temel RMR puanları.....	68
Tablo 3.13.	Süreksizlikler için SMR sistemindeki düzeltme faktörleri ( $F_1$ , $F_2$ ve $F_3$ ) ile kazı için düzeltme puanı.....	69
Tablo 3.14.	Karayolu şevleri için SMR puanı hesaplamasında kullanılan düzeltme faktörleri.....	71
Tablo 3.15.	300/75 duruşlu şevdeki süreksizlikler için hesaplanan SMR puanları....	72
Tablo 3.16.	240/80 duruşlu şevdeki süreksizlikler için hesaplanan SMR puanları....	72
Tablo 3.17.	290/80 duruşlu şevdeki süreksizlikler için hesaplanan SMR puanları....	72

## SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Silindirik örneğin kesit alanı
B	: Profil hattı boyunca jeolojik kesit
$B_j$	: Süreksizliğin eğimi
c	: Kohezyon
D	: Karot çapı
$D_e$	: Çapsal deneylerde karotun çapı
F	: Boyut düzeltme faktörü
$I_b$	: Süreksizlik sıklığının hacimsel ifadesi
$I_s$	: Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi
$I_2$	: Nokta yükü dayanımı
JCS	: Süreksizlik yüzeyinin dayanımı
Jli	: Süreksizlik izi uzunluğu
Jn	: Çatlak takım sayısı
Jr	: Çatlak pürüzlülüğü
JRC	: Eklem pürüzlülük katsayısı
Jsi	: Görünür ara uzaklık
$J_v$	: Hacimsel eklem sayısı
K	: Süreksizlik devamlılığı
$L_n$	: Gözlenen her bir eklem setine dik yönde seçilmiş ölçüm hattının uzunluğu
$N_n$	: Her bir eklem seti için ölçüm hattı boyunca sayılan süreksizliklerin sayısı
$N_r$	: İncelenen alandaki rasgele gelişmiş süreksizlik sayısı
$R_f$	: Taze yüzeyin schmith geri tepme sayısı
RMR	: Kaya Kütlesi Puanlaması
$R_w$	: Bozunma sınıflaması yapılan süreksizlik yüzeyinin schmith geri tepme sayısı
RQD	: Kaya kalite göstergesi
R0	: Aşırı derecede zayıf kayaç
R1	: Çok zayıf kaya
R2	: Zayıf kayaç
R3	: Orta derecede sağlam kayaç
R4	: Sağlam kayaç
R5	: Çok sağlam kayaç

- R6 : Aşırı derecede sağlam kayaç
- S<sub>i</sub> : Her bir süreksizlik takımı için ara uzaklık
- ss : Standart sapma değeri
- Sso : Standart sapma oranı
- S1, S2, S3 : Her eklem seti için hesaplanmış ortalama modal aralık değeri
- β<sub>j</sub> : Süreksizlik eğim açısı
- λ : 1 m uzunluktaki ölçüm hattını kesen ortalama çatlak sayısı
- α<sub>j</sub> : Süreksizlik eğim yönü
- α<sub>s</sub> : Şev eğim yönü
- Ø : İçsel sürtünme açısı
- δ : Şev ve süreksizlik yüzeyinin doğrultusu arasındaki açı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Doğu Karadeniz Bölümü kıyı illeri, yılda 1500 mm'nin üstünde yağış almaktadır. Bununla birlikte topografik koşulların ve bitki örtüsünün elverişli şartlar sağlaması ve çarpık kentleşme birçok doğal felaketi de beraberinde getirmektedir. Özellikle taşkınlar ve buna bağlı olarak gelişen heyelanlar bölgenin en önemli çevre felaketlerinin başında gelmektedir. Bölgede yüksek eğim, litoloji, suya doygunluk ve tektonik yapı gibi faktörler kütle hareketlerinin oluşmasında önemli rol oynasa da, heyelanlar yağışlı veya zeminin ıslak olduğu mevsimlerde çok daha fazla meydana gelmektedir.

Bölgede heyelan ve sel olaylarının ilkbahar sonları, yaz başları ile sonbahar dönemlerinde meydana gelmesi bu olaylar üzerinde iklimin çok önemli etkileri olduğunu göstermektedir. Çünkü ilkbahar sonları ve yaz başları sıcaklıkların artmasıyla kar erimelerinin hızlandığı ve kış aylarında bu sahalarda başlayan cephe hareketlerinin ve yağışlarının devam ettiği dönemdir.

Eğimin yüksek olduğu ve yağışlardan etkilenen yamaçlarda kütle hareketlerinin etkili olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum neticesinde karayollarında çoğu zaman can ve mal kaybına neden olabilecek kaya düşmesi, devrilme gibi kütle hareketleri meydana gelmektedir. Gerek karayolu hattı boyunca açılan yüksek eğimli şevler, gerekse karayolu dolgusuna malzeme elde etmek için açılan taş ocakları detaylı jeolojik ve jeoteknik çalışmaların yoksun olması sebebiyle büyük tehlike oluşturmaktadır.

### 1.2. Çalışmanın Amacı

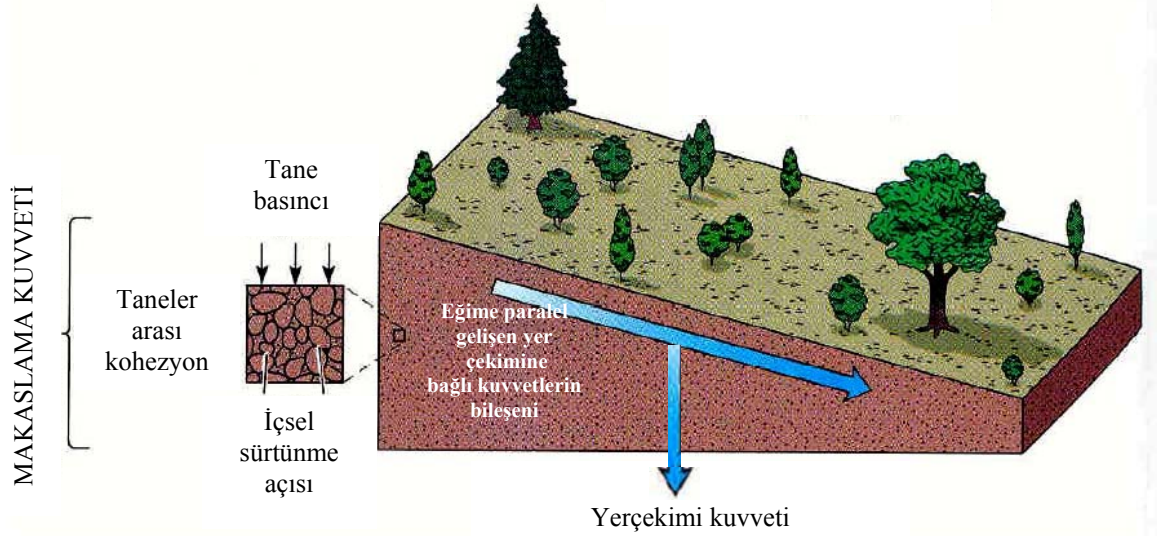
Bu çalışmada Arhavi-Hopa (Artvin) Karayolunda bulunan 6 adet kaya şevinin duraylılığı kaya kütle sınıflamaları (SMR, slope mass rating) ve kinematik analizler kullanılarak araştırılmıştır. Kinematik analizler sonucu duraysız oldukları belirlenen kaya şevlerinde SMR sınıflama sistemleri kullanılarak detaylı duraylılık analizleri yapılmıştır.

SMR sınıflama sisteminde, blok kayması ve devrilme türü yenilmeler analiz edilmekte, kama tipi kayma ise, blok kayması şeklindeki kaymanın özel bir türü olarak

değerlendirilmektedir. Ancak kama tipi kayma, iki süreksizliğin oluşturduğu ara kesitin şev yüzeyini kesmesi sonucunda gelişmektedir. Çalışmada, kama tipi kayma duraylılık analizleri yapılırken, yenilmenin tahmini için süreksizliklerin ara kesit doğrusunun yönlem ve dalım değerleri kullanılması, buna göre de düzeltilmiş SMR puanları kullanılması amaçlanmıştır.

### 1.3. Kütle Hareketleri

Ayrışma ile oluşmuş malzemenin veya kaya kütlelerinin yerçekiminin etkisiyle yamaçlardan aşağıya doğru yavaş veya hızlı bir şekilde kütleli olarak yer değiştirme olayına kütle hareketi denir. Yamaç dengesinin bozulması kütle hareketlerinin oluşumunun en önemli nedenidir (Monroe ve Wicander, 2005). Şekil 1.1’de bir yamaç üzerine etkiyen kuvvetler görülmektedir.



Şekil 1.1. Yamaç üzerine etki eden kuvvetler (Monroe ve Wicander, 2005).

Kütle hareketlerine neden olan bir takım unsurlar vardır. Arazi gözlemleri sonucu kütle hareketlerine neden olan unsurlar aşağıda sıralanmıştır:

- Yamaç malzemelerinin türü: Yamaç malzemeleri, sağlam kaya kütlesi veya kayaların bozunmuş kısımlarından oluşan (toprak dâhil) zemin olabilir. Bu malzemeler, tutturulmamış (gevşek ve çimentolanmamış) veya tutturulmuş (sıkışmış ve çimentolanmış) olabilirler.



- Malzemelerin su içeriği: Malzemelerin içindeki su miktarı (su içeriği) malzemelerin ne kadar gözenekli (taneler arası boşluklu) ve ne kadar yağmur veya diğer kaynaklardan su aldığına bağlıdır.
- Yamaç eğimi ve duraysızlığı: Yamaç eğimi ve duraysızlığı, yamaç malzemelerinin düşme, kayma ve bazı koşullarda akma eğilimlerini değiştirir. Bu üç unsurda doğada görülür fakat bunlardan insan etkilerine en fazla bağlı olanlar yamaç (şev) duraysızlığı ve su içeriğidir. Üç unsurun da etkisi aynıdır: kaymaya olan direnci azaltırlar ve bunun sonucunda yerçekimi kuvvetleri ağır basarak kütle hareket etmeye başlar.

Tablo 1.1’de kütle hareketlerinin oluşmasına neden olan faktörler ve su içeriğinin kütle hareketi üzerine etkisi görülmektedir.

Tablo 1. 1. Kütle hareketlerinin oluşmasına neden olan faktörler (Monroe ve Wicander, 2007)

<b>Yamaç Malzemesi Türü</b>	<b>Yamaç Eğimi</b>	<b>Su İçeriği</b>	<b>Hareket Olasılığı</b>
Gevşek kum veya kumlu silt	Orta	Kuru	Kazı ile yamaç eğimi artmazsa duraylı
		Islak	Malzeme suya doygunsa akabilir
Kum, silt ve topraktan oluşan malzeme	Orta	Kuru	Kazı ile yamaç eğimi artmazsa duraylı
		Islak	Heyelan, kayma veya akmaya eğilimli
	Yüksek	Kuru	Geçici olarak duraylı
		Islak	Kayma veya akmaya aşırı eğilimli
Çatlaklı ve ayrışmış kaya	Orta Yüksek	Kuru veya Islak	Kaya düşmesi veya kayma olabilir
		Sağlam kaya	Orta
Yüksek	Kuru veya Islak		

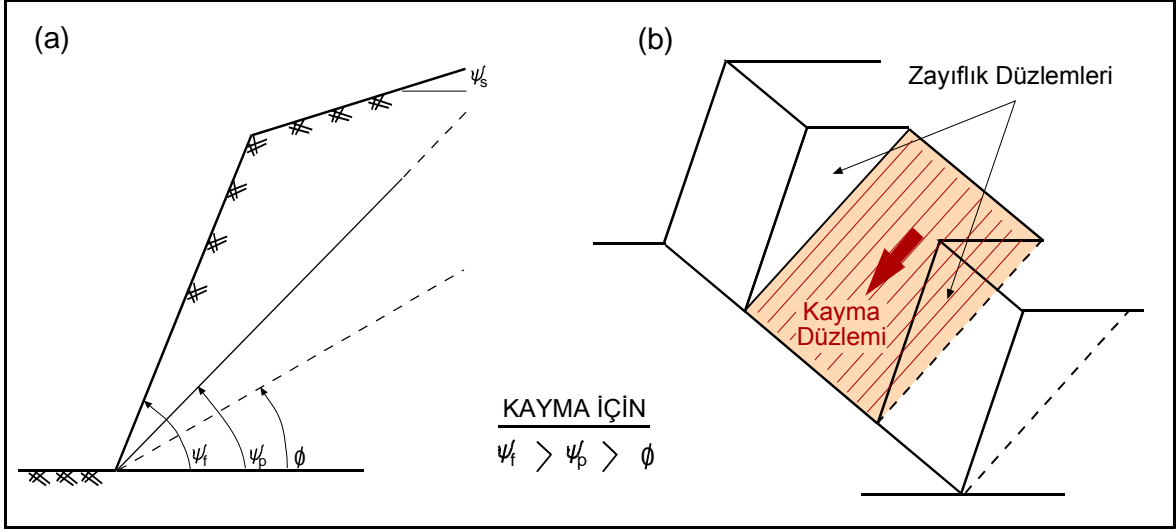
### 1.3.1. Kaya Kütle Yenilme Türleri Oluşum Koşulları ve Sınıflandırılmaları

#### 1.3.1.1. Düzlemsel Kayma

Doğadaki kayaçların fay, çatlak, şistozite, tabaka vb. gibi süreksizlik yüzeyi boyunca, sınırlı bir şekilde aşağıya doğru hareket etmesine düzlemsel kayma denir. Düzlemsel kaymanın başlıca nedeni yamaç topuklarında yapılan kazılar ve aşınmalar, yamaçlara fazla yük konması, yüzey ve yer altı suları, ayrışma, hidrasyon olayı, farklı litolojide kayaç ardalanması ve yerçekimidir. Tüm bu faktörler zayıflık düzlemindeki direnç (kohezyon, içsel sürtünme açısı) ve gerilme özelliklerinin değişmesine neden olur. Sonuçta kaydırıcı kuvvetlerin tutucu kuvvetlerden fazla olması halinde zayıflık düzlemi boyunca kayma meydana gelir. Şekil 1.2’de bir düzlemsel kayma için gerekli olan koşullar görülmektedir.

Kaya bloğunun şev yüzeyini kesen bir düzlem üzerinde kaydığı düzlemsel kaymanın oluşabilmesi için aşağıdaki geometrik koşulların oluşması gerekmektedir:

- Kaymanın geliştiği düzlemin doğrultusu şev yüzeyine paralel veya paralele çok yakın (yaklaşık  $\pm 20^\circ$  içinde) olmalıdır.
- Kayma düzlemi şev düzlemini kesmelidir; yani düzlemin eğimi şev yüzeyinin eğiminden küçük olmalıdır.
- Kayma düzleminin eğimi, aynı düzlemin sürtünme açısından büyük olmalıdır.
- Kayma yüzeyinin üst ucu ya üst şevi ya da bir çekme çatlakını keser.
- Kaymanın yanıl sınırlarını belirlemek için, kaymaya karşı ihmal edilebilir direnç sergileyen zayıflık yüzeylerinin bulunması gerekir. Alternatif olarak kayma düzlemi şevin dışbükey kesimi boyunca gelişebilir.



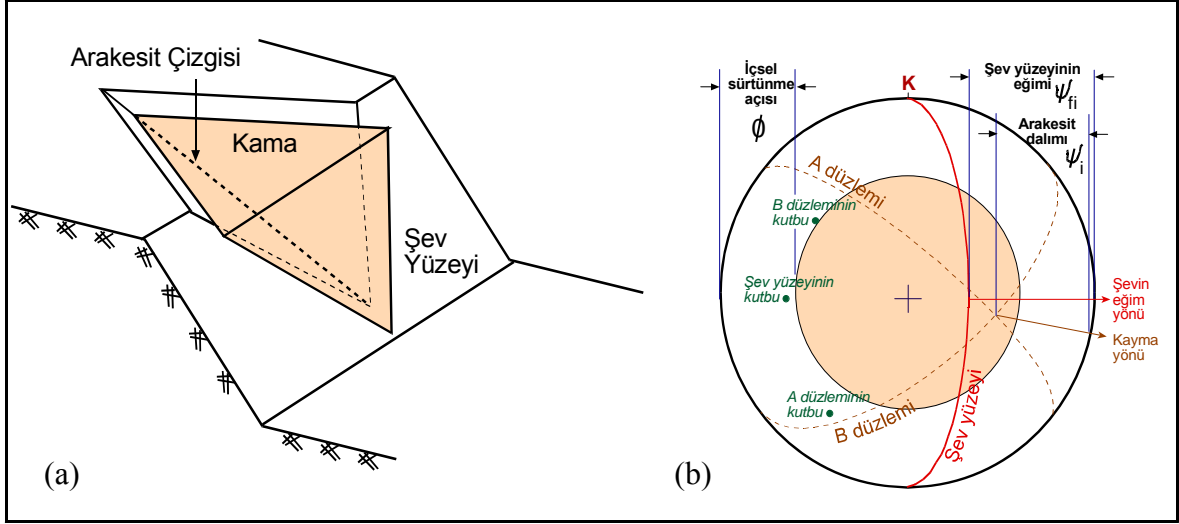
Şekil 1.2. Düzlemsel yenilme sergileyen şev geometrisi: (a) Düzlemsel yenilme oluşturan düzlemleri gösteren enine kesit; (b) düzlemsel yenilmenin uçlarında zayıflık yüzeyleri ( $\psi_f$ : şev eğim açısı,  $\psi_p$ : süreksizlik eğim açısı ve  $\Phi$ : içsel sürtünme açısı) (Wyllie ve Mah, 2004)

### 1.3.1.2. Kama Tipi Yenilme

Kama tipi yenilme süreksizliklerin şev yüzeyine vev olduğu ve kaymanın da bu tür iki düzlemin arakesit çizgisi boyunca geliştiği yenilme türüdür (Şekil 1.3a). Kama tipi yenilmeler jeolojik ve geometrik koşulların düzlemsel yenilmelere kıyasla çok daha geniş bir aralıkta değiştiği koşullarda meydana gelir. Bu nedenle, kama duraylılığının incelenmesi kaya şev mühendisliğinin önemli bir bileşenini oluşturur.

Kama tipi yenilmelerin kinematik analizi (Şekil 1.3b) düzlemsel yenilmelerin analizine benzer şekilde yapılabilir. Bu durumda iki süreksizliğin arakesitine dik düzlemle arakesitten geçen düşey düzlemden geçen doğrunun izdüşümü stereonet üzerine işaretlenir; bu noktanın şev yüzeyini kesmesi durumunda kama türü yenilme gelişebilir. Kinematik olarak izin verilebilir kamaların kayma yönü için düzlemsel yenilmelerinkine göre daha az kısıtlama söz konusudur; çünkü serbestleme yüzeyleri oluşturmak için iki yüzey mevcuttur. Şekil 1.3a’te kama tipi yenilmenin genel görünümü ve 1.3b’de stereografik projeksiyondaki kama tipi yenilme koşulları görülmektedir.

Şekil 1.3’te kama tipi kaymanın oluşum şekli ve kinematik analizi görülmektedir.



Şekil 1.3. Kama tipi yenilmenin genel görünümü (a) ve kinematik analizi (b) (Wyllie ve Mah, 2004)

Kama tipi kayma için genel koşullar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- İki düzlemin arakesiti daima bir çizgidir (Şekil 1.3a). Stereonet üzerinde arakesit çizgisi, düzlemlere ait iki büyük dairenin kesiştiği nokta ile temsil edilir ve çizginin yönelimi o çizginin gidişi ve dalımı ile tanımlanır (Şekil 1.3b)
- Arakesit çizgisinin dalımı şevin eğim açısından küçük ve iki düzlemin sürtünme açılarının ortalamasından büyük olmalıdır.
- Kaymanın oluşması için, arakesit çizgisinin şev yüzeyini kesmesi gerekir. Genelde, kinematik analizler sonucu stereonet üzerinde belirlenen alana iki süreksizliğin kesişim noktasının düşmesi halinde kayma oluşabilir (Şekil 1.3). Yani stereonet üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucunda kama tipi yenilmenin kinematik olarak mümkün olup olmadığı belirlenmiş olur.

### 1.3.1.3. Devrilme Tipi Yenilme

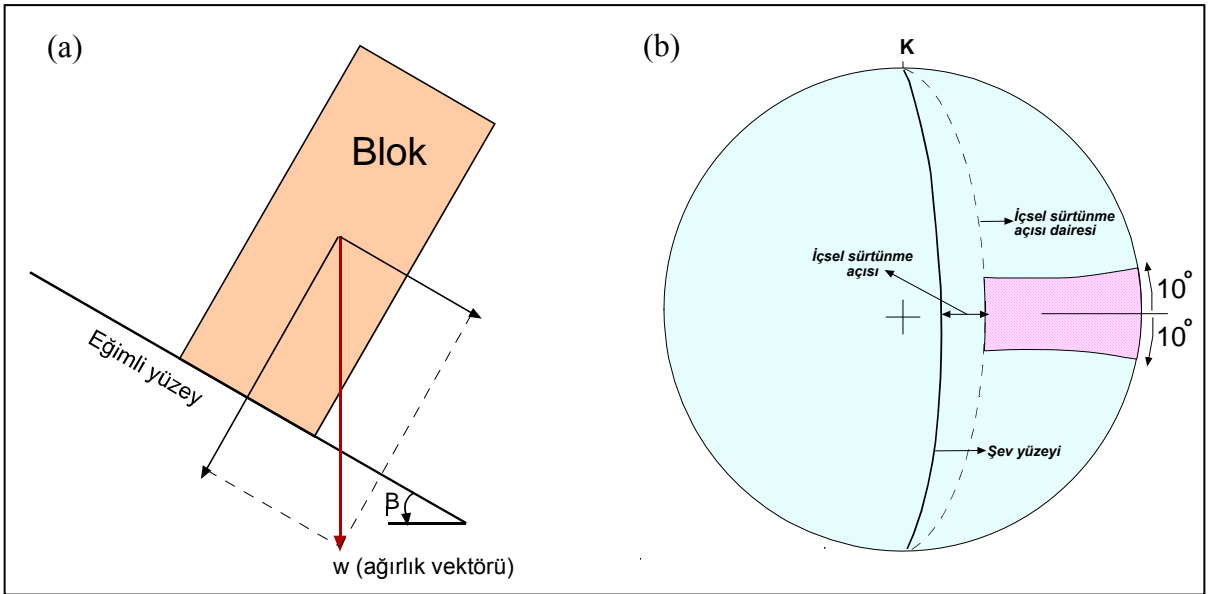
Devrilme türünün nedeni blokların ağırlık vektörünün taban alanı dışına düşmesidir (Şekil 1.4a). Ayrıca blokların en/yükseklik oranı devrilme üzerinde etkili olur.

Devrilme tipi yenilmenin oluşabilmesi için, şev içine doğru eğimli süreksizliklerin eğim yönü, şevin eğim yönünden en fazla  $10^\circ$  sapma göstermeli; şev yüzeyine paralel bir dizi blok oluşmalıdır. Ayrıca düzlemlerin eğimi de düzlem arası kayma oluşmaya yetecek kadar büyük olmalıdır. Kayma, sadece uygulanan gerilmenin yönü bloğun normali ile

süreksizlik yüzeylerinin sürtünme açısından ( $\Phi$ ) büyük açıda olduğu zaman gerçekleşir. Şevde majör asal gerilmelerin yönü şev yüzeyine paralel olup; kayma ve devrilme yenilmesi aşağıdaki koşullar gerçekleştiğinde  $\Psi_p$  eğimli düzlemler üzerinde gerçekleşir (Goodman ve Bray, 1976):

$$(90^\circ - \Psi_f) + \Phi < \Psi_p$$

Düzlemler üzerinde devrilme yenilmesi geliştirebilecek eğim ve eğim yönü ile ilgili bu koşullar Şekil 1.4b'de tanımlanmıştır. Bu düzlemlerin yönelimini tanımlayan zarf stereonetin kayma zarflarının zıt uçlarında yer alır.

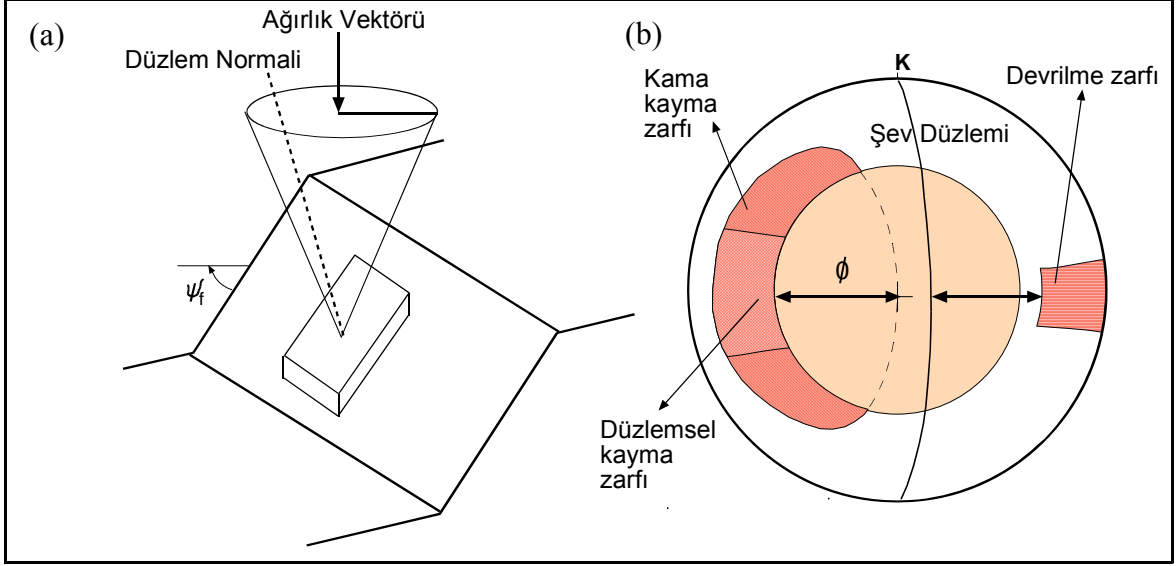


Şekil 1.4. Eşit alanlı stereonet üzerinde devrilme tipi yenilme zarfı (Wyllie ve Mah, 2004)

### 1.3.2. Sürtünme Konisi Kavramı

Bir şevdeki bloğun kinematik olarak duraylı olup olmadığını şev yüzeyini kesme zarflarından belirledikten sonra, aynı stereonet üzerinde duraylılık koşullarını belirlemek de mümkündür. Bu analiz, kayma yüzeyinin kesme dayanımının sadece sürtünme açısından oluştuğu ve kohezyonun sıfır olduğu varsayımı ile gerçekleştirilir. Blok ile düzlem arasındaki sürtünme açısının  $\Phi$  olduğu, eğimli bir yüzey üzerinde hareketsiz duran bir blok Şekil 1.5a'da olduğu gibidir. Duraylı haldeki koşul için, düzleme dik olan kuvvet vektörü sürtünme konisi içinde kalmalıdır. Blok üzerine etkiyen tek kuvvet yerçekimi

olduğu zaman, düzlemin kutbu normal kuvvetinki ile aynı yönde olur; kutup sürtünme dairesi içinde kaldığı zaman blok duraylıdır (Wyllie ve Mah, 2004). Şekil 1.5b'de görüldüğü gibi zarflar, potansiyel olarak duraysız bloklar oluşturabilen kutupların olası pozisyonlarını göstermektedir.



Şekil 1.5. Sürtünme konisi kullanılarak yapılan birleşik kinematik ve basit duyarlılık analizi. (a) Eğimli düzlem üzerinde hareketsiz duran blokla ilgili sürtünme konisi. (b) Sürtünme konisinin şev yüzeyini kesen zarflar üzerine oturtulan stereografik izdüşümü. (Wyllie ve Mah, 2004)

#### 1.4. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

314 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip olan Arhavi ilçesi 30 köy ve 7 yerleşim biriminden oluşmaktadır. Engebeli arazi üzerine kurulmuş iki vadi eteklerinde yerleşimi vardır. Köylerin çoğu vadi eteklerinde ve bu vadinin meydana getirdiği küçük düzlüklerde kurulmuştur. İlçede 500-600 m. yüksekliğe kadar yerleşim yapılmaktadır. En yüksek yeri Yusufeli-Arhavi-Fındıklı sınırını teşkil eden Marsis tepesidir. İlçenin 2800 m. yüksekliğinde iki krater gölü (Göle ve Karagöl) ve Dikmen çevresinde de üç adet küçük göl vardır. İlçe, Artvin'in Karadeniz kıyısında yer alan iki ilçesinden birisi olup kıyı uzunluğu 14 km'dir. Dağların dik ve yamaçlı oluşu tarım alanını da sınırlamış, 1950 yılından sonra çay tarımı yapılmaya başlanmıştır. Az miktarda narenciye yetiştirilmektedir.

İnceleme alanı Doğu Karadeniz Bölümü'nde Artvin iline bağlı Arhavi ilçesi, Ortacalar beldesi sınırları içerisinde yer almakta olup 1/25000 ölçekli Artvin F46-b4 paftasının sınırları içerisinde yaklaşık 30 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 İnceleme alanı ve çevresine ait yer bulduru haritası.

#### 1.4.1. Ulaşım ve Yerleşim Durumu

Bölgeye ulaşım, yapımı bitmek üzere olan Karadeniz Devlet Sahil Yolu ile kolaylıkla sağlanmaktadır. Bunun dışında çalışma sahası içerisinde mevcut olan stabilize yollar sayesinde çalışma sahasının her kesimine ulaşmak mümkündür.

Doğu Karadeniz Dağları'nın kuzeyine yerleşmiş olan Arhavi ilçesi, kuzeyden Karadeniz, batıdan Rize iline bağlı Fındıklı ilçesi, doğudan Hopa ilçesi, güneyden kısmen Murgul ve Yusufeli ilçeleri ile çevrilidir.

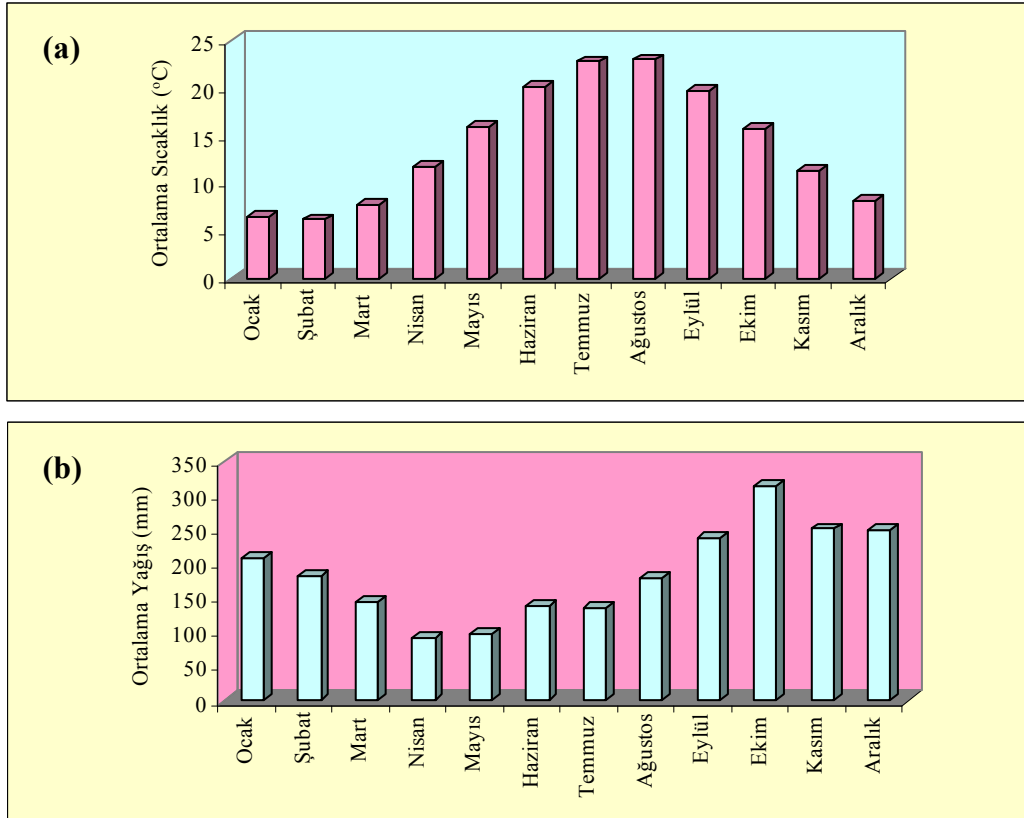
### 1.4.2. İklim ve Bitki Örtüsü

İnceleme alanında tipik Doğu Karadeniz iklimi hakimdir. Yazları ılık, kışları serin geçmektedir. Her mevsimde yağış görülen bölgede nem oranı yüksektir. Bitki örtüsü oldukça yoğundur. Çalışma sahasının birçok bölümünü çay bahçeleri oluşturmaktadır. Ayrıca iklim şartları çay, fındık, mısır ve turuncgil yetiştiriciliğine elverişlidir.

İnceleme alanına ait meteorolojik veriler Tablo 1.2’de, sıcaklık-ortalama yağış histogramları Şekil 1.7’de verilmektedir.

Tablo 1.2. Rize İli’ne ait meteorolojik veriler (DMİGM, 2005; 1975-2005 yılları arası).

AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.5	6.2	7.7	11.8	15.9	20.2	22.8	23	19.8	15.8	11.4	8.2	14.1 (ort.)
Ortalama Yağış (mm)	208.3	181.7	144	92	98.6	139.1	135.4	179.8	239.1	314.4	251.1	250	2233.5



Şekil 1.7 Rize ili meteoroloji istasyonu verilerine göre sıcaklık ve yağış histogramları



### 1.4.3. Akarsular

Deniz kıyısından 3000 m. ye çıkan dağlık yapıdan beslenen debisi ve akışı düzensiz birçok derecikten beslenen ve yaklaşık 35 km. uzunluğundaki Arhavi (Kapisre) Deresi yörede mevcut tek akarsudur.

### 1.4. Bölgesel Jeoloji

Doğu Türkiye, jeoloji ve tektonik özellikleri açısından beş ana tektonik birliğe ayrılmıştır. Bu tektonik birlikler, Rodop-Pontid Parçası, Doğu Anadolu Eklenir Prizması, Bitlis-Pötürge Masifi, Erzurum-Kars Platosu ve Kuzeybatı İran parçasıdır. (Şengör ve diğ., 2003). Doğu Karadeniz Bölgesi, bu tektonik birliklerden Rodop-Pontid parçasında yer almaktadır. Rodop-Pontid Parçası'nda, Geç Kretase yaşlı kayaçlar, kuzey ve güney bölgelerinde farklılıklar gösterdikleri için güney (iç) ve kuzey (dış) bölümlere ayrılmıştır (Akın,1978; Gedikoğlu vd., 1979; Özsayar vd.,1981). Bektaş (1986), Doğu Karadeniz magmatik yayını farklı magmatik, tektonik ve sedimentolojik evrim aşamalarına göre kuzeyden güneye doğru, Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu olmak üzere üç alt gruba ayırmıştır.

Rodop-Pontid Parçası'nın temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı kayaçlar kristalen şistler ve granitlerden oluşmaktadır (Yılmaz, 1972; Okay ve Şahintürk, 1997). Rodop-Pontid Parçasının Güney Zonu'nda egemen olan bu kayaçlar (Ağar, 1977; Gedikoğlu, 1978; Bektaş, 1986; Topuz ve diğ., 2004), Kuzey Zonu'nda seyrek olarak görülürler (Akın, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997). Temeli oluşturan metamorfik kayaçlar, Liyas öncesinde Paleozoyik yaşlı granitoidik kayaçlar tarafından kesilmişlerdir (Çoğulu, 1975; Topuz ve diğ., 2004).

Granitoidik kayaçlar büyük plütonik kütleler halinde Gümüşhane yöresinde ve Gümüşhane-Köse arasında (Tokel, 1972; Çoğulu, 1975; Yılmaz, 1972; Topuz ve diğ., 2007), küçük mostralar halinde Giresun güneyinde metamorfik kayaçlarla birlikte görülmektedir (Schultze-Wetsrum, 1961).

Liyas yaşlı volkano-tortul kayaçlar, Gümüşhane bölgesinde Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoidi üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelirler ve konglomera, kumtaşı, kireçtaşı, marn ve volkanitlerden oluşmaktadırlar (Yılmaz, 1972; Okay ve Şahintürk, 1997; Kandemir, 2004; Yılmaz ve Kandemir, 2006). Schultz-Westrum (1961) Giresun-Aksu

civarında Liyas'tan başlayarak Erken Kretase sonuna kadar devam eden bazik volkanizmayı "Erken Bazik Seri" olarak isimlendirmişlerdir.

Malm- Erken Kretase yaşlı Berdiga Kireçtaşları, Liyas yaşlı volkanik kayalar üzerine uyumlu olarak gelmektedirler. Güney Zonu'nda sürekli bir şekilde görülmelerine rağmen, Kuzey Zon'da merceler ve olistrostromlar halinde bulunurlar. Plütonik kayalar Permo-Karbonifer'den Eosen sonuna kadar geniş bir yaş aralığına sahiptirler ve başlıca gabrodan granit kadar değişen türdeki bazik ve asidik bileşimli kayalardan oluşmuş olup, bu granitik plütonlar, Paleozoyik, Kretase ve Eosen olmak üzere başlıca 3 zaman periyodunda sokulum yapmışlardır. Bunlardan Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Granitoidi metamorfik kayaları keserek yerleşmiştir (Yılmaz, 1972; Çoğulu, 1975; Topuz ve diğ., 2005; Karlı ve diğ., 2007; Topuz ve diğ., 2007).

Jura-Kretase granitoidleri yitimle ilişkili volkanik ve/veya volkanoklastik kayalarla dokanak ilişkisindedir (JICA, 1985; Gedik vd., 1992; Köprübaşı, 1993, Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Güngör vd., 1997; Köprübaşı vd., 2000; Boztuğ vd., 2002; Şahin vd., 2004). Daha az sayıdaki Eosen ve sonrası granitler ise dar alanlarda tüm serileri kesmiş olarak görülürler (Gedik vd., 1992; Yılmaz ve Boztuğ, 1996; Aslan vd., 1999; Boztuğ vd., 2002; Topuz vd., 2002, Karlı ve diğ., 2007). Geç Kretase iki farklı özellikte görülmektedir. Kuzey Zonu'nda magmatik kayalar egemen iken, Güney Zonu'nda volkanotortul kayalar yer alır. Geç Kretase'de kılavuz seviye olarak kabul edilen kırmızı kireçtaşları, Güney Zon'da tek bir seviye halinde ve Geç Kretase'nin tabanında görülmekte, Kuzey Zon'da ise birkaç seviye halinde volkaniklerle ara katkılı olarak bulunmaktadır (Bektaş, 1984; Okay ve Şahintürk, 1997; Kandemir, 2004). Kuzey Zonu'nda Geç Kretase'nin tabanı tartışmalıdır.

Schultz-Westrum (1961)'a göre Erken Kretase'de başlayan "Erken Bazik Seri" Geç Kretase'nin başında devam etmekte, Geç Kretase de "Erken Bazik Seri" ye "Hippuritli kireçtaşları" ve "tüffitik kireçtaşı-marn serisi" eşlik etmekte, bunun üzerinde dasit ve piroklastitleri ile *inoceramuslu* kırmızı kireçtaşları yer almakta ve bunların üzerine de bazik volkanikler gelmektedir. Bu bazik volkanik kayalar kısmen Eosen'de de devam ederek "Geç Bazik Seri"yi oluşturmuşlardır. Güney Zonu'nda Geç Kretase, Berdiga Formasyonu üzerine aşıl uyumsuzlukla gelen kumlu kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu birimi şarap kırmızısı renkli kırmızı kireçtaşları uyumlu olarak üstlemektedir. Volkanotortul seriden oluşan birim kırmızı kireçtaşları üzerine uyumlu olarak gelmektedir (Tokel, 1972; Eren, 1983). Geç Kretase-Paleosen geçişi Doğu Karadeniz Dağları'nda yer yer gözlenmektedir.

## 1.6. Literatür Çalışması

Önalp (1980) “Doğu Karadeniz Heyelanları Tanımlanması-Analizi Araştırma Raporu” başlıklı çalışmalarında heyelanların anlaşılması için öncelikle ayrışma/yıpranma mekanizmalarının anlaşılması gerektiğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca çeşitli yamaçlarda yer altı suyunun durumunun incelenerek basınç ve gerilmelerin ölçülmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Bölgede heyelan envanter haritalarının oluşturulması gerektiğini ve daha sonra ayrışma haritasının oluşturulmasını önermişlerdir.

Erguvanlı ve Tarhan (1982), Doğu Karadeniz kıyı şeridindeki kütle hareketlerini mühendislik jeolojisi açısından değerlendirmişlerdir. Özellikle bölgede gelişen kütle hareketlerinin yağışlı mevsimlerde meydana gelen dairesel nitelikte hareketler olduğunu ve insan kaynaklı kazıların heyelanların oluşması üzerinde önemli bir etki oluşturduğunu vurgulamışlardır.

Tarhan (1982), Artvin Granitini mühendislik jeolojisi açısından ve baraj yeri olma açısından incelemiş ve bunu doçentlik tezi olarak sunmuştur. Çalışmada süreksizlik özellikleri arazi gözlemleriyle, kaya malzemesinin özellikleri de deneysel olarak belirlenmiştir.

Önalp ve diğ. (1987), Doğu Karadeniz heyelanlarının oluşum koşullarını incelemiş, türlerini belirlemiş ve bunun sonucunda da Araştırma Raporu sunmuşlardır. Heyelanların oluşumunda en önemli parametrenin yağışlar ve kazıların olduğunu ortaya koymuşlardır.

İskenderoğlu (1990), Çayeli-Pazar (Rize) arası ana yol şevlerini mühendislik jeolojisi açısından incelemiştir. Kayaç ve zeminlerin içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) ve kohezyon (c) değerleri bulunmuştur. Tek eksenli basınç direncine göre kayalar “çok düşük ve orta dirençli” kaya sınıfında bulunmuştur. Arazide toplam 5 adet şev üzerinde duraylılık analizleri yapılmıştır.

İskenderoğlu ve Tarhan (1991), Çayeli-Pazar (Rize) arası sahil yolu şevlerindeki kayaç ve zeminlerin mekanik özelliklerini araştırarak tek eksenli ve üç eksenli deneyleri yapmış ve bunun sonucunda kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerini bulmuşlardır. İncelemeler sonucunda 1 no.lu kaya şevinde yalnızca düşme devrilme türü hareketin olabileceği anlaşılmış, bunun önlenmesi için öncelikle devamlı akan yüzey sularının drene edilmesi buna ilave olarak kısa sürede düşebilecek blokların düşürülmesi, düşürülmesi mümkün olmayan ve ileride tehlike oluşturabilecek bloklarında kaya bulonları ile sağlamlaştırılmasının emniyet açısından gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Ceryan (2005), “Kaya Kütlesinin Sınıflandırma Sistemlerinin ve SSPC (Şev Duraylılığı Olasılık Sınıflandırması) Yönteminin Bekçiler-Torul Arasında Seçilen Kazı Şevlerine Uygulanışı” isimli yüksek lisans tezinde incelenen kaya şevleri jeoteknik birimlere ayırtlanmış ve seçilen kazı şevlerinin duraylılığının değerlendirilmesi her bir jeoteknik birim için yapılmıştır. Dasitik ve andezitik volkanitlerde tanımlanan jeoteknik birimler için GSI (Jeolojik Dayanım İndeksi) değeri kullanılarak RMS (Jeomorfolojik Amaçlı Sınıflandırma), RMR M-RMR (Yeniden Düzenlenmiş Jeomorfolojik Sınıflandırma) ve MRMR (Madencilik İçin Jeomekanik Sınıflandırma) puanları tahmin edilmiştir.

Dağ ve diğ. (2005), İki değişkenli istatistiksel analiz yöntemi ile Çayeli (Rize) ve çevresindeki heyelanları değerlendirmişler ve sonuç olarak litoloji-ayırışma, yamaç eğimi, arazi örtüsü ve yükseklik faktörlerinin heyelanların oluşumunda daha fazla etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Ersoy ve Bulut (2008), yapmış oldukları çalışmalarda Doğu Karadeniz Heyelanlarının oluşum koşullarını incelemiş ve heyelanların oluşumu üzerinde yağışın rolü hakkında bilgiler vermişlerdir. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz heyelanlarının büyük çoğunluğunun oluşmasındaki en önemli parametrenin yağış olduğunu belirlemişlerdir.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Giriş**

Bu çalışmada Arhavi-Hopa (Artvin) Karayolunda bulunan 6 adet kaya şevinin duraylılığı incelenmiştir. Bu çalışmayı gerçekleştirebilmek amacıyla çalışma alanına ait 1/25 000 ölçekli jeolojik harita hazırlanmış olup, arazideki birimler tanımlanmış, süreksizliklerin özellikleri ölçülmüş, seçilen 6 adet kaya şevinin duraylılığı kaya kütle sınıflamaları ve kinematik analizler kullanılarak araştırılmıştır. Kinematik analizler sonucu duraysız oldukları belirlenen kaya şevlerinde SMR (slope mass rating) sınıflama sistemleri kullanılarak detaylı duraylılık analizleri yapılmıştır.

### **2.2. Jeolojik Harita Alımı**

Arhavi Yöresi ve çevresinin genel jeolojisini tanımlamak amacıyla 1/25 000 ölçekli jeolojik harita hazırlanmış ve bölgede yüzeylenen kayaların stratigrafik dizilimi ortaya konmuştur (EK-1). Genel jeoloji çalışmalarıyla elde edilen sonuçlar inceleme alanı ve çevresinde yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırılarak yeniden düzenlenmiştir.

### **2.3. Mikroskobik Tayinler**

İnceleme alanından elde edilen kayaç örneklerinden Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında ince kesitler yaptırılmıştır. Bu kesitler James Swift (Model MP3500MBL) marka polarize mikroskopta incelenerek kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri araştırılmış ve bu doğrultuda kayaç adlanması yapılmıştır.

## 2.4. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

İnceleme alanında yer alan kaya şevlerinin duraylılığını belirlemek amacı ile yapılan mühendislik jeolojisi çalışmaları iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi arazide yapılan çalışmalar, diğeri ise laboratuvar ortamında yapılan çalışmalardır.

## 2.5. Kaya Malzemesinin İndeks ve Dayanım Özelliklerinin Ölçümü

Kaya kütle sınıflandırmalarında ve şev duraylılığı çalışmalarında kaya malzemesinin indeks özellikleri parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada da incelenen kaya şevlerinin Schmidt çekici geri tepme sayısı ve nokta yük dayanımı belirlenmiştir.

### 2.5.1. Schmidt Çekici Geri Tepme Sayısı

Schmidt çekici ile okunan geri tepme sayısını etkileyen en önemli parametrelerden biri kullanılan çekiç tipi diğeri ise uygulanan ölçme ve ölçüleri değerlendirme yöntemidir. Literatürde birbirinden oldukça farklı birçok ölçme ve değerlendirme yöntemleri vardır (Poole ve Farmer, 1980; Haramy ve De Marco, 1985; ISRM, 1978; Göktan ve Ayday, 1993)

Göktan ve Ayday (1993), ISRM (1978) yöntemlerinde en yüksek %50'lik kesimin keyfi olarak seçildiğini, böylece sertliği ölçülen yüzeyde sert kısımların zayıf kısımlara ait veriler üzerinde belirgin duruma geldiğini vurgulamaktadır. Yazarlar, zayıf kısımların göz ardı edilmesinin kaya sınıflamalarında (örneğin kazı işlemlerinde) yanlış yaklaşımlara yol açabileceğini söylemektedirler. Yazarlar Schmidt çekici sertliği ölçümlerinde dağılımı temsil edecek verilerin seçiminde Chauvenet ölçütünün kullanılabilceğini belirtmektedirler. Chauvenet ölçütü t dağılımının özel bir durumudur ve bir dağılımdaki verilerden dağılımı temsil edeceklerin seçilip ortalamaya katılmasını sağlamaktadır. Chauvenet ölçütünün uygulanış şekli aşağıda verilmiştir;

- Ölçülen tüm verilerin ortalaması ve standart sapması hesaplanır.
- Her bir veri için aşağıda verilen eşitlikle standart sapma oranı hesaplanır.

$$SSO = |Ri - X| / ss \quad (1)$$

Eşitlikte SSO: Standart sapma oranı, Ri: Ölçülen geri tepme sayısı, X: Ortalama geri tepme değeri, ss: standart sapma değeridir.

Standart sapma oranının mutlak değeri Tablo 2.1’de verilen değerden büyük olan ölçüm değerleri ortalamaya katılmaz. Diğer ölçülerin ortalaması incelenen yüzey için Schmidt çekici geri tepme sayısını verecektir.

Bu çalışmada, Schmidt çekici sertliğinin ölçümüne başlamadan önce süreksizliklerin ve blok örneklerin yüzeyi dolgudan temizlenmiş ve yüzey aletle birlikte bulunan zımpara taşı ile düzeltilmiştir. Schmidt çekici ile ölçüm yapılırken düşeyden farklı bir konumda yapılan ölçümler Barton ve Choubey (1977) tarafından verilen değerler yardımıyla tutuş açısına göre düzeltilmiştir (Tablo 2.2).

Tablo 2.1. Chauvenet ölçütü için örnek sayılarına (N) karşılık gelen en büyük standart sapma değerleri

Örnek Sayısı (N)	Standart Sapma	Örnek Sayısı (N)	Standart Sapma
2	1.15	12	2.04
3	1.38	15	2.13
4	1.54	20	2.24
5	1.65	25	2.33
6	1.73	30	2.4
7	1.80	35	2.45
8	1.86	50	2.58
9	1.91	100	2.81
10	1.96	250	3.09

Tablo 2.2. Schmidt çekici geri tepme sayılarının aşağıya doğru dik olarak tutuluş durumuna göre düzeltme değerleri (Barton ve Choubey 1977)

Geri Tepme Sayısı R	Çekiç Aşağıya Doğru		Çekiç Yukarıya Doğru		Çekiç Yatay $\alpha = 0^\circ$
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Blok örneklerinin ve süreksizlik yüzeylerinin direncini belirlemek amacıyla elde edilen geri tepme sayıları Gökten ve Ayday (1993)’a göre hesaplanmıştır. Bu çalışmada Schmidt çekici kullanılarak elde edilen ölçümler kaya malzemesi ve süreksizlik

yüzeylerinin ayrışmaya göre sınıflandırılmasında ve tek eksenli basınç dayanımının tahmin edilmesinde kullanılmıştır.

### 2.5.2. Nokta Yükleme Deneyi

Nokta yükleme deneyi, mühendislik jeolojisi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu deney iki konik uç arasına yerleştirilen kayaç örneğinin yenilme yükü ve boyutları kullanılarak nokta yükleme dayanım indeksine göre sınıflandırılması ve özellikle tek eksenli basınç dayanımının tahmini amacıyla yapılmaktadır. Nokta yükleme deneyinin uygulanışı ve deney sonuçlarının değerlendirilmesi ilk kullanıldığından bu yana büyük değişimler göstermiştir (ISRM 1985; Türk, 1988; Türk ve Dearman, 1984, 1985)

Bu çalışmada nokta yükleme deneyi için ISRM (1985)'nin önerdiği standartlar esas alınmıştır. Deneyler kaya bloklarından alınan şekilsiz örnekler üzerine uygulanmıştır. Deney düzensiz örnekler üzerine uygulanırken  $50 \pm 35$  mm boyutundaki şekilsiz örnekler kullanılmıştır. Kalınlık ve genişlik oranının 0.3-1.0 arasında olmasına dikkat edilmiştir.

Nokta yükü dayanım indeksi sonuçları aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir:

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

Eşitlikte;  $I_s$ : Düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi (MPa), P: Örneği kıran kuvvet (kN), De: Eşdeğer karot çapı ( $m^2$ )' dir.

Blok ve düzensiz örneklerde De aşağıdaki bağıntı yardımıyla elde edilir:

$De^2 = 4A / \pi$  (A=WD; konik başlıkların temas noktalarından geçen örneğin en küçük kesit alanı)

$I_s$  değeri, çapsal deneyde D'nin diğer deneylerde ise  $D_e$ 'nin bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Bu nedenle  $I_s$  değerinin standart bir karot çapına (D: 50 mm) göre düzeltilmesi gerekmektedir (ISRM, 1981). Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi aşağıdaki formül yardımıyla bulunmaktadır.

$$I_{s(50)} = F \times I_s \quad (3)$$

$$F = (D_e/50)^{0.45} \quad (4)$$

Burada F, boyut düzeltme faktörüdür.



## 2.6. Süreksizlik Özelliklerinin Ölçümü

### 2.6.1. Süreksizliklerin Yönelimi ile Şev Yönelimi Arasındaki İlişki

Kaya şevlerinin duraylılığını etkileyen en önemli parametrelerden biri süreksizliklerin uzaydaki konumları (eğim ve doğrultusu) ile şev veya yamacın eğim ve doğrultusu arasındaki ilişkidir.

Süreksizlik setlerinin ortalama yönelimi (doğrultu ve eğimi) matematiksel olarak veya stereografik projeksiyonla kontur diyagramları hazırlanarak belirlenmektedir. Bu diyagramların hazırlanmasındaki amaç, benzer özelliklere sahip süreksizliklerin dağılımından, dolayısıyla kutup noktalarının gruplaşmasından hareketle süreksizlik seti sayılarının ve bu setlerin egemen yönelimlerinin belirlenmesidir.

### 2.6.2. Süreksizlik Ara Uzaklığı

Süreksizlik ara uzaklığı veya süreksizlik aralığı kaya kütlelerinde birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik setindeki iki süreksizlik arasındaki dik mesafedir (Ulusay ve Sönmez, 2002). Kaya kütlelerinin geçirgenliğini ve kaya kütlelerinde oluşan blokların boyutlarını denetleyen bir parametre olması nedeniyle kaya kütlelerinin en önemli özelliklerin biridir.

Süreksizlik ara uzaklığı, mostra yüzeyinde süreksizlik doğrultusuna dik yönde serilen bir şerit metre boyunca gözlenen süreksizliklerin sayılması ile belirleneceği gibi, sondaj karotlarında da tayin edilebilmektedir. Ölçüm hattı veya sondaj ekseni boyunca iki süreksizlik arasında ölçülen uzaklık görünür ara uzaklık olarak bilinir. Bir süreksizlik setindeki süreksizliklerin bir birine paralel olduğu çok ender görüldüğü için gerçek aralık parametresi ölçüm hattının yöneliminden veya ölçümün yapıldığı mostranın konumundan etkilenmektedir. Bu nedenle süreksizlik sıklığının değerlendirilmesinde görünür aralık değerinin ölçülmesi uygulamada daha yaygın şekilde tercih edilmektedir (Ulusay ve Sönmez, 2002). Bu çalışmada süreksizlik takımlarında görünür ara uzaklık değerlerinden yararlanarak gerçek ara uzaklık (iki süreksizlik arasındaki dik mesafe) değerlerini bulmak için aşağıdaki düzeltme yapılmıştır.

$$\text{Gerçek süreksizlik aralığı} = J_{si} \times \sin(\delta_1) \times \sin(B_j) \quad (5)$$

Burada,  $J_{si}$ : görünür ara uzaklık,  $\delta_1$ : süreksizlik doğrultusu ile ölçüm hattı arasındaki açı,  $B_j$ : süreksizliğin eğim açısıdır.

Arazide alınan ölçümler sonucunda ortalama süreksizlik aralığı ( $X$ ) ve süreksizlik sıklığı (1 metredeki süreksizlik sayısı,  $\lambda$ ) aşağıdaki ifadelerden belirlenir.

$$X = L/N \quad (6)$$

$$\lambda = N/L \quad (7)$$

Burada,  $L$ : ölçüm hattının uzunluğu,  $N$ : ölçüm hattını kesen süreksizliklerin sayısıdır. Eşitlik 2 ve 3'de verilen parametreler istatistiksel analizlerle belirlenmedikleri için ancak genel değerlendirme amaçlı kullanılırlar. Priest ve Hudson (1976) süreksizlik sıklığının daha duyarlı bir şekilde belirlenmesi amacıyla istatistiksel dağılım modellerinden yararlanmışlar, süreksizlik ara uzaklığı parametrelerinin, istatistiksel dağılım modellerinden negatif eksponansiyel dağılıma en iyi uyduğunu belirlemişlerdir. Attewel ve Farmer (1976), Ulusay (1991), Gökçeoğlu (1997), Ulusay vd. (1998) kaya kütlelerinde yapmış oldukları değişik çalışmalarda zayıf kaya kütlelerinin içerdiği süreksizlik aralıklarının da negatif eksponansiyel dağılıma uygunluk gösterdiğini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada tüm bu parametreler dikkate alınarak kaya kütleleri için süreksizlik ara uzaklığı parametresinin tanımlanması amacıyla ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütleri kullanılmıştır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Süreksizlik ara uzaklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)

Aralık (mm)	Tanımlama
< 20	Çok dar ara uzaklıklı
20-60	Dar ara uzaklıklı
60-200	Yakın ara uzaklıklı
200-600	Orta derecede ara uzaklıklı
600-2000	Geniş ara uzaklıklı
2000-6000	Çok geniş ara uzaklıklı
> 6000	İleri derecede geniş ara uzaklıklı

### 2.6.3. Süreksizliklerin Devamlılığı

Süreksizliklerin devamlılığı, süreksizliklerin bir düzlemdeki alansal yayılımının göstergesi veya boyutları olup, duraylılığı etkileyen önemli bir parametredir. Başka bir

deyişle, süreksizlik devamlılığı (K), kohezyonun olmadığı alanların toplam çatlak alanına oranı olarak tanımlanmıştır (ISRM, 1981). Devamlılık alansal oran olarak tanımlanmasına karşın, alansal ölçümün zor olması nedeniyle genellikle mostradaki süreksizlik izinin ölçülmesiyle bulunmaktadır (ISRM, 1981). Bu durumda devamlılık, süreksizlik izi olarak ele alınmakta veya aşağıdaki formülle bulunmaktadır.

$$K = \frac{\sum Jli}{\sum (Jli + Kkop)} \quad (8)$$

Burada, Jli: süreksizlik izi uzunluğu, Kkop: süreksizlik izi hattı üzerinde kaya köprüsü uzunluğudur.

Süreksizlik ara uzaklığı için yapılan değerlendirilmelere benzer biçimde gerçekleştirilen istatistiksel analizler, aralık parametresinin aksine, devamlılık parametresine ait verilerin tek bir dağılım modeline uymadığı görülmektedir (Ulusay, 1991; Gökçeoğlu, 1997).

Bu nedenle bu çalışmada devamlılık parametresi, ISRM (1981)'deki tanımlamalar esas alınarak doğrudan şerit metre ile mostra yüzeylerinde yapılan ölçümler ile belirlenmiştir (Tablo 2.4).

Tablo 2.4. Süreksizlik devamlılığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).

Süreksizlik izinin uzunluğu (m)	Tanımlama
< 1	Çok düşük devamlılık
1-3	Düşük derecede devamlılık
3-10	Orta derecede devamlılık
10-20	Yüksek devamlılık
> 20	Çok yüksek devamlılık

#### 2.6.4. Süreksizliklerin Yüzeylerinin Pürüzlülük ve Dalgallığı

Pürüzlülük, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte (cm boyutunda), dalgallık ise büyük ölçekte (metre boyutunda) düzlemsellikten sapmasının bir ölçütü olarak tanımlanabilir (ISRM, 1981). Her iki özellik de süreksizlik yüzeylerine ait makaslama dayanımının önemli bir bileşeni olarak rol oynar. Ancak süreksizlik açıklığı veya dolgu malzemesinin kalınlığının artmasıyla, pürüzlülüğün süreksizlik makaslama dayanımı üzerine etkisi de azalmaktadır.

Süreksizlik pürüzlülüğünün belirlenmesine yönelik değişik yöntemler önerilmiştir (ISRM, 1981). Bunlar doğrusal profil alma yöntemi, pusula ve disk şeklindeki klinometre ile yapılan ölçümler ve mekanik profilometreler ile yapılan ölçümler şeklinde sıralanabilir. Profilometreler, arazide veya laboratuvar ölçeğinde süreksizliklerin pürüzlülük profillerinin sayısallaştırılması amacıyla kullanılan mekanik gereçlerdir (Wissbach, 1978; Swan, 1981; Aydan vd., 1995). Standart profillerde verilen süreksizlik yüzeyi pürüzlülük sayısı (JRC) değerleri 0-20 arasında değişmektedir. Barton ve Bandis (1982 ve 1990) süreksizlik yüzeyinde alınan değişik ölçüm uzunlukları için JRC değerlerini bulmak amacıyla pürüzlülük genliği ve ölçüm uzunluğundan yararlanmışlardır.

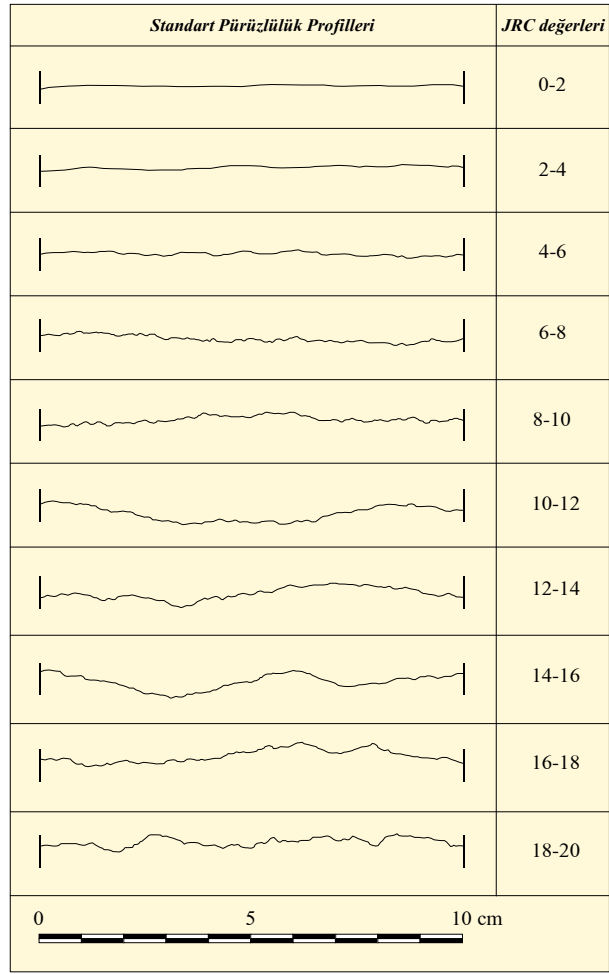
Tüm bu veriler yorumlanmış ve bu çalışmada pürüzlülük ölçümünde, Barton ve Choubey (1977) tarafından küçük ölçekli pürüzlülüğü tanımlamak için önerilen ve arazide telli profilometre ile ölçülen süreksizlik yüzeyi profillerinin, mevcut standart profillerle (Şekil 2.1) karşılaştırılması esasına dayanan bir yöntem tercih edilmiştir.

Süreksizlik yüzey profillerinin değerlendirilmesi amacıyla ayrıca büyük ölçekte dalgalılığın dalga boyu ve genlik parametreleri de ölçülmelidir. Söz konusu yöntemde, 1 metre uzunluğunda bir cetvel süreksizlik yüzeyine dayanmış ve yüzeyin cetvele olan en uzak mesafesi ölçülmüştür.

### **2.6.5. Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı ve Dolgu Malzemesinin Özelliği**

Açıklık, bir süreksizlik yüzeyinin karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dik mesafe olarak tanımlanır (ISRM, 1981). Süreksizlik yüzeyleri kapalı olabileceği gibi su veya dolgu malzemesiyle doldurulmuş olabilir. Eğer süreksizlik yüzeyi temiz ve kapalı ise diğer süreksizlik parametreleri jeoteknik tanımlama için yeterli olabilmektedir. Ancak süreksizlik yüzeyi açık ise bu açıklığın ölçülmesi gerekmektedir. Açıklığın ölçümünde milimetre ölçekli şerit metrelerden yararlanılacağı gibi, daha hassas mikrometrelerden de yararlanılabilir (Ulusay ve Sönmez, 2002).

Çalışmada milimetre ölçekli şerit metrelerden yararlanarak, her süreksizlik takımı için açıklıklar ayrı ayrı ölçülmüş ve ortalama açıklık değerleri belirlenmiştir. Ortalama açıklık değerinden çok daha büyük açıklığa sahip süreksizlikler not edilmiştir. Çalışmada süreksizliklerin pürüzlülüğü ve açıklığı ISRM (1981) tarafından önerilen standart pürüzlülük profilleri (Şekil 2.1) ve süreksizlik açıklığı tanımlama ölçütleri (Tablo 2.5) kullanılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2.1. Pürüzlülük profilleri ve bunlara karşılık gelen JRC (eklem pürüzlülük katsayısı) değerleri aralığı (Barton ve Choobey, 1977).

Tablo 2.5. Süreksizlik açıklığının tanımlamasına ilişkin ölçütler (ISRM, 1981).

<b>Açıklık (mm)</b>	<b>Tanımlama</b>	
< 0.1	Çok sıkı	
0.1-0.25	Sıkı	Kapalı yapılar
0.25-0.5	Kısmen açık	
0.5-2.5	Açık	
2.5-10	Orta derecede geniş	Boşluklu yapılar
> 10	Geniş	
10-100	Çok geniş	
100-1000	Aşırı geniş	Açık yapılar
> 1000	Boşluklu	

### 2.6.6. Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı

Kaya kütleleri yüzeye yakın kesimlerde genellikle bozunmuş, daha derinlerde ise hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğramış olabilirler. Bu nedenle süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, bu yüzeylerin ve yakın çevredeki kayaç malzemesinin bozunma derecesiyle yakından ilişkilidir (Ulusay ve Sönmez, 2002).

Süreksizlik yüzeylerinin dayanıma etkisi açısından taşıdığı önem dikkate alınarak, önce kaya kütlelerinin daha sonra kayaç malzemesinin bozunma derecesinin tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla ISRM (1981) tarafından, arazi çalışması sırasında kullanılacak bozunma sınıflaması ölçütleri önerilmiştir (Tablo 2.6 ve 2.7). Bu sınıflamalar tamamen gözleme dayalı olduklarından bazı durumlarda öznel değerlendirmelere yol açmakta, aynı süreksizlik yüzeyleri için farklı yorumlamalar yapılabilmektedir.

Bu nedenle dayanımın tahmin edilmesi amacıyla Schmith çekici geri tepme sayısından yararlanılmaktadır. Barton ve Choubey (1977), geri tepme sertlik değeri, kayacın birim hacim ağırlığı ve süreksizlik yüzeyinin dayanımı arasında aşağıda belirtilen eşitliği önermişlerdir.

$$\text{Log } JCS = 0.00088 \gamma R + 1.01 \quad (9)$$

Burada JCS: süreksizlik yüzeyinin dayanımı (Mpa),  $\gamma$ : birim hacim ağırlık ( $\text{kN/m}^3$ ) ve R: geri tepme sertlik değeri sayısıdır.

Grasso vd. (1992), bu deneyle ilgili bazı sınırlamaların bulunduğunu belirtmekle birlikte, ISRM (1981) tarafından bu deneyin laboratuvarında NX (54.7 mm) çaplı karotlar veya bir kenarı en az 60 mm olan küp şeklindeki örnekler üzerinde yapılması önerilmektedir. Deney standartlarının uygulanabilirliğinin zor olması bu yöntemin pratikte kullanılmasını zorlaştırmaktadır.

Singh ve Gahrooe (1989) öznel değerlendirmeleri giderebilmek amacıyla bozunma derecesini sayısal indeksle tanımlamışlar ve bozunma katsayısı veya indeksi adı verilen bir parametre ortaya atmışlardır.

$$W_c = \sigma_c / JCS \quad (11)$$

Burada,  $W_c$ : bozunma katsayısı,  $\sigma_c$ : taze ayrışmamış kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı ve JCS: süreksizlik yüzeyinin dayanımıdır.

Kayaç malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı doğrudan deney sonucundan elde edilirken, eklem yüzeyinin sıkışma dayanımı dolaylı olarak Schmith çekici kullanılarak belirlenmektedir. Bu nedenle, Gökçeoğlu (1997) tarafından modifiye edilmiş ve söz konusu hata payını ortadan kaldıran yeni bir formül geliştirmiştir.

$$W_c = R_f / R_w \quad (12)$$

Burada,  $R_f$ : taze yüzeyin Schmith geri tepme sayısı,  $R_w$ : bozunma sınıflaması yapılan süreksizlik yüzeyinin Schmith geri tepme sayısıdır.

Bu çalışmada RMR ve M-RMR kaya kütle sınıflamaları uygulanırken, süreksizlik yüzeyi bozunma tanımlamasında Gökçeoğlu (1997) tarafından önerilen bozunma indeksine göre yapılan sınıflamadan yararlanılmıştır (Tablo 2.8).

Tablo 2.6. Kaya kütlelerinin bozuşma dereceleriyle ilgili sınıflama (ISRM, 1981).

Tanım	Tanımlama ölçütü	Bozunmanın derecesi
Bozunmamış (taze)	Kayacın bozunduğuna ilişkin gözle ayırt edilebilir bir belirti olmamakla birlikte, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözükmemektedir.	1
Az bozunmuş	Kayaç malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiştir. Kayaç taze halinden zayıf olabilir.	2
Orta derecede bozunmuş	Kayacın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrışmış ve/veya parçalanmıştır. Taze veya rengi değişmiş kaya sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	3
Tamamen bozunmuş	Kayacın tümü toprak zemine dönüşerek ayrışmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır.	4
Artık zemin	Kayacın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmamakla beraber, zemin taşınmamıştır.	5

Tablo 2.7. Süreksizlik yüzeylerinin tek eksenli sıkışma dayanımı ve arazi tanımlamalarına göre sınıflaması (ISRM, 1981).

Simge	Tanım	Saha tanımlaması	Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)
R0	Aşırı derecede zayıf kayaç	Kayacın yüzeyinde tırnak ile çentik oluşturulabilir.	0.25-1.0
R1	Çok zayıf kayaç	Jeolog çekiciyle sert bir darbeye ufalanan kayaç, çakı ile doğranabilir.	1.0-5.0
R2	Zayıf kayaç	Kayaç çakı ile güçlükle doğranır. Jeolog çekiciyle yapılacak sert bir darbe kayacın yüzeyinde iz bırakır.	5.0-25
R3	Orta derecede sağlam kayaç	Kayaç çakı ile doğranmaz. Kayaç, jeolog çekiciyle yapılacak tek ve sert bir darbeye kırılır.	25-50
R4	Sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekiciyle birden fazla darbenin uygulanması gerekir.	50-100
R5	Çok sağlam kayaç	Kayaç örneğinin kırılabilmesi için jeolog çekiciyle çok sayıda darbe gerekmektedir.	100-250
R6	Aşırı derecede sağlam kayaç	Kayaç örneği jeolog çekiciyle sadece yontulabilir.	> 250

Tablo 2.8. Kaya kütlelerinin bozuşma dereceleriyle ilgili sınıflama (Gökçeoğlu, 1997).

$W_c$ ( $R_f / R_w$ )	Sınıf	Tanım
< 1.1	1	Bozunmamış (taze)
1.1-1.5	2	Az bozunmuş
1.5-2	3	Orta derecede bozunmuş
> 2	4	Tamamen bozunmuş

Burada,  $R_f$ : taze yüzeyin Schmith çekici geri tepme sayısı,  $R_w$ : bozunma sınıflaması yapılan süreksizlik yüzeyinin Schmith çekici geri tepme sayısıdır.

### 2.6.7. Süreksizlik Yüzeylerindeki Su Durumu

Kaya kütlelerinde suyun sızması, birbiriyle bağlantılı süreksizlikler boyunca (ikincil geçirgenlik) meydana gelen akışla gerçekleşir. Sızma hızı, kabaca yerli hidrolik eğime ve yönsel geçirgenliğe bağlıdır.

Bu çalışmada, süreksizliklerdeki su durumunun sondajlar, kazı ve yarmalar ile takip edilebilmesindeki güçlükler nedeniyle, ISRM (1981) tarafından önerilen kayaç mostralarında yapılacak gözlemleri esas alan su sızıntılarıyla ilgili tanımlamalardan yararlanılmıştır (Tablo 2.9 ve 2.10).



Tablo 2.9. Kaya kütleleri için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).

Sızıntı sınıflaması	Tanımlama
1	Süreksizlik yüzeyleri kuru ve sızıntı yok
2	Çok az sızıntı gözleniyor
3	Orta derecede akış (bu durumda sürekli akışın gözleendiği süreksizlikler gözlenmelidir)
4	Önemli miktarda akış gözlenen süreksizlikler belirlenmelidir
5	Ender olarak yüksek miktarda su akışı gözlenmektedir

Tablo 2.10. Dolgulu ve dolgusuz süreksizlikler için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).

Sızıntı sınıflaması	Tanımlama
<i>Dolgusuz süreksizliler</i>	
1	Süreksizlik yüzeyi kapalı ve kuru, su akışı gözlenmiyor
2	Süreksizlik yüzeyi kuru ve suyun aktığına ilişkin bir gösterge yok
3	Süreksizlik yüzeyi kuru, ancak suyun akmış olduğuna ilişkin izler var
4	Süreksizlik yüzeyi nemli ancak su akışı yok
5	Süreksizlik yüzeyinde damlalar halinde sızıntı var, ancak sürekli bir akış gözlenmiyor
6	Süreksizlik yüzeyi boyunca sürekli bir su akışı var (lt/dak olarak ölçülebilir veya düşük, orta veya yüksek basınç şeklinde tanımlanabilir)
<i>Dolgulu süreksizliler</i>	
1	Dolgu malzemesi aşırı konsolide olmuş malzemedan oluşuyor ve geçirgenliğin az olması nedeniyle önemli derecede su akışı gözlenmiyor
2	Dolgu ıslak ve yer yer su damlacıkları gözleniyor
3	Dolgu malzemesi su damlacıkları ile ıslanmış
4	Dolgu malzemesinin yıkanmış ve ıslanmış olduğuna ilişkin izler ve sürekli su akışı gözleniyor
5	Dolgu malzemesi yerel olarak yıkanmış ve taşınmış, yıkama kanalları boyunca önemli miktarda su akışı var
6	Dolgu malzemesi tamamen taşınmış ve su basıncı yüksek

### 2.6.8. Blok Boyutu İndeksi ve Hacimsel Eklem Sayısı

Blok boyutu indeksi ( $I_b$ ), süreksizlik sıklığının hacimsel olarak ifadesi olup kaya kütle kalitesini gösteren en önemli göstergelerden biridir (Palström, 1996; Cai vd., 2004). Blok boyutu süreksizlik ara uzaklığı, süreksizlik yönelimi, süreksizlik takım sayısı ve süreksizlik devamlılığı gibi parametrelere bağlıdır.

Sedimanter kayalarda birbirine dik yönde gelişmiş iki eklem seti ve tabakalanma, kübik veya prizmatik bir blok şekli oluşturur ve blok boyutu indeksi aşağıdaki ifadeden hesaplanabilir

$$I_b = \frac{(S1 + S2 + S3)}{3} \quad (13)$$

Burada, S1, S2 ve S3 her eklem seti için hesaplanmış ortalama süreksizlik ara uzaklığı değerleridir.

Palström (1982; 1985 ve 1996) ile Şen ve Essa (1992) tarafından tanımlanan hacimsel eklem sayısı ( $J_v$ ), birim hacimdeki bir kaya kütleğinde gözlenen süreksizliklerin toplamıdır. Bu parametrenin tayininde rasgele gelişmiş süreksizlikler de dikkate alınabilir. Ancak tanımlanan hacimsel eklem sayısını önemli ölçüde etkilemez. Bu konuda elde edilen deneyimler, ölçüm hattı uzunluklarının 5-10 metre arasında seçilebileceğini göstermiştir (Palström, 1996).

$$J_v = \frac{N1}{L1} + \frac{N2}{L2} + \frac{N3}{L3} + \dots + \frac{Nn}{Ln} \quad (14)$$

veya

$$J_v = \sum (1/Si) + (Nr/5) \quad (15)$$

Burada,  $N_n$ : gözlenen her bir eklem seti için ölçüm hattı boyunca sayılan süreksizliklerin sayısı,  $L_n$ : gözlenen her bir eklem setine dik yönde seçilmiş ölçüm hattının uzunluğu,  $S_i$ : her bir süreksizlik takımı için ara uzaklık (m) ve  $N_r$ : incelenen alandaki rasgele gelişmiş süreksizlik sayısıdır.

Blok boyutu indeksi ve hacimsel eklem sayısı yukarıda belirtilen formüller dikkate alınarak hesaplanır, ISRM (1981) ve (Palström, 1982 ve 1996) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerinden yararlanılarak değerlendirme yapılır (Tablo 2.11 ve 2.12).

Tablo 2.11. Hacimsel eklem sayısına ( $J_v$ ) göre blok boyutu tanımlaması (ISRM, 1981).

Tanım	$J_v$ (eklem/m <sup>3</sup> )
Çok geniş bloklar	< 1
Geniş bloklar	1-3
Orta büyüklükteki bloklar	3-10
Küçük bloklar	10-30
Çok küçük bloklar	> 30

Tablo 2.12. Güncel  $J_v$  sınıflaması (Palström, 1982 ve 1996).

Sınıf No	Eklem tanımı	$J_v$ tanımı	$J_v$ (eklem/m <sup>3</sup> )
1	Masif	İleri derecede düşük	< 0.3
2	Çok az eklemli	Çok düşük	0.3-1.0
3	Az eklemli	Düşük	1-3
4	Orta derecede eklemli	Orta derecede düşük	3-10
5	Çok eklemli	Yüksek	10-30
6	İleri derecede eklemli	Çok yüksek	30-100
7	Parçalanmış	Aşırı derecede yüksek	100-300

### 2.6.9. Kaya Kalite Göstergesi (RQD %)

% RQD, bir sondajda herhangi bir ilerleme aralığında doğal süreksizliklerle ayrılmış, boyu 10 cm ve daha büyük olan ve silindirik şeklini koruyan karot parçalarının toplam uzunluğunun ilerleme aralığının uzunluğuna oranının yüzde olarak ifade edildiği sayısal bir indekstir. Deere (1964) tarafından önerilen RQD, aşağıda verilen ifadeden belirlenir.

$$\% RQD = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{L} \times 100 \quad (16)$$

Burada, n: ilerleme aralığındaki karot parçalarının sayısı; l: RQD'ye dahil edilen ve boyu 10 cm ve daha büyük olan karot parçalarının boyları, L: ilerleme uzunluğudur.

Çalışmada, sondaj sırasında yapılan zorlama veya karotların karotiyerden çıkartılırken ya da sandığa yerleştirilirken kırılması sonucu oluşan ve doğal olmayan mekanik kırıklar RQD'nin tayininde dikkate alınmamıştır. Bunun yanı sıra karotun yatay eksenine dik veya dike yakın süreksizlik içeren karotlar % RQD hesaplanmasına dâhil edilmiştir.

Sondaj yapılamayan alanlarda ise RQD aşağıdaki formül (Priest ve Hudson, 1976) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ RQD} = 100 e^{(-0.1\lambda)}(0.1\lambda+1) \quad (17)$$

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

RQD değerlerinin değişim aralıkları esas alınarak, Deere (1964) tarafından kaya kalitesi tanımlamaları yapılmıştır (Tablo 2.11). RQD değeri, Tablo 2.13'deki değişim aralıklarına göre puanlandırılarak kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde bir girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

Tablo 2.13. RQD sınıflaması (Deere, 1964).

RQD	Kaya kalite göstergesi
Çok zayıf	< 25
Zayıf	25-50
Orta	50-75
İyi	75-90
Çok iyi	90-100

#### 2.6.10. Süreksizlik Yüzeylerinin İçsel Sürtünme Açısı

Çalışmada süreksizlik yüzeylerine ait içsel sürtünme açısı arazide basitçe uygulanan tilt deneyleri yardımıyla belirlenmiştir. Deney sürtünme açısı belirlenmek istenen süreksizlik yüzeylerinden alınan iki bloğun üst üste yatay şekilde koyulması ile başlar. Ardından alt tarafta kalan blok yataydan sapacak şekilde yükseltilir ve üstteki bloğun kaymaya başladığı anda, alttaki bloğun yatayla yaptığı açı ölçülür. Deney bir süreksizlik yüzeyi için en az 5 kere tekrarlanır ve bulunan değerlerin ortalaması o süreksizlik yüzeyine ait sürtünme açısını verir.

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Stratigrafi ve Petrografi**

Doğu Karadeniz Bölümü kıyı şeridi jeolojik evrime bağlı olarak, volkanik kayaların egemen olduğu bir jeolojiye sahiptir. Sedimanter kökenli kayalar çok az ve genellikle arakatkılı şekilde gelişmiştir.

İnceleme alanı Rodop-Pontid Parçası'nın kuzey doğusunda yer alır (Şengör ve diğ., 2003). Bununla birlikte Rodop-Pontid Parçası'nın kuzey zonunun tipik özelliklerini yansıtır.

Yapılan çalışmalara göre, arazinin tamamına yakın bölümünü volkanik (tüf, aglomera) kökenli kayaların oluşturduğu görülmüştür. Çalışma alanının çok az bir bölümünde bu volkanitlerle yer yer uyumlu tortul kayalar yüzeylemektedir.

Yörede, Santoniyen-Kampaniyen yaşlı Kızılkaya formasyonu ile bununla uyumlu olarak Kampaniyen-Mestişiyen yaşlı Çağlayan Formasyonu bulunur. Bunların yanı sıra Kuvaterner yaşlı alüvyon ve yamaç döküntüsü çalışma alanında yer alır. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait dikme kesit Şekil 3.1'de jeoloji haritası EK-1'de verilmiştir.

##### **3.1.1. Kızılkaya Formasyonu**

Giresun ili Espiye ilçesinin güneyinde yer alan Kızılkaya yöresinde tipik olarak yüzeyleyen riyodasit-dasitik lav ve piroklastları ilk olarak Güven (1993) tarafından Kızılkaya Formasyonu olarak tanımlanmıştır. Bölge genelinde belirli bir stratigrafik horizon boyunca takip edilebilen bu volkanitlerin bir formasyon adı altında toplanması yararlı görülmüş ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nin 1/250 000 ölçekli komplikasyonunda ilk olarak bu formasyon adlandırılması uygulanmıştır (Güven, 1993).

Kızılkaya Formasyonu gri beyaz renkli dasit-riyodasit ve piroklastiklerinden oluşur. Dasitlerde yer yer kolonlu ve yer yer akıntılı (flüvdal) yapılar ve yastık lavlar gözlenir (Şekil 3.2). Hidrotermal gelişmeler sonucu sülfürlü mineralizasyon oluşumları ve buna bağlı olarak da yan kayalarda yer yer hidrotermal ayrışmalar (silisleşme, seriztleşme ve killeşme) mevcuttur.

SİSTEM	SERİ	KAT	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
<b>KRETASE</b>	<b>ÜST KRETASE</b>	KAMPANİYEN-MESTRİŞİYEN	ÇAĞLAYAN		Yamaç molozu
					Alüvyon
		SANTONİYEN-KAMPANİYEN	KIZILKAYA		Gri yeşil renkli andezitik bazaltlar ve piroklastları
					Gri beyaz renkli dasit-riyodasit ve piroklastikleri, tortul ara seviyeler, dayk ve yastık bazaltlar

Ölçeksizdir

Şekil 3.1. Çalışma alanı ve yakın çevresine ait dikme kesit.



Şekil 3.2. Kızılkaya Formasyonu'na ait dasitlerin arazideki görünümü

Mikroskobik incelemelerde mikrogranüler porfirik, sferolitik ve glomerofirik dokular gözlenmiştir.

Plajiyoklas, genelde öz ve yarı öz şekilli iri kristaller, hamurda da küçük kristaller halindedir. Fazla ayırmadan dolayı cins tayinleri yapılamamıştır. Bazı kristallerde albit ikizlenmesi belirgindir. Plajiyoklaslarda yaygın olarak serizitleşme, daha az oranda kalsitleşme mevcuttur. Bazı minerallerde zonlu yapı görülür.

Kuvars, hem iri kristaller hem de hamurda küçük daneler halinde bulunmaktadır. İri kuvars kristallerinin kenarları hamur tarafından kısmen yenmiştir. Bazı minerallerde dalgalı sönme belirgindir ve genellikle çatlaklı yapıdadır (Şekil 3.3).

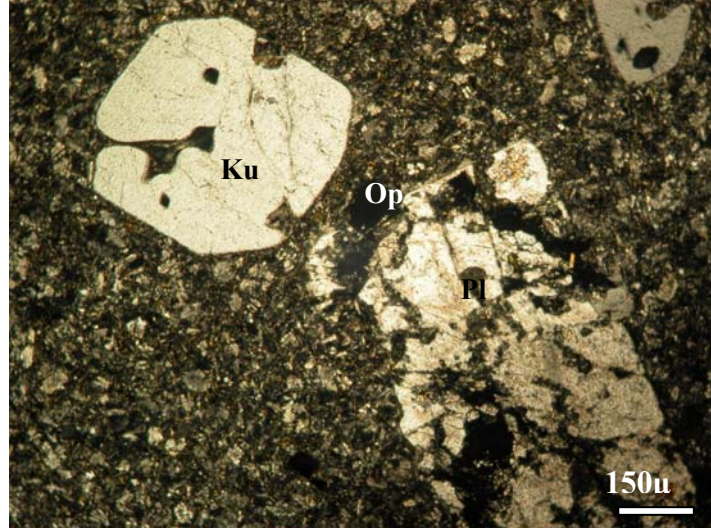
Alkali feldispat, genelde küçük yarı özşekilli kristaller halinde az miktarda bulunur. Genelde ayrıışmış olup killeşmiştir.

Biyotit, öz ve yarı öz şekilli iri levhamsı kristaller, hamurda da küçük taneler halinde görülür. İri kristaller genellikle dilinimleri boyunca ve kenarlardan itibaren kloritleşme gösterir. Bazı mineraller bükülmüş lameller halindedir. X istikametindeki pleokroizma kırmızımsı kahverengi, Y ve Z istikametindeki pleokroizma sarımsı kahverengi'dir. (001) yüzeyine paralel dilinimler belirgin ve bu dilinimlerine göre paralel sönme gösterir.

Opak mineraller, küçük düzensiz şekiller halinde bulunurlar.

İkincil mineraller, kalsit, serizit, kil, klorit ve epidot minerallerinden oluşur.

Hamur, küçük kristalli plajiyoklas, kuvars, alkali feldspat, biyotit ve opak minerallerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Dasitlerdeki yenmiş kuvarsların görünümü (Ku:Kuvars, Pl:Plajiyoklas, Op:Opak mineral, Ç.N.).

Kızılkaya formasyonu içerisinde fosil içerir tortul seviye bulunmadığından formasyonun yaşı göreceli olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Formasyon Kampaniyen-Mestriştiyen yaşlı Çağlayan formasyonu tarafından uyumlu olarak üstlendiğinden yaşı göreceli olarak Santoniyen-Kampaniyen olarak önerilmiştir.

### 3.1.2. Çağlayan Formasyonu

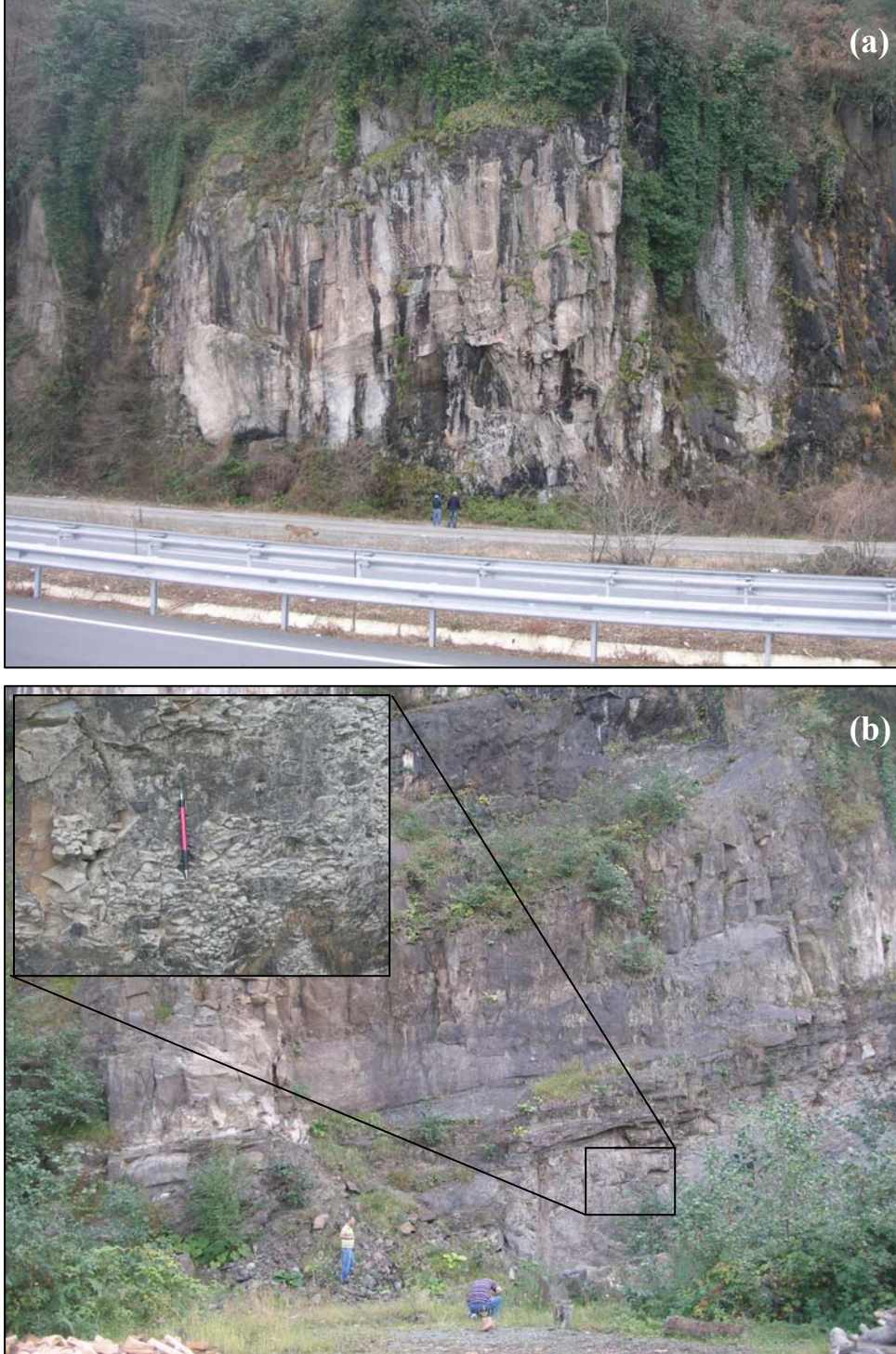
Trabzon il merkezine bağlı Çağlayan beldesi civarında tipik yüzeylemeleri izlenen Kampaniyen-Mestriştiyen yaşlı bazik volkano-tortul karakterli bir istif ilk olarak Güven (1993) tarafından Çağlayan formasyonu olarak tanımlanmıştır.

İnceleme alanında da benzer litostratigrafik özellikler gösteren bazik volkano-tortul istif Çağlayan formasyonu ile deneştirilerek aynı formasyon adı verilmiştir.

Çağlayan formasyonu, inceleme alanının tamamına yakın bir bölümünde yaygındır. Formasyon genellikle gri-yeşil renkli andezitik bazaltlar ve piroklastları ile birlikte



aratabakalı olarak bulunan kırmızı-bordo renkli çamurtaşı, gri renkli marn ve kumtaşlarından oluşur (Şekil 3.4). Bazaltlarda yastık bazalt yapıları gelişmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Çağlayan Formasyonu'na ait bazaltların (a) ve volkanik kayalar içerisinde ara katkılı olarak bulunan çamurtaşı ve marnların (b) arazi görünümü



Şekil 3.5. Çağlayan Formasyonu'na ait yastık debili bazaltların arazideki görünümü

Bazaltlar; petrografik incelemesinde mikrolitik porfirik, akıntı, ofitik, intergranüler, boşluklu ve amigloidal dokular belirlenmiştir (Şekil 3.6 a ve b)

Plajiyoklas: Genelde mikrolit ve latalar, seyrek olarak iri kristaller şeklindedirler. Plajiyoklaslar genelde albit bileşimindedir. İri kristaller albit ikizlenmesi göstermektedir. Bazı mineraller çok ayrılmış epidotlaşmış, kalsitleşmiş ve serizitleşmiştir.

Piroksen: Genellikle küçük yarı öz şekilli kristaller halindedir. Çok ayrılmış kalsitleşmiş, kloritleşmiş ve epidotlaşmıştır. Özellikle plajiyoklas mineralleri arasında ofitik dokuyu oluştururlar. Genellikle klinoproksenlerden ojit cinsindedir.

Kalsit: Kalsit mineralleri özellikle boşlukları doldurur şekilde ikincil olarak bulunur ve amigloidal dokuyu oluştururlar.

Opak mineraller: Küçük daneler halinde ve dağınık olarak bulunurlar.

İkincil mineraller: Epidot, klorit, serizit ve kalsit ikincil mineralleri oluşturmaktadır.

Hamur: Plajiyoklas, ojit ve opak minerallerin çok küçük kristallerinden oluşmaktadır.

Spilitleşmiş bazaltlar; petrografik incelemesinde entersertal, amigloidal ve kısmen de flüidal doku gözlenmektedir (Şekil 3.6 c ve d).

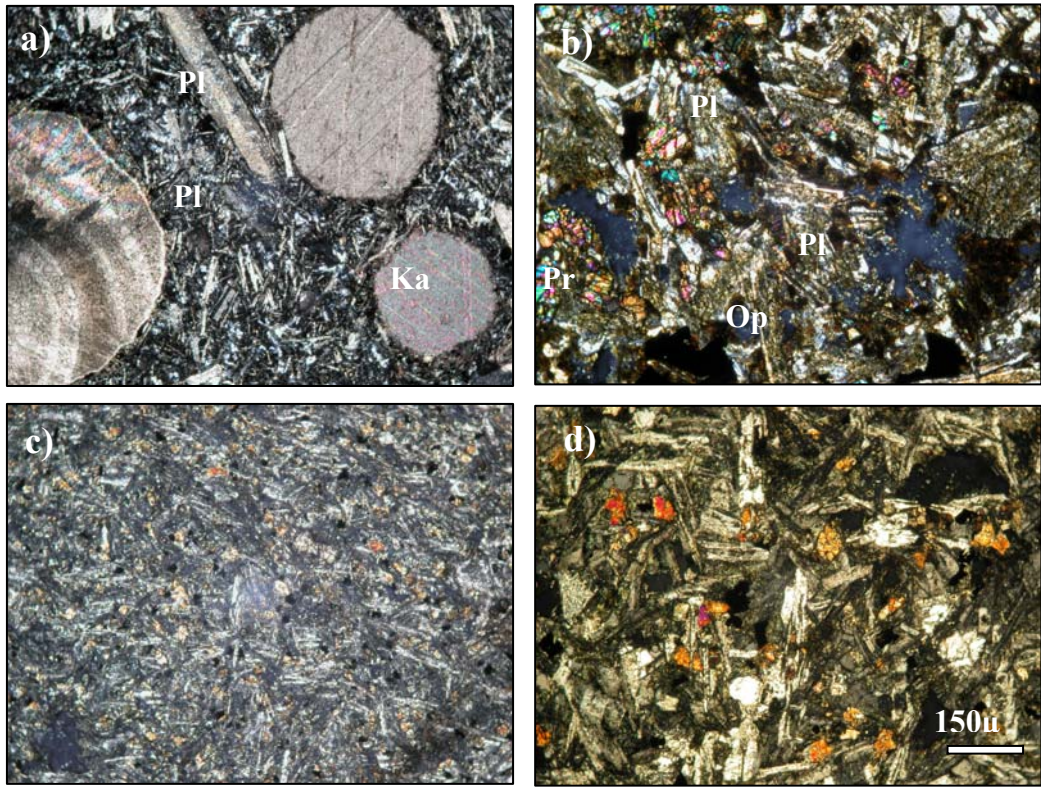
Plajiyoklas: Genelde mikrolit ve latalar, seyrek olarak iri kristaller şeklindedirler. Plajiyoklaslar genelde albit ( $An_{06-09}$ ) bileşiminde olup, bazı mineraller labrador ( $An_{56}$ ) bileşimindedirler (010'a dik kesitlerde). Bazı mineraller çok ayrılmış epidotlaşmış, kalsitleşmiş ve serizitleşmiştir.

Piroksen: Genellikle küçük yarı öz şekilli kristaller halindedir. Çok ayrılmış kalsitleşmiş, kloritleşmiş ve epidotlaşmıştır. Plajiyoklas mineralleri arasını doldurur şekilde bulunmaktadır.

Opak mineraller: Küçük daneler halinde ve dağınık olarak bulunurlar.

İkincil mineraller: Epidot, klorit, serizit ve kalsit ikincil mineralleri oluşturmaktadır.

Hamur: Plajiyoklas, ojit ve opak minerallerin çok küçük kristallerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.6. Bazaltlardaki boşlukları dolduran kalsit minerallerinin oluşturduğu amigdaloidal doku (a), boşluklu bazaltların görünümü (b), bazaltlardaki entersertal doku (c), spilitik bazaltlardaki flüidal dokuya örnek (d) (Pl:Plajiyoklas, Pr:Piroksen, Op:Opak mineral, Ka: Kalsit, Ç.N.).

Diyabazlar; mikroskobik incelemelerde genellikle doleritik entersertal doku görülmektedir. Yani birbirine dirsek yaparak dayanmış plajiyoklaslar arasındaki boşlukları ince daneli ojit ve olivinler doldurmaktadır.

Plajiyoklas; genellikle çubuk şekilli birbirine yaslanmış kristaller halinde ve oldukça boldur. Labrador ( $An_{52-63}$ ) cinsindedirler. Yer yer ayrışarak kalsitleştikleri ve serizitleştikleri görülmüştür.

Ojit; yarı özşekilli küçük kristaller halindedir. Röliyefi, dilinimleri ve hafif pleokroik özelliği ile olivinlerden ayırt edilir.

Olivin; seyrek olarak görülür. Bazı kristaller tamamen ayrışmıştır.

Opak Mineraller; Küçük daneler halinde ve dağınık olarak bulunurlar.

İkincil Mineraller; klorit, kalsit, serisit ve epidot mineralleridir.

Hamur; plajiyoklas, ojit ve opak mineraller, klorit, kalsit, serizit ve epidot gibi ikincil mineraller de içermektedir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Entersertal dokulu doleritlerin görünümü (Pl:Plajiyoklas, Oj: Ojit, Ç.N.).

Aglomeralar arazinin örtülü olması nedeniyle sadece yol şevlerinde ve tünel güzergâhlarında belli kısımlarda yüzeilenmektedir. Taze kırık yüzeyleri yeşil ve gri renklerde ayrışma yüzeyi renkleri açık yeşil kahverengimsi olan bu kayaçlar; bazaltik, andezitik matriks içerisindeki spilit, andezit ve tuf çakıllarından oluşmaktadır. Çakıllar genelde yuvarlağımsıdır. Bağlayıcı malzemesi oldukça sağlam olan aglomera çakıllarının boyutları, birkaç santimetreden yarım metreye kadar değişir. Aglomeraların hâkim olduğu alanlarda yer alan süreksizliklerin çoğunluğu dolgusuz olup, bir kısmı da kalsit dolguludur.

Taze yüzeyi koyu gri, yeşil yer yer de bordo renkli olup, ayrışma yüzeyi kirli sarı, kirli kahverengidir. Tabaka kalınlığı 2-3 cm.'den 15 cm.'ye kadar değişir. Genelde tüffit

(%60-70) daha az oranda marn (%20), kiltası (%10) ve kumtaşından (%5) oluşurlar ve nispeten bol çatlaklıdır.

Taban seviyeleri daha çok piroklast ara katkılıdır. Üst seviyelerde daha çok marn ve kiltaların oluşurlar. Marnlarda yapılan yaş tayinlerinde *Globotruncana sp.* saptanmıştır. Fakat kayaca kesin yaş verilememiştir. Bundan dolayı daha önceki çalışmalarda kayaca Eosen yaşı verildiği için, bu çalışmada da aynen kabul edilmiştir.

Çağlayan formasyonunun yaşı, derlenen paleontoloji örneklerinde saptanan;

*Globotruncana arca* CUSMAN, *Globotruncana tricarinata* QUEREAU, *Globotruncana cf. fornicata* PLUMMER, *Globotruncana cf. concavata* BROTZEN, *Gümbelina sp.*, *Globigerina sp.*, Textularidae fosil türlerine dayanılarak Kampaniyen-Mestriştien olarak belirlenmiştir.

### 3.1.3. Dayklar ve Siller

İnceleme alanında yer alan formasyonlar yer yer çeşitli kalınlıklardaki andezit daykları tarafından kesilmiştir. Dayklar yoğun bitki örtüsü nedeniyle sadece yol şevlerinde net olarak izlenebilmiştir (Şekil 3.8). Diğer birimleri keserek yüzeylenen bu kayaçların yan kayaç dokanaklarında yanma izleri gözlenmektedir.

### 3.1.4. Alüvyon:

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar Ortacalar beldesinde Kapisre Deresi etrafında gözlenmiştir. Alüvyon malzemesi kil ve boyutunda malzeme boyutları birkaç santimetreden yarım metreye kadar değişen andezit, bazalt ve aglomera çakıllarından oluşmuştur.

### 3.1.4. Yamaç Molozu

İnceleme alanındaki yamaçlar boyunca görülen yamaç döküntüleri andezit, bazalt çakılları ile kum ve kil malzemesinden oluşmuştur. Yoğun bitki örtüsünden dolayı yamaç döküntüsünün kalınlığı tahmin edilememiştir.



Şekil 3.8. Bazaltlar içinde yataya yakın konumlu andezit daykının arazi görünümü

### 3.2. Mühendislik Jeolojisi

Bu çalışmada, Arhavi-Hopa Karayolu şevlerinin duraylılığı incelenmiş, bu kapsamda kaya kütle sınıflamaları (SMR, slope mass rating) ve kinematik analizler kullanılarak kaya kütlelerinin stabilitesi araştırılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında kaya kütlelerindeki süreksizliklerin özelliklerini ortaya koymak amacıyla hat etütleri yapılmış, elde edilen arazi ve laboratuvar deney sonuçlarından yararlanılarak kaya kütle sınıflama sistemleri kullanılmıştır.

#### 3.2.1. Kaya Şevlerinin Tanımlanması

Bu çalışmada Arhavi-Hopa (Artvin) arasındaki 6 adet karayolu şevi duraylılık açısından incelenmiş, hat etütleri ve bir dizi arazi ve Laboratuvar deneyinden elde edilen sonuçlar kullanılarak kinematik analizler ve kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır.

**Şev 1:** 37689297D/4578993K koordinatlarda ve Kıyıcık (Arhavi) tüneli doğusunda ve Arhavi ilçesinin batısında bulunmakta olan şevin stabilitesine yönelik her ne kadar

basamaklandırma ve drenaj çalışmaları gerçekleştirilse de şevde kütle hareketleri gözlenmiştir. Yüksekliği 45, uzunluğu 65 m olan şev K30D/75KB duruşludur. Şevde genel olarak andezit, bazalt ve piroklastitler egemendir. Yastık debili bazaltlar ve yer yer andezit daykları da yüzeylenme vermektedir. (Şekil 3.9)

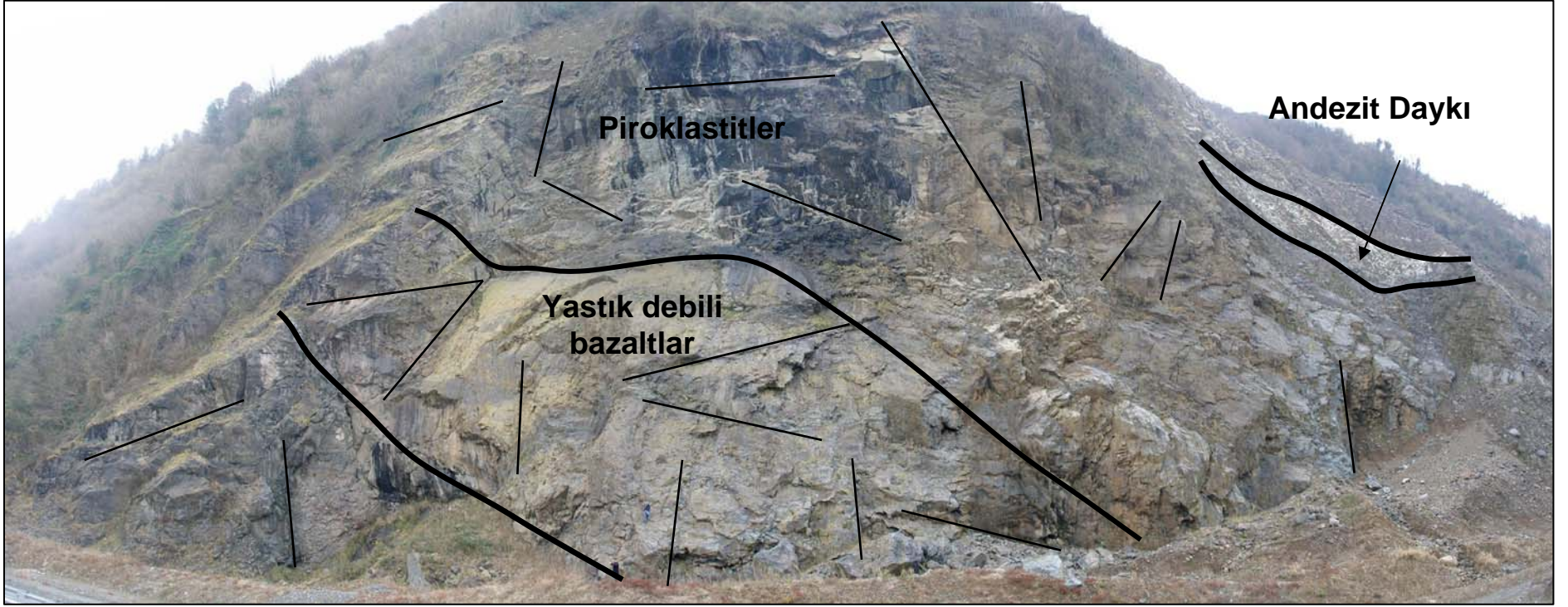
**Şev 2.** 37695159D/4582125K koordinatlarında ve Arhavi ilçesinin doğusunda bulunan karayolu şevinin yüksekliği 30 m ve uzunluğu 75 metredir. K40D/80KB duruşlu şevde genel olarak yastık debili andezit, bazaltlar ve piroklastitler egemendir (Şekil 3.10)

**Şev 3.** 37695443D/4582439K koordinatlarda ve Arhavi ilçesinin doğusunda bulunan karayolu şevinin yüksekliği 40 m ve uzunluğu 60 metredir. Şev 2 ile benzer özellik gösteren ve K40D/80KB duruşlu şevde genel olarak yastık debili andezit, bazaltlar ve piroklastitler egemendir (Şekil 3.11)

**Şev 4:** 37696198D/4582905K koordinatlarında ve Arhavi ilçesinin doğusunda bulunan karayolu şevi, eski bir taş ocağıdır. Şevde düzlemsel kayma ve kaya düşmesi şeklinde kütle hareketleri gözlenmiştir. Yüksekliği 35, uzunluğu 45 m olan şev K20D/80KB duruşludur. Şevde genel olarak andezit, bazalt ve piroklastitler egemendir. Bunun yanında şevin tabanında marn ve kireçtaşlarından oluşan tortul birimler üst kotlara doğru yerini andezitik ve bazaltik proklastitlere bırakmıştır (Şekil 3.12)

**Şev 5:** 37696232D/4582932K koordinatlarda ve Şev 4'ün doğu kesiminde bulunan karayolu şevinin yüksekliği 25, uzunluğu 55 m dir. K60D/80KB duruşlu şevde genel olarak andezit ve bazaltlar egemendir. Bunun yanında şevin orta kesiminde şevi boylu boyunca kat eden andezit daykı bulunmaktadır (Şekil 3.13).

**Şev 6:** 37697120D/4583349K koordinatlarda ve Arhavi ilçesinin doğu kesiminde bulunan karayolu şevinin yüksekliği 35, uzunluğu 40 m dir. K45D/85KB duruşlu şevde genel olarak yastık debili andezit, bazaltlar ve bunların piroklastitleri egemendir (Şekil 14).

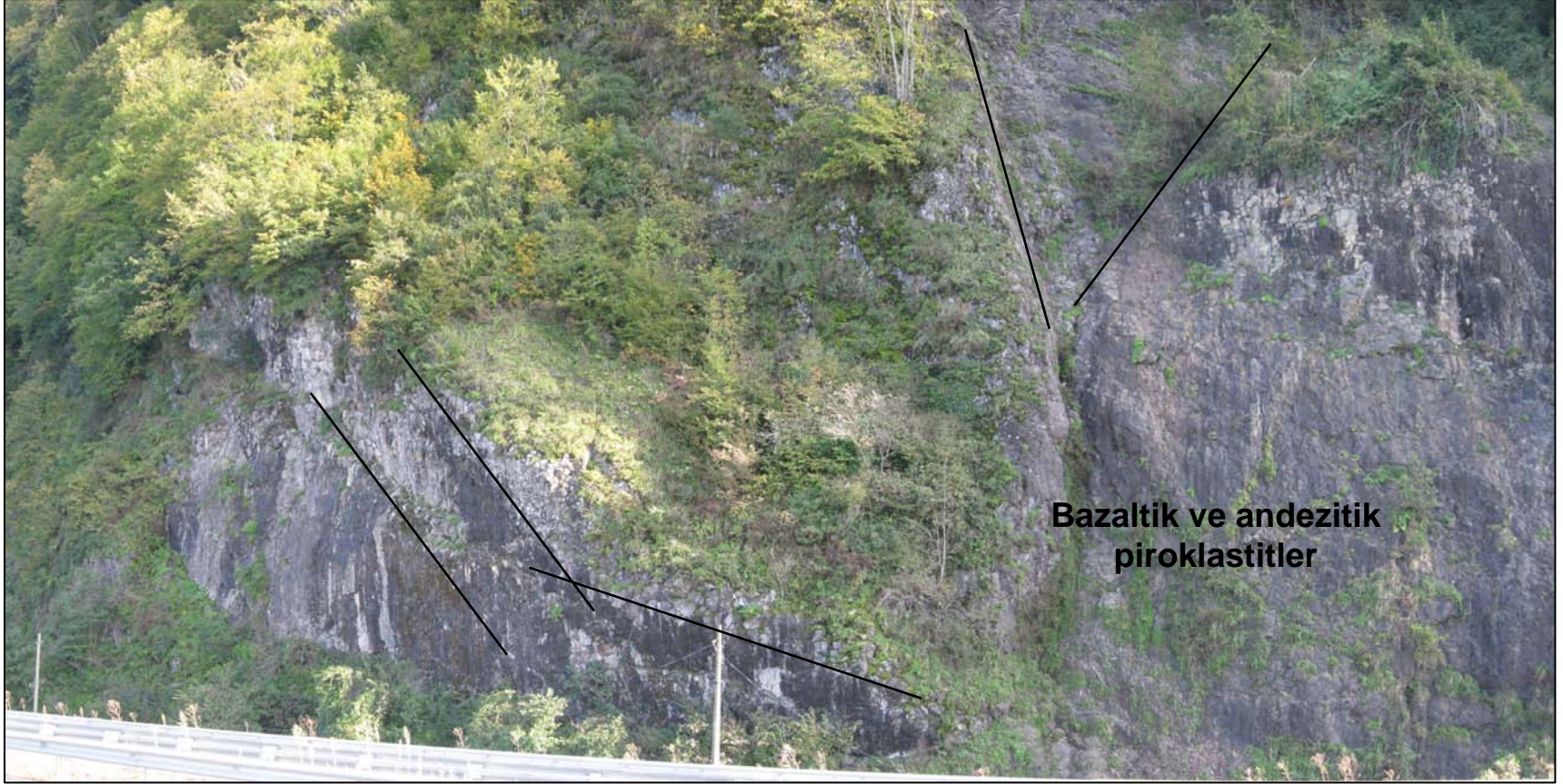


Şekil 3.9. Kıyıcık (Arhavi) t\u00fcneli do\u011fusunda bulunan karayolu Şevinin g\u00f6r\u00fcn\u00fcm\u00fc (Şev 1)

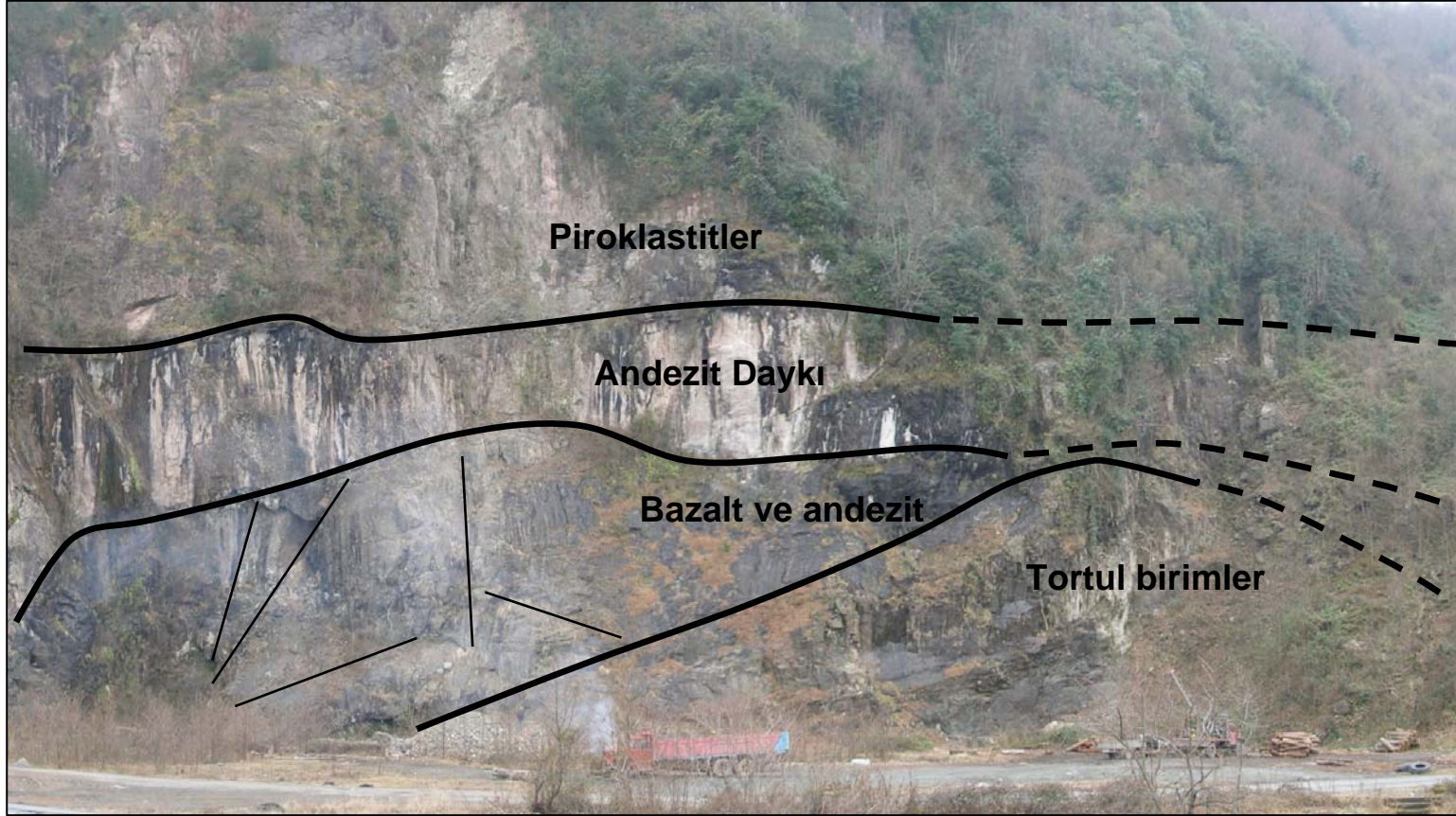




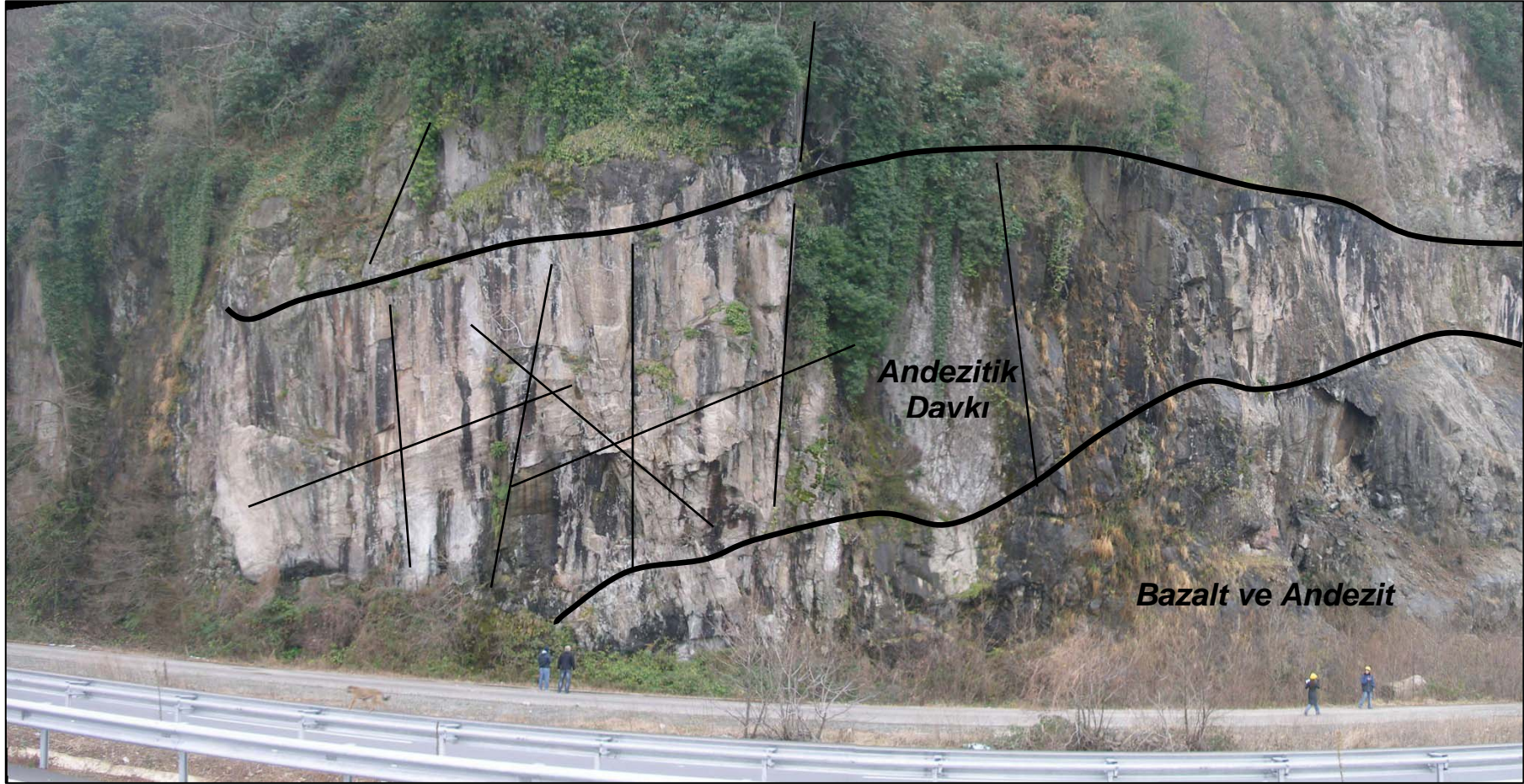
Şekil 3.10. Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 2)



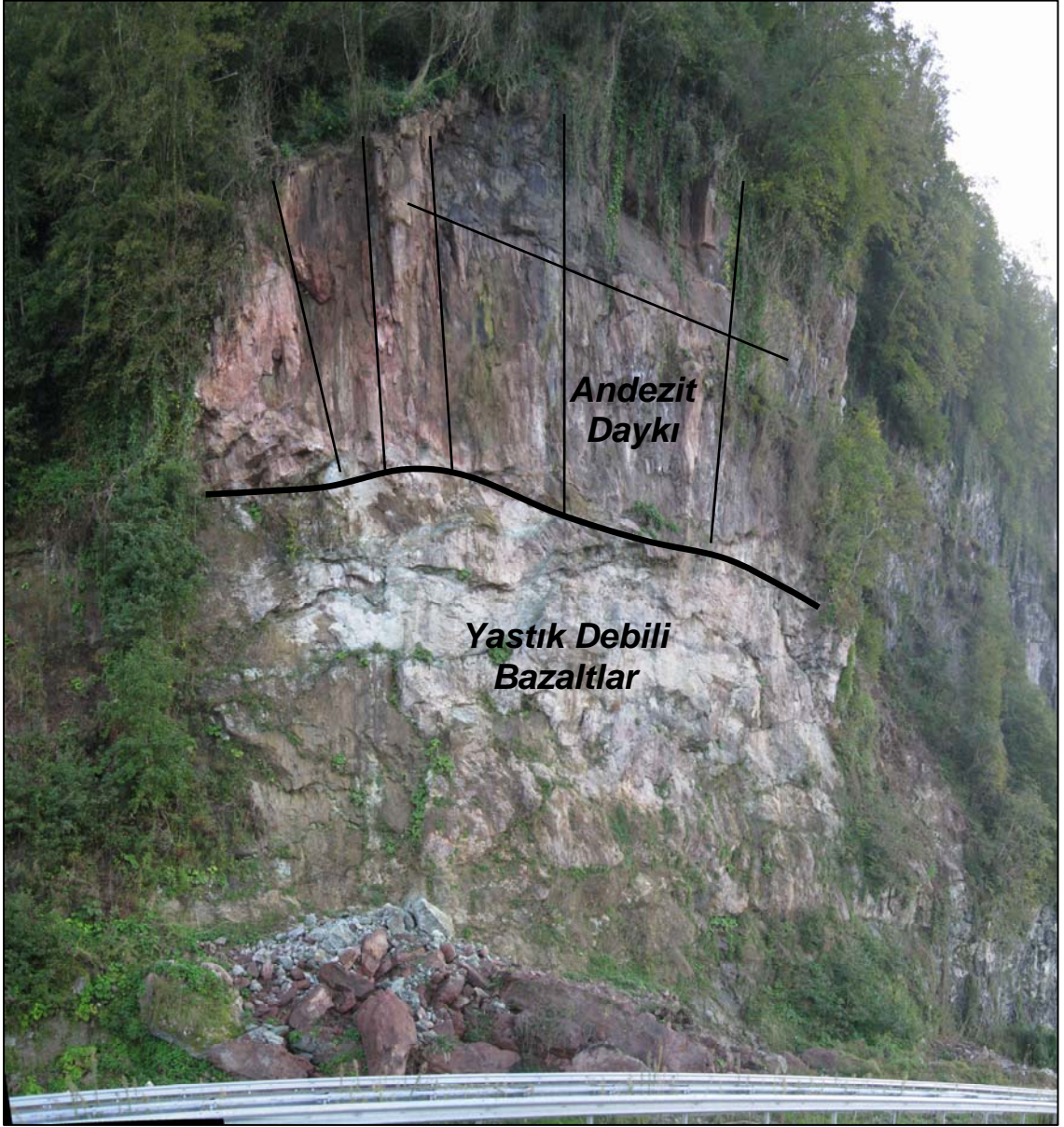
Şekil 3.11. Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 3)



Şekil 3.12. Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 4)



Şekil 3.13. Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 5)



Şekil 3.15. Arhavi ilçesi doğusunda bulunan karayolu şevinin görünümü (Şev 6)

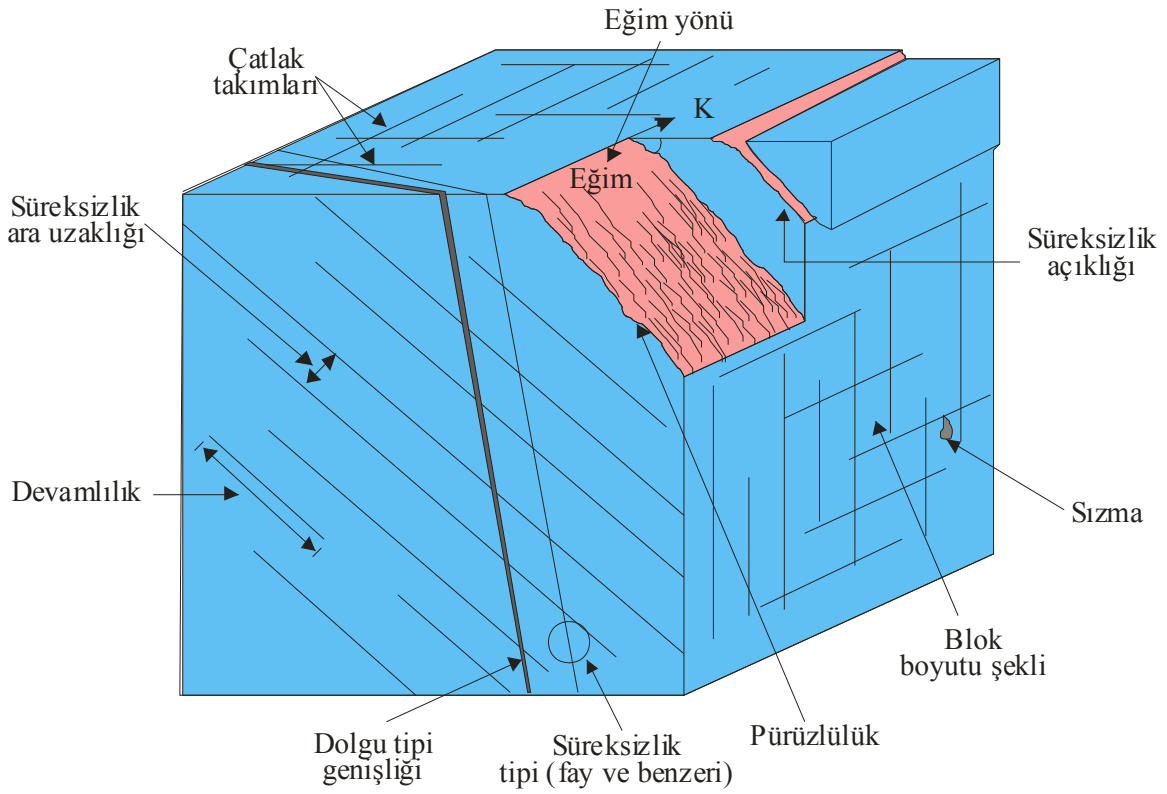
### 3.2.2. Kaya Kütlelerinin Süreksizlik Özelliklerinin Tayini

Süreksizliklerin, özellikleriyle ilgili veri toplanmasında istatistiksel anlamda en tatmin edici sonuçların alındığı yöntem, hat etüdü yöntemidir. Jennings (1970) tarafından önerilen yöntem, daha sonra Piteau (1970) tarafından revize edilmiş, Attewell ve Denness (1969), Attewell ve Farmer (1976), Priest ve Hudson (1976) gibi araştırmacılar ile ISRM (1978) tarafından geliştirilmiştir. Geniş bir alanda kaya kütlelerinin incelenmesine ve

süreksizliklerden doğrudan ölçüm alınmasına olanak kılan bu yöntemin ilk olarak süreksizlik ara uzaklığı ve devamlılığına bağlı olarak uygun uzunlukta mostra yüzeyleri seçilmiş, ölçümler genellikle tek hat üzerinde yapılmış ve en az 150 adet süreksizliğin ölçülebilmesi koşulu dikkate alınmıştır. Bazı durumlarda mostraların yer yer döküntüyle kapanmış olması nedeniyle daha kısa mesafeler boyunca çalışma zorunluluğu duyulmuştur.

Çalışmada her bir süreksizlik takımı için ayrı ölçümler yapılmış, farklı süreksizlik takımları için, o süreksizlik takımının doğrultusuna dik ölçüm hatları belirlenmiş ve bu hatlar boyunca süreksizliklerin özellikleri tespit edilmiştir.

Şekil 3.15’de hat etüdü çalışmalarında tespit edilmesi gereken ve kaya kütlelerini karakterize eden parametreler görülmektedir.



Şekil 3.15. Kaya kütlelerinin içerdiği süreksizliklerin özelliklerini tanımlayan parametreleri gösteren blok diyagramı (Wyllie ve Mah, 1999).

### 3.2.1.1. Süreksizliklerin Yönelimi

Bir süreksizliğin uzaysal yönelimi, yataydan ölçülen en büyük eğim açısı ve eğim yönünün gerçek kuzeyle saat ibresi dönüş yönünde yaptığı açı olarak tanımlanır.

Yönelimleri hemen hemen aynı olan münferit süreksizliklerin oluşturduğu topluluğa, süreksizlik seti veya süreksizlik takımı adı verilir.

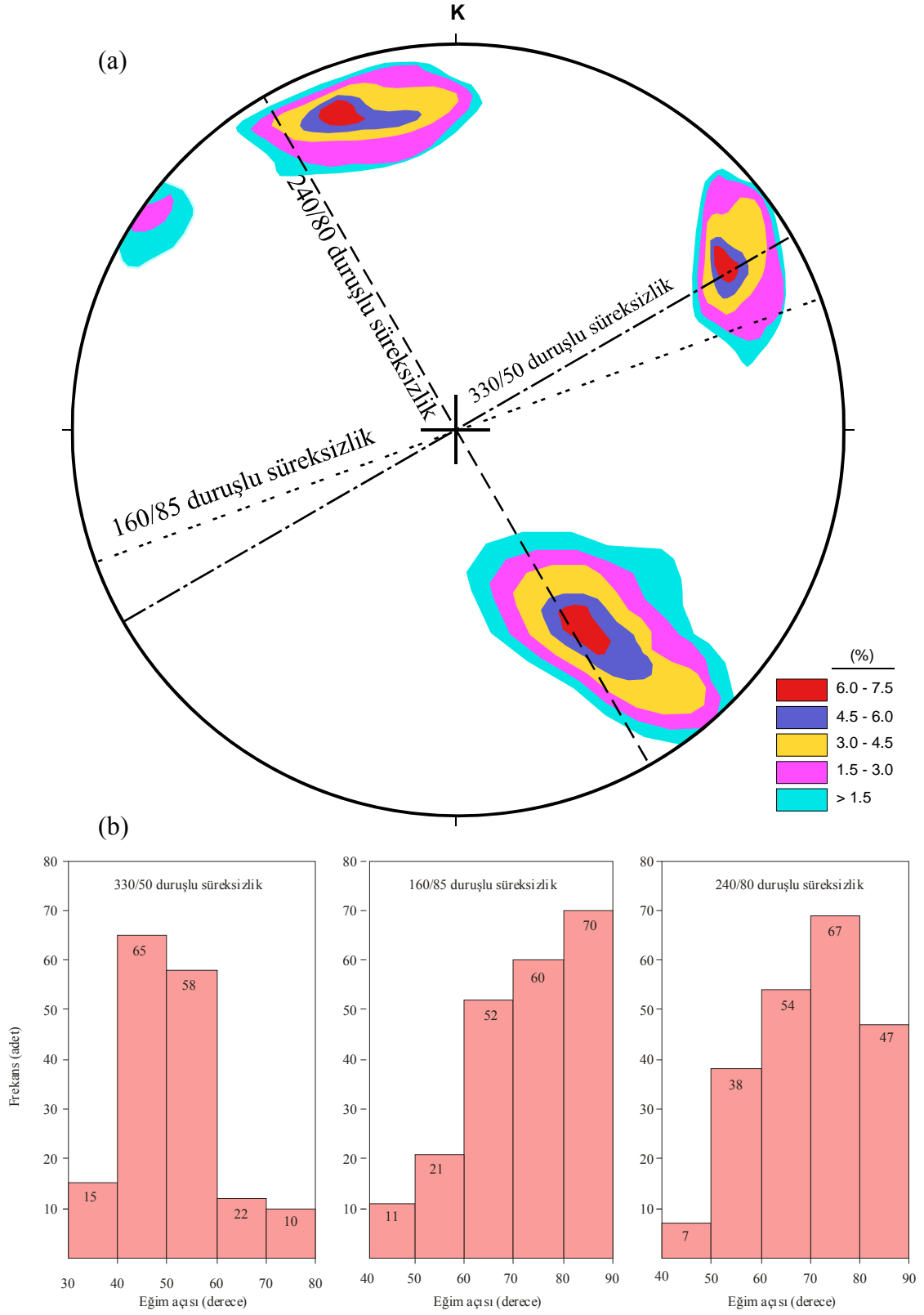
Bu çalışmada, ilk aşamada ana süreksizlik setleri ve bu süreksizlik setlerinin yönelimleri belirlenmiş, süreksizliklerin özellikleri, farklı süreksizlik yüzeyleri için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Çalışmada arazi gözlemleri sonucunda 3 ayrı süreksizlik takımı belirlenmiş ve bu süreksizliklere ait çatlak kontur diyagramları ve eğim açısı histogramları hazırlanmıştır (Şekil 3.16).

Şekil 3.16’da görülen histogramların yorumlanması neticesinde, çalışması konusunu oluşturan ve Çağlayan Formasyonu’na ait bazalt, andezit ve piroklastitlerden oluşan kaya kütlelerinin davranışını kontrol eden üç ayrı süreksizlik takımının olduğu belirlenmiştir. Bunlar 330/50, 160/85 ve 240/80 duruşlu süreksizlik setleridir.

### **3.2.2.2. Süreksizlik Ara Uzaklığı**

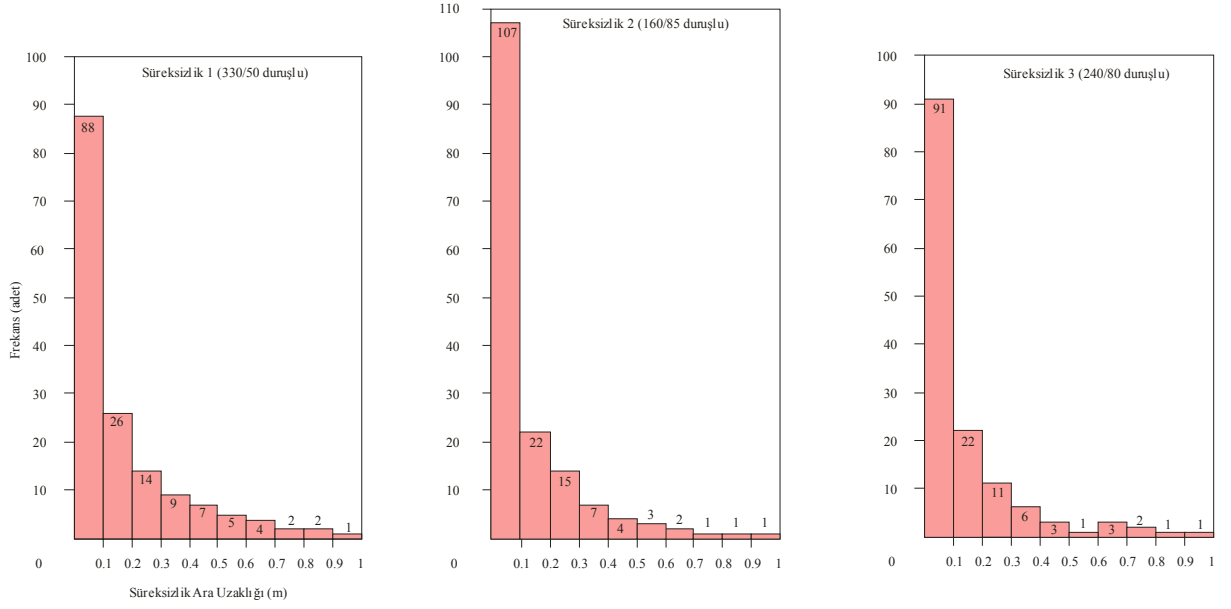
Kaya kütlelerinde görülen blokların boyutu ve meydana gelebilecek yenilmelerin türü, birbirine komşu süreksizlikler arasındaki en kısa mesafe olarak tanımlanan süreksizlik ara uzaklığı ile kontrol edilir. Bu nedenle, bu çalışmada her karayolu şevi için süreksizlik ara uzaklıkları ölçülmüş ve tanımlamada ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütleri kullanılmıştır.

Şekil 3.17 ve 3.18’de istatistiksel dağılım modellerinden yararlanılarak hazırlanan süreksizlik ara uzaklığı parametresine ilişkin dağılımlar, Tablo 3.1 ve 3.2’de ise karayolu şevlerine ait süreksizlik ara uzaklığı değerleri görülmektedir. Histogramlar incelendiğinde süreksizlik ara uzaklığı dağılımlarının istatistiksel dağılım modellerinden negatif ekspanansiyel dağılıma uyduğu görülmektedir.

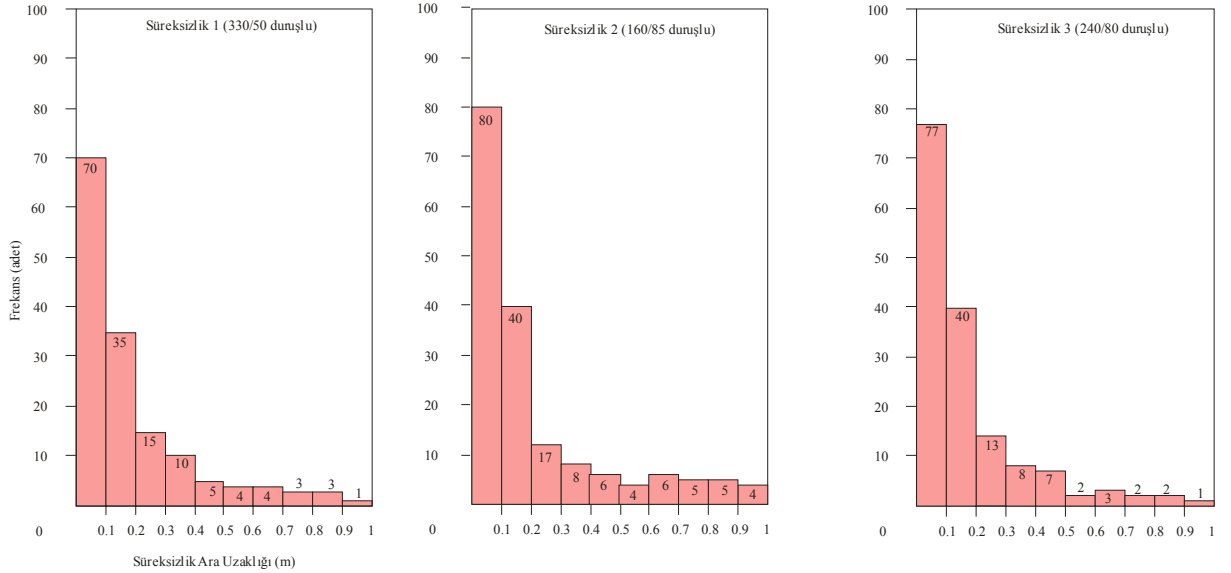


Şekil 3.16. Çatlak kontur diyagramı (a) (alt yarı küre) ve eğim açısı histogramları (b)





Şekil 3.17. Şev 1'e ait 3 ayrı süreksizlik seti için hazırlanan süreksizlik ara uzaklığı histogramları



Şekil 3.18. Şev 4 ve 5'e ait 3 ayrı süreksizlik seti için hazırlanan süreksizlik ara uzaklığı histogramları

Tablo 3.1. Şev 1 için süreksizlik ara uzaklıkları değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

Süreksizlik ara uzaklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)		Şev 1		
		330/50	160/85	240/80
Süreksizlik ara uzaklığı (m)	Tanımlama	Süreksizlik ara uzaklığı frekans değerleri (adet)		
< 0.02	Çok dar ara uzaklıklı	20	25	23
0.02-0.06	Dar ara uzaklıklı	45	50	51
0.06-0.2	Yakın ara uzaklıklı	40	45	43
0.2-0.6	Orta derecede ara uzaklıklı	35	37	30
0.6-2	Geniş ara uzaklıklı	15	20	18
2-6	Çok geniş ara uzaklıklı	-	-	-
> 6	İleri derecede geniş ara uzaklıklı	-	-	-
Ortalama süreksizlik ara uzaklığı (m)		0.21	0.24	0.23

Tablo 3.2. Şev 4 ve 5 için süreksizlik ara uzaklıkları değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

Süreksizlik ara uzaklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)		Şev 4 ve 5		
		330/50	160/85	240/80
Süreksizlik ara uzaklığı (m)	Tanımlama	Süreksizlik ara uzaklığı frekans değerleri (adet)		
< 0.02	Çok dar ara uzaklıklı	47	51	48
0.02-0.06	Dar ara uzaklıklı	49	37	46
0.06-0.2	Yakın ara uzaklıklı	40	29	34
0.2-0.6	Orta derecede ara uzaklıklı	28	26	24
0.6-2	Geniş ara uzaklıklı	9	4	22
2-6	Çok geniş ara uzaklıklı	-	-	-
> 6	İleri derecede geniş ara uzaklıklı	-	-	-
Ortalama süreksizlik ara uzaklığı (m)		0.17	0.22	0.24

### 3.2.2.3. Süreksizliklerin Devamlılığı

Devamlılık parametresi, ISRM (1981)'deki tanımlamalar esas alınarak şerit metre ile mostra yüzeylerinde yapılan ölçümler ile her süreksizlik takımı için belirlenmiştir. Devamlılık parametresi ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütleri kullanılarak nicelleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Şev 1'e ait süreksizlik devamlılık değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

Süreksizlik devamlılığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)		Şev 1		
		330/50	160/85	240/80
Süreksizlik izinin uzunluğu (m)	Tanımlama	Süreksizlik devamlılığı frekans değerleri (adet)		
< 1	Çok düşük devamlı			
1-3	Düşük derecede devamlı		1	
3-10	Orta derecede devamlı	4	5	2
10-20	Yüksek devamlı	32	45	25
> 20	Çok yüksek devamlı	54	55	43
Ortalama süreksizlik devamlılığı (m)		21	19	18

Tablo 3.4. Şev 4 ve 5'e ait süreksizlik devamlılık değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

Süreksizlik devamlılığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)		Şev 4 ve 5		
		330/50	160/85	240/80
Süreksizlik izinin uzunluğu (m)	Tanımlama	Süreksizlik devamlılığı frekans değerleri (adet)		
< 1	Çok düşük devamlı			
1-3	Düşük derecede devamlı	1	2	1
3-10	Orta derecede devamlı	7	8	6
10-20	Yüksek devamlı	21	40	27
> 20	Çok yüksek devamlı	43	51	48
Ortalama süreksizlik devamlılığı (m)		19	21	24

### 3.2.2.4. Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü

Pürüzlülük, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ölçekte, dalgalılık ise büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsü olarak tanımlanır (Ulusay ve Sönmez, 2002). Her iki özellikte süreksizlik yüzeylerindeki makaslama dayanımının önemli bir bileşenedir.

Pürüzlülük profillerinin çıkarılmasının amacı, kesme dayanımının ve hacimsel genişlemenin hesaplanması veya tahmin edilmesidir. Pürüzlülük profillerini yorumlama konusunda mevcut yöntemler, düzensizliklerin eğiminin ölçülmesi veya yüzeyin Eklem Pürüzlülük Katsayısının (JRC) hesaplanması şeklindedir.

Bu çalışmada pürüzlülük tayininde ISRM (1981) tarafından önerilen yöntemler uygulanmıştır.

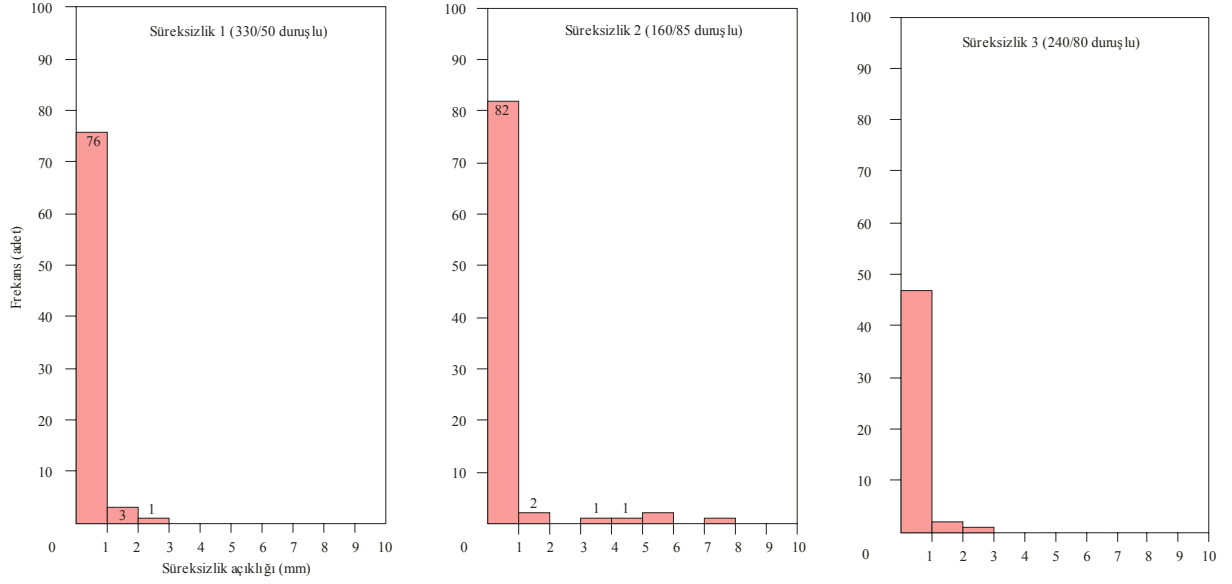
Kaya şevlerindeki farklı süreksizlik yüzeyleri için ISRM (1981a)'ya göre belirlenen JRC değerleri Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Kaya şevlerindeki farklı süreksizlik yüzeylerine ait dalgalılık ve ortalama JRC değerleri

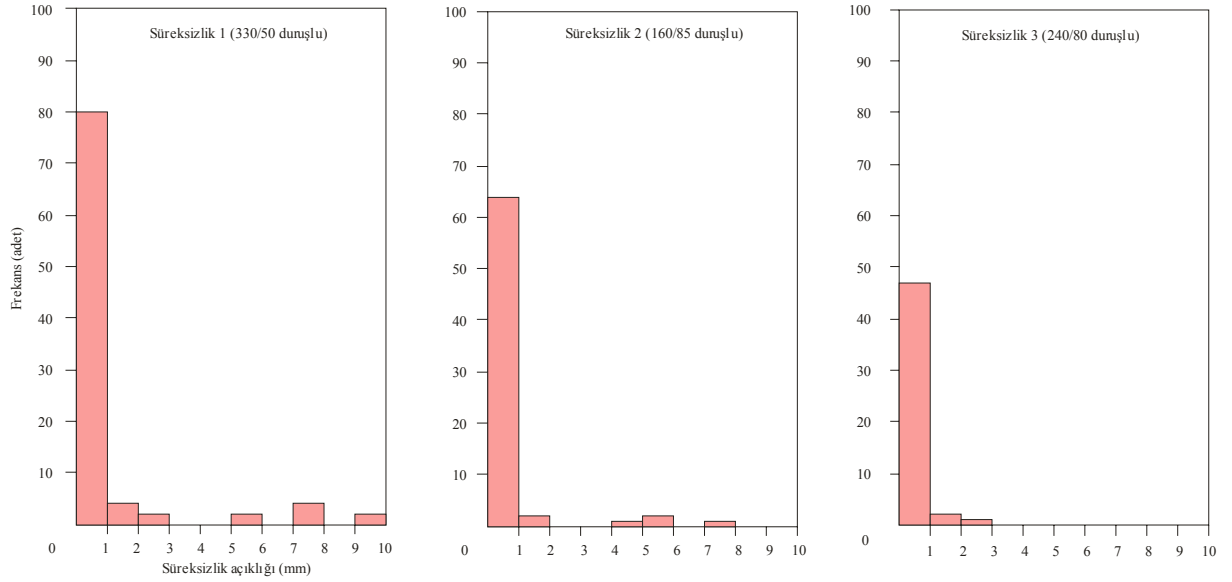
Şevler	Süreksizlik Eğim yönü açısı ve eğimi	Ortalama JRC değeri
Şev 1	330/50	4-6
	160/85	4-6
	240/80	6-8
Şev 4 ve 5	330/50	14-16
	160/85	12-14
	240/80	14-16

### 3.2.2.5. Süreksizlik Yüzeylerinin Açıklığı ve Dolgu Malzemesinin Özelliği

Açıklık, hava, su veya ayrılmış materyalle dolu olan açık bir süreksizliğin bitişik yüzeyleri arasındaki en kısa mesafe olarak tanımlanabilir (Wyllie and Mah, 2004). Çalışmada süreksizlik açıklığı değerleri mikrometre ile ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar histogramlar şeklinde Şekil 3.19 ve Şekil 3.20'de verilmiş, Tablo 3.6 ve 3.7'de ise farklı süreksizlik setlerine ait süreksizlik açıklığı değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi görülmektedir



Şekil 3.19. Şev 1'e ait 3 ayrı süreksizlik seti için hazırlanan süreksizlik açıklığı histogramları



Şekil 3.20. Şev 4 ve 5'e ait 3 ayrı süreksizlik seti için hazırlanan süreksizlik açıklığı histogramları

Tablo 3.6. Şev 1'deki süreksizlik setlerine ait süreksizlik açıklığı değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

Süreksizlik açıklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)		Şev 1		
		330/50	160/85	240/80
Süreksizlik açıklığı (mm)	Tanımlama	Süreksizlik açıklığı frekans değerleri (adet)		
< 0.1	Çok sıkı	50	43	33
0.1-0.25	Sıkı	24	16	12
0.25-0.5	Kısmen açık	5	4	4
0.5-2.5	Açık	3	2	3
2.5-10	Orta derecede geniş	2	1	-
> 10	Geniş	-	-	-
Ortalama süreksizlik açıklığı (mm)		0.35	0.34	0.31

Tablo 3.7. Şev 4 ve 5'deki süreksizlik setlerine ait süreksizlik açıklığı değerlerinin dağılımı ve bu değerlerin ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre değerlendirilmesi

Süreksizlik açıklığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981)		Şev 4 ve 5		
		330/50	160/85	240/80
Süreksizlik açıklığı (mm)	Tanımlama	Süreksizlik açıklığı frekans değerleri (adet)		
< 0.1	Çok sıkı	29	41	36
0.1-0.25	Sıkı	13	23	25
0.25-0.5	Kısmen açık	4	9	9
0.5-2.5	Açık	1	6	4
2.5-10	Orta derecede geniş	-	2	1
> 10	Geniş	-	-	-
Ortalama süreksizlik açıklığı (mm)		0.28	0.32	0.41

### 3.2.2.6. Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı

Bozunma suyun süreksizliklerdeki hareketinden dolayı, süreksizlik yüzeylerinde kayanın iç kısımlarına oranla daha belirgindir. Süreksizlik yüzeylerindeki kaya dayanımı kaya bloklarının iç kesimlerine oranla daha az olduğu için hem kaya malzemesi, hem de

kaya kütlesi için bozuşma durumunun tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla ISRM (1981) tarafından, arazi çalışması sırasında kullanılacak bozunma ve dayanım sınıflaması ölçütleri geliştirilmiştir. Çalışmada bozunma derecesi ve dayanım parametrelerinin tayini için Schmith çekici geri tepme sayısından yararlanılmıştır. Schmith sertlik değerleri bulunurken Chauvenet ölçütünden yararlanılmış, ölçüm yapılırken düşeyden farklı bir açıyla yapılan ölçümler, Barton ve Choubey (1977) tarafından verilen değerler yardımıyla düşey tutuş açısına göre düzeltilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında ayrı farklı süreksizlik yüzeylerin bozunma indeksi değerleri ( $W_c$ ) Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Jeoteknik birimlere ait farklı süreksizlik yüzeylerin bozunma indeksi değerleri

Şevler	Süreksizlik eğim yönü açısı ve eğimi	Ortalama $R_f$ değeri	Ortalama $R_w$ değeri	$W_c$ ( $R_f / R_w$ )	Tanımlama (Gökçeoğlu, 1997’ye göre)
Şev 1	330/50	55	49	1.12	Az bozuşmuş
	160/85	56	47	1.19	Az bozuşmuş
	240/80	58	51	1.14	Az bozuşmuş
Şev 4 ve 5	330/50	52	43	1.21	Az bozuşmuş
	160/85	56	46	1.22	Az bozuşmuş
	240/80	50	42	1.19	Az bozuşmuş

### 3.2.2.7. Süreksizlik Yüzeylerindeki Su Durumu

Kaya kütlelerindeki su sızması, başlıca su ileten süreksizliklerdeki ikincil hidrolik iletkenlikten ileri gelir. Sızma hızı yerel hidrolik iletkenlikle orantılı olup, yönsel iletkenlikle ilişkilidir. Kaya kütlelerinde veya yüzey mostralalarında açığa çıkan süreksizlik yüzeylerinde meydana gelen sızma ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlayıcı kriterlere göre değerlendirilebilir.

Bu çalışmada kaya şevlerindeki su durumunu belirlemek için hat etütlerinden yararlanılarak ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlamalar kullanılmıştır.

Arazi gözlemleri sonucunda süreksizlik yüzeylerinde su sızıntılarına rastlanmamıştır. Bu yüzden hem kaya kütlesi hem de süreksizlik yüzeyleri, ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlama ölçütlerine göre sızıntı sınıflaması, 5 şev için “nemli” olarak, sadece Şev 4 için “damlamalı su akışı” olarak tanımlanmıştır

### 3.2.2.8. Kaya Kalite Göstergesi (% RQD)

Hat etütleri sırasında ölçülen % RQD değerlerinin kullanılması gerçeğe yakın bir değerlendirme yapılmasına olanak sağlayacağı için, bu çalışmada arazi çalışmaları sonucunda elde edilen veriler kullanılarak % RQD değerleri hesaplanmıştır (Tablo 3.9).

Tablo 3.9. Arazi ölçümleriyle hesaplanan RQD değerleri

Veri kaynağı	Şevler	Süreksizlikler	RQD (%)	Sınıflama (Deere, 1964'e göre)
Hat etütleri	Şev 1	330/50	92	Çok iyi
		160/85	93	Çok iyi
		240/80	91	Çok iyi
	Şev 4 ve 5	330/50	89	İyi
		160/85	84	İyi
		240/80	86	İyi

### 3.2.3. Kaya Şevlerinin Duraylılık Analizi

Kaya şevlerinin duraylılık analizleri, kinematik analizler, sayısal analizler, etkileşim matrisi yöntemleri ve kaya kütle sınıflandırmalarına dayanan analizler kullanılarak yapılabilir.

Kaya şevlerinin duraylılığı, genel olarak şevin kazıldığı kaya kütledeki tabaka düzlemleri, eklemler ve faylar gibi doğal süreksizliklerle kontrol edilir. Bu çalışmada ise kaya şev duraylılığı süreksizliklerin yapısal özellikleri dikkate alınarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada süreksizliklerin özellikleri hat etüdü çalışmalarıyla belirlenmiştir, ikinci aşamada süreksizliklerin duraylılık üzerine etkileri araştırılmıştır. Bunun yanı sıra bu çalışmada kinematik analizler sonucunda elde edilen sonuçlar kaya kütle sınıflandırmalarına dayanan analizlerle karşılaştırılmıştır.



### 3.2.3.1. Kinematik Analizler

Kinematik analizler kaya şevlerindeki yenilmelerin süreksizlikler tarafından kontrol edildiği durumlarda, ayrıntılı analizlere başlamadan önce şevlerin duraylı veya duraysız olarak tanımlanması amacıyla uygulanan pratik bir yöntemdir.

Jeoteknik çalışmalarda, genel tasarım prosedürü potansiyel olarak duraysız blokların teşhisi için kinematik analizin kullanılmasının ardından ayrıntılı sayısal analizlere geçilmesi esasına dayandırılmalıdır.

Düzlemsel kayma, kama tipi kayma ve devrilme türü yenilmelerin analiz edildiği bu yöntemde veri olarak süreksizliklerin yönelimi, şev geometrisi ve süreksizliklerin kayma direnci parametreleri kullanılmaktadır.

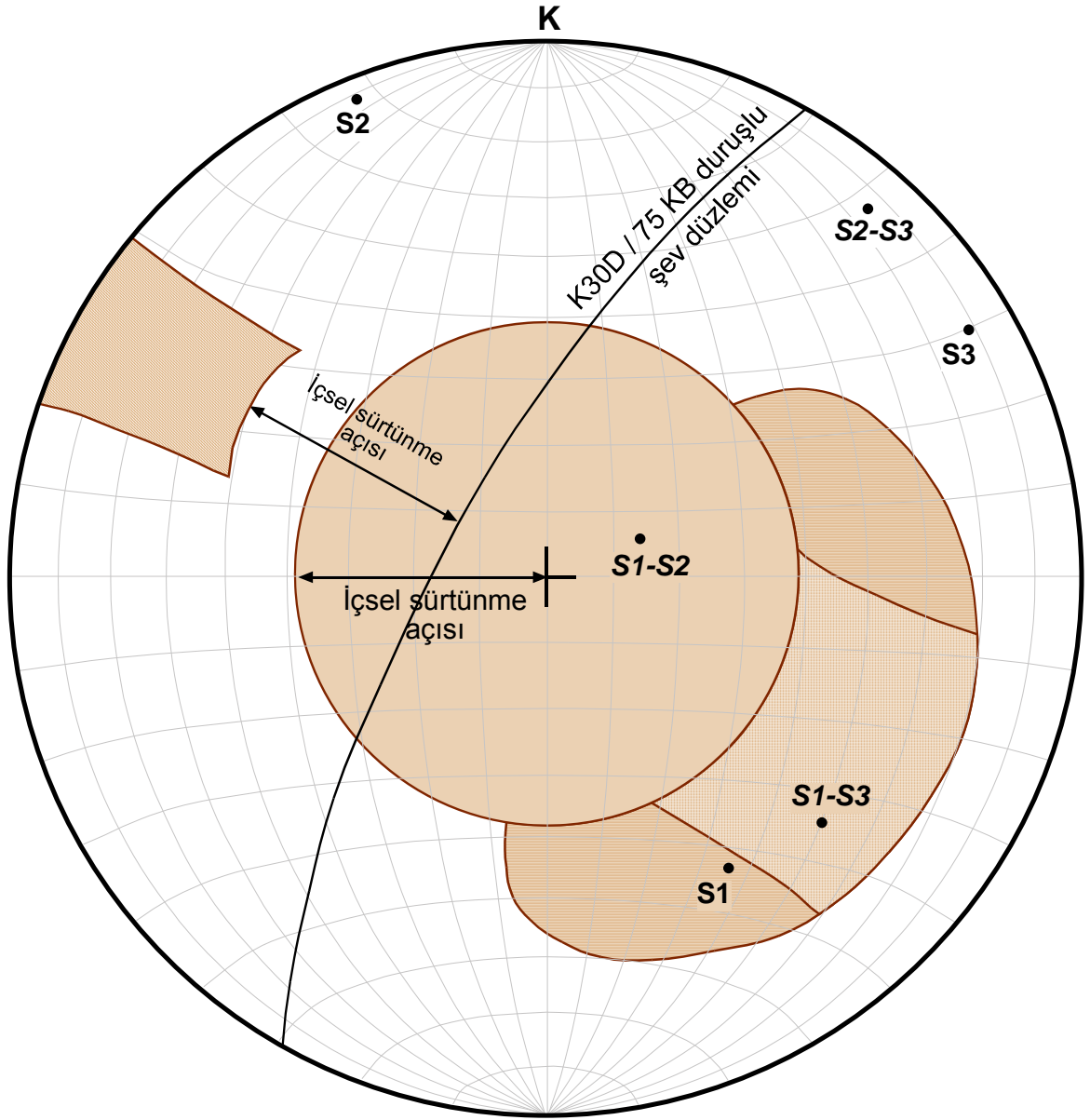
Arhavi-Hopa Karayolu'ndaki çalışma konusu 6 adet şeve ait konum, yükseklik, koordinat vb. gibi özellikler ile farklı konumlu şevler için kinematik analizler sonucunda hazırlanan ve yenilme zarfları kullanılarak belirlenen kaya şevlerindeki olası yenilmeler Şekil 3.21-3.26'da verilmiştir. Şekiller incelendiğinde tüm şevlerde özellikle 330/50 duruşlu süreksizlik boyunca düzlemsel kayma ve 330/50 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca kama tipi yenilmelerin gelişebileceği görülmektedir.


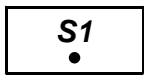
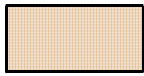
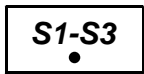

Tablo 3.10'da ise bu kaya şevlerinin çeşitli özellikleri özetlenmiştir.

Tablo 3.10. Kaya şevlerinin çeşitli özellikleri

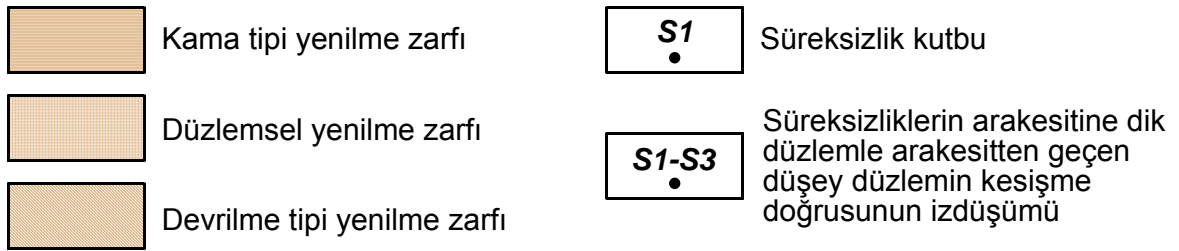
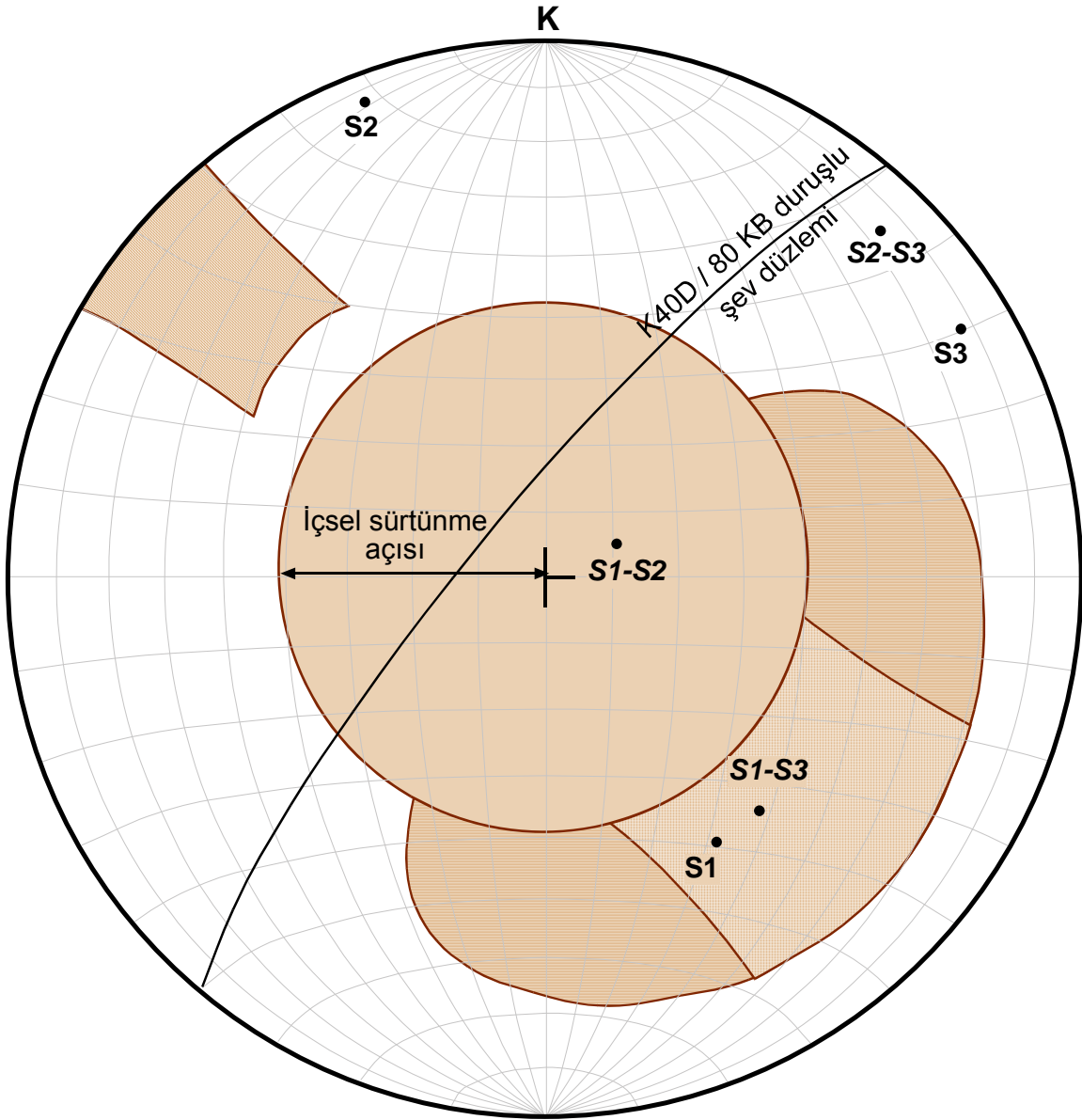
Şevler	Şev Konumu	H	L	Litoloji	Φ
Şev 1	300/75	45	65	Andezit, bazalt ve piroklastitler	38
Şev 2	310/80	30	75	Yastık debili andezit, bazaltlar	41
Şev 3	310/80	40	60	Yastık debili andezit, bazaltlar	38
Şev 4	290/80	35	45	Marn ve kireçtaşı arakatlı andezit, bazalt ve piroklastitler	40
Şev 5	330/80	25	55	Andezit, bazalt ve piroklastitler	40
Şev 6	315/85	35	40	Yastık debili andezit, bazaltlar ve piroklastitler	46

Not: H: şev yüksekliği; L: şev genişliği ve Φ: süreksizlik yüzeylerinin içsel sürtünme açısı

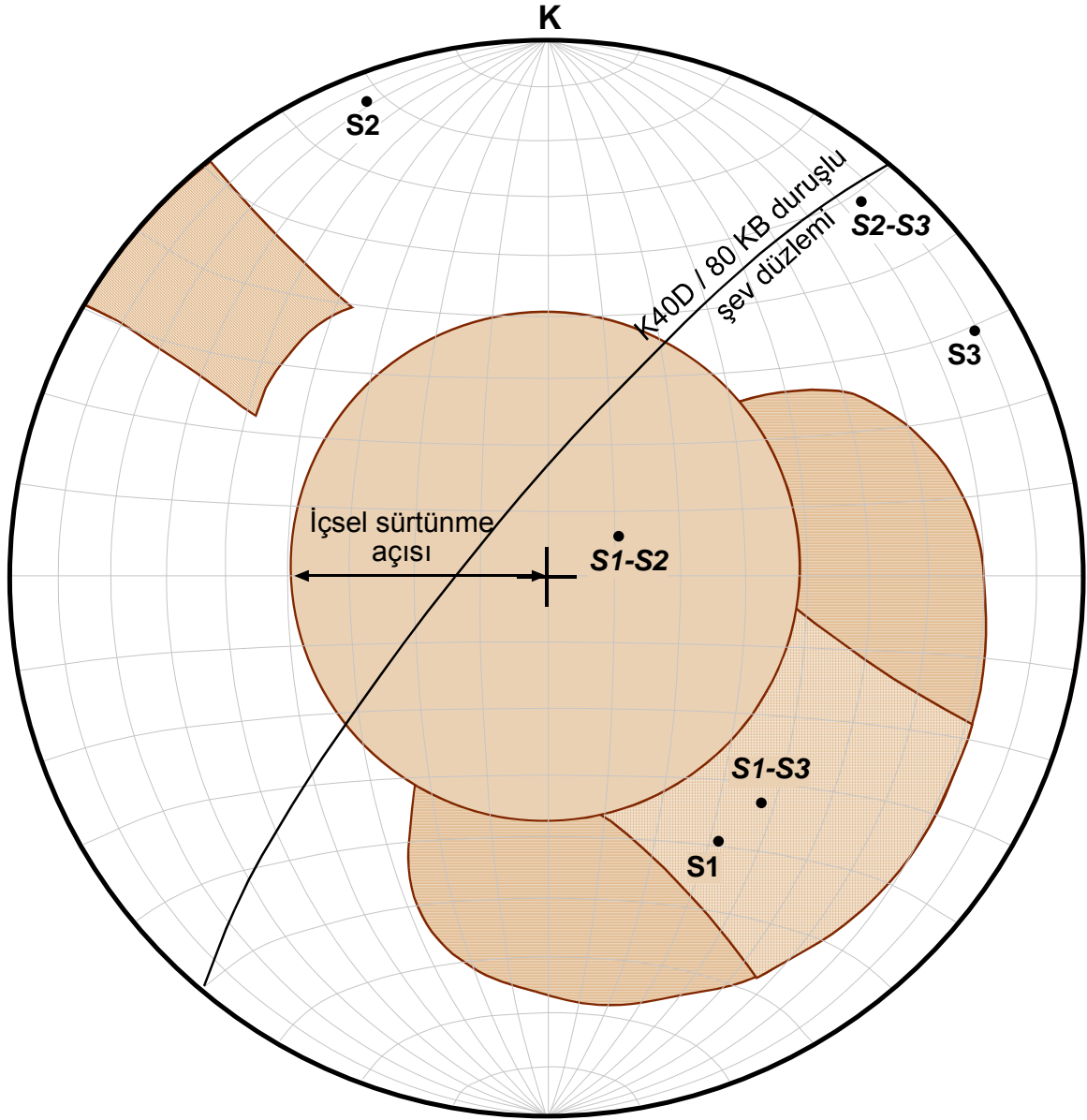


	Kama tipi yenilme zarfı		Süreksizlik kutbu
	Düzlemsel yenilme zarfı		Süreksizliklerin arakesitine dik düzlemle arakesitten geçen düşey düzlemin kesişme doğrusunun izdüşümü
	Devrilme tipi yenilme zarfı		

Şekil 3.21. Yenilme zarfları kullanılarak Şev 1 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi



Şekil 3.22. Yenilme zarfları kullanılarak Şev 2 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi



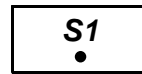
Kama tipi yenilme zarfı



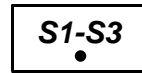
Düzlemsel yenilme zarfı



Devrilme tipi yenilme zarfı

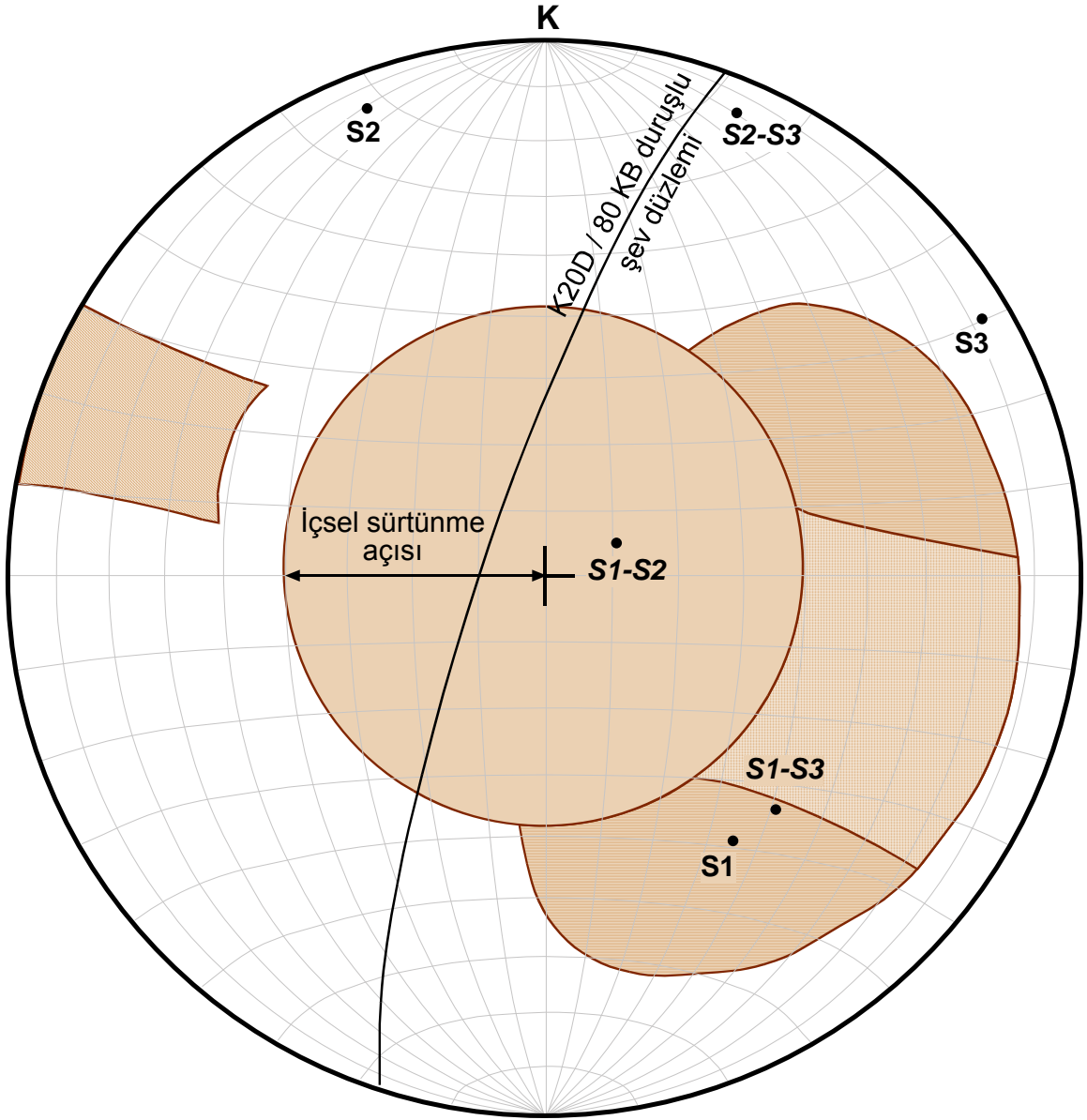



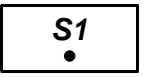
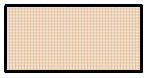
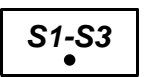
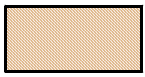
Süreksizlik kutbu



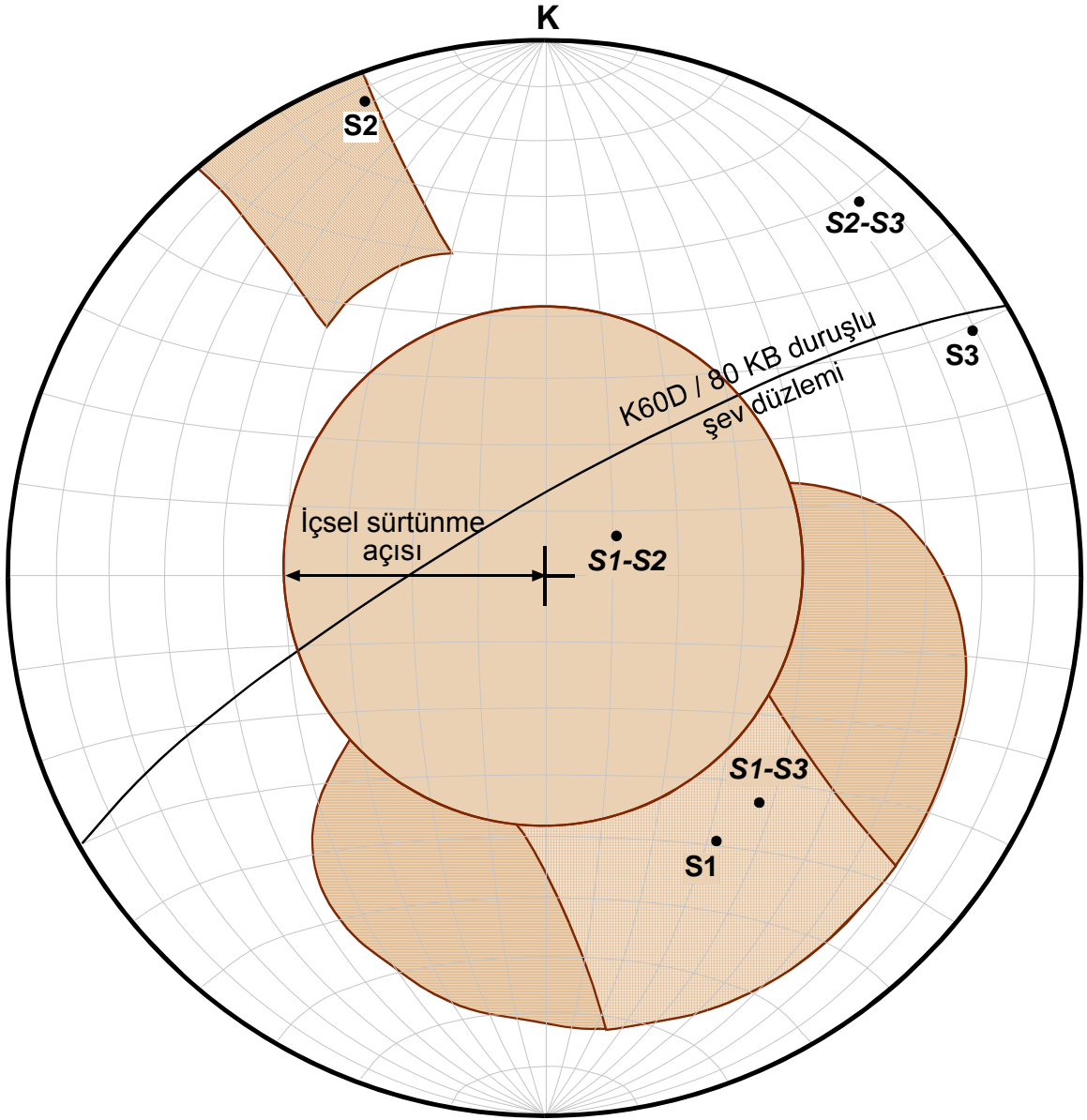
Süreksizliklerin arakesitine dik düzlemle arakesitten geçen düşey düzlemin kesişme doğrusunun izdüşümü


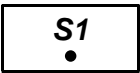
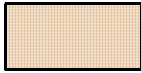
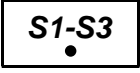

Şekil 3.23. Yenilme zarfları kullanılarak Şev 3 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi



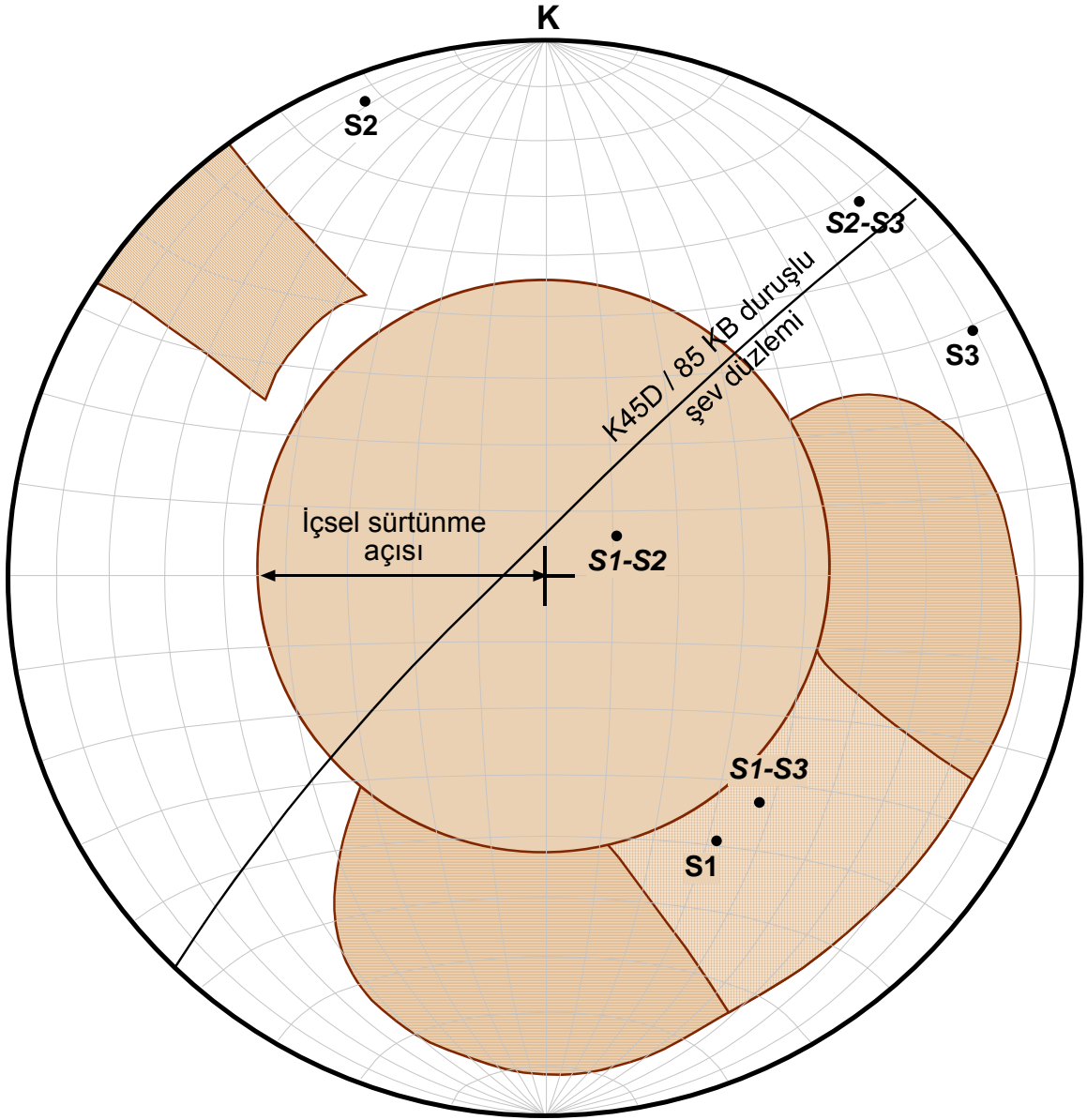
	Kama tipi yenilme zarfı		Süreksizlik kutbu
	Düzlensel yenilme zarfı		Süreksizliklerin arakesitine dik düzlemle arakesitten geçen düşey düzlemin kesişme doğrusunun izdüşümü
	Devrilme tipi yenilme zarfı		


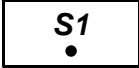

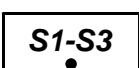

Şekil 3.24. Yenilme zarfları kullanılarak Şev 4 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi



	Kama tipi yenilme zarfı		Süreksizlik kutbu
	Düzlensel yenilme zarfı		Süreksizliklerin arakesitine dik düzlemle arakesitten geçen düşey düzlemin kesişme doğrusunun izdüşümü
	Devrilme tipi yenilme zarfı		

Şekil 3.25. Yenilme zarfları kullanılarak Şev 5 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi



	Kama tipi yenilme zarfı		Süreksizlik kutbu
	Düzlemsel yenilme zarfı		Süreksizliklerin arakesitine dik düzlemle arakesitten geçen düşey düzlemin kesişme doğrusunun izdüşümü
	Devrilme tipi yenilme zarfı		

Şekil 3.26. Yenilme zarfları kullanılarak Şev 6 karayolu şevindeki olası yenilmelerin belirlenmesi

### 3.2.3.2. Kaya Kütle Sınıflama Sistemleri ile Stabilite Analizi

Kaya mekaniği uygulamalarında kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli sınıflandırma sistemlerine gereksinim duyulmuştur. Mühendislik jeolojisi çalışmalarında tasarımın ayrılmaz parçası olan bu sistemler, uzun yıllar süren gözlemlere bağlı olarak geliştirilen istatistiksel değerlendirmeler esas alınarak önerilmiş yöntemlerdir.

#### 3.2.3.2.1. SMR (Slope Mass Rating)

Bu puanlama sistemi kaya şevlerinin duraylılığını tesbit etmek amacıyla ilk olarak Romana (1985, 1993, 1995) ve Roman vd. (2003) tarafından önerilmiştir. SMR, RMR sistemi kullanılarak türetilmiş bir sınıflandırma sistemidir. Temel RMR puanına eklenen düzeltme faktörleri SMR puanını vermektedir.

RMR (Jeomekanik sınıflama sistemi) Sınıflama Sistemi, ilk kez 1972-1973 yılları arasında yapılan çalışmalar sonucunda Bieniawski (1973) tarafından geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda yöntem, eldeki bir çok mevcut durum ve karşılaşılan mühendislik problemlerinin amacına yönelik olarak modifiye edilmiş (Laubscher, 1977 ve 1984; Weaver, 1975; Oliver, 1979, Ghose ve Raju, 1981; Nakao vd., 1983; Kendorski vd., 1983; Ünal, 1983; Serafim ve Pereira, 1983; Gonzalez, 1983; Romano, 1985) ve son halini 1989 yılında yapılan değişikliklerle almıştır (Bieniawski, 1989).

RMR sınıflama sistemi verilerin toplanması açısından çok fazla olanak sağlar ve kısa zamanda bir değerlendirmeye gidilmesine imkân verir.

RMR sınıflama sistemine göre kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında aşağıdaki parametreler kullanılmaktadır (Tablo 3.11):

- Kayacın nokta yük dayanım indeksi veya tek eksenli basınç dayanımı,
- Kaya kalitesi göstergesi (%RQD)
- Süreksizlik ara uzaklığı
- Süreksizliklerin durumu (devamlılık, açıklık, pürüzlülük, ve bozunma)
- Yeraltı suyu durumu

Bu parametreler laboratuvar ve arazi ölçümleri ile tayin edildikten sonra puanlama yapılır. Bu işlemden sonra elde edilen puan Temel RMR puanıdır.



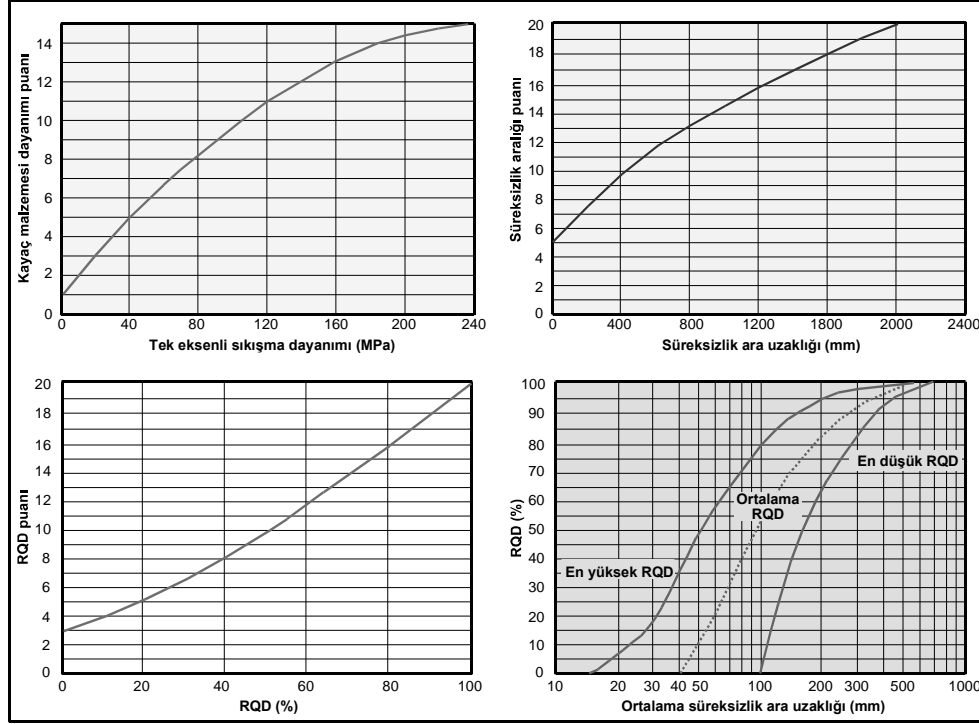
Tablo 3.11. RMR kaya kütlesi sınıflama sisteminin son versiyonu (Bieniawski, 1989).

1	Kayaç Malzemesinin Dayanımı (MPa)	Nokta yükü dayanım indeksi	> 10	4-10	2-4	1-2	Düşük aralıklar için tek eksenli dayanım		
		Tek eksenli sıkışma dayanımı	> 250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1
<b>Puan</b>			<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
2	Kayaç Kalite Göstergesi, RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	<b>Puan</b>		<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		
3	Süreksizlik Ara Uzaklığı (cm)		> 200	60-200	20-60	20-6	< 6		
	<b>Puan</b>		<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>		
4	Süreksizlik Durumu	Devamlılık (m)	< 1	1-3	3-10	10-20	> 20		
		<b>Puan</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Açıklık (mm)	Yok	< 0.1	0.1-1	1-5	> 5		
		<b>Puan</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Pürüzlülük	Çok pürüzlü	Pürüzlü	Az pürüzlü	Düz	Kaygan		
		<b>Puan</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Dolgu	Yok	< 5 mm (sert)	> 5 mm (sert)	< 5 mm (yumuşak)	> 5 mm (yumuşak)		
		<b>Puan</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>		
5	Yeraltısuyu (lt/dak)	10 m'lik kısımdan gelen su	yok	10	25	25-125	>125		
		Genel koşullar	Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı		
<b>Puan</b>			<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>		

RQD, kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı süreksizlik ara uzaklığı ve süreksizlik durumu ile ilgili puanlamanın daha sağlıklı yapılabilmesi için Şekil 3.27'de verilen abaklar kullanılmaktadır

Mühendislik jeolojisi çalışmalarında, süreksizliklerin konumu önemli bir parametre olduğu için RMR sınıflama sisteminde süreksizlik sisteminin konumu göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle mühendislik yapısı ve süreksizlik konumu arasındaki ilişkiye göre Bieniawski (1979 ve 1989) süreksizlik yönelimi düzeltmesini önermiştir. Ancak kaya şev stabilitesinde temel RMR puanının kullanılması yeterli olduğu için süreksizlik düzeltmesi yapılmamaktadır.

Kaya şevlerinde yapılan kaya kütle sınıflandırmaları neticesinde belirlenen temel RMR puanları Tablo 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.27 RMR sisteminin son versiyonunda tek eksenli sıkışma dayanımı, süreksizlik aralığı ve RQD parametrelerine ait puanları tanımlama grafikleri (Bieniawski, 1989).

Tablo 3.12. Farklı şevler için hesaplanan temel RMR puanları

	Süreksizlikler		
	330/50	160/85	240/80
Şev 1	58	59	59
Şev 4	55	54	55
Şev 5	61	60	61

Bu yöntemde temel RMR puanına kazı yöntemine bağlı olarak oluşan örselenmeyi ifade eden faktörler ve süreksizlik ile şevin eğim yönleri ve eğimleri arasındaki ilişkiyi ifade eden düzeltme faktörleri eklenmiştir (Tablo 3.13).

Tablo 3.13. Süreksizlikler için SMR sistemindeki düzeltme faktörleri ( $F_1$ ,  $F_2$  ve  $F_3$ ) ile kazı için düzeltme puanı (Romana, 1985, 2003).

Süreksizlikler için düzeltme faktörleri ( $F_1$ , $F_2$ ve $F_3$ )	$\alpha_j$ = süreksizlik yüzeyinin eğim yönü açısı $\alpha_s$ = şev eğim yönü açısı			$\beta_j$ = süreksizlik yüzeyinin eğim açısı $\beta_s$ = şevin eğim açısı	
	Çok uygun	Uygun	Zayıf	Uygun değil	Hiç uygun değil
Düzlemsel kayma için $ \alpha_j - \alpha_s $ Devrilme için $ \alpha_j - \alpha_s - 180 $ <b>F<sub>1</sub> değeri</b>	> 30°	30°-20°	20°-10°	10°-5°	< 5°
	0.15	0.4	0.7	0.85	1
	$F_1 = (1 - \sin \alpha_j - \alpha_s )^2$				
$ \beta_j $ Düzlemsel kayma Devrilme <b>F<sub>2</sub> değeri</b>	< 20°	20°-30°	30°-35°	35°-45°	> 45°
	0.15	0.4	0.7	0.85	1
	1				
	$F_2 = tg^2 \beta_j$				
Düzlemsel kayma için $(\beta_j - \beta_s)$ Devrilme için $(\beta_j - \beta_s)$ <b>F<sub>3</sub> değeri</b>	> 10°	10°-0°	0°	0°-(10°)	< -(10°)
	< 110°	110°-120°	> 120°	-	-
	0	-6	-25	-50	-60
	$F_3$ (süreksizlik yönelimi için Bieniawski düzeltme puanı (1976))				
<b>Kazı metodu için düzeltme puanı</b>	$F_4 =$ Kazı metodu için ampirik değerler				
	Doğal şev	Ön çatlatma	Tarama patlatması	Mekanik kazı	Kötü patlatma
<b>F<sub>4</sub> değeri</b>	+15	+10	+8	0	-8

SMR puanı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$SMR = RMR_{temel} + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4 \quad (3.1)$$

$F_1$  faktörü şev düzlemi ile süreksizlik düzlemi doğrultuları arasındaki paralellik ilişkisi olarak tanımlanır ve düzlemler arasındaki açı 30°'den fazla ise 0.15, düzlemler kendi aralarında paralel ise 1 değerini alır.  $F_1$  faktörü aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$F_1 = (1 - \sin \delta)^2 \quad (3.2)$$

Burada,  $\delta$ : şev ve süreksizlik yüzeylerinin doğrultuları arasındaki açıdır.

$F_2$  faktörü, düzlemsel kayma türü yenilmede süreksizlik yüzeyinin eğim açısına bağlıdır. Bu faktör, süreksizlik yüzeyinin kesme direncinin de bir ifadesi olarak ele

alınmaktadır. Süreksizlik eğim açısı 45°'den fazla ise 1, 20°'den düşük ise 0.15 değerini alır. Faktör devrilme türü yenilme için 1 kabul edilir. Düzlemsel kayma analizi için aşağıdaki formül yardımıyla belirlenmektedir.

$$F_2 = \tan^2 \beta_j \quad (3.3)$$

Burada  $\beta_j$ : süreksizlik yüzeyinin eğim açısıdır.

$F_3$  faktörü, şev düzlemi ile süreksizlik düzleminin eğim açısı arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu faktör, düzlemsel kayma tipi yenilmede süreksizliğin şev düzlemini kesip kesmediğinin bir göstergesidir.

$F_4$  faktörü ise şevin kazı yöntemine bağlı olarak şevin örülenme durumunu gösteren parametredir.

SMR puanı, şevlerin duraylılık açısından sınıflandırılmasında kullanıldığı gibi duraysız şevlerde duraylılığı sağlamak ve/veya oluşabilecek zararları engellemek için alınacak önlemlerin belirlenmesinde de kullanılan bir sınıflama sistemidir (Şekil 3.28).

<b>SMR değerlerine göre olası yenilmeler</b>									
Düzlemsel kayma		Çok büyük			Ana yenilme		Yok		
Kamasal kayma					Blokların çoğunda	Bazı bloklarda	Çok az blokta	Yok	
Devrilme					Ana yenilme	Az miktarda ve sıklıkta	Yok		
Kütlesel yenilme	Olası				Olası değil				
<b>SMR</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
<b>SMR değerlerine göre destek türleri</b>									
Yeniden kazı	Yeniden kazı İstinat duvarı								
Drenaj	Yüzey ve yeraltı sularının drenajı								
Beton	Püskürtme beton Dolgu beton Topuğa ağırlık koyma								
Güçlendirme	Kaya blonu, ankraj								
Koruma	Kaya toplama hendeği, çelik hasır								
Destek yok	Yeniden tasarım								

Şekil 3.28. SMR puanına göre şevlerin duraylılık sınıflaması, şevde görülebilecek yenilme türleri ve duraylılığı sağlamak için gerekli önlemler (Romana, 2003).

Çalışmada, duraylılık analizi yapılan kaya şevlerinde SMR puanı hesaplanırken farklı süreksizlikler için elde edilen  $F_1$ ,  $F_2$  ve  $F_3$  faktörleri Tablo 3.14’te verilmiştir.  $F_4$  faktörü şevlerde kazı yönteminden kaynaklanan herhangi bir örselenme gözlenmediği için “0” olarak alınmıştır.

Tablo 3.14. Karayolu şevleri için SMR puanı hesaplamasında kullanılan düzeltme faktörleri

Süreksizlik	Yenilme türü	Şev Duruşu											
		300/75				240/80				290/80			
		F1	F2	F3	DF	F1	F2	F3	DF	F1	F2	F3	DF
330/50	Düzlemsel Kayma	0.25	1.42	-60	<b>-21.3</b>	0	1	-60	<b>0</b>	0.127	1	-60	<b>-7.62</b>
	Devrilme	0.25	1	-60	<b>-15</b>	0	1	0	<b>0</b>	0.127	1	0	<b>0</b>
160/85	Düzlemsel Kayma	0.127	1	-6	<b>-0.76</b>	0	1	-6	<b>0</b>	0.05	1	-6	<b>-0.3</b>
	Devrilme	2.69	1	0	<b>0</b>	0.96	1	0	<b>0</b>	3.11	1	0	<b>0</b>
240/80	Düzlemsel Kayma	0.01	1	-6	<b>0.06</b>	1	1	-25	<b>-25</b>	0.05	1	-6	<b>-0.3</b>
	Devrilme	3.48	1	0	<b>0</b>	1	1	-25	<b>-25</b>	3.11	1	0	<b>0</b>

Hesaplamalar yapılırken, ortamın geçirimsiz olduğu göz önünde bulundurularak SMR puanı hesaplanmıştır.

SMR sınıflama sisteminde, blok kayması ve devrilme türü yenilmeler analiz edilmekte, kama tipi kayma ise, blok kayması şeklindeki kaymanın özel bir türü olarak değerlendirilmektedir. Ancak kama tipi kayma, iki süreksizliğin oluşturduğu ara kesitin şev yüzeyini kesmesi sonucunda gelişmektedir.

Anbalagan vd. (1992) düzlemsel ve kama tipi kaymanın farklı değerlendirmeleri gerekliliğinden yola çıkarak SMR sistemini yeniden düzenlemişlerdir. Bu düzenleme için düzeltme faktörleri hesaplanırken süreksizlik düzlemlerinin eğim ve doğrultuları yerine süreksizliklerin ara kesitinin yönlem ve dalımı hesaplamalarda kullanılmaktadır.

Çalışmada, kama tipi kayma duraylılık analizleri yapılırken, yenilmenin tahmini için süreksizliklerin ara kesit doğrusunun yönlem ve dalım değerleri kullanılmış, buna göre düzeltilmiş SMR puanları kullanılmıştır (Tablo 3.15, 3.16 ve 3.17)

Tablo 3.15. 300/75 duruşlu şevdeki süreksizlikler için hesaplanan SMR puanları

<b>Şev Duruşu</b>		<b>300/75</b>			
<b>Süreksizlikler</b>		<b>330/50</b>	<b>160/85</b>	<b>240/80</b>	
Temel RMR puanı		58	59	59	
SMR puanı	Düzlemsel kayma	36.7	58.238	58.238	
	Devrilme	43	59	59	
	Kama	<b>Süreksizlikler</b>	<b>68/74</b>	<b>134/32</b>	<b>43/10</b>
			38.86	45.32	23.99

Tablo 3.16. 240/80 duruşlu şevdeki süreksizlikler için hesaplanan SMR puanları

<b>Şev Duruşu</b>		<b>240/80</b>			
<b>Süreksizlikler</b>		<b>330/50</b>	<b>160/85</b>	<b>240/80</b>	
Temel RMR puanı		55	54	55	
SMR puanı	Düzlemsel kayma	47.38	53.7	54.7	
	Devrilme	55	54	55	
	Kama	<b>Süreksizlikler</b>	<b>72/80</b>	<b>140/40</b>	<b>23/14</b>
			39.5	54	31.96

Tablo 3.17. 290/80 duruşlu şevdeki süreksizlikler için hesaplanan SMR puanları

<b>Şev Duruşu</b>		<b>290/80</b>			
<b>Süreksizlikler</b>		<b>330/50</b>	<b>160/85</b>	<b>240/80</b>	
Temel RMR puanı		61	60	61	
SMR puanı	Düzlemsel kayma	20.2	55.9	61	
	Devrilme	61	60	61	
	Kama	<b>Süreksizlikler</b>	<b>67/78</b>	<b>138/40</b>	<b>23/12</b>
			0	46.67	25.09

SMR sınıflama sistemine göre, 300/75 duruşlu şev incelendiğinde; 330/50 duruşlu süreksizlikler için yüksek olasılıkta düzlemsel kayma ve devrilme, 160/85 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerde ise düşük olasılıkta devrilme türü yenilmeler beklenmektedir. Bununla birlikte bu 3 süreksizliğin ara kesit doğrusu boyunca yüksek olasılıkta kama tipi yenilme gelişebilir.

240/80 duruşlu şev incelendiğinde; 330/50 duruşlu süreksizlikler için yüksek olasılıkta düzlemsel kayma, 330/50, 160/85 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca yüksek olasılıkta kama tipi yenilme beklenmektedir. Bu 3 süreksizlik boyunca çok düşük olasılıkta devrilme tipi yenilme gelişebilir.

290/80 duruşlu Şev incelendiğinde; 330/50 duruşlu süreksizlikler için yüksek olasılıkta düzlemsel kayma, 330/50, 160/85 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca yüksek olasılıkta kama tipi yenilme beklenmektedir.

Çoğu araŐırmacının SMR'nin kullanımı konusunda üzerinde birleŐtikleri noktalar aşağıda verilmiştir (Romana vd. 2003; Ceryan, 2005).

- SMR sınıflandırması bir miktar tutucudur (güvenli tarafta kalma eğilimindedir).
- Bieniawski (1989) tarafından önerilen süreksizlik yönelimi düzeltmesi ile ilgili parametrenin abartılı değerinden (-50 ve -60) kullanımı zordur.
- SMR'nin öngördüğü yenilme türleri arazide meydana gelmektedir.
- Kazı yöntemi ile ilgili faktörün sisteme katılmasının önemi doĐrulanmıŐtır.
- Toprakta veya Şev üzerinde yamaç molozu ve kaya parçaları döküntülerinin olduğu Şevleri sınıflandırmak zordur.
- SMR sistemi Şev yüksekliğini dikkate almamaktadır ki bu da SMR'nin en büyük dezavantajdır.
- Zemin gibi davranan bazı yumuşak kayalardaki yamaçlar için SMR yanlış sonuçlar verebilir. Bu tür yamaçlarda kütlesel yenilme meydana gelmesine karşın SMR puanı süreksizlik özelliklerini esas almaktadır.

Romana ve diğ. (2003) Valancia (İspanya) yakınlarında yükseklikleri 10-65 m. arasında değişen ve çalıŐılmadan birkaç ay ile 100 yıldan fazla bir zaman öncesinde açılan karayolu ve demiryolu Şevlerini incelemiŐlerdir. Yazarlar her bir Şev için SMR puanını ve arazideki güncel durumları karŐılaŐtırmıŐlar ve bu karŐılaŐtırma sonucunda da SMR sisteminin büyük güvenilirlikle Şevin arazideki güncel durumunu yansıttığını tespit etmiŐlerdir.

Buradan da anlaŐılacaĐı gibi SMR sınıflama sisteminin Şevler için güvenli tarafta olması ve kinematik analizlerle SMR sisteminin birlikte değerlendirilmesi, 330/50 duruşlu süreksizlikler boyunca çok yüksek olasılıkta düzlemsel yenilme ve 330/50 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca kama tipi yenilmelerin geliŐebileceĐini göstermektedir.

Sonuç olarak 330/50 duruşlu süreksizlikler boyunca gelişebilecek düzlemsel yenilmenin ve 330/50 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca gelişebilecek kama tipi yenilmelerin önlenmesi amacıyla Şevlerin yeniden düzenlenmesi

(basamaklandırma vb.), iyi projelendirilmiş drenaj sistemlerinin geliştirilmesi ve dayanma yapılarının inşa edilmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte analizler sonucunda kütle hareketi beklenen şevlerde Kasım 2008 tarihinden itibaren kütle hareketleri gözlenmiş, Arhavi-Hopa karayolunun sağ şeridi belli tarihler arasında trafiğe kapanmıştır.



#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Arhavi-Hopa (Artvin) karayolunda bulunan karayolu şevleri duraylılıkları açısından incelenmiş, arazi gözlemleri sonucunda elde edilen veriler kinematik analizler ve kaya kütle sınıflama sistemlerinde kullanılarak olası kütle hareketleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

1. Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayalar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve yaşlıdan gence doğru aşağıdaki birimler ayırtlanmıştır:

- Dasit, riyodasit ve bunların piroklastitlerinden oluşan Üst Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu,
- Kireçtaşı ve marn içeren bazalt, andezit ve bunların piroklastitlerinden oluşan Üst Kretase yaşlı Çağlayan Formasyonu,
- Kuvaterner yaşlı alüvyonlar.

2. Bu çalışmada Arhavi-Hopa (Artvin) arasındaki 6 adet karayolu şevi duraylılık açısından incelenmiştir. Şevler hakkında bilgiler aşağıda özetlenmiştir:

**Şev 1:** 37689297D/4578993K koordinatlarda bulunan, yüksekliği 45, uzunluğu 65 m olan şev 300/75 duruşludur. Şevde genel olarak andezit, bazalt ve piroklastitler egemendir.

**Şev 2:** 37695159D/4582125K koordinatlarında bulunan karayolu şevinin yüksekliği 30 m ve uzunluğu 75 metredir. 310/80 duruşlu şevde genel olarak yastık debili andezit, bazaltlar ve piroklastitler egemendir.

**Şev 3:** 37695443D/4582439K koordinatlarda karayolu şevinin yüksekliği 40 m ve uzunluğu 60 metredir. 310/80 duruşlu şevde genel olarak yastık debili andezit, bazaltlar ve piroklastitler egemendir.

**Şev 4:** 37696198D/4582905K koordinatlarında bulunan şevin yüksekliği 35, uzunluğu 45 m'dir. 290/80 duruşlu şevde genel olarak andezit, bazalt ve piroklastitler egemendir.

**Şev 5:** 37696232D/4582932K koordinatlarda bulunan karayolu şevinin yüksekliği 25, uzunluğu 55 m dir. 330/80 duruşlu şevde genel olarak andezit ve bazaltlar egemendir.

**Şev 6:** 37697120D/4583349K koordinatlarda bulunan karayolu şevinin yüksekliği 35, uzunluğu 40 m dir. 315/85 duruşlu şevde genel olarak yastık debili andezit, bazaltlar ve bunların piroklastitleri egemendir.

**3.** Andezit ve bazaltlardan oluşan 3 adet şevde (Şev 1, 4 ve 5) hat etüdü çalışması gerçekleştirilmiştir. Hat etüdü gerçekleştirilemeyen diğer 3 şevin (Şev 2, 3 ve 6) kinematik analizi Üst Kretase yaşlı bazalt ve andezitlerden oluşan kaya kütlelerinde yapılan süreksizlik analizleri sonucunda belirlenen süreksizlik setleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

**4.** Çalışmada her bir süreksizlik takımı için ayrı ölçümler yapılmış, farklı süreksizlik takımları için, o süreksizlik takımının doğrultusuna dik ölçüm hatları belirlenmiş ve bu hatlar boyunca süreksizliklerin özellikleri tespit edilmiştir. Süreksizlik ara uzaklığı, süreksizlik açıklığı, süreksizlik devamlılığı, pürüzlülük, dayanım gibi özellikler tayin edilmiş, tat etütleri sonucunda çalışması konusunu oluşturan ve Çağlayan Formasyonu'na ait bazalt, andezit ve piroklastitlerden oluşan kaya kütlelerinin davranışını kontrol eden üç ayrı süreksizlik takımının olduğu belirlenmiştir. Bunlar 330/50, 160/85 ve 240/80 duruşlu süreksizlik setleridir.

**5.** Kaya şevlerinin duraylılık analizi yapılırken, ilk aşamada süreksizliklerin özellikleri hat etüdü çalışmalarıyla belirlenmiştir, ikinci aşamada süreksizliklerin duraylılık üzerine etkileri araştırılmıştır. Bunun yanı sıra bu çalışmada kinematik analizler sonucunda elde edilen veriler, kaya kütle sınıflandırmalarına dayanan analizlerle desteklenmiştir.

**6.** Kinematik analizle sonucunda tüm şevlerde özellikle 330/50 duruşlu süreksizlik boyunca düzlemsel kayma ve 330/50 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca kama tipi yenilmelerin gelişebileceği belirlenmiştir.

**7.** SMR sınıflama sistemine göre, 300/75 duruşlu şev incelendiğinde; 330/50 duruşlu süreksizlikler için yüksek olasılıkta düzlemsel kayma ve devrilme, 160/85 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerde ise düşük olasılıkta devrilme türü yenilmeler beklenmektedir. Bununla birlikte bu 3 süreksizliğin ara kesit doğrusu boyunca yüksek olasılıkta kama tipi yenilme gelişebilir. 240/80 duruşlu şev incelendiğinde; 330/50 duruşlu süreksizlikler için yüksek olasılıkta düzlemsel kayma, 330/50, 160/85 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca yüksek olasılıkta kama tipi yenilme beklenmektedir. Bu 3 süreksizlik boyunca çok düşük olasılıkta devrilme tipi yenilme gelişebilir. 290/80 duruşlu şev incelendiğinde; 330/50 duruşlu süreksizlikler için yüksek olasılıkta düzlemsel kayma,

330/50, 160/85 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca yüksek olasılıkta kama tipi yenilme beklenmektedir.

**8.** SMR sınıflama sisteminin şevler için güvenli tarafta olması ve kinematik analizlerle SMR sisteminin birlikte değerlendirilmesi, 330/50 duruşlu süreksizlikler boyunca çok yüksek olasılıkta düzlemsel yenilme ve 330/50 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca kama tipi yenilmelerin gelişebileceğini göstermektedir.

**9.** Sonuç olarak 330/50 duruşlu süreksizlikler boyunca gelişebilecek düzlemsel yenilmenin ve 330/50 ve 240/80 duruşlu süreksizliklerin ara kesit doğrusu boyunca gelişebilecek kama tipi yenilmelerin önlenmesi amacıyla şevlerin yeniden düzenlenmesi (basamaklandırma vb.), iyi projelendirilmiş drenaj sistemlerinin geliştirilmesi ve dayanma yapılarının inşa edilmesi gerekmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesi'nin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- Akın, H., 1979. Geologie, magmatismus und Lagerstättenbildung im ostpontischen Gebirge/Türkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geologische Rundschau 68, 253-283.
- Anbalagan, R., Sharma, A., Sanjeev, B. ve Raghuvanshi, T. K., 1992. Rock Mass Stability Evaluation Using Modified SMR Approach, Proc. 6th Nat. Sym. on Rock Meeting, Bangalore, India, 258-268.
- Attewell, P.B., Farmer, I.W., 1976. Principles of Engineering Geology, Chapman and Hall, London, 1045.
- Aydan, Ö., Shimizu, Y. ve Kavvamoto, T., 1995. A Portable System for In-situ Characterization of Surface Morphology and Frictional Properties of Rock Discontinuities. Proc. 4th Intl. Symp. Field Measurements in Geomechanics, Bergamo, Italy, 463-470.
- Bektaş, O., 1984. Doğu Pontidler'de Üst Kretase yaşlı şoşonitik volkanizma ve jeotektonik önemi. KÜ Yerbilimleri Dergisi, 3, 1-2, 53-62.
- Bektaş, O., 1986. Paleostress trajectories and polyphase rifting in the arc, back-arc of the eastern Pontides. General Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey Bulletin 103/104, 1-15.
- Barton, N. ve Choubey, V., 1977. The Shear Strength of Rock and Rock Joints. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract, 13, 255-279.
- Barton, N. ve Bandis, S., 1982. Effect of Block Size on the Shear Behavior of Jointed Rock, Issue in Rock Mechanic, 23 rd U.S. Symposium on Rock Mechanic, Berkeley, California , Society of Mining Engineers of AIME
- Barton, N. R. ve Bandis, S., 1990. Review of Predictive Capabilities of JRC-JCS Model In Engineering Practice, Rock Joints, Leon, Norway. Balkema, Rotterdam, 603-610.
- Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering Classification of Jointed Rock Masses. Transactions of The South African Institution of Civil Engineers, 15, 335-344.
- Bieniawski, Z.T., 1979. The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications. Proceedings ISRM 4th International Congress on Rock Mechanics, Montreux. Balkema. Boston. Chapter 5, 55-95.
- Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications. Wiley, New York, 238 p.

- Boztuğ, B., Jonckheere, R., Wagner, G.A., Yılmaz Şahin, S., Yeğingil, Z., 2002. Apatite fission-track ages provide uplift rates and time-temperature paths for the exhumation of Eastern Black Sea plutons in the Dereli-Şebinkarahisar area, S Giresun, NE Turkey. First International Symposium of the Faculty of Mines (ITI) on Earth Sciences and Engineering, İstanbul, Turkey s. 116
- Ceryan, Ş. ve Ceryan, N., 2003. Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Kaya Şev ve Yamaçları İçin Duraylılık Analizlerin Değerlendirilmesi. Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi ve Maden Potansiyeli Sempozyumu Bildiri Özleri, Trabzon 57-59.
- Ceryan, Ş. ve Korkmaz, N., 2003. Torul (Gümüşhane)-Diker Mahallesi (Torul) Karayolunda Yüzeyleyen Bazik Volkanitlerin Jeo-mühendislik Özellikleri. Gümüşhane Yöresinin Kalkınması Sempozyumu Bildiriler Kitabı Cilt 1, Gümüşhane 298-310.
- Ceryan, N., 2005. Kaya Kütle Sınıflandırma Sistemlerinin ve SSPC Yönteminin Bekçiler-Torul Arasında Seçilen Kazı Şevlerine Uygulanışı, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 163s.
- Cai, M., Kaiser, P.K., Uno, H., Tasaka, Y. ve Minami, M., 2004. Estimation of Rock Mass Deformation Modulus and Strength of Jointed Hard Rock Masses Using The GSI System, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 41, 1,3-19.
- Çoğulu, H.E., 1975. Gümüşhane ve Rize Yörelerinde Petrolojik ve Jeokronolojik Araştırmalar. İstanbul Technical University Publications 1034, 112 p.
- Dağ, S., Bulut, F., Akgün, A., 2005, İki Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemi İle Çayeli (Rize) ve Çevresindeki Heyelanların Değerlendirilmesi, 1. Heyelan Sempozyumu, Trabzon, s. 84
- Deere, D.U., 1964. Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposed, *Rock Mech. Rock Eng.* 1, 17-22.
- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİGM), 2005, Ortalama Ekstrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni, Ankara.
- Eren, M., 1983. Gümüşhane-Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon 197 s.
- Erguvanlı, K., Tarhan F., 1982, Doğu Karadeniz Kıyı Şeridindeki Kütle Hareketlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından Değerlendirilmesi, KTÜ, Yer Bilimleri Dergisi 100. Yıl Özel Sayısı, Trabzon.
- Ersoy, H., Bulut, F., 2008, Kütle Hareketlerinin Oluşumunda Yağışın Rolü, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı, Trabzon, 161-171.
- Gedik, A., Ercan, T., Korkmaz, S., Karataş, S. 1992. Rize-Fındıklı-Çamlıhemşin arasında (Doğu Karadeniz) yer alan magmatik kayaların petrolojisi ve Doğu Pontidlerdeki Bölgesel Yayılımları. *Geological Bulletin of Turkey* 35, 15-38.

- Gedikoğlu, A., 1970. Etude Geologique de la Region de Glky (Province D'Ordu-Turquie), Doktora Tezi, Faculte des Sciences Del'universite de Grenoble.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S., zsayar, T., 1979. The main lines of the geotectonic evolution of eastern Pontides in Mesozoic era. Geocom Abstracts, Ankara, 68-69.
- Ghose, A.K., Raju, N.M., 1981. Characterization of Rock Mass Vis-A-Vis Application of Rock Bolting in Indian Coal Measures, Proc. 22 nd U.S. Symp. Rock Mechanics., MIT, Cambridge, MA, 422-427.
- Goodman, R.E. ve Bray, J.(1976) Toppling of Rock Slopes. ASCE, Proc. Specialty Conf. On Rock Eng. for Foundations and Slopes, Boulder, CO, 2, 201-34.
- Gonzalez de Vallejo, L.I., 1983. A New Rock Classification System for Underground Assessment Using Surface Data, Proc. Int. Symp, Eng. Geol. Underground Constr., LNEC, Lisbon, 1, 85-94
- Gkeoğlu, C., 1997. Killi, Yoğun Süreksizlik İeren ve Zayıf Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflamalarında Karşılaşılan Glklerin Giderilmesine Ynelik Yaklaşımlar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Göktan, R.M. ve Ayday, C., 1993. A Suggested Improvement to The Schmidt Rebound Hardness ISRM Suggested Method with Particular Reference to Rock Machineability, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science. & Geomechanics. Abstract, 30,3, 321-322.
- Grasso, P., Xu, S. ve Mahtab, A., 1992. Problems and Promises of Index Testing of Rocks. Rock Mechanics, Tillerson and Wawersik (eds.), Balkema, Rotterdam, 879-888.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 lekli Kompilasyonu, MTA Yayınları, Ankara.
- Haramy, K.Y. ve De Marco, M.L., 1985. Use of Schmidt Hammer for Rock and Coal Testing, 26th U.S. Symp. on Rock Mechanics, 26-28 June, Rapid City, 549-555.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1978. Comission on Standardization of Laboratory and Field Tests: Suggested Methods for The Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15, 319-68.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E. T. Brown (ed.), Pergamon Press, London, 211 pp.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1985. Suggested Method for Determining Point Load Strength, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 22, 53-60.

- İskenderoğlu, A., 1990, ayeli-Pazar (Rize) Arası Ana Yol Şevlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 154s.
- İskenderoğlu, A., Tarhan, F., 1991, ayeli-Pazar (Rize) Arasındaki Sahil Yolu Şevlerinin Stabilité Açısından İncelenmesi, Türkiye 1. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Trabzon, 294-309.
- Jenning, J.E., 1970. A Mathematical Theory for the Calculation of the Stability of Slopes in Open Cast Mines, Proc. Symp. On Planning Open Pit Mines, Cape Town, Balkema, 87-112
- JICA, 1985. The republic of Turkey report on the cooperative mineral exploration of Gümüşhane area, consolidated report. Japan International Cooperation Agency, Metal Mining Agency of Japan.
- Kandemir, R., 2004. Gümüşhane yakın yörelerindeki Erke-Orta Jura yaşlı Őenköy Formasyonu'nun çökel özellikleri ve birikim koşulları. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 274 s.
- Karsli, O., Chen, B., Aydın, F., Şen, C., 2007. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sariççek Plutons, Eastern Turkey: Implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting. Lithos 98, 67-96.
- Kendorski, F. S., Cummings, R.A., Bieniawski, Z. T. ve Sinner, E. H., 1983. Rock Mass Classification for Block Caving Mine Drift Support. Proc. 5 th Int. Cong. Rock Mech. ISRM, Melbourne, B51-B63.
- Köprübaşı, N., 1993. Aşağı Harşit bölgesinin Magmatik petrojenezi ve masif Sülfütlede jeokimyasal hedef saptama uygulamaları. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 238 s.
- Laubscher, D.H., 1977. Geomechanics Classification of Jointed Rock Masses-Mining Applications. Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy, Section A, Mining Industry, 86 (Jan), 1-8.
- Laubscher, D.H., 1984. Design Aspects and Effectiveness of Support Systems in Different Mining Conditions, T. Min. Metali A., 93, A70-A81.
- Monroe, J. S., and Wicander, R. 2005. Physical Geology: Exploring the Earth, 5 th ed. Brooks/Cole Publishing Company, Pacific Grove, California, 644 p.
- Nakao, K., Lihoshi, S. ve Koyama, S., 1983. Statistical Reconsiderations on The Parameters for Geomechanics Classification, Proc. 5th Int. Congre. Rock Mech, ISRM, Melbourne, Vol. 1, 13-16

- NACS (North American Commission on Stratigraphy), 1983. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Volume: 67, No: 5, 841-875
- Olivier, H.J., 1979. Applicability of Geomechanics Classification to The Orange-Fish Tunnel Rock Masses, Civ. Eng. S. Afr. 21, 179-185.
- Okay, A.I., Şahintürk, Ö., 1997. Geology of the Eastern Pontides. In: Robinson, A.G. (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. AAPG Memoir 68, 292-311.
- Önalp A., 1978. Türkiye İnşaat Mühendisliği 7. Teknik Kongresi, Anadolu Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Eğitimi. 41-44.
- Önalp. A., 1980, Doğu Karadeniz Heyelanları: Tanımlanması-Analizi, Araştırma Raporu, TÜBİTAK, M-441.
- Önalp, A., Tarhan, F., Sevinç, N., 1987. Doğu Karadeniz Heyelanları Analizi, Dengeli Yamaç Tasarımı. TÜBİTAK, MAG: 585, Ankara.
- Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A., 1981. Doğu Pontidler'de Kretase . KTU Yer Bilimleri Dergisi, Jeoloji, 1/2, 65-114, Trabzon.
- Palmström, A., 1982. The Volumetric Joint Caunt-a Usefull and Simple Measure of the Degree of Jointing. 4th Int. Congrees IAEG, New Delhi. V221-V228.
- Palmström, A., 1985. Application of the Volumetric Joint Caunt as a Measure of Rock Mass Jointing. Prog. Int. Symp. on Fundemantals of Rock Joints, Bjorkliden, Sweeden, 103-110.
- Palmström, A., 1996. RMI-A System for Rock Mass Strength for Use in Roch Engineering. Journal. Of Rock Mechanichs. and Tunneling Technique, India, 1(2), 69-108.
- Piteau, D.R., 1970. Geological Factors Significant to The Stability of Slopes Cut in Rock. Proc. of The Symp. on Planning Open Pit Mines, S.A. Inst. Min. and Metali., Johannesburg, 33-53.
- Poole, R.W. ve Farmer, I.W., 1980. Consistency and Repeatability of Schmidt Hammer Rebound Data During Field Testing. International Journal of Rock Mechanics and Mining., 63-71
- Priest, S.D. ve Hudson, J.A., 1976. Discontinuity Spacing in Rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts. 13, 135-148.
- Romana, M., 1985. New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes. International Symposium on The Role of Rock Mechanics, Zacatecas, ISRM. 49-53.
- Romana, M., 1993. A Geomechanics Classification for Slopes: Slope Mass Rating. (in



- Comprehensive Rock Engineering. Ed. / Hudson). Pergamon. VoJ 3. 575-600.
- Romana, M., 1995. The Geomechanical Classification SMR for Slope Correction. Proc. 8th Int. Congress Rock Mechanics, ISRM, Tokyo, 3, 1085-1092.
- Romana, M., Serön, J.B. ve Montalar, E., 2003. SMR Geomechanics Classification: Application, Experience and Validation ISRM 2003-Technology Roadmap for Rock Mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy, 4 pp.
- Serafim, J.L. ve Pereira, J.P., 1983. Considerations of The Geomechanics Classification of Bieniawski. Proc. Int. Symp. Eng. Geol. Underground Construction, LNEC, Lisbon, V.1, 1133-1142.
- Schultze-Westrum, H.H., 1961., Giresun civarındaki Aksu Deresinin jeolojik profile: MTA Enstitüsü yayını 57, 63-71.
- Singh, R.N. ve Gahrooe, D.R., 1989. Application of Rock Mass Weakening Coefficient for Stability Assessment of Slopes in Heavily Jointed Rock Masses., International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment 3, 207-219.
- Swan, G., 1981. Tribology and Characterization of Rock Joints. 22nd U. S. Symp. on Rock Mechanics, Cambridge, Massachusetts, MIT, 402-407.
- Şahin, S.Y. Güngör, Y., Boztuğ, D., 2004. Comparative petrogenetic investigation of composite Kaçkar Batholith granitoids in Eastern Pontide magmatic arc-Northern Turkey. Earth Planets and Space 56, 429-446.
- Şen, Z. ve Essa, E.A., 1992. Rock Quality Charts for Log- Normally Distributed Block Sizes, International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 29-1, 1-12.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics 75, 181-241.
- Şengör A.M.C., Özeren S., Zor E., Genç T., 2003. Doğu Anadolu Litosfer Mekaniğine Yeni Bir Yaklaşım, Kuvaterner Çalıştay 4, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Çalıştay 101-110.
- Tarhan, F., 1982, Artvin Granitinin Mühendislik Jeolojisi ve Baraj Yeri Olma Açısından İrdelenmesi, Doçentlik Tezi (yayınlanmamış), KTÜ, Trabzon
- Tarhan, F., 1989, Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, KTÜ Yayınları No:145, Trabzon, 384s.
- Tokel, S., 1977. Doğu Karadeniz Bölgesinde Eosen Yaşlı Kalk-Alkalen Andezitler ve Jeotektonizma. Türkiye Jeoloji Bülteni 20, 49-54.
- Topuz, G., Altherr, R., Kalt, A., Satır, M., Werner, O., Schwarz, W.H., 2004. Aluminous Granulites from The Pulur Complex, NE Turkey: a Case of Partial Melting, Efficient Melt Extraction and Crystallization. Lithos 72, 183-207.

- Topuz, G., Altherr, R., Schwarz, W.H., Siebel, W., Satir, M., Dokuz, A., 2005. Post-collisional plutonism with adakite-like signatures: the Eocene Saraycik granodiorite (Eastern Pontides, Turkey). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 150, 441-455.
- Ulusay, R., 1991. Geotechnical Evaluations and Deterministic Design Considerations for Pitwall Slopes at Eskihsar (Yatağan-Muğla) Strip Coal Mine. PhD Thesis, Middle East Technical University, 340pp (unpublished).
- Ulusay, R., Ekmekçi, M., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Tuncay, E. ve Erdoğan, S., 1998. TKİ Himmetoğlu (Göynük-Bolu) Linyit Açık İşletmesi Şev Duraylılığı Projesi (1.Aşama: A Panosu Şevlerinin Duraylılığı). Proje No. 600.020.0056, 245 s.
- Ulusay, R. ve Sönmez, H., 2002. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları No:60, Ankara, 243s.
- Ünal, E., 1983. Design Guidelines and Roof Control Standards for Coal Mine Roofs. Ph. D. Thesis, Pennsylvania State University, University Park, 355 p.
- Yılmaz, Y., 1972. Petrology and structure of the Gümüşhane granite and the surrounding rocks. NE Anatolia, PhD Thesis University College London, England. 248 s.
- Yılmaz, S., Boztuğ D., 1996. Space and time relations of three plutonic phases in the Eastern Pontides, Turkey. *International Geology Review* 38, 935-956.
- Yılmaz, C., Kandemir, R. 2006. Sedimentary records of the extensional tectonic regime with temporal cessation: Gümüşhane Mesozoic Basin (NE-Turkey). *Geologica Carpathica* 57, 3-13.
- Weaver, J.M., 1975. Geological Factors Significant in The Assessment of Rippability, The Civil Engineer in South Africa, 17: 313–316.
- Wissbach, C., 1978. A New Method for The Determination of The Roughness of Rock Joints in Laboratory, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 16, 303-307.
- Wyllie, D.C. ve Mah, C.W., 1999. *Rock Slope Engineering*, Spon Press, NewYork, 437 pp.
- Wyllie, D.C. ve Mah, C.W., 2004. *Rock Slope Engineering*, Spon Press, NewYork, 437 pp.

## **6. EKLER**

Ek Şekil 1. Arhavi-Hopa (Artvin) Arasının Jeoloji Haritası

## **ÖZGEÇMİŞ**

27.07.1980 tarihinde Erzincan'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya'da tamamlayarak 1997 yılında Antalya Çağlayan Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. Haziran-2001 tarihinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi Jeolojisi Mühendisliği Bölümü'nden dördüncü olarak mezun olan Karlı, 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2005-2006 tarihleri arasında yüksek lisans öğrenimi kapsamında verilen yabancı dil hazırlık programını başarıyla tamamladı. Aralık-2008 tarihinde Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak atandı. Halen bu görevine devam etmektedir.

# “ARHAVİ-HOPA (ARTVİN) ARASININ JEOLJİ HARİTASI”

Ek-1

