

**KOYULHISAR (Sivas) HEYELANLARININ
İNCELEMESİ**

HÜSEYİN SENDİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

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

114193

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Işık YILMAZ

Haziran 2001

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ' NE

Bu çalışma jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ali YILMAZ 

Üye : Doç. Dr. Ergun KARACAN 

Üye : Yrd. Doç.Dr. Işık YILMAZ 

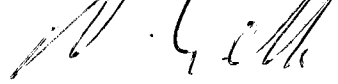
ONAY

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

...../...../2001

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. Necati ÇELİK



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan "Yüksek Lisans ve Doktora tez yazım kılavuzu" adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

<u>İÇİNDEKİLER</u>	<u>Sayfa</u>
Özet	ii
Summary	iii
Teşekkür	iv
Şekiller Dizini	v
Çizelgeler Dizini	vii
Fotoğraflar Dizini	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Önceki Çalışmalar	2
1.2. Topoğrafya ve ulaşım	8
1.3. Jeomorfoloji	8
2. JEOLJİ	9
2.1. Stratigrafik Jeoloji	9
2.1.1. Kapaklı Formasyonu (Krk)	10
2.1.2. İğdir Formasyonu (Kri)	10
2.1.3. Yeşilce Formasyonu (Tye)	12
2.1.4. Erdembaba Volkanitleri (Ter)	12
2.1.5. Alüvyon (Qal)	13
2.2. Yapısal Jeoloji	13
3. MİNERALJİ-PETROGRAFI	24
4. HİDROLOJİ	33
4.1. Hidrojeolojik Özellikler	36
5. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ	37
5.1. Kaya kütlesi özellikleri (RMR)	48
5.2. Şev kütlesi özellikleri (SMR)	51
6. YAMAÇLARIN DURAYLILIĞI	54
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	63
8. KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	71

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****Koyulhisar (Sivas) Heyelanlarının İncelemesi**

Hüseyin SENDİR
Cumhuriyet Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Y. Doç. Dr. Işık YILMAZ

Geçmiş yıllarda, Koyulhisar' ın kuzey bölümü birçok heyelanlardan etkilenmiştir. Oldukça yağışlı bir yıl olan 1998 ve 2000 yıllarında, değişik boyutlarda birkaç heyelan meydana gelmiştir. Bunlar genellikle şev hareketlerine eğilimli olarak bilinen İğdir kireçtaşları, Erdembaba volkanikleri ve Yeşilce formasyonunda etkin olmuşlardır. Bu çalışmada, detaylı jeolojik, jeomorfolojik ve jeoteknik çalışmalar yapıldıktan sonra, Sivas' ın kuzeydoğusunda yer alan Koyulhisar ilçesinde duraylılık koşulları tartışılmıştır. Çalışma alanındaki kayaçlar, faylanma etkisi ile oldukça kırıklı çatlaklı bir özellik kazanmışlardır. Kaya kütleli sınıflamasına (RMR) göre, çalışma alanındaki kayaçlar zayıftan (İğdir formasyonu) orta (Erdembaba ve Yeşilce formasyonu) ya kadar değişen sınıflarda değerlendirilmişlerdir. Kayaçlar SMR sınıflamasına göre ise; kısmen duraylı, kırıklı, birçok kama türü yenilme sınıfında (Erdembaba ve Yeşilce formasyonu) ve duraysız, düzlemsel veya kama türü yenilme sınıfında (İğdir formasyonu) yer almıştır. Jeolojik ve jeomorfolojik çalışmalar, faylanma ve eklem özelliklerine bağlı olarak bozunma, dik topoğrafya, suyun kırıklar içerisine girmesi, tektonik aktivite ve ağır yağışın heyelanların oluşması üzerinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Kinematik analizlere göre; çalışma alanı içerisindeki potansiyel şev hareketleri, genellikle güneye doğru (GB ve GD) hakim olarak bulunmuştur. Bu yönler, çalışma alanındaki hakim şev yönleri ile benzerdir. Heyelanlar, düzlemsel, kama ve dairesel olarak sınıflandırılmışlardır. Çalışma alanındaki tüm heyelanlar, güneydeki Şıhlar fayı ile kuzeydeki Dumanlıca fayı arasında gözlenmiştir. Bu heyelanların tümünün kuzeyden güneye doğru Dumanlıca fayından Şıhlar fayına kadar uzanan bir fay içerisinde yer aldığı söylenebilir.

ANAHTAR KELİMELEER: Şev duraylılığı, heyelan, kaya kütleli, kinematik analiz, Koyulhisar, RMR, SMR.

SUMMARY**MSc Thesis****Investigation of the Koyulhisar (Sivas) Landslides**

Hüseyin SENDİR
Cumhuriyet University
Graduate School of Natural
and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Işık YILMAZ

During the last years, the northern part of Koyulhisar has been affected by many landslides. In 1998 and 2000, which were very wet years, several landslides of different volumes occurred. These mainly affected the Iğdir formation, Erdembaba volcanics and Yesilce formations, which are well known for being prone to slope movements of many types and sizes. Detailed geological, geomorphological and geotechnical surveys were carried out, and stability conditions in Koyulhisar village located NE of Sivas (Turkey) were discussed in this study. The rocks in the study area had been fractured by faulting. The rocks in the study area were classified from weak (Iğdir formation) to medium (Erdembaba and Yesilce formation) according to Rock Mass Classification (RMR). According to the SMR (Slope Mass Rating), rocks were in the class of partially stable, some joints or many wedges (Erdembaba and Yesilce formation), and the class of unstable, planar or big wedges (Iğdir formation). Investigations have shown that jointing and faulting in combination with pervasive weathering, steep topography, water incisions, tectonic activity and heavy rainfall have played a significant role in the occurrence of the landslides. According to the kinematical analyses, potential slope movements will threaten in the direction of S, SW and SE. These directions are similar to the principal slope directions in Koyulhisar. Landslides in the study area can be classified as; planar, wedge and circular. All the slope movements had been observed between Şihlar fault in the south and Dumanlıca fault in the north, and it can be said that all slope movements placed in a base landslide from Dumanlıca fault to Şihlar fault.

KEY WORDS: Kinematical analyses, Koyulhisar, landslide, RMR, rock mass, slope stability, SMR.

TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmalarım sırasında, baŐta değerli hocam Yrd. Doç. Dr. IŞık YILMAZ olmak üzere s¼rekli yardımlarını g¼rd¼ę¼m Prof. Dr. Atilla CEYLANOęLU, Yrd. Doç. Dr. S¼ha ¼ZDEN, Yrd. Doç. Dr. Nazım OTLU, Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKYAZI, ArŐ. G¼r. Sibel TATAR, ArŐ. G¼r. Taner EKİCİ, Dr. ArŐ. G¼r. Ercan ARPAZ ve Y¼ksek Lisans ¼ęrencisi Jeoloji M¼hendisi Akın K¼RER' e teŐekk¼r¼ bir borç bilirim.

Bu çalışmanın gerçekleŐmesinde sağladıkları imkanlar nedeniyle. Koyulhisar Kaymakamı Ekrem CANALP' e, Koyulhisar Belediye BaŐkanı Niyazi ENGİN' e ve Orman İŐletmesi M¼d¼r¼ Nezir ŐAHBAZOęLU' na ve t¼m personellerine teŐekk¼r ederim.

H¼seyin SENDİR

SEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti	11
Şekil 2.2. Çalışma alanının jeoloji haritası	13
Şekil 2.3. Çalışma alanının blok diyagramı üzerinde, faylar ve heyelanların konumu	16
Şekil 2.4. a. Fayların egemen yönelimlerini gösteren gül diyagramları b. Faylarla ilgili açıklamalar	19
Şekil 2.5. Çalışma alanındaki birimlerde stereonet üzerinde egemen eklem takımları	21
Şekil 4.1. Çalışma alanında yağış dağılımı (1950- 1991)	33
Şekil 4.2. Suşehri meteoroloji istasyonu yağış ve potansiyel buharlaşma-terleme ilişkileri	34
Şekil 5.1. Süreksizlik aralığının ölçülmesi	39
Şekil 5.2. Açık süreksizlik düzlemlerinde “açıklık” veya dolgulu süreksizlik düzlemlerinde “genişlik” terimlerinin tanımları	43
Şekil 5.3. Süreksizlik yüzeylerinde pürüzlülük ölçümü	44
Şekil 6.1. 1998 ve 2000 yılında meydana gelen heyelanlar için bir model	54
Şekil 6.2. Çalışma alanında, Erdembaba volkaniklerinin yenilme (heyelan) eğilimini gösteren yapısal özelliklerinin stereo izdüşümleri (çatlakların kesişimleri)	60
Şekil 6.3. Çalışma alanında, İğdir formasyonunun yenilme (heyelan) eğilimini gösteren yapısal özelliklerinin stereo izdüşümleri (çatlakların kesişimleri)	60
Şekil 6.4. Çalışma alanında, Yeşilce formasyonunun yenilme (heyelan) eğilimini gösteren yapısal özelliklerinin stereo	

(heyelan) eğilimini gösteren yapısal özelliklerinin stereo
izdüşümleri (çatlakların kesişimleri)

61



ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Araştırmacılara göre Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki yıllık doğrultu atımlı sağ yanal hareketin karşılaştırmalı tablosu (Tatar, 1993)	14
Çizelge 2.2. Çeşitli araştırmacılara göre Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki toplam atım ve fayın yaşının karşılaştırmalı tablosu (Tatar, 1993).....	17
Çizelge 2.3. İğdir Formasyonunun çeşitli lokasyonlarında tespit edilen eklemlerin jenetik ve kökensele sınıflandırılması	20
Çizelge 2.4. Yeşilce Formasyonunun çeşitli lokasyonlarında tespit edilen eklemlerin jenetik ve kökensele sınıflandırılması	20
Çizelge 2.5. Erdembaba Volkanitlerinin çeşitli lokasyonlarında tespit edilen eklemlerin jenetik ve kökensele sınıflandırılması	22
Çizelge 2.6. Çalışma sahasındaki tüm birimlere ait eklemlerin jenetik ve kökensele sınıflandırılması	23
Çizelge 3.1. Erdembaba Volkanitlerine ait kayaç örneklerinin optik mikroskopik inceleme sonuçları	24
Çizelge 3.2. Yeşilce Formasyonuna ait kayaç örneklerinin optik mikroskopik inceleme sonuçları	26
Çizelge 3.3. İğdir Formasyonuna ait kayaç örneklerinin optik mikroskopik inceleme sonuçları	26
Çizelge 4.1. Suşehri meteoroloji istasyonu verilerine göre Thornthwaite (1948) metodu uygulanarak hazırlanan denestirmeli nem bilançosu (D.S.İ. IV. Bölge verileri).....	35
Çizelge 4.2. Koyulhisar ve Suşehri meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri	35
Çizelge 5.1. Süreksizlik aralık sınıflaması (I.S.R.M., 1978).....	40

Çizelge 5.2. Eklem sıklığı sınıflaması (I.S.R.M.,1978).....	41
Çizelge 5.3. Süreksizlik açıklık sınıflaması (Anon, 1977).....	42
Çizelge 5.4. Pürüzlülük ve dalgalılık sınıflaması (I.S.R.M.,1978).	44
Çizelge 5.5. Süreksizlik devamlılık sınıflaması (I.S.R.M., 1978)...	46
Çizelge 5.6. Temel istatistiksel değerlendirme sonuçları.....	47
Çizelge 5.7. RMR değerlendirme kriterleri (Bieniawski, 1989).....	48
Çizelge 5.8. Erdembaba Volkanitlerinin kaya kütlesi sınıflaması..	49
Çizelge 5.9. Yeşilce Formasyonunun kaya kütlesi sınıflaması.....	50
Çizelge 5.10. İğdir Formasyonunun kaya kütlesi sınıflaması.....	50
Çizelge 5.11. SMR sınıflarının tanımlanması (Romana, 1985).....	53

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Foto 1.1. Heyelan etkisiyle hasar görmüş bir yapıdan görünüm ...	2
Foto 3.1. Erdembaba Volkanitlerine ait bazaltlardaki biyotitlerde gelişen opasitleşme ; a) çift nikol, b) tek nikol. 10x10 (E1).....	25
Foto 3.2. Erdembaba Volkanitlerine ait bazaltların genel görünümü; a) çift nikol, b) tek nikol. 4x10 (E2)	27
Foto 3.3. Erdembaba Volkanitlerine ait bazaltlardaki öjit fenokristalinin görünümü ; a) çift nikol, b) tek nikol. 10x10 (E3)..	28
Foto 3.4. Yeşilce Formasyonuna ait andezitlerdeki plajiyoklaz fenokristalinin görünümü ; a) çift nikol, b) tek nikol. 4x10 (Y1)....	29
Foto 3.5. Yeşilce Formasyonuna ait bazaltların genel görünümü ; a) çift nikol, b) tek nikol. 4x10 (Y2).....	30
Foto 3.6. İğdir Formasyonuna ait intraklastlı oosparitlerdeki intraklastlardan bir görünüm 5x10 (İ1)	31
Foto 3.7. İğdir Formasyonuna ait intraklastlı oosparitlerdeki sparit bağlayıcıdan bir görünüm 5x10 (İ2)	32
Foto 3.8. İğdir Formasyonuna ait mikritlerin genel görünümü 5x10 (İ3)	32
Foto 6.1. 1998 heyelanına ait görüntü	56
Foto 6.2. 1998 heyelanına ait görüntü	56
Foto 6.3. 2000 heyelanına ait görüntü	57
Foto 6.4. 2000 heyelanına ait görüntü	57
Foto 6.5. Heyelanlarla topukta oluşan göller	58
Foto 6.6. Heyelanlarla topukta oluşan göller	58



1. BÖLÜM

GİRİŞ

1. GİRİŞ

Koyulhisar ilçesi Sivas' a 180 km. uzaklıktadır. Batıda Tokat' ın Reşadiye, kuzeyde Ordu ilinin Mesudiye, kuzeydoğuda Giresun' un Bulancak, batıda Suşehri ve güneyde Zara, Hafik ilçeleri ile çevrilidir. Kelkit vadisi İç Anadolu Bölgesi ile Karadeniz Bölgesini ayırır ve Koyulhisar bu ayırdım kuzeyinde, Karadeniz Bölgesinde yer almakta olup rakımı 850 m., yüzölçümü 968 km² dir (Ek 1). Dolayısıyla inceleme alanı Türkiye' nin yapısal sınıflaması çerçevesinde Doğu Pontidlerin (Ketin, 1966) güneyinde H39 b4 paftası içerisinde yer almaktadır.

Çalışma alanının tektonik olarak aktif bir fay olan Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisinde bulunmaktadır. Bu nedenle bölgedeki kayalar genellikle kırıklı, ezilmiş ve süreksizlikler içermektedir ve yüksek eğimli topoğrafyaya da bağlı olarak bölge içerisinde eski ve yeni birçok heyelanlar bulunmaktadır. Bu heyelanların hareket yönleri ise genelde yerleşim alanlarını tehdit eder konumlardadır.

1998 yılında, 19 Ağustos sabahı, Koyulhisar ilçesine bağlı Aklan mezasındaki tepelerde yaklaşık KD-GB doğrultusunda meydana gelen heyelanlar sonunda ve 2000 yılı Temmuz ayında meydana gelen heyelanlar ile bazı yerleşim alanları duraysızlık sorunları ile karşılaşmış, birçok mühendislik yapılarında hasar oluşmuştur (Foto 1.1). Heyelanların birçoğunun temelinde bölgedeki ana kayaların yenilmesinin de etkili olduğu düşünüldüğünden dolayı, bu yenilmeye neden olan unsur/unsurların ortaya konulabilmesi için çalışmalar yapılmıştır.

İlk olarak; çalışma alanı ve çevresinde, hava fotoğrafları üzerinde görülebilen tüm çizgisel yapılar, eski heyelanlar, drenaj ağı gibi unsurlar belirlenmiştir. Daha sonra arazide tüm birimler içerisinde ve farklı lokasyonlarda eklem ölçümleri yapılarak bunların belli bir sistematik setler oluşturup oluşturmadıkları belirlenmiştir.



Foto 1.1. Orta mahalle civarında heyelanların etkisiyle hasar görmüş bir yapının görünümü.

Çalışma alanındaki birimlerden petrografik incelemeler ve serbest basınç dayanım deneylerinin yapılabilmesi için blok örnekler alınmıştır. Birimler içerisinde belirlenebilen tüm süreksizlik parametreleri incelenerek, kinematik analiz yardımı ile şevlerin duraylılık araştırmaları, Kaya Kütle Sınıflaması (RMR) ve Şev Kütle Sınıflaması (SMR) yapılmıştır.

Tüm veriler ışığında çalışma alanındaki heyelanlar sınıflandırılmış ve çalışma alanındaki güvenli ve güvensiz bölgeler ayırđedilmiştir.

1.1. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanında daha önceden mühendislik jeolojisine yönelik olarak yapılmış herhangi bir bilimsel çalışma olmamasına karşın, genel jeoloji konusunda hazırlanmış olan çok sayıda yüksek lisans, doktora tezi ve makaleler vardır. Bunlar, gerek Kuzey Anadolu Fay Zonu ile ilgili

gerekse de bölgenin genel stratigrafik durumu ile ilgilidir. Bu çalışmalardan bazıları kronolojik sıra ile aşağıda özetlenmiştir.

Seymen (1973); doğrultu atımlı faylardan oluşan ve Kuzey Anadolu Fay Zonu' na bağlı olarak gelişmiş 3 askuşak saptamış ve bazı kesimlerde yersel küçük atımlar ölçmüştür. Bu askuşaklar kuzeyden güneye Ladik-Niksar-Bereketli Fay Zonu, Hanyeri-Gökçebel Fay Zonu, Kelkit Vadisi Fay Zonu' dur.

Seymen (1975); Kelkit Vadisinin Niksar-Reşadiye arasında yaptığı çalışmada; inceleme alanını kuzey blok ve güney blok şeklinde ikiye ayırarak ayrıntılı veriler sunmuştur. Aynı çalışmada yazarın Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki çalışmalarından, fayın Üst Miyosen yaşlı olduğu ve 85-95 km. dolayında sağ yanal atımı olduğundan söz edilmektedir.

Terlemez ve Yılmaz (1980); Ünye-Ordu-Reşadiye-Koyulhisar-Karaçayır-Hafik arasında yaptıkları çalışmalarında, Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde kalan kuzey blokta. Üst Jura' dan günümüze kadar devam eden zaman aralığında oluşan birimlerin stratigrafik ilişkilerini incelemişlerdir. Ayrıca çalışma alanının eski bir ada yayı olduğu düşünülerek levha tektoniği kuramına göre yorumlanarak bir model sunulmuştur.

Terzioğlu (1986); Koyulhisar-Mesudiye-Reşadiye arasında kalan bölgedeki Pliyosen yaşlı Erdembaba volkanitlerinin petrolojik ve kökensel yorumunu yapmış, kıtasal kabuk kökenli ve anateksi sonucu oluştuklarını belirtmişlerdir.

Toprak (1988); Koyulhisar-Suşehri arasında Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun tektonik özelliği konusunda yaptığı doktora çalışmasında, bölgenin tektonik özelliklerini ortaya koymuş, Üst Kretase' den Kuvaterner' e kadar kaya birimlerini ayırtlamış, bölgenin Doğu Pontidlerin güney zonunda yer aldığını belirtmiştir.

Koçyiğit (1989); Suşehri (Sivas) yöresindeki incelemelerinde Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun temel jeolojik özelliklerini ve toplam atımını saptamış, 18 km.lik sağ yanal atım belirlemiştir.

Uysal ve diğ. (1995); inceleme alanını da kapsayan ve bugüne kadar yapılmamış 1/25.000 ölçeğinde 6 adet pafta tamamlamışlardır. Daha sonra 1/25.000 ölçekli haritalardaki veriler 1/100.000 ölçekli haritaya aktarılarak çalışılan alanın 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, 21 formasyon, 19 üye ayırtlanmıştır.

Dünyada heyelan olayına yönelik olarak birçok çalışma yapılmıştır. Güncel çalışmalardan bazıları kronolojik sıra ile aşağıda özetlenmiştir.

Govi ve diğ. (1993); 1991 yılında Belluno (İtalya) yakınlarında Alpin Dolomitlerinde bir heyelan çalışması yapmıştır. Yöreye yerleştirdikleri uyarı sistemi ile kaya kütlelerinin davranışlarının kontrol edilmesi ve olası tehlikelerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Arazinin dinamik gelişiminin belirlenmesi amacıyla hava fotoğraflarının öncülüğünde harita çalışmaları yapılmıştır ve morfolojik özellikler ortaya konulmuştur.

Yamagishi ve Ito. (1994); Japonya' nın Hokkaido adasını, heyelan yayılımı ve bölgesel jeolojiyi temel alarak 9 alt bölüme ayırmıştır. Başlıca 4 zonun bu bölgede karakteristik olduğunu belirtmiştir. Bunlar; 1) Volkanik kaya zonu, 2) Yeşil tuf zonu, 3) Çamurtaş zonu ve 4) Serpantin-Yeşil kaya zonu. Buradan hareketle, tanımlanan tüm birimlerde gelişen heyelanlar belirlenmiştir.

Chihara ve diğ. (1994); Japonya' nın kuzeybatısında Tochiyama bölgesinde derin ve genişçe alan içerisindeki bir heyelanla ilgili çalışma yapmışlardır. Bu heyelan yaklaşık 2 km. uzunluğunda, 500-1100 m. genişliğinde ve 60 m. derinliğinde meydana gelmiştir. Heyelan 3 bölüm halinde gelişmiştir. Eski heyelan, yamaç molozu, çıkış çökelleri. Araştırmacı, heyelanın 1907' den 1983'e kadar 3.3 m. aşağı doğru hareket ettiğini

belirtmiştir. Bu da yıllık ortalama hareketin 4.3 cm. olduğunu gösterir. 1991' de kayma yüzeyinin hareketi sondaj kuyusuna yerleştirilen inklinometreler yardımıyla ölçülmüştür. İki tefra tabakasının yaşının tespit edilmesiyle heyelanın iki ayrı aşamada hareket ettiği belirlenmiştir. İlk olay yaklaşık 46.000-25.000 yıl önce olmuştur, diğeri ise M.S. 1361' de meydana gelmiştir. Orta Pleyistosen zamanında şiddetli tektonik hareketlerin etkisiyle Hokuriki bölgesinde ve ardından Tochiyama bölgesinde heyelanlar olmuştur. Ardından gelişen genç çökel birikimi, bölgesel yükselmeye ve ayrıca bölgesel erozyona neden olmuştur.

Dramis ve Sorriso-Valvo (1994); çalışmalarında şev deformasyonlarına neden olan tektonizma faktörü üzerinde durarak farklı makroyapısal etkileşimleri ortaya koymuşlardır.

Al-Homoud ve diğ. (1997); Jordan (Amman) bölgesinde meydana gelen heyelanda, suyun büyük rol oynadığını tespit etmişlerdir. Bölgede 1991/1992 yıllarında kış sezonu olağanüstü yağışlı geçmiş, böylece şev stabilite sorunları ortaya çıkmıştır. Geriye dönük analiz (Back Analysis) yöntemi kullanılarak heyelan olmadan önceki şartlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yarı kurak iklim şartlarının egemen olduğu bölgede 1992 Ocak ayında ortalama yağış miktarı 979.7 mm. olarak belirlenmiştir. Bu miktar son 50 yılın en yüksek değeridir. Araziden alınan kolüvyal, marnlı kireçtaşı, marn örnekleri üzerinde laboratuvarında analizler yapılarak su içeriği, kuru birim hacim ağırlığı, likit ve plastik limitleri, zemin sınıflamaları, üç eksenli basma dayanımları, kohezyon ve içsel sürtünme açıları belirlenmiştir. Su, heyelanın oluşumunda önemli bir faktör olmuştur. Yer altı su seviyesi yükselerek yumuşak birimleri etkilemiş, hareketlendirmiştir.

Santaloia ve Cancelli (1997); Mt. Campastrino (İtalya) bölgesinde oldukça karmaşık birimler içerisinde gelişmiş heyelanlar üzerinde yaptıkları çalışmalarda 8 heyelan grubu ile başlıca 5 şev gelişim evresi

belirlemiştirlerdir. Killi seviyelerin mekanik parametreleri tespit edilerek bunların yenilme mekanizmasındaki yeri üzerinde durmuşlardır.

Kamai (1998); Honshu adasında (Japonya), Sodechi ve Yonaihata bölgelerinde yaptığı çalışmada heyelanlar tespit etmiştir. Bunların özellikle kil malzemece zengin zonlarda geliştiğini, yüzeysel yer değiştirmenin tabansal gerilmelerle eş zamanlı olduğunu saptamıştır. Killer üzerinde yaptığı kesme deneyleri sonucunda 3 farklı davranış özelliği belirlemiştir. 1) Tamamen yumuşamış dayanım parametresi ϕ' (çeşitli killerde pik dayanımları için kullanılan bir parametre), 2) Örnek ayırma parametresi ϕ'_{ss} , 3) Artık dayanım parametresi ϕ'_r .

Turrini ve Visintainer (1998); sayısal haritalama yöntemi kullanarak heyelan tehlike bölgelerini ayırtmışlardır. Heyelan çalışmalarında kullanılan çeşitli parametreleri ayırmada kullanılan bu yöntem içerisinde aşağıdaki verileri kullanmışlardır. 1) Bölgedeki Kuvaterner çökellerinin ve kayaçların aşınabilirlik ve bozunabilirlikleri. 2) Aşırı hidrolik eğimde arazi permeabilitesi, 3) Süreksizlikler ve şev arasındaki geometrik oranlar ve Kuvaterner çökellerinin kalınlığı, 4) Şev açısı, 5) Arazi kullanımı. Araştırmacılar her faktör için ayrı haritalar hazırlamışlardır. Çalışmada elde edilen olumlu sonuçlar, duraysızlık sorunlarına gerçekçi yaklaşımlarda bulunmada önemlidir.

Calcaterra ve diğ. (1998); Barcelona' nın (İspanya) güneybatısında bulunan bölgede duraylılık sorunları üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Çeşitli kitle hareketlerinin yarmalar boyunca meydana geldiğini belirlemiştirlerdir. Bunların özellikle yığın akmaları, kama ve düzlemsel yenilmeler olduğunu saptamışlar, ayrıntılı jeolojik ve jeomorfolojik araştırmalar sonucunda yenilmelerin jeomekanik özellikleri ortaya konulmuştur. Buradan hareketle RMR ve SMR' ye göre sınıflamalar yapılmıştır. Ayrıca önemli yarmalarda sayısal duraylılık analizleri sınır

denge metodu temel alınarak yapılmıştır. Parametrelerden yararlanarak güvenlik faktörü belirlenmiş, olasılıklar artırılarak güvenlik faktörü yayılımı belirlenmiştir.

Fuchu ve diğ. (1999); Lantau adasında (Hong Kong) yaptıkları çalışmalarda şev ve topoğrafya etkisinin baskın olması sonucu gelişen yenilmeler üzerinde çalışmışlardır. Bu ada Hong Kong' a bağlı en uzak arazi parçasıdır. Oldukça dik bir topoğrafyaya sahiptir. Yamaç eğim açısı 25-40° arasında değişmektedir. Volkanik özellikli kayaların yüzelediği alanlarda translasyonel ve rotasyonel olarak gelişen kaya düşmelerini tespit etmişler ve haritalanmışlardır.

Polemio ve Sdao (1999); Avigliano yerleşim bölgesinde (İtalya) duraysızlıklar üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Araştırmacılar yaygın olarak kumlu-siltli, plastik materyal aralanmalı kaya parçaları ve konglomera blokları içeren bölgede yağışın da etkisiyle 5 heyelan belirlemişlerdir. Yağış ve heyelanlar arasındaki ilişki, uzun zaman aralıklı günlük yağış verileri de alınarak hidolojik ve istatistiksel modeller eşliğinde araştırılmıştır. Model, 1-180 gün üzerinde günlük kümülatif yağışın tekrarlı periyodu ile sınırlıdır. Hidrolojik ve istatistiksel bulguların sonuçları, birçok kritik duraysızlıkların yağış boyunca özelliklerini saptamak amacıyla tartışılmıştır. Yağış eşik değeri görüşü, kümülatif yağışın bazı olasılı sınıflarının tanımlanmasıyla genelleştirilmiştir. Bu sınıflar reaktivasyonun ileri eşikte olduğunu gösteren olaylardır.

Angeli ve diğ. (2000); yaptıkları çalışmalarda, çeşitli heyelan tiplerinde etkili olan faktörleri günümüz sosyo-ekonomik faktörleri de içine alarak araştırmışlardır. Şehirleşmelerde duraysızlık sorunlarına yol açan insan faktörünü araştırmışlardır. Bu araştırma günümüz teknolojik imkanları dahilinde gözetimin sürekli olmasını gerektirir. Bu araştırmalar 3 farklı heyelan bölgesine yerleştirilen algılayıcıların kayıt merkezlerine ulaştırdıkları hareket verilerinin değerlendirilmesiyle yorumlanmıştır.

1.2. Topoğrafya ve Ulaşım

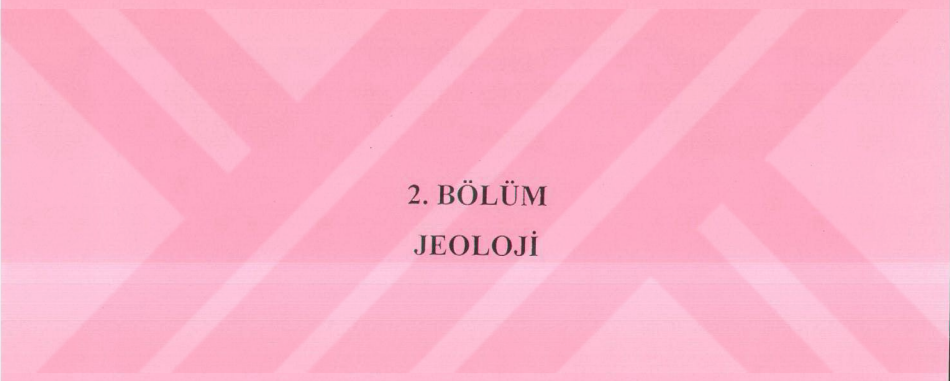
Çalışma alanı, İç Anadolu' nun kuzeydoğusunda, batıdan doğuya doğru uzanan Kelkit vadisini, kuzeyden güneye doğru dikine kesen bir vadi üzerindedir. Çalışma alanının özellikle K-KB kesimleri oldukça engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Boztepe, Çamiçi sırtı, Saytepe, Aşılık tepe önemli yükseltilerdir. Çalışma alanının doğu kesimleri genellikle düzlüktür. Güneye doğru gidildikçe, topoğrafyada belirgin bir yükselme görülür. Bu kesimlerde Ardıçlı tepe, Çapitevliya tepe, Ahmetdede tepe yükselti bakımından önemlidir. Çalışma alanının güneyinde Kelkit vadisi boyunca uzanan alüvyonlar yaklaşık 1 km'lik genişlikte bir zon şeklinde uzanır.

Sivas' tan Koyulhisar ilçesine ulaşım, Hafik, Zara, Suşehri ilçeleri üzerinden yaklaşık üç saatlik karayolu ile sağlanmaktadır.

1.3. Jeomorfoloji

Çalışma alanı topoğrafik olarak oldukça engebeli bir bölgedir. Yükseltiler: Dumanlıca tepe (2030 m), İğdir dağı (1825m), Kavacıkyazısı tepe (1767 m), Boztepe (1361 m), Saytepe (1240 m), Petele tepe (1200 m), Çapitevliya tepe (850 m)' dir. Topoğrafyanın eğimi kuzeyden güneye doğru azalmaktadır. Çalışma alanının en önemli akarsuyu, yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan Kelkit nehridir. Bu nehri, kuzeyden güneye akıntılı Çatak dere ve Gönen dere, güneyden kuzeye akıntılı Çaylakçukuru dere ve Karaçalı dere beslemektedir.

Koyulhisar ilçe merkezinin yaklaşık 2 km güneyinden geçen Kelkit nehri boyunca vadi genişliği Şıhlar mevkiinde 500 m, Köprübaşı mevkiinde 1000 m ve Pazaryeri mevkiinde 300 m civarındadır. Bunun en büyük nedeni, vadinin 2 km güneyinden geçen Kuzey Anadolu Fayı' nın farklı litolojilere etkisinden kaynaklanmaktadır.



2. BÖLÜM
JEOLoJİ

2. JEOLOJİ

Seymen (1975), Kuzey Anadolu Fay Zonu'nu baz alarak Kelkit Vadisi'nin Niksar-Reşadiye arasında kalan kısmında yaptığı çalışmada, fayın kuzeyinde kalan alanı "Kuzey Blok", güneyinde kalan alanı ise "Güney Blok" olarak ikiye ayırmıştır.

Kuzey Blok'un kuzey ve güney kesimleri de ayrı ayrı gerek stratigrafik özellikler ve gerekse de jeotektonik konum ve yaş özellikleri bakımından farklılıklar göstermektedir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Her iki Blok'un ortak örtü kayası Pliyosen yaşlı Erdembaba Volkanitleri (Ter)'dir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Kuzeyindeki blokun Üst Kretase yaşlı çökelleri, kaya türü topluluğu ve yaşları açısından güneydekilerden farklıdır. Kuzeydeki Üst Kretase volkano-sedimanter istifindeki volkanik ara katkılar güneye doğru dereceli olarak azalmaktadır. Ayrıca güneydeki ve kuzeydeki Eosen yaşlı kayalar da kaya türleri bakımından farklılıklar sunmaktadır. İnceleme alanının daha güneyindeki Güney Blok, Kuzey Anadolu Fayının güneyinde olup buradaki farklı ortam koşullarını oluşturan formasyonları kapsamaktadır (Uysal ve diğ., 1995).

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kuzeyinde yer almaktadır.

2.1. Stratigrafik Jeoloji

Çalışma alanının yaklaşık 5 km. güneyinden geçen ve yaklaşık olarak Doğu-Batı yönünde uzanan Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun kuzeyinde kalan bölge Kuzey Blok olarak adlandırılmış olup bu bölge de kendi içinde farklı stratigrafik ve jeotektonik özellikler nedeniyle Kuzey Bölüm ve Güney Bölüm olarak ikiye ayrılmıştır (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Çalışma alanı ise kuzeydeki blokun Güney Bölümünde yer almaktadır.

Çalışma alanının temelini Üst Kretase yaşlı bazaltik lav akıntılarından oluşan Üst Santoniyen-Alt Maestrihtiyen yaşlı Kapaklı Formasyonu ile bu birim üzerine uyumsuz olarak gelen kumlu kireçtaşı-kireçtaşı ardalanmasından oluşan Üst Maestrihtiyen yaşlı İğdir Formasyonu yer almaktadır. Bu birim üzerine uyumsuz olarak aglomera, tüf ve andezitik lav akıntılarından oluşan Eosen yaşlı Yeşilce formasyonu gelmektedir. Bu Formasyon Kuzey Blok'un Kuzey bölümüne dahil edilmiştir. Andezitik-bazaltik lav akıntılarından oluşan Pliyosen yaşlı Erdembaba Volkanitleri ise ortak örtü kayası olarak gözlenmektedir. Kuvaterner yaşlı kum, kil, çakıl bileşimli alüvyal yelpazeler tüm birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (Uysal ve diğ., 1995) (Şekil 2.1) (Ek 1).

2.1.1. Kapaklı Formasyonu (Krk)

Volcano-sedımanter istif niteliğinde olan birim Seymen (1975) tarafından adlandırılmıştır. Tip yeri Reşadiye yöresidir. Çalışma alanında Kelkit Çayı'nın kuzey ve güney kenarlarında, Yukarıkale mahallesi, Pazaryeri mahallesi, Köprübaşı mahallesi, Kurt sırtı ve Karatepe mevkiğinde gözlenmektedir. Birim, Üst Santoniyen-Alt Maestrihtiyen yaşlı olup Seymen (1975) tarafından, koyu gri-siyah renkli, bol eklemlı bazaltlardan oluştuğu ifade edilmiştir.

2.1.2. İğdir Formasyonu (Kri)

Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından "İğdir Kireçtaşı" olarak adlandırılan birim, genellikle kumlu kireçtaşı ve yer yer ara katkılı kumtaşı ve kıltaşı ardalanmasından oluştuğu için Toprak (1980) tarafından "İğdir Formasyonu" olarak isimlendirilmiştir. Birim Kapaklı Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Tip yeri İğdir Dağı mevkiidir. Çalışma alanında, Kavacık Çiftliği, Miseri Çiftliği, Kalebaşı mahallesi, Kelifçukuru ve Kızılalan Yayla civarında yüzeylenmektedir. (Uysal ve diğ., 1995)

KRETASE		TERSİYER			Kuvaterner	SİSTEM	KAYA TÜRÜ	LİTOLOJİK AÇIKLAMA
Üst Kretase	Eosen	Pliyosen			SERİ			
Kapaklı	Yeşilbe	Erdembaba volkanitleri			FORMASYON			
Kkk	Tje	Ter			SİMGE			
					Ca		Alüvyon ve yamaç molozu	
							Genellikle andezitik, daha az bazaltik lav akıntıları	
							Aglomera, tuf ve andezitik lav akıntıları	
							Kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ar dalanması	
							Bazaltik lav akıntısı	

ÖLÇEKSİZ

Şekil 2.1. Çalışma alanının geliştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Uysal ve diğ., 1995' den yararlanılarak).

Orbitoides apiculata SCH., *Omphalacyclus* sp., *Orbitoides* sp., *Rotalidae*, *Milliolidae*, *Rudist kavkı*' larına dayanarak birime Üst Maestrihtiyen yaşı vermişlerdir. Birim beyazımsı sarı renkli, yaygın olarak ince-orta katmanlı, yer yer kalın katmanlı, bol çatlaklı kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşmuştur.

2.1.3. Yeşilce Formasyonu (Tye)

İlk olarak Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından adlandırılan bu birim, İğdir Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Çalışma alanında oldukça geniş bir alan kaplayan birim. Taşınar mahallesi, Çakıl çiftliği, Koyulhisar ilçe merkezi, Kuruseki mahallesi, Uluyazı mevkii, Kıran mahallesi, Elvesi mahallesi ve Ardıçlı tepe mevkilerinde yüzeylenmektedir. (Uysal ve diğ., 1995) *Nummulites* sp., *Discocyclina* sp., *Orbitolites* sp., *Eponides* sp.' lere dayanarak birime Lütesiyen yaşı vermişlerdir. Birim oldukça gevşek dokulu aglomera-tüf ve gri-yeşil renkli, eklemlili, breşik görünümlü andezitik lav akıntularından oluşmaktadır.

2.1.4. Erdembaba Volkanitleri (Ter)

Yeşilce Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen bu birim ise, ilk olarak Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından "Erdembaba Bazaltları" olarak ayrılanmış, ancak bu volkanitlerin çalışma alanında sadece bazaltlardan oluşmayıp, yaygın olarak andezit ve yer yer de bazaltlardan oluşması nedeniyle Uysal ve diğerleri (1995)' nin adlandırdığı "Erdembaba Volkanitleri" adı altında incelenmesi uygun görülmüştür. Birim, Kuzey Blok'un her iki bölümünde de ortak örtü kayası olup çalışma alanında Temi mahallesi, Aklan mahallesi, Çamiçi sırtı, Şıhlar mahallesi, Bükebağ mahallesi, Aşağıkale mahallesi, Sakallar mahallesi ve Boztepe mevkinde yüzeylenmektedir. Stratigrafik konumuna göre Eosen yaşlı kayalar üzerine açısız uyumsuzlukla geldiği ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından

örtüldüğü için Uysal ve diğ. (1995)' ne göre Pliyosen yaşı uygun görülmüştür. Genellikle sarımsı-beyaz renkli, oldukça bol eklemli, andezitik daha az da bazaltik lav akıntularından oluşan birim içerisinde Boztepe güneyi. Çatakdere boyunca ince-orta katmanlı jips bantlarına rastlanmaktadır.

2.1.5. Alüvyon (Qal)

Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Kelkit Çayı boyunca fay denetimli taraça çakılları, alüvyon yelpaze çökelleri ve alüvyon dolguları şeklinde gelişen birim, çakıl, kum ve siltlerden oluşmaktadır (Uysal ve diğ., 1995).

2.2. Yapısal Jeoloji

Çalışma alanı, Anatolid ve Pontid tektonik birliklerini ayıran ve Kelkit Vadisi'ne paralel uzanan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kuzey kesiminde yer alır. Önceki bazı çalışmalarda da belirtildiği gibi (Ketin, 1969 ve 1976) Kuzey Anadolu Fay Zonu olarak, doğuda Van Gölü'nden batıda Marmara Denizi'ne kadar çoğunlukla aynı doğrultuda sıralanmış çoğu onlarca, bazıları yüzlerce km. uzunlukta (Ketin, 1976) doğrultu atımlı, sağ yönlü faylar kastedilmektedir.

Daha önceki çalışmalarda, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun birkaç kilometrelik dar bir ezik zon şeklinde olduğu ileri sürülmüştür. Ancak daha sonra yapılan araştırmalar neticesinde genellikle geniş bir zon şeklinde geliştiği belirlenmiştir. Örneğin bu fay zonunun Karlıova' daki genişliğinin 20-25 km., Reşadiye-Niksar arasında 15-20 km., Gerede-Ilgaz arasında 15-17 km., Koyulhisar çevresinde ise yaklaşık 6-8 km. olduğu belirlenmiştir (Toprak, 1988).

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Türkiye sınırları içerisindeki uzunluğu yaklaşık 1200 km. (Barka, 1984) olup, net atım, yıllık göreceli

hareket ve yaşımların karşılaştırmalı değerleri Çizelge 2.1. ve Çizelge 2.2.'de verilmiştir (Tatar, 1993).

Çizelge 2.1. Araştırmacılar göre Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki yıllık doğrultu atımlı sağ yanal hareketin karşılaştırmalı tablosu (Tatar, 1993).

Referans	Hareket	
	Jeolojik	Jeofizik
McKenzie (1972)		5 cm/yıl
Tokay (1973)	1-1.5 cm/yıl	
North (1974)		3.2 cm/yıl
Arpat ve Şaroğlu (1975)	1-1.5 cm/yıl	
Seymen (1975)	0.5 cm/yıl	
Toksöz ve diğ. (1979)		12 cm/yıl 1939-1979 arası
Barka (1981)	0.45-0.5 cm/yıl	
Barka ve Hancock (1984)	0.45-0.5 cm/yıl	
Dewey ve diğ. (1986)	0.39-0.89 cm/yıl	
Koçyiğit (1988a)	5.0 cm/yıl-son 50 yıl	
Barka ve Gülen (1988)	0.5-1 cm/yıl	
Tatar (1993)	0.52 cm/yıl	

Seymen (1975), Kelkit Vadisi'nin Niksar-Reşadiye arasında kalan kesiminde yaptığı çalışmada Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndaki fayları iki grupta toplamıştır. Birinci grup $K70^{\circ}B$ doğrultulu ve aktif faylara koşut faylar olup, Ladik-Niksar-Bereketli Fay Zonu, Hanyeri-Gökçebel Fay Zonu ve Kelkit Vadisi Fay Zonu dur. Bu üç zonda da sağ yönlü doğrultu atımların saptandığı öne sürülmüş, ikinci grubun ise $K0^{\circ}-50^{\circ} D$ doğrultulu ikincil karşıt faylar olduğunu belirtmiştir.

Üst Kretase'de Neotetis okyanusunun kuzey kolunun kapanması sonucu gelişen ve Eosen sonuna kadar devam eden volkanik aktiviteye bağlı olarak Kapaklı ve Yeşilce Formasyonlarına ait kalkalkalen ve yer yer alkalin karakterli volkanik kayalar oluşmuştur. Erdembaba Volkanitleri

ise Pliyosen yaşı, kalkalkalen karakterli olup Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun gelişimiyle ilgilidir (Uysal ve diğ., 1995).

Toprak (1988), inceleme alanı ve yakın civarındaki çalışmaları neticesinde, yönelim ve dağılımlarına göre fayları; Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ). Koyulhisar seti, Kelkit seti, Kuruçay seti, Şihlar seti olmak üzere 5 ayrı set olarak gruplandırmıştır (Şekil 2.3).

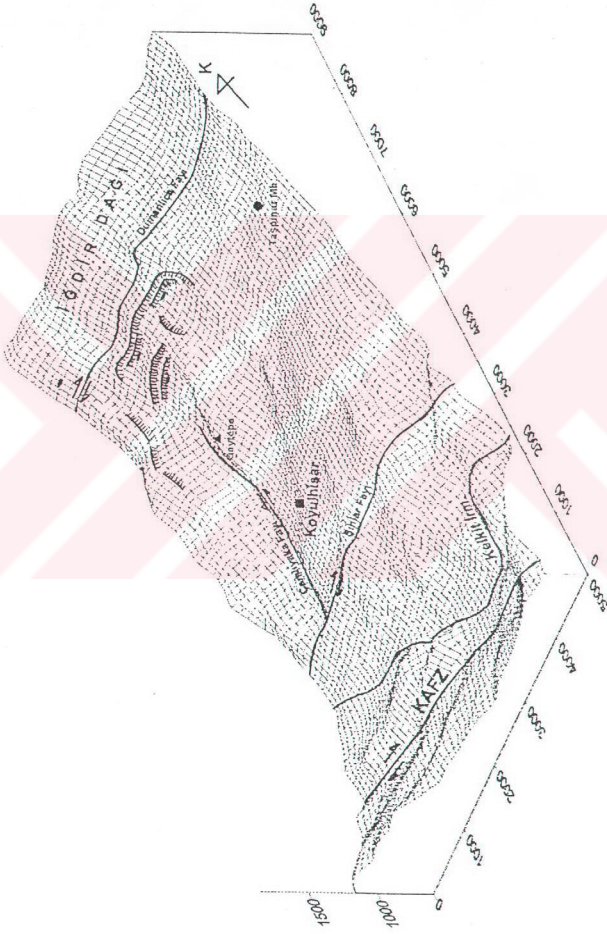
Bunların dışında gömülü olan faylar da bulunmaktadır. Örnek olarak Çamlıyaka (Çamiçi), Kesikkaş, Arpacı, Akçaağıl ve Ekenek fayları verilebilir (Toprak, 1988).

Koyulhisar Fay Seti: Koyulhisar fay seti 12 km. uzunluğunda ve 2.5 km. genişliğinde, D-B yönünde uzanan ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)' nun kuzeyinde yer alan bir alt zondur. Doğuya doğru KAFZ' den ayrılır ve 4.5 km. ayırdımla sonlanır. Bu fay seti içerisinde değişik uzunluklara sahip Dumanlıca, Kızılcukur ve Saytepe fayları paralel, yarı paralel olarak uzanırlar (Toprak, 1988).

Dumanlıca fayı Taşpınar ve İkizyaka köyleri arasında Dumanlıca tepenin güneyi boyunca uzanır. Bu fay yaklaşık 12-13 km.lik bir hat boyunca gözlenebilmektedir. 1939 depreminin bir kırığı niteliğinde olan bu fayın düşey atım bileşeni de vardır (Toprak, 1988).

Kızılcukur fayı Dumanlıca fayının 1.5-2 km. güneyinde E-W yönünde uzanan 6-7 km. lik bir uzanımına sahip bir faydır. Koyulhisar' ın yaklaşık 1 km. KB' sında yaklaşık 250 m.lik sağ yanal bir atıma sahiptir (Toprak, 1988).

Saytepe fayı Dumanlıca fayının 2 km. güneyinde D-B yönelimli bir faydır. Saytepe' ye 4 km. mesafede, Kayaören köyünün 3 km. kuzeybatısındadır (Toprak, 1988).



Şekil 2.3. Çatışma alanının blok diyagramı üzerinde, faylar ve heyelanların konumu.

Çizelge 2.2. Çeşitli araştırmacılara göre Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki toplam atım ve fayın yaşının karşılaştırmalı tablosu (Tatar, 1993).

Referans	Çalışma alanı	Toplam atım	Yaş
Pavoni (1961)	Ankara-Amasya-Bayburt	350-450 km	Kretase
Ketin(1969-1976-1983)	(tümü)	Yaklaşık 10 km	Orta-geç Miyosen
Kopp ve diğ.(1969)		30 km	Oligosen
Tokay (1973)	Gerede-Ilgaz	60-80 km	erken Pliyosen
Seymen (1975)	Reşadiye	85+5 km	orta Miyosen
Bergougnan (1975)	Kelkit	100-120 km	geç Kretase
Fourguin (1975)		30 km	
Tatar (1978)	Refahiye-Erzincan	50-60 km	Pliyosen
Barka (1981)	KAFZ'nin orta kesimleri	25+5 km	Pliyosen
Barka ve Hancock (1984)		25+5 km	G. Tortoniyen ve Pliyosen
Şaroğlu (1985)		7,5 km	geç Pliyosen
Şengör ve diğ. (1985)	(tümü)	85+5 km	geç Miyosen
Dewey ve diğ. (1986)	(tümü)	85+5 km	geç Miyosen
Tutkun (1986)	Erzincan-Karlıova		G.Miyosen-E.Pliyosen
Hempton (1987)			G.Miyosen-E.Pliyosen
Şaroğlu (1988)		20-25 km	G.Pliyosen
Koçyiğit (1989)	Suşehri	35 km	Pliyosen
Koçyiğit ve Rojay (1988)	Mezifon-Suluova		Pliyosen
Dirik (1991)	Vezirköprü		geç Pliyosen veya daha genç
Tatar (1993)	Niksar	18 km	geç Pliyosen

Şihlar Fay Seti: Bu fay seti KAFZ' nin yaklaşık 1 km. kuzeyinde yer alan tek bir faydır. Yaklaşık 4 km. 310° uzanımlı olarak devam eder sonra güneye döner ve KAFZ' ye paralel olarak devam eder. Bu fay seti üzerinde alüvyal yelpazeleri, dik fay sarplıkları, fay kontrollü nehir-teras yapıları gibi birçok tektono-morfolojik özellikler bulunmaktadır. Alüvyal yelpazeler, Şihlar fay seti boyunca sıklıkla gözlenir. Deforme olmuş alüvyal yelpazeler batıya doğru eğimli sağ yanal hareketleri içermektedir. Şihlar fayı boyunca

gelişen fay sarplıkları Yukarıkale, Şıhlar ve Aşağıkale civarlarında çok iyi gözlenir. Nehir-teras yapıları çoğunlukla Aşağıkale ve Yukarıkale köyleri arasında yoğunlaşmıştır. Bu çökellerin tümü, fayın güney blok kısmında gözlenir (Toprak, 1988).

Kelkit fay seti: Bu fay seti KAFZ' nin kuzeyinde yer alır ve Kelkit nehri boyunca uzanır. Yaklaşık 1 km. genişliğinde ve 17 km. uzunluğunda çeşitli uzunlukta fay segmentlerinden oluşmuştur. Kelkit fay seti içerisinde Yalnıztepe, Kılıçpınar, Kayaören, Kelkit-1 ve Kelkit-2 fayları bulunur (Toprak, 1988).

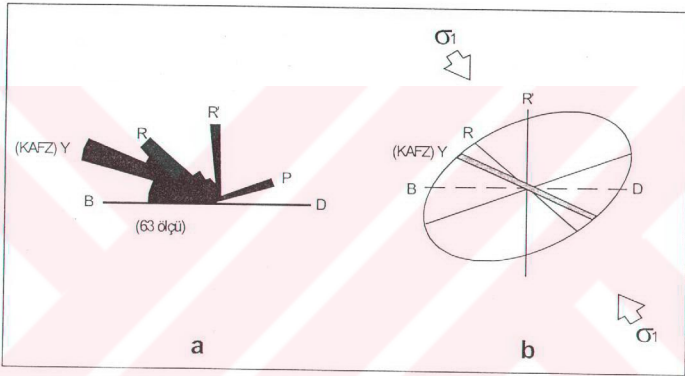
Çamlıyaka (Çamiçi) fayı Çamlıyaka' nın doğusunda yer alır. Toprak (1988)' e göre 4 km. uzunluğunda antitetik bir faydır.

Koyulhisar Depresyonu: Bu depresyon küçük ölçekli bir pull-apart havza niteliğinde, sağa atlamalı. Koyulhisar ve Kelkit fay setlerinin bir karakteristiğidir. Bu havza KAFZ' nin her iki tarafında ve Şıhlar fay setinin güney bölümündedir. Havzanın batı sınırında Çamlıyaka (Çamiçi) fayı, doğu sınırında yaklaşık K-G yönelimli normal fay bulunmaktadır. Havza örtüsünün alanı 35 km² olup Pliyo-Kuvaterner yaşlı fay taraça dolguları ve yamaç molozu çökelleri ile örtülüdür (Toprak, 1988).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Gerek fay ölçümleri ve gerekse tabaka ölçümlerinden yola çıkarak bölgedeki sıkışma yönünün K10-30B-G10-30D aralığında olduğu tespit edilmiştir (Koçyiğit, 1985,1987,1989; Koçyiğit ve diğ., 1985; Koçyiğit ve Tokay, 1985; Şaroğlu ve Güner, 1981).

Koyulhisar-Suşehri arasında KAFZ batıdan doğuya doğru daralmakta, daha doğuda ise yeniden genişlemektedir. Kuşak içinde yer alan birincil faylar genelde K60-70B, Koyulhisar yakın dolayında ise

yaklaşık D-B gidişlidir. İkincil (sentetik) faylar ana fay ile 20-40° arasında değişen açılar yapmakta, antitetik faylar ise KKD-GGB doğrultusunda gelişmiş bulunmaktadır. Buna göre, bu fayların oluşumuna yol açan en büyük sıkışma gerilmesi K20B-G20D doğrultusundadır (Toprak, 1988) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. a. Fayların egemen yönelimlerini gösteren gül diyagramları, **b.** Faylarla ilgili açıklamalar KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, Y: Y-makaslaması (290°-300°), R: Riedel makaslama (310°-320°), R': eşlenik makaslama (350°-360°), P: P-makaslaması (070°-080°), σ_1 , asal gerilme yönü (330°-340°) (Toprak 1988' den).

Çalışma alanındaki birimlerde toplam 802 adet kırık ve çatlak ölçümü yapılmıştır. Bu eklem ölçümlerinin analizi sonucunda egemen eklem takımlarının yöneliminin Erdembaba Volkanitlerinde K40D/86GD, K88D/89GD, K34B/89KD, İğdir Formasyonunda K18B/70KD, K52D/23KB ve Yeşilce Formasyonunda K64B/84GB, K-G/2B şeklinde oldukları belirlenmiştir (Şekil 2.5).

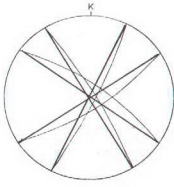
Çatlakların sıkışma yönü ile olan ilişkisine göre çalışma alanındaki birimlerde Price (1966)' ın önerdiği genetik ve kökensele sınıflandırmalar yapılmış ve değerlendirilmiştir (Çizelge 2.3, 2.4 ve 2.5.).

Çizelge 2.3. İğdir Formasyonunun çeşitli lokasyonlarında tespit edilen eklemlerin genetik ve kökensele sınıflandırılması.

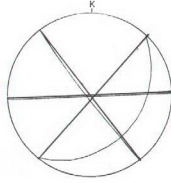
Lokasyon Adı	Eklem No	Eklem Yönelimi	Genetik Sınıflandırma	Kökensele Sınıflandırma
Ardıçlı	I	K14°B, 68KD	Enine	Tansiyon
	II	K13°D, 89°GD	Diyagonal	Makaslama
Heyelan	I	K10°B, 83°KD	Enine	Tansiyon
	II	K59°B, 23°KD	Boyuna	Genişleme
Aşılık Tepe	I	K9°B, 60°GB	Enine	Tansiyon
	II	K50°D, 25°KB	Boyuna	Genişleme
	III	K55°D, 83°KB	Boyuna	Genişleme
Yanıktepe	I	K22°B, Dik	Enine	Tansiyon
	II	K78°B, 83°KD	Boyuna	Genişleme

Çizelge 2.4. Yeşilce Formasyonunun çeşitli lokasyonlarında tespit edilen eklemlerin genetik ve kökensele sınıflandırılması.

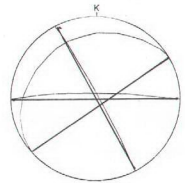
Lokasyon Adı	Eklem No	Eklem Yönelimi	Genetik Sınıflandırma	Kökensele Sınıflandırma
Çakıl Çiftliği	I	K44B, 34°KD	Diyagonal	Makaslama
	II	K86°B, 82°GB	Boyuna	Genişleme
Heyelan	I	K20°D, 46°KB	Diyagonal	Makaslama
	II	K60°D, 78°KB	Boyuna	Genişleme
Tuğladağ	I	K40°D, 47°GD	Boyuna	Genişleme
	II	K66°B, 79°GB	Diyagonal	Makaslama
Yukarı Mah.	I	K20°B, 58°GB	Enine	Tansiyon
	II	K62°B, 85°GB	Diyagonal	Makaslama



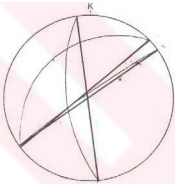
E-1



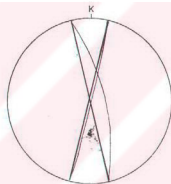
E-2



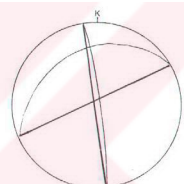
E-3



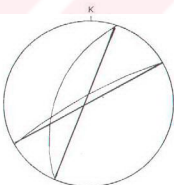
I-1



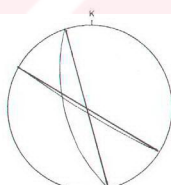
I-2



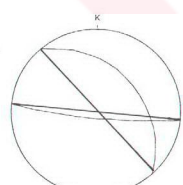
I-3



Y-1



Y-2



Y-3

Şekil 2.5. Çalışma alanındaki birimlerde stereonet üzerinde egemen eklem sistemleri (E:Erdembaba Volkanitleri, I: İğdir Kireçtaşı, Y: Yeşilce Formasyonu). Ekvatoryal, eşit alan, alt yarımküre.

Çizelge 2.5. Erdembaba Volkanitlerinin çeşitli lokasyonlarında tespit edilen eklemelerin jenetik ve kökensele sınıflandırılması.

Lokasyon Adı	Eklem No	Eklem Yönelimi	Jenetik Sınıflandırma	Kökensele Sınıflandırma
Çamiçi	I	K35°B, 82KD	Diyagonal	Makaslama
	II	K58°B, 82°KD	Diyagonal	Makaslama
	III	K25°D, 82°GD	Diyagonal	Makaslama
	IV	K56°D, 82°GD	Boyuna	Genişleme
Kavacık	I	K6°B, 80°GB	Enine	Tansiyon
	II	K7°B, 84°KD	Enine	Tansiyon
	III	K53°B, 81°GB	Diyagonal	Makaslama
	IV	K38°D, 78°KB	Boyuna	Genişleme
Orta Mah.	I	K40°B, 86°GB	Diyagonal	Makaslama
	II	K40°D, 26°GD	Boyuna	Genişleme
	III	K86°D, Dik	Boyuna	Genişleme
Üçyol	I	K30°B, 85°KD	Diyagonal	Makaslama
	II	K56°D, 17°KB	Boyuna	Genişleme
	III	K89°D, 83°KB	Diyagonal	Makaslama
Saytepe	I	K-G, 3°D	Diyagonal	Makaslama
	II	K52°D, 84°GD	Boyuna	Genişleme

Ayrıca birimler içerisinde gelişmiş olan eklemelerin genel dağılımlarını görmek ve sıkışma yönüne göre yorum yapabilmek için tüm ölçümler esas alınarak jenetik ve kökensele sınıflamalar yapılmıştır (Çizelge 2.6.).

Çizelge 2.6. Çalışma sahasındaki tüm birimlere ait eklemelerin jenetik ve kökensel sınıflandırması.

Birim Adı	Eklem No	Eklem Yönelimi	Jenetik Sınıflandırma	Kökensel Sınıflandırma
Yeşilce	I	K64°B, 84°GB	Diyagonal	Makaslama
	II	K-G, 2°B	Diyagonal	Makaslama
İğdir	I	K18°B, 70°KD	Enine	Tansiyon
	II	K52°D, 23°KB	Boyuna	Genişleme
Erdembaba	I	K40°D, 86°GD	Boyuna	Genişleme
	II	K34°B, 89°KD	Diyagonal	Makaslama
	III	K88°D, 89°GD	Boyuna	Genişleme

Sonuç olarak, Yeşilce Formasyonunda iki yönde gelişmiş makaslama eklemeleri, İğdir Formasyonunda tansiyon ve genişleme eklemeleri ve Erdembaba Volkanitlerinde ise iki yönde gelişmiş genişleme eklemeleri ile tek yönde gelişmiş makaslama eklemeleri belirlenmiştir.

3. BÖLÜM
MİNERALOJİ-PETROGRAFİ

3. MİNERALOJİ-PETROGRAFI

Çalışma alanında yüzeyleyen kayaların mineralojik ve petrografik özellikleri incelenip kaya tanımlamaları yapılarak, litolojinin ayrışma ve bozunmaya olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu incelemeler, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı'nda hazırlanan lam preparatlar (ince kesit) üzerinde Nikon-Labophot-Pol tipi binoküler araştırma mikroskobunda Moorhouse (1969), Erkan (1972, 1994), McKenzie ve Guildorf (1980), tarafından tanımlanan ölçütlere göre gerçekleştirilmiştir. Bu incelemeler, yaygın olarak arazide oldukça geniş yüzeylemeler sunan volkanik ve sedimanter kayalarda yapılmış, kayayı oluşturan bileşenler ve bunların dokusal özellikleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; alterasyon ve bozunma ürünleri saptanmıştır.

Erdembaba Volkanitleri' ne ait birimlerden alınan örnekler üzerinde yapılan optik mikroskopik (OM) çalışmalarda Streckeisen (1976) diyagramı kullanılarak bu birimlerin yaygın olarak bazaltik ve andezitik kayalardan oluştuğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. Erdembaba Volkanitlerine ait kayaç örneklerinin optik mikroskobik inceleme sonuçları.

Örnek	Doku	Bileşim	Özellikler	Kayaç
IA	Holokristalin Hipidiyomorf Porfirik	Plj+Om+Bi+Hb+Öj	Biyotitlerde opasitleşme	Andezit
IC	Holokristalin Hipidiyomorf Porfirik	Plj+Om+Bi+Öj	Biyotitlerde opasitleşme	Bazalt

Plj:Plajiyoklaz, Om:Opak min., Bi:Biyotit, Hb:Hornblend, Öj:Öjit.

Bu birimi oluşturan fenokristallerin hornblend, plajiyoklaz, öjit ve biyotitlerden oluştuğu saptanmıştır (Foto 3.1.) Plajiyoklazların genellikle zonlu doku gösterdikleri, hornblendlerin tek yönde dilinime sahip oldukları gözlenmiştir. Kayalarda yaygın olarak gözlenen dokunun holokristalin

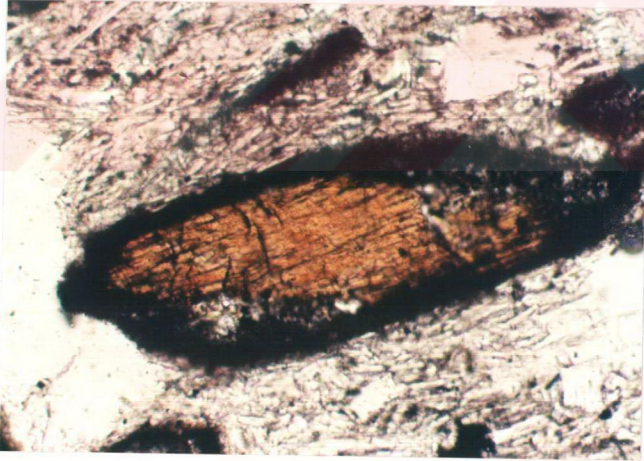


Foto 3.1. Erdembaba Volkanitlerine ait bazaltlardaki biyotitlerde gelişen opasitleşme; a) çift nikol, b) tek nikol 10x10 (E1).

hipidiyomorf porfirik doku olduğu saptanmış, yer yer karbonatlaşma ve biyotitlerde opasitleşme (Foto 3.2.) türü bozunmalara da rastlanmıştır (Foto 3.3).

Yeşilce Formasyonu' na ait örneklerin OM incelemeleri sonucunda, Streckeisen (1976) diyagramı kullanılarak birimlerin bazaltik karaktere sahip oldukları saptanmıştır (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Yeşilce Formasyonuna ait kaya örneklerinin optik mikroskopik inceleme sonuçları.

Örnek	Doku	Bileşim	Özellikler	Kayaç
3A	Holokristalin Hipidiyomorf Porfirik	Plj+Om+Bi+Öj	Biyotitlerde opasitleşme	Bazalt
3C	Holokristalin Hipidiyomorf Porfirik	Plj+Ap+Bi+Öj	Biyotitlerde opasitleşme	Bazalt

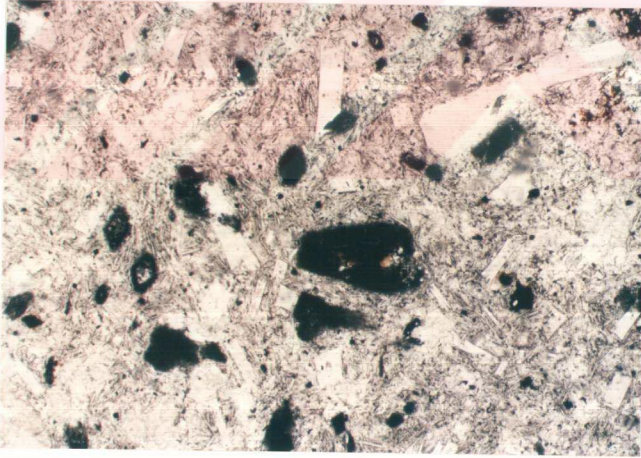
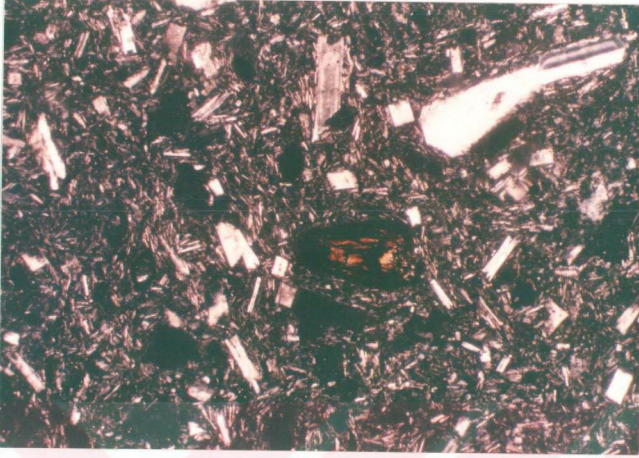
Plj:Plajiyoklaz, Om:Opak min., Bi:Biyotit, Hb:Hornblend, Öj:Öjit, Ap:Apatit.

Yeşilce Formasyonuna ait kayaların; plajiyoklaz, öjit, biyotit fenokristallerinden ve opak minerallerden oluştuğu saptanmıştır (Foto 3.4). Plajiyoklazların genellikle zonlu doku gösterdikleri, hornblendlerin tek yönde dilinime sahip oldukları gözlenmiştir. Yer yer karbonatlaşma türü bozunmalara da rastlanmıştır. Yaygın olarak holokristalin hipidiyomorf porfirik doku egemendir (Foto 3.5).

İğdir Formasyonu' na ait numunelerin optik mikroskopik incelemeleri neticesinde, Dunham (1962) diyagramı kullanılarak, bu birimlerin mikritik ve intraklastlı oosparitik karakterli oldukları saptanmıştır (Çizelge 3.3.).

Çizelge 3.3. İğdir Formasyonuna ait kaya örneklerinin optik mikroskopik inceleme sonuçları.

Örnek	Dokusal Olgunluk	Bileşim	Bağlayıcı	Kayaç
2A	-	Fosil kalıntıları	Mikrit	Mikrit
2C	Olgun	Intraklast, fosil, oolit	Sparit	Intraklastlı oosparit



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

Foto 3.2. Erdembaba Volkanitlerine ait bazaltların genel görünümü; a)çift nikol, b) tek nikol 4x10 (E2).

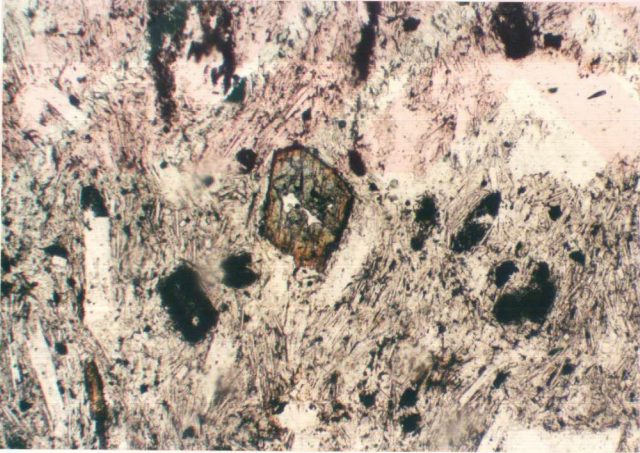
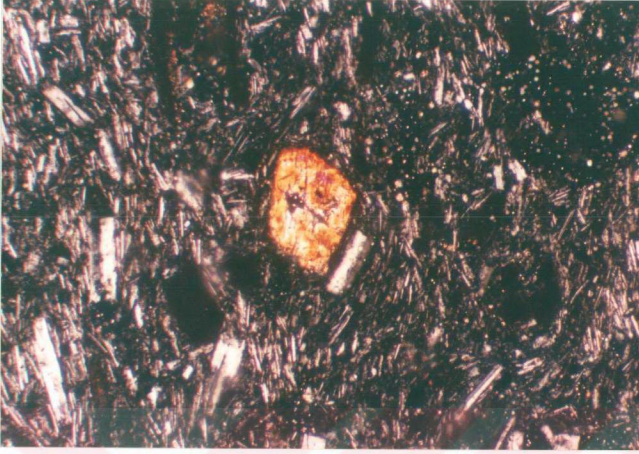


Foto 3.3. Erdembaba Volkanitlerine ait bazaltlardaki öjit fenokristalinin görünümü; a)çift nikol, b) tek nikol 10x10 (E3).

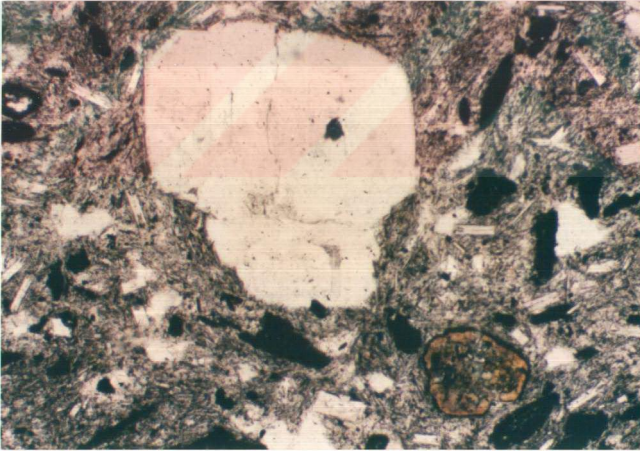


Foto 3.4. Yeşilce Formasyonuna ait bazaltlardaki plajiyoklaz fenokristalinin görünümü; a)çift nikol, b) tek nikol 4x10 (Y1).

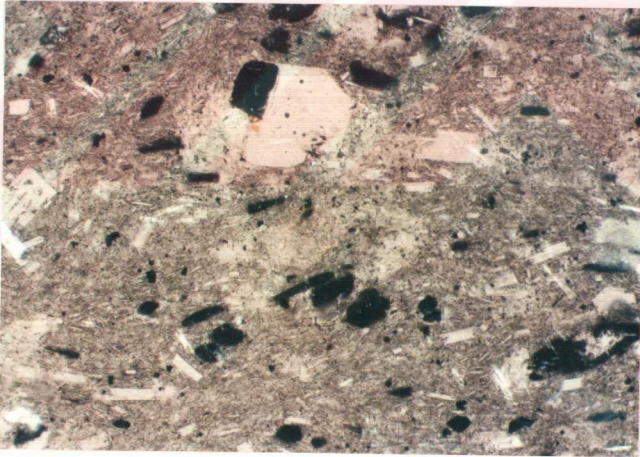
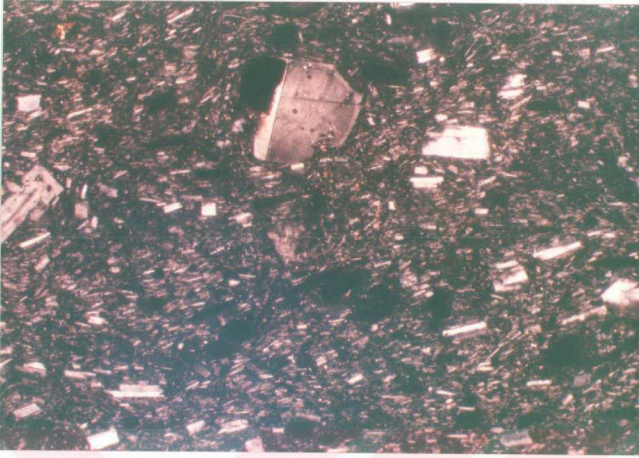


Foto 3.5. Yeşilce Formasyonuna ait bazaltların genel görünümü: a)çift nikel, b) tek nikel 4x10 (Y2).

İntraklastlı oosparit bileşenlerinden, intraklastlar gelişigüzel biçimli, kötü boylanmalı, fosiller ise miliolid ve idalin (Foto 3.6.) cinslerindedir. Oolitler konsantrik halkalar şeklinde, bazen yuvarlak ve elipsoidaldir. Bağlayıcı türü kalsittir. Tane boyu ve şekli orta kum ve yuvarlak, köşeli, yarı köşelidir. İstiflenme oldukça iyidir. Bağlayıcı sparit olduğu için iyi yıkanmış, boylanma orta-iyi, yuvarlaklık iyi olduğundan dokusal açıdan olgundur (Foto 3.7).

Sparit bağlayıcının varlığı, çökeltme havzasının sığ ve enerjisinin yüksek olduğunu gösterir. Oolitlerin varlığı, sığ ve çalkantılı bir ortamı belirtir. Kayacın oluşum ortamının enerjisi yüksek ve çalkantılı bir ortam olduğu söylenebilir.

Mikrit içerisinde az da olsa miliolid cinsi fosil izlerine rastlanmıştır. Bağlayıcı mikrokristalin kalsittir. Ortamsal olarak durgun denizel bir ortamdan söz edilebilir (Foto 3.8).

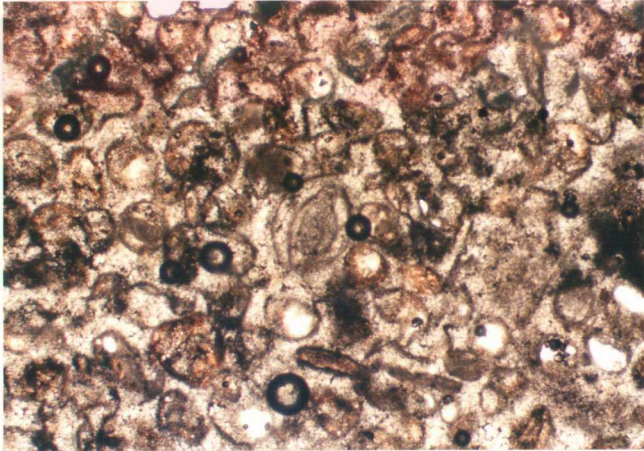


Foto 3.6. İğdir formasyonu'na ait intraklastlı oosparitlerdeki, intraklastlardan bir görünüm 5x10 (İ1).

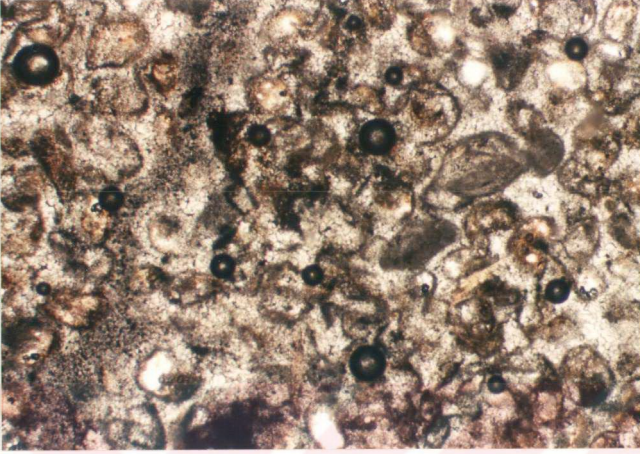


Foto 3.7. İğdir Formasyonuna ait intraklastlı oosparitlerdeki sparit bağlayıcıdan bir görünüm 4x10 (İ2).

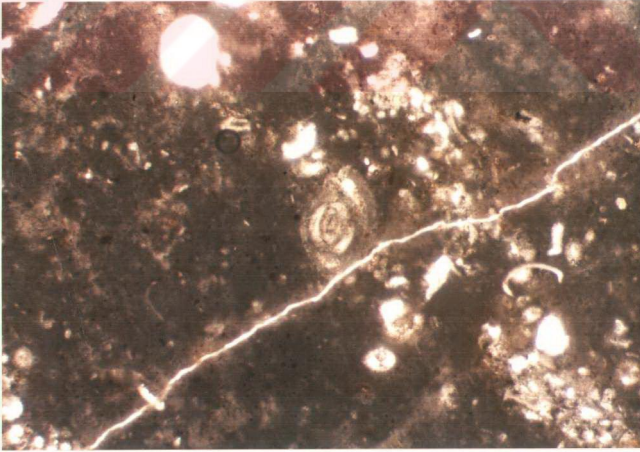


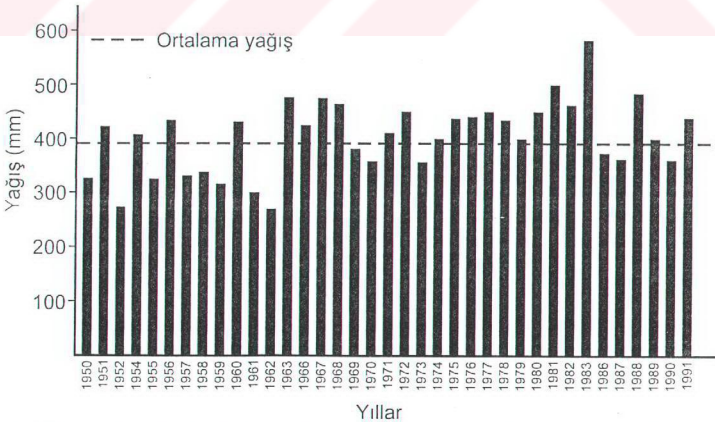
Foto 3.8. İğdir Formasyonuna ait mikritlerin genel görünümü 5x10 (İ3).

4. BÖLÜM
HİDROLOJİ

4. HİDROLOJİ

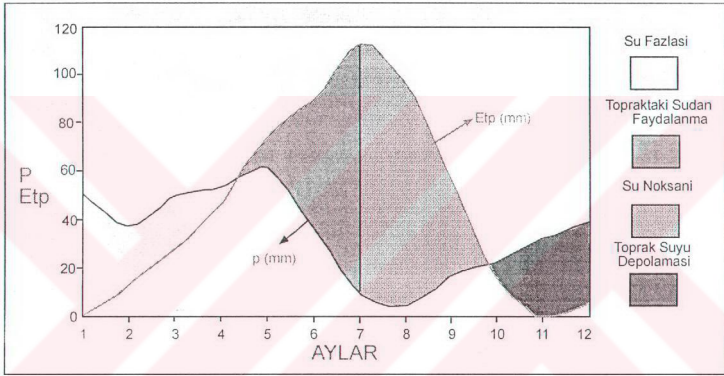
Koyulhisar ilçesi Sivas' ın kuzeydoğusunda Ordu il sınırına komşu bir konumda yer almaktadır. Genellikle yükseltiler fazla olup, dağların ortalama yüksekliği 1200 m.dir.

Çalışma alanı, konumu itibariyle Karadeniz ve İç Anadolu iklimleri arasında bir geçiş özelliğine sahip olup yarı kurak karasal iklim hakimdir. Yağışlar her mevsime dağılmakla beraber, en fazla yağış Mayıs ayında olup 64.4 mm.dir. En az yağış ise Ağustos ayında 39 mm.dir. Koyulhisar Meteoroloji İstasyonu'ndan alınan 37 yıllık yağış ortalaması 394.4 mm.dir (Şekil 4.1.) (D.S.İ. IV. Bölge Müdürlüğü' ne ait yağış verilerinin değerlendirilmesi). Bu istasyonda sıcaklık ölçümü yapılmadığından dolayı, çalışma alanına en yakın istasyon olan Suşehri Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılmıştır. 22 yıllık sıcaklık verilerine göre en sıcak ay 20.6 °C ile Ağustos, en soğuk ay ise -1.9 °C ile Ocak'tır. Ortalama sıcaklık 10.1°C' dir (D.S.İ. IV. Bölge Müdürlüğü' ne ait sıcaklık verilerinin değerlendirilmesi).



Şekil 4.1. Çalışma alanında yağış dağılımı (1950- 1991). (D.S.İ. IV. Bölge Müdürlüğü yağış verilerinin değerlendirilmesi).

Ayrıca Suşehri meteoroloji istasyonu aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak (Çizelge 4.1.), Thornthwaite (1948) metodu uygulanarak denestirmeli nem bilançosu hazırlanmıştır (Çizelge 4.2.). Ayrıca aynı istasyonun verileri kullanılarak yağış ve potansiyel buharlaşma-terleme ilişkisi incelenmiştir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Suşehri meteoroloji istasyonu yağış ve potansiyel buharlaşma-terleme ilişkileri.

Çizelgeden de görüleceği gibi Ekim ayından itibaren toprak suyu depolaması başlamakta ve Aralık ayının sonunda toprak 100 mm rezerv suya kavuşmaktadır. Toprakta depolanan su (rezerv su), Mayıs ve Haziran aylarında buharlaşma-terlemeyle harcanmaktadır. Temmuz ayından Eylül sonuna kadar su açığı ortaya çıkmaktadır. Yıllık su açığı 200.7 mm dir.

Çizelge 4.1. Susehri meteoroloji istasyonu verilerine göre Thornthwaite (1948) yöntemi uygulanarak hazırlanan denestirmeli nem bilançosu (XIX. DSI Bölge Müdürlüğü verileri kullanılarak).

	OCAK	ŞUBAT	MART	NISAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK
ORTALAMA YAĞIŞ (P)	51,00	38,20	50,60	53,50	61,50	36,20	9,90	5,00	17,90	23,50	32,90	39,50	419,70
POTANSİYEL BUH. TERLEME (Etp)	0,40	13,30	28,90	47,50	75,40	90,50	112,90	95,50	56,90	15,80	0,00	6,20	543,30
YAĞIŞ (P)-(Etp)	50,60	24,90	21,70	6,00	-13,9	-54,3	-103,0	-90,5	-39,0	7,70	32,90	33,30	-123,6
REZERV SU	100,00	100,00	100,00	100,00	86,10	31,80	0,00	0,00	0,00	0,00	7,70	40,60	73,90
GERÇEK BUH. TERLEME (Etg)	0,40	13,30	28,90	47,50	75,40	90,50	41,70	5,00	17,90	15,80	0,00	6,20	342,60
EKSİK SU (Etp-Etg)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,20	90,50	99,00	0,00	0,00	0,00	200,70
FAZLA SU (P-Etp)	24,50	24,90	21,70	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,10
AKIM (YÜZEY+YERALTISUYU)	12,30	18,60	20,20	13,10	6,50	3,20	1,60	0,80	0,40	0,20	0,10	0,10	77,10
YAĞIŞ-AKIM	38,70	19,60	30,40	40,40	55,00	33,00	8,30	4,20	17,50	23,30	32,80	39,04	342,60
AYLIK NEMLİLİK KATSAYISI	126,5	1,9	0,75	0,1	-0,2	-0,6	-0,9	-0,9	-0,7	0,5	0,0	5,3	-0,2


Toprağın rezerv su kapasitesi 100 mm. ve değerler mm. cinsindedir. BUH: Buharlaşma.

Çizelge 4.2. Koyullıhar ve Susehri meteoroloji istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Sıcaklık (c)	-1,9	-0,4	4,1	10,4	14,3	17,9	20,5	20,6	17,3	12,1	6,1	0,4	10,1
Yağış (mm)	44,2	34,5	37,0	55,7	64,4	52,6	6,8	3,9	17,3	32,2	36,9	46,2	411,6

4.1. Hidrojeolojik Özellikler

Çalışma alanının en önemli akarsuyu, yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan Kelkit nehri olup bu bölgedeki uzunluğu yaklaşık 7 km' dir. Kuzeyden güneye akıntılı Çatak dere ve Gönen dere, güneyden kuzeye akıntılı Çaylakçukuru dere ve Karaçalı dere, Kelkit nehrini beslemektedir. Havza alanı kuzeyde İğdir dağı, Kara tepe ve Sarı tepe, doğuda Uluyazı mevkii, batıda Aşılık tepe ile sınırlı olup yaklaşık 50 km² lik bir alana sahiptir.



5. BÖLÜM
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

5. MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Kayaların içerdiği katman düzlemi, eklem, fay, çatlak (fissür), yapraklanma, çizgisellik, ince katmanlanma gibi kaya kütleleri içindeki tüm yapısal unsurlar mühendislik jeolojisinde "süreksizlik" olarak tanımlanmaktadır. Süreksizliklerin doğrultu ve eğimleri, ara uzaklıkları, açıklıkları, yüzeylerin pürüzlülük ve dalgalılık dereceleri, yönelim ve devamlılığı, dolgulu ya da dolgusuz oluşu, dolguların türünün kaya kütlelerinin dengesi üzerindeki etkileri büyüktür. Süreksizliklerin su ile dolması kayalarda çatlak suyu basınçlarının oluşmasına, dolgu maddesinin özelliklerinin ve çatlak yüzeylerindeki sürtünme direncinin değişmesine neden olmaktadır. Eğimlerinin yamaç yönünde olması durumunda kayaların dengesini olumsuz yönde etkilemekte ve kaya türüne bağlı olarak değişik tipte kitle hareketlerine yol açmaktadır. Süreksizlikler kütlelerde gerilmenin artışına ve direncin azalmasına neden olmaktadır (Tarhan, 1989).

Çalışma alanındaki süreksizlikler (eklem, kırık, çatlak gibi yapılar) kayaların temel parametrelerini etkileyen yapısal özellikler olup kaya sınıflamalarında kullanılmaktadır. Süreksizliklerle ilgili çalışmalar inceleme alanı içerisindeki tüm birimleri kapsayacak şekilde yapılmıştır.

Kaya sınıflamasında kullanılacak jeoteknik özelliklerin belirlenmesinde, kayaç kütlelerindeki süreksizliklerin; aralıkları, eklem sıklıkları, açıklıkları, dolgu malzemeleri, pürüzlülük ve dalgalılıkları, yönelimleri, devamlılıkları ve kayaların ayrışma özellikleri belirlenmiştir.

İlk aşamada, çalışma alanında yüzeyleyen tüm birimlerde (Erdembaba Volkanitleri, Yeşilce Formasyonu, Kapaklı Formasyonu, İğdir Formasyonu) kırık ve çatlakların takım ve/veya sistemler oluşturup oluşturmadığını objektif bir şekilde ortaya koyabilmek amacıyla, mostralar üzerinde birbirine dik tarama hatları boyunca gözlenen kırık ve çatlak

düzlemlerinin tümünün eğim miktarları ve eğim yönleri jeolog pusulası yardımıyla ölçülmüştür.

Sahada birimlerden alınan tüm kırık ve çatlak ölçümleri, stereografik analiz yapabilen ve yaygın olarak kullanılan bilgisayar programları kullanılarak irdelenmiştir.

Çalışma alanındaki birimlerde ölçülen kırık, çatlak, takım ve/veya sistemlerini daha ayrıntılı bir şekilde ortaya koyabilmek için bilgisayar destekli kontur diyagramları Şekil 2.5' de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Çalışmanın diğer aşamasında ise kayaların mekanik davranışlarını büyük ölçüde etkilemesi nedeniyle, eldeki olanakların elverdiği ölçüde, birimlerde kırık ve çatlakların yönelim, çatlak aralığı, devamlılık, açıklık, dolgu malzemesi, pürüzlülük ve dalgalılık gibi jeoteknik özellikleri genel olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma alanında belirlenen kırık ve çatlakların jeomekanik özelliklerini belirleme çalışmaları ve bunlarla ilgili saha verileri aşağıda sunulmuştur.

Süreksizliklerin durumu

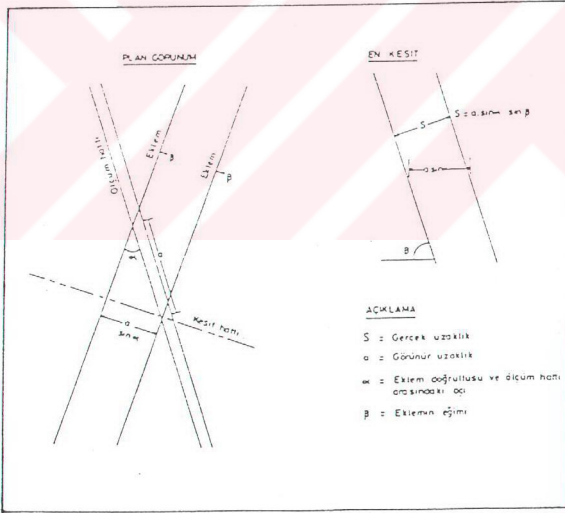
Süreksizliklerin durumu, çalışma alanında farklılıklar göstermektedir. Kavaçkyazısı, Taşpınar mahallesi, Üçyol mevki civarlarında "açık süreksizlik" özellikleri gözlenirken, Söğütlüoğlu mahallesi, Çakıl çiftliği civarlarında "kapalı süreksizlik" gözlenir. Bunun yanısıra Aşılık Tepe, Kuruseki mahallesi civarlarında "dolgulu süreksizlik" özellikleri gözlenmektedir. Dolgu malzemesi olarak çoğunlukla kum-silt gibi kohezyonsuz malzemelerin yanısıra arazi gözlemlerine göre kalsit olduğu düşünülen kesimler de bulunmaktadır.

Aralık

Aralık, komşu süreksizlikler arasındaki dik uzaklıklar olarak tanımlanır (I.S.R.M 1978). Kayaların göçebilme, parçalanabilme özellikleri ve kaya kütlelerinin geçirgenliği de süreksizlik aralığı ile değişir. Süreksizlikler arasındaki uzaklık yani aralık, yüzeylemelerden doğrudan ölçülebildiği gibi, sondaj karotlarından hesap edilebilir. Aralıkların belirlenmesinde iki parametre ölçülür (Şekil 5.1.).

a) Görünür uzaklık: Süreksizlik etüd hattı ve sondaj eksenı boyunca ölçülen uzaklıktır.

b) Gerçek uzaklık: Ölçülen süreksizlik takımı arasındaki dik (en kısa) uzaklıktır.



Şekil 5.1. Süreksizlik aralığının ölçülmesi (I.S.R.M., 1978).

Bu çalışmada birimlere ait her bir kırık ve çatlak takımında yer alan aralıklar şeritmetre ve cetvel kullanılarak ölçülmüştür. Saha çalışmaları

sırasında ölçülen aralıklar Çizelge 5.1.' deki sınıflama dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Çalışma sahasında yapılan ölçümler sonucuna göre kırık çatlak aralık değerlerinin Erdembaba Volkanitlerine ait birimlerde "yakın aralıklı", Yeşilce Formasyonuna ait birimlerde "geniş aralıklı", İğdir Formasyonuna ait birimlerde ise "çok yakın aralıklı" değerlerinde oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 5.1. Süreksizlik aralık sınıflaması (I.S.R.M., 1978).

TANIMLAMA	ARALIK (mm)
Aşırı yakın aralık	<20
Çok yakın aralık	20-60
Yakın aralık	60-200
Orta aralık	200-600
Geniş aralık	600-2000
Çok geniş aralık	2000-6000
Aşırı geniş aralık	>6000

Eklem sıklığı

Eklem sıklığı 1 metredeki süreksizliklerin ya da eklemlerin sayısı olarak tanımlanmaktadır. Eklem sıklığı; belirli bir uzunluk boyunca sayılan toplam süreksizlik sayısının, sayımı yapılan hattın uzunluğuna bölünmesi ile hesaplanır.

İnceleme alanında her bir birimdeki kırık ve çatlak takımında belirlenmiş hatlar boyunca kırık ve çatlak sayısı belirlenmiştir. Bu değerler Çizelge 5.2.' deki sınıflama dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda Erdembaba Volkanitlerine ait birimler “*kırıklı*”, Yeşilce Formasyonuna ait birimler “*az çatlaklı-kırıklı*”, İğdir Formasyonu’ na ait birimler “*çok çatlaklı-kırıklı*” olarak tanımlanmıştır.

Açıklık

Bir süreksizliğin birbirine komşu iki yüzeyi arasındaki dik mesafe açıklık olarak tanımlanır. Açıklık bazen dolgu malzemesinin genişliği ölçülerek de bulunabilir. Dolgulu süreksizliklerin genişliğini ve açık süreksizlikleri tanımlayıcı blok diyagramlar Şekil 5.2.’ de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Eklem sıklığı sınıflaması (I.S.R.M., 1978).

TANIMLAMA	ORTALAMA EKLEM SIKLIĞI
Masif	<1
Az çatlaklı kırıklı	1-3
Kırıklı	3-10
Çok çatlaklı kırıklı	10-50
Parçalanmış	>50

Süreksizlik açıklığı şev stabilite sorunları açısından büyük önem taşımaktadır. Eklemlerin açıklığı yeraltısuyunun dolaşımı ve dolgu malzemesinin konumu açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla Anon (1977) tarafından hazırlanmış olan eklem açıklığı sınıflamasından yararlanılmıştır (Çizelge 5.3.).

İnceleme alanında gözlenebilen ve ölçülebilen eklem açıklıklarına göre; Erdembaba Volkanitlerine ait birimlerin “*orta-geniş*”, Yeşilce

Formasyonuna ait birimlerin “orta geniş-orta dar”, İğdir Formasyonuna ait birimlerin “orta geniş” açıklıklı oldukları belirlenmiştir.

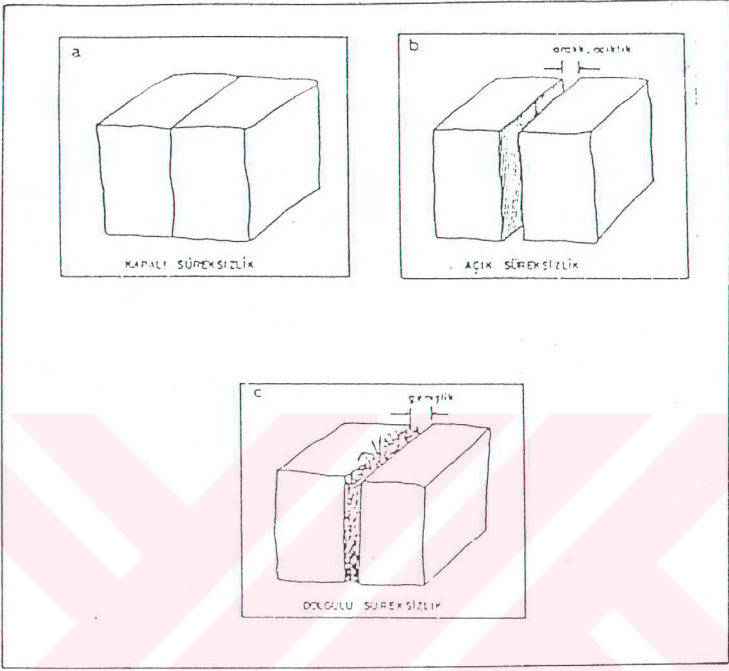
Çizelge 5.3. Süreksizlik açıklık sınıflaması (Anon, 1977).

TANIMLAMA	AÇIKLIK (MM)
Geniş	>200
Orta geniş	60-200
Orta dar	20-60
Dar	6-20
Çok dar	2-6
Aşırı dar	<2
Sıkışık	-

Dolgu Malzemesi

Bir süreksizliğin komşu iki yüzeyi arasında yer alan ve genel olarak ana kayaktan daha zayıf özellikteki malzeme dolgu olarak adlandırılır. Tipik dolgu malzemeleri; klorit, kum, silt, kil, breş, milonit, pirit olup bunların yanısıra kuvars, kalsit gibi minerallerden oluşan damarlar da dolgu malzemesi olabilir. Jeoteknik incelemelerde süreksizlikler boyunca kaymaya karşı direnç; dolgunun kalınlığına, tipine ve dayanımına bağlı olup, dolgu malzemesi bu özellikleriyle önem taşır.

Arazide dolgu malzemesi olarak çoğunlukla kum-silt gibi kohezyonsuz malzemelerin yanısıra arazi gözlemlerine göre kalsit olduğu düşünülen kesimler de bulunmaktadır.

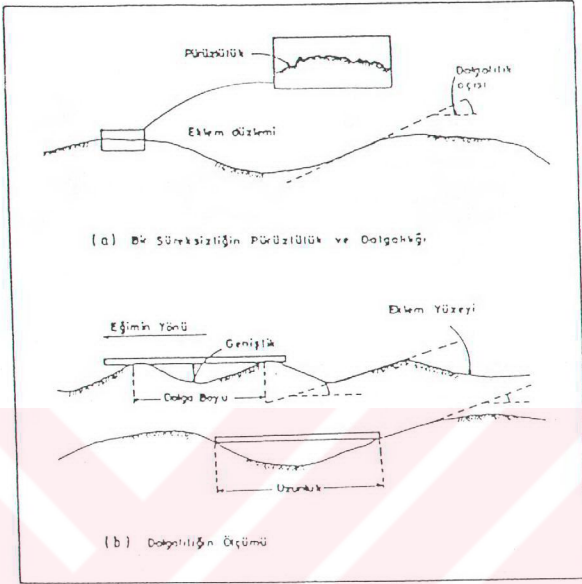


düzlemlerinde "genişlik" terimlerinin tanımları (I.S.R.M., 1978).

Pürüzlülük ve Dalgalık

Pürüzlülük ve dalgalık bir süreksizlik yüzeyinin küçük ve büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının ölçüsüdür. Her iki özellik de kayacın makaslama dayanımı üzerinde etkin rol oynar. Özellikle büyük ölçekli bir dalgalık, lokal olarak eğimin değişmesine neden olabilir. Süreksizlik yüzeyinin genişliği ve dalga boyu da eğimin değişmesine neden olabilir.

Arazi çalışmaları sırasında çatlaklarda genellikle pürüzlü yüzey özellikleri saptanmıştır (Şekil 5.3). Kırık ve çatlakların pürüzlülük ve dalgalık özellikleri Çizelge 5.4.' e göre sınıflandırılmış olup, pürüzlülük açısından tüm birimler "pürüzlü-3" olarak, dalgalık açısından ise tüm birimler "dalgalı-3 az dalgalı-2" olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.3. Süreksizlik yüzeylerinde pürüzlülük ölçümü (I.S.R.M., 1978).

Çizelge 5.4. Pürüzlülük ve dalgacılık sınıflaması (I.S.R.M., 1978).

PÜRÜZLÜLÜK	SINIF	DALGALILIK	SINIF
Kaygan-parlak	1	Düzlemsel	1
Düz	2	Az dalgacı	2
Pürüzlü	3	Dalgacı	3
Çıkıntılı	4	Kavisli	4
Basamaklı	5	Kıvrımlı	5

Yönelim

Mühendislik uygulamalarında bir süreksizliğin yönelimi, "eğim" ve "eğim yönü" değerleri ile tanımlanır. Süreksizliklerin birbirine göre konumları, kaya kütlelerini parçalara ayıran blokların şeklini belirleyecektir.

Çalışma alanındaki birimlerde 9 ayrı lokasyonda toplam 802 adet kırık ve çatlak ölçümü yapılmıştır. Bu eklem ölçümlerinin analizi sonucunda egemen eklem takımlarının yöneliminin Erdembaba Volkanitlerinde K40D/86GD, K88D/89GD, K34B/89KD, İğdir Formasyonunda K18B/70KD, K52D/23KB ve Yeşilce Formasyonunda K64B/84GB, K-G/2B şeklinde oldukları belirlenmiştir.

Devamlılık

Bir mostrada süreksizlik izinin gözlenen uzunluğu devamlılık olarak tanımlanır. Devamlılık, bir düzlem içerisindeki bir süreksizliğin boyutunun veya alansal yayılımının kaba ölçüsüdür. Bir süreksizliğin sağlam bir kayada son bulması veya diğer süreksizliklerle kesilmesi, devamlılığı azaltan faktörlerdir. Süreksizliklerin devamlılığı makaslama dayanımını, kayaların parçalanma özelliklerini, geçebilirlik ve geçirgenlik özelliklerini etkiler.

Çalışma alanında devamlılık, kırık ve çatlak düzlemlerinin eğim yönündeki uzunluklarının şeritmetre ile ölçülmesi ile yaklaşık olarak belirlenmiştir. İnceleme alanındaki birimlerde ölçülen eklemelerin devamlılıkları I.S.R.M. (1978) sınıflamasına göre (Çizelge 5.5.): Erdembaba Volkanitlerinde "düşük devamlılık", Yeşilce Formasyonunda "orta devamlılık", İğdir Formasyonunda "çok düşük devamlılık" olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.5. Süreksizlik devamlılık sınıflaması (I.S.R.M., 1978).

TANIMLAMA	İZDÜŞÜM UZUNLUĞU
Çok düşük devamlılık	<1
Düşük devamlılık	1-3
Orta devamlılık	3-10
Yüksek devamlılık	10-20
Çok yüksek devamlılık	>20

Yeraltısuyu durumu

Yeraltısuyu, boşluk suyu basıncı yaratacağı için kaya kütle dayanımını önemli ölçüde azaltabilmektedir. Özellikle kil minerali içeriği fazla olan kayalarda şişebilen kil minerallerinin bulunması durumunda suyun önemi daha da artmaktadır.

Arazide birimler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda I.S.R.M. (1978) genel koşullar dikkate alınarak Erdembaba Volkanitlerine ait eklemlerin "*nemli*", Yeşilce Formasyonuna ait eklemlerin "*nemli-ıslak*", İğdir Formasyonuna ait birimlerde "*nemli-ıslak*" olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanında kullanılan bir diğer yöntem de birimlerin kaya kalitelerinin (RQD) belirlenmesine yönelik olarak uygulanmıştır. Bu amaçla arazide birimler içerisinde gözlenen yarmalarda, dikey olarak belirlenen zonlar boyunca şerit metre kullanılarak önce toplam ölçüm uzunluğu saptanmış, ardından ölçüm hattı boyunca 10 cm. ve 10 cm.den büyük olan çatlaksız kesimler belirlenmiştir. Son olarak, belirlenen 10 cm. ve 10 cm den büyük olan çatlaksız kesimin toplam uzunluğu, toplam ölçüm uzunluğuna bölünüp yüzde olarak o birimin kaya kalitesi (RQD) belirlenmiştir.

Son aşamada; inceleme alanında bulunan birimlerden kırık, çatlak, fissür gibi süreksizlikler içermeyen, ayrışmamış blok örnekler alınmıştır. Bu blok örnekler daha sonra karot alabilmek ve serbest basınç dayanımı deneyi yapmak amacıyla C.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Kaya Mekaniği Laboratuvarı' na taşınmıştır.

Tek eksenli basınç dayanımı deneylerini yapabilmek için bloklardan NX (\cong 54 mm. çaplı) karotlar alınmıştır. Alınan karot örnekleri 2:1 boy-çap oranı gözönünde bulundurularak kesilmiş, alt ve üst yüzeyleri en fazla 0.02 mm. hata ile numune eksenine diklik hassasiyeti 50 mm.' de 0.05 mm. sapmayı geçmemesine özen gösterilerek düzeltilmiştir. Örneklerin yan yüzeyleri de pürüzlerinden, düzgünlüğü boyunca 0.3 mm.' den daha küçük ayrıntıyla arındırılmıştır. Daha sonra serbest basınç dayanım deneyleri I.S.R.M. (1981) esas alınmış numuneler, üzerine düşey olarak yük uygulayabilecek ve yükleri ölçebilecek hidrolik prese yerleştirilmiş ve yükleme yapılmış, kırılmadan önceki yük belirlenmiştir. Elde edilen bu yükün, numunenin ilk alanına bölünmesiyle serbest basınç dayanımı elde edilmiştir. Deney sonuçlarının temel istatistiksel değerlendirmeleri yapılarak sonuçlar (Çizelge 5.6)' da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Temel istatistiksel değerlendirme sonuçları.

Birimler	En az	En çok	Ortalama	St.sapma
Erdembaba	71.640	130.829	95.615	25.437
Yeşilce	91.995	101.635	96.815	4.820
İğdir	37.182	43.576	40.314	2.611

5.1. Kaya Kütlesi Özellikleri (RMR)

Kaya kütlesi özellikleri, çalışma alanındaki kaya şevlerinin potansiyel duraylılık durumlarının saptanabilmesi amacıyla kullanılan parametrelerin tümünü kapsar. "Jeomekanik Kaya Kütlesi Sınıflama Sistemi" Bieniawski (1989) tarafından ortaya konulmuştur (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7. RMR değerlendirme kriterleri (Bieniawski, 1989).

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DERECELERİ

1	Sağlam kayacın dayanımı	Kaya yaka eğimindeki	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük erelikler için tek eksenli test		
		Tek eksenli kırılma dayanımı	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Derecelendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Kayacın kalite oranı RQD	% 90-100	% 75-90	% 50-75	% 25-50	< % 25			
	Derecelendirme		20	17	13	8			
3	Süreksizlik aralığı	> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm			
	Derecelendirme		20	15	10	8			
4	Süreksizliklerin durumu	Çok kaba yüzeyler Sürekli deşil Ayrılma yok Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma < 1 mm. Sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma < 1 mm. Yumuşak eklem yüzeyi	Sürtünme ile iyileşir veya fay dolusu < 2 mm veya 1-5 mm açık eklem, sürtünmeli	Yumuşak fay dolusu > 5 mm kalınlıkta, veya açık eklem, > 5 mm devamlı Süreksizlikler			
	Derecelendirme		30	25	20	10			
5	Yaralı suyu	Tümün 10 m. ilk kışından gelen su	Yok	10 litre / dak.	< 25 litre / dak.	25-125 litre / dak.	> 125 litre / dak.		
		Oran	0	0.0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Genel koşullar	Yok	Nemli	Yok	Damlama	Su akışı		
	Derecelendirme		15	10	7	4			

B. EKLEM YÖNLEMİNE GÖRE DÜZELTME

Derecelendirme	Eklemlerin doğrultu ya eğim yönlenimi					
	Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	
Tüneller	0	-2	-5	-10	-12	
Temeller	0	-2	-7	-15	-25	
Şevler	0	-5	-25	-50	-60	

C. KAYA SINIFLAMALARI ve EĞİM YÖNÜNÜN ETKİSİ

Sınıflama No	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Derecelendirme	100 ← B1	80 ← E1	60 ← A1	40 ← Z1	< 20

Çizelgeden 5.7' den de görüldüğü gibi "Sağlam Kayacın Dayanımı" bölümünde "Nokta yükü dayanım indeksi" veya "Serbest basınç dayanım indeksi" kullanılabilir. Bu çalışmada "Serbest basınç dayanım indeksi" ve buna ilişkin puanlama değerleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda kaya kütlesi özellikleri Çizelge 5.8., 5.9., ve 5.10.' de görüldüğü şekilde belirlenmiş ve Çizelge 5.6.' ya göre kaya sınıfları belirlenmiştir.

Çizelge 5.8. Erdembaba Volkanitlerinin kaya kütlesi sınıflaması (Bieniawski, 1989).

Parametre	Tanımlama	Sayısal Değer
Serbest basınç dayanımı (MPa)	95,61	7
RQD	65	13
Süreksizlik Aralığı	60-200(mm)	8
Süreksizlik Durumu	*	10
Yer altı Suyu	Islak	7
TOPLAM		45

*Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu. <5mm. veya 1-5 mm açık eklemler, sürekli eklemler.

Çizelge 5.9. Yeşilce Formasyonunun kaya kütlesi sınıflaması (Bieniawski,1989).

Parametre	Tanımlama	Sayısal Değer
Serbest basınç dayanımı (MPa)	96,81	7
RQD	50	8
Süreksizlik Aralığı	600-2000(mm)	15
Süreksizlik Durumu	*	10
Yer altı Suyu	Islak	7
TOPLAM		47

*Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu. <5mm. veya 1-5 mm açık eklemler, sürekli eklemler.

Çizelge 5.10. İğdir Formasyonunun kaya kütlesi sınıflaması (Bieniawski,1989).

Parametre	Tanımlama	Sayısal Değer
Serbest basınç dayanımı (MPa)	40,31	4
RQD	60	13
Süreksizlik Aralığı	20-60(mm)	5
Süreksizlik Durumu	*	10
Yer altı Suyu	Islak	7
TOPLAM		39

*Sürtünme izli yüzeyler veya fay dolgusu. <5mm. veya 1-5 mm açık eklemler, sürekli eklemler.

RMR sınıflama sistemi sonuçlarına göre; Erdembaba Volkanitlerine ve Yeşilce Formasyonuna ait birimlerin "orta kaya (III), İğdir Formasyonuna ait birimlerin ise "zayıf kaya (IV)" sınıfında oldukları belirlenmiştir.

5.2. Şev Kütlesi Özellikleri (SMR)

Şev Kütle Sınıflaması (SMR), Romana (1985) tarafından geliştirilen bir sistemdir. Romana bu sınıflama sistemini Bieniawski' nin Kaya Kütle Sınıflaması (1979) (RMR)' a uyarlamıştır. Daha sonra, bu sınıflamayı 1988 ve 1991 yıllarında geliştirmiştir. Sınıflamada kullanılan indeks özellikler ve arazi gözlemleri (şev ve eklem yönelimleri, dalımlar ve dalım açıları gibi) sonucunda 3 faktör baz alınarak (F_1 , F_2 ve F_3) değerlendirmeler yapılır. Ayrıca kazı tekniği faktörü olarak isimlendirilen F_4 de amaca bağlı olarak kullanılmaktadır. Bu bilgiler ışığında SMR değeri aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$SMR = RMR - (F_1, F_2, F_3) + F_4 \dots \dots \dots (5.1)$$

Eklemler için düzeltme oranında kullanılan 3 faktör şöyle hesaplanmaktadır:

- F_1 ; eklemler ve şev yüzey doğrultuları arasındaki paralellığe dayanır. Değeri 1.00' dan (her ikisi de paralele yakın olduğunda) 0.15' e kadar (açı 30° den büyüktür ve çok düşük ihtimalli yenilme) değişir. Değerler ampiriktir fakat sonradan ilişkilere bağlı yaklaşımlar bulunmuştur.

$$F_1 = (1 - \sin A)^2 \dots \dots \dots (5.2)$$

Eşitlikteki A katsayısı, şev yüzeyi ve eklem yönelimleri arasındaki açısal bir değeri gösterir.

- F_2 , düzlemsel bir yenilmede eklem dalım açısını gösterir. Bunun anlamı, eklem makaslama dayanımının tahmini bir ölçüsüdür. Bu faktörün değerleri, 1.00' dan (eklem dalımı 45° den büyük) 0.15' e kadar (eklem dalımı 20° den küçük) değişmektedir.

$$F_2 = \text{tg}^2 B \dots \dots \dots (5.3)$$

Eşitlikteki B katsayısı, eklem dalım açısıdır. Kaya devrilmeleri için F_2 değeri 1.00' dir.

- F_3 , şev yüzeyi ile eklem dalımları arasındaki ilişkilerin bir yansımasıdır. F_3 faktörü, düzlemsel yenilmelerde şev yüzeyinde tahmini olarak eklemelerin günlenme dereceleridir. Şev yüzeyi ve eklemeler paralel olduğunda orta derecede elverişli durum söz konusu iken, şev dalımı 10° den büyük eklemelerde oldukça elverişsizdir.
- F_4 ise kazı ve patlatmalar için bir düzeltme faktörü olup, bu çalışmanın amacı dışındadır. Bu nedenle değerlendirmeye alınmamıştır.

Süreksizlikler ile şev açılarının ilişkilendirilmesi sonunda elde edilen F_1 , F_2 ve F_3 faktörleri Eşitlik 5.1' de yerine konarak elde edilen SMR değerleri, Çizelge 5.11' de verilen sınıflamaya göre (Romana, 1985) değerlendirilir.

SMR değeri 20' nin altındaki tüm şevlerde çok hızlı yenilmeler gerçekleşir. SMR değerine bağlı olarak aşağıdaki gibi destekleme yöntemleri de önerilmektedir.

Çizelge 5.11. SMR sınıflarının tanımlanması (Romana, 1985).

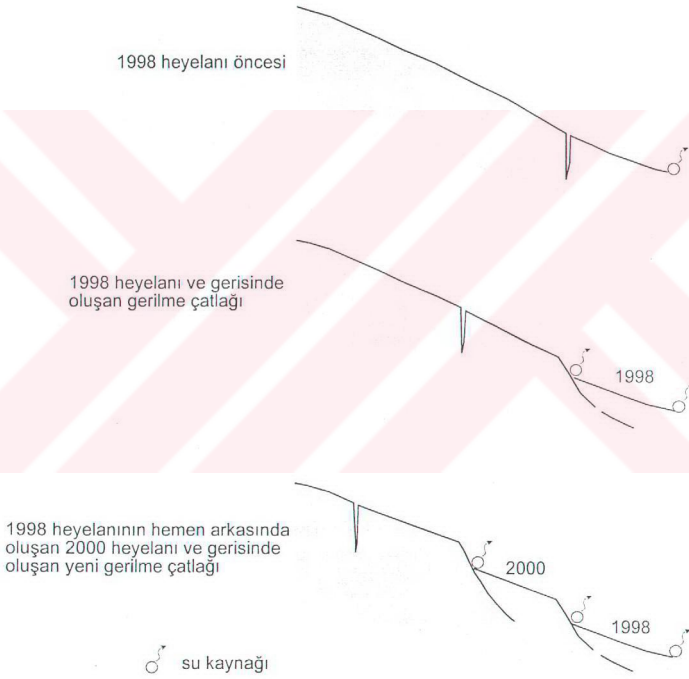
Sınıf No	V	IV	III	II	I
SMR	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Tanımlama	Çok kötü	Kötü	Normal	İyi	Çok iyi
Duraylılık	Tamamen duraysız	Duraysız	Kısmen duraylı	Duraylı	Tamamen duraylı
Yenilmeler	Büyük düzlemler veya zemin türü	Düzlemsel veya büyük kamalar	Kama türü yenilme	Yenilme ihtimali düşük	Yenilme yok

Çalışma alanındaki birimler için elde edilmiş olan RMR, yamaç eğimi ve süreksizlik düzlemlerinin konumları kullanılarak SMR değerleri elde edilmiştir. Buna göre; Erdembaba Volkanitleri için **42**, İğdir Formasyonu için **34** ve Yeşilce Formasyonu için **45** değerleri bulunmuştur. Bu SMR değerlerine göre, Erdembaba Volkanitleri ve Yeşilce Formasyonu *normal, kısmen duraylı, kırıklı ve birçok kama türü yenilme sınıfındadır*. İğdir Formasyonu ise SMR değerlerine göre *kötü, duraysız, düzlemsel veya kama türü yenilme* sınıfında değerlendirilmiştir.

6. BÖLÜM
YAMAÇLARIN DURAYLILIĞI

6. YAMAÇLARIN DURAYLILIĞI

Çalışma alanı, daha önceden bir çok heyelanın etkisinde kalmış olmakla beraber, bölgede 1998 ve 2000 yıllarında meydana gelmiş olan iki heyelan oldukça önem taşımaktadır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. 1998 ve 2000 yılında meydana gelen heyelanların oluşum mekanizması.

1998 yılında, 19 Ağustos sabahı, Koyulhisar ilçesine bağlı Aklan mezrasındaki tepelerde yaklaşık KD-GB doğrultusunda meydana gelen heyelanlar sonunda, 24 saat içerisinde 2 km uzaklıktaki Aklan deresinin yamaç molozu ile tamamen dolduğu ve buna bağlı olarak da yerleşim alanları için büyük tehlike oluşturduğu görülmüştür (Foto 6.1 ve 6.2). Ancak Koyulhisar' ın hemen kuzeyindeki 1240 rakımlı Saytepe, bir bariyer görevi yaparak, heyelanların yerleşim yerlerine ulaşmasına engel olmuştur. İki gün sonunda heyelanın denge durumuna geldiği, hareketinin giderek bittiği ve geriye doğru yeni gerilme çatlaklarının oluştuğu gözlenmiştir.

Daha sonra, 2000 yılı Temmuz ayında, 1998 yılında meydana gelen heyelanlarla ilgili çalışmalar sonunda belirlenen ve öngörülen yeni bir heyelan, 1998 yılında oluşan heyelanın daha kuzeyinde meydana gelmiştir (Foto 6.3 ve 6.4).

Hem 1998 hem de 2000 yılında meydana gelen heyelanlarda gerilme çatlaklarının su ile dolu olduğu, ve kayan her kütle için suyun göllerin olduğu gözlenmiştir Foto (6.5 ve 6.6). Elde kayıtlı meteorolojik bir veri olmamasına karşın, her iki heyelandan önceki kış ve bahar mevsiminin son 10-20 yılın en uzun ve yağışlı sezon olduğu halk ile yapılan görüşmelerden öğrenilmiştir.

Bu bölümde çalışma alanındaki yamaçların duraylılığının araştırılması ve değerlendirmesi verilmiştir. Saha gözlemleri ve önceki heyelanların incelemesi ile heyelanların kaya ortamlarında geliştiği ve yaygınlık gösterdiği gözlenmiştir. Kaya yamaçlarında, oldukça dik ve birkaç yüz metre yüksekliğindeki bazı yamaçlar duraylılığını koruyabilirken, eğimi ve yüksekliği daha düşük olan bazı yamaçlarda ise duraysızlıklar gelişebilmektedir. Bu farklılık kaya kütlelerinin içerdiği fay, eklem ve tabakalanma gibi zayıflık düzlemlerinin yönelimlerinin duraylılığa olan etkisinden kaynaklanmaktadır.

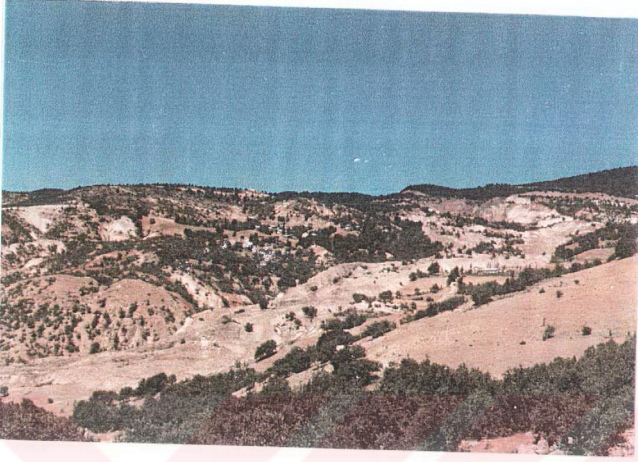


Foto 6.1. 1998 heyelanına ait görüntü (H 1998).

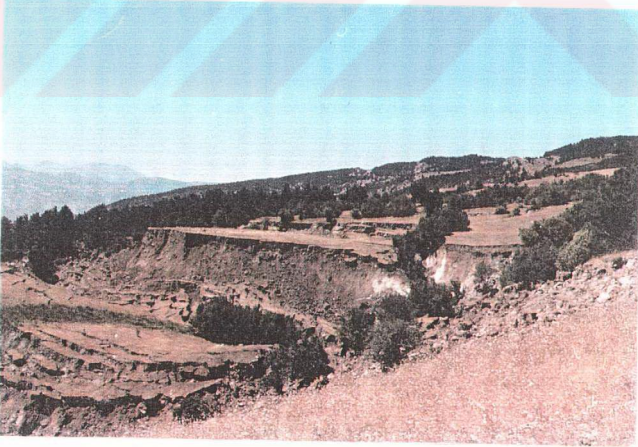


Foto 6.2. 1998 heyelanına ait görüntü (H 1998).



Foto 6.3. 2000 heyelanına ait görüntü (H 2000).



Foto 6.4. 2000 heyelanına ait görüntü (H 2000).



Foto 6.5. Heyelanlarla topukta oluşan göller (H 2000).



Foto 6.6. Heyelanlarla topukta oluşan göller (H 2000).

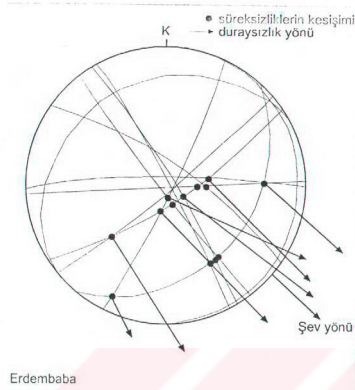
Özellikle süreksizlik denetimi altındaki duraysızlıkların beklendiği ortamlarda yapılacak yamaç duraylılığı araştırmalarında en önemli aşamalardan birisi *kinematik analiz* lerdir. Süreksizlikler ve yamacın konumları arasındaki ilişkiler bu analizlerin başlıca girdi parametreleridir. Bu nedenle, kaya yamaçlarında risksiz alanların ayırtlanmasında, kinematik analizler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Jeolojik verilerin istatistiksel yorumunda ve kinematik analizlerde eş-açı ve eş-alan stereonetleri kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, bir çok çalışmalarda da kullanıldığı gibi eş-alan stereonetleri kullanılmıştır (Abderahman, 1998; Calcaterra ve diğ., 1998).

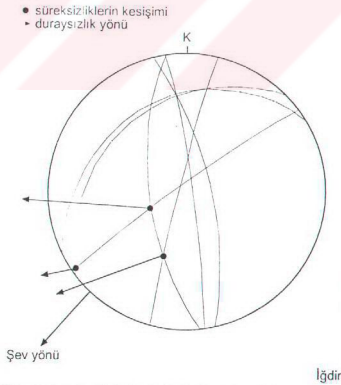
Çalışma alanındaki her birim içerisinde ölçülen süreksizlik düzlemlerinin kutupları eş-alan stereonetleri üzerine işaretlenmiş ve bunların yoğunlaştığı noktalara ait süreksizlik düzlemleri (eğim yönü ve doğrultusu) stereonetlere çizilmiştir. Her bir birim için elde edilen netlerde birkaç önemli (2-4) süreksizlik düzlemini gösteren kutup yoğunlukları elde edilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı yerlerdeki egemen yamaç yönü ve eğimi de stereonetler üzerine büyük daire olarak yerleştirilmiştir.

Süreksizlikler, bunların eğim yönleri, doğrultuları ve düzeyleri ile süreksizliklerin kesişimleri yamaçların duraylılıklarını etkileyen önemli faktörlerdir (Hutchinson, 1988; Goodman, 1989). Bu bakış ile çalışma alanındaki potansiyel duraysızlık yönleri, süreksizliklerin kesişim noktalarının yamaç yönleri ile karşılaştırılması ile elde edilmiştir. Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4' de kinematik analiz sonuçları görülmektedir.

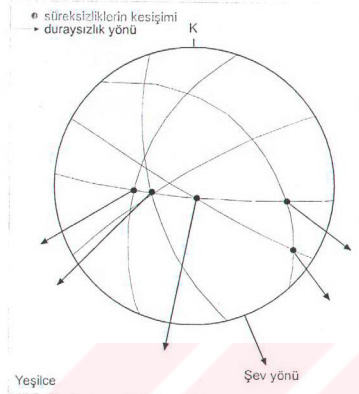
Erdembaba volkanitlerinde, 7 adet potansiyel yenilme düzlemi elde edilmiştir. Bu düzlemler şevlerin duraylılığında, GD yönünde etkinlik göstermektedir (Şekil 6.2). İğdir formasyonunda, 3 adet potansiyel yenilme düzlemi elde edilmiş olup, bunlar GB yönündedir (Şekil 6.3). Yeşilce formasyonunda ise, GD yönünde 2 adet ve KD yönünde 3 adet olmak üzere toplam 5 adet potansiyel yenilme düzlemi elde edilmiştir (Şekil 6.4).



Şekil 6.2. Çalışma alanında, Erdembaba volkaniklerinin yenilme (heyelan) eğilimini gösteren yapısal özelliklerinin stereo izdüşümleri (çatlakların kesişimleri).



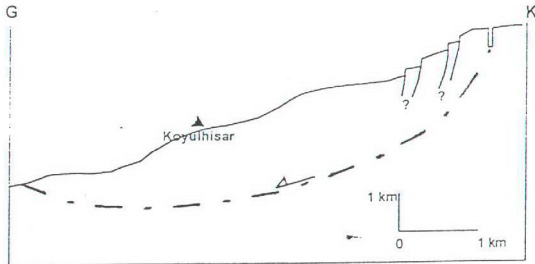
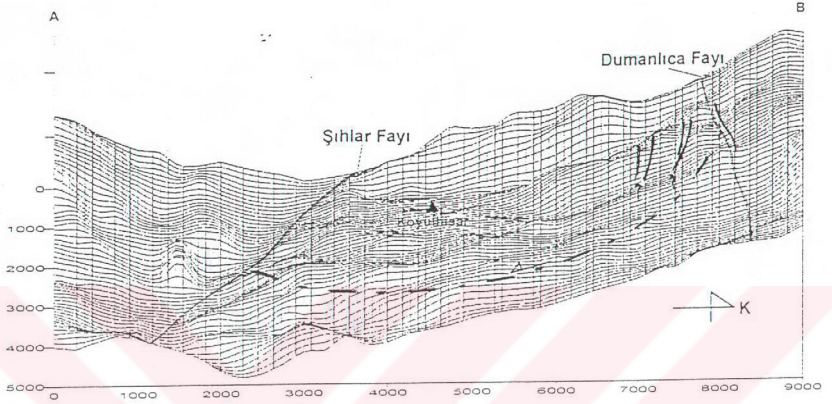
Şekil 6.3. Çalışma alanında, Iğdır formasyonunun yenilme (heyelan) eğilimini gösteren yapısal özelliklerinin stereo izdüşümleri (çatlakların kesişimleri).



Şekil 6.4. Çalışma alanında, Yeşilce formasyonunun yenilme (heyelan) eğilimini gösteren yapısal özelliklerinin stereo izdüşümleri (çatlakların keşişimleri).

Kinematik analizler sonunda, çalışma alanı içerisindeki potansiyel yamaç duraysızlıklarının, genellikle güneye doğru (G, GB ve GD) egemen olduğu görülmektedir. Bu da Koyulhisar ilçesi ve dolayındaki egemen yamaç yönleridir. Daha önce meydana gelmiş olan heyelanlar da, elde edilmiş olan bu yönlerdedir. Elde edilmiş olan bu yönler, Toprak (1988)' in çalışmasında ifade ettiği ve bölgede etkin olan asal gerilme yönü ile hemen hemen aynıdır.

Çalışma alanı içerisinde belirlenmiş olan eski ve yeni tüm heyelanlar, güneydeki Şıhlar fayı ile kuzeydeki Dumanlıca fayı arasında gözlenmiştir (Şekil 2.3). Bu heyelanlar; yer yer düzlemsel, kama ve çok farklı yönlerde bol kırık çatlak içeren yerlerde dairesel olmak üzere çeşitli türlerde gözlenmektedir. Yersel olarak meydana gelmiş bu heyelanların tümünün kuzeyden güneye doğru, Dumanlıca fayından Şıhlar fayına kadar uzanan bir çok heyelanın birleşmesi ile oluşturulabilecek karmaşık bir heyelan sistemi ile açıklanması mümkündür (Şekil 6.5).



Şekil 6.5. Çalışma alanında meydana gelen heyelanların mekanizmasına ait model

7. BÖLÜM
SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada gerçekleştirilen arazi çalışmaları ve laboratuvar deneylerinden elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle varılan genel sonuçlar ve tartışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Çalışma alanı içerisinde yaşlıdan gence doğru; Üst Kretase yaşlı Kapaklı Formasyonu (Krk), Maestrihtiyen yaşlı İğdir Formasyonu (Kri), Eosen yaşlı Yeşilce Formasyonu (Tye) ve Pliyosen yaşlı Erdembaba Volkanitleri (Ter) olmak üzere dört birim ayıklanmıştır.

Optik mikroskopik incelemeler sonucunda; Erdembaba Volkanitlerine ait birimlerin yaygın olarak bazaltik ve andezitik kayalardan, Yeşilce Formasyonu' na ait birimlerin bazaltik kayalardan, İğdir Formasyonu' na ait birimlerin ise mikritik ve sparitik karakterli kayalardan oluştuğu sonucuna varılmıştır.

RMR sınıflama sistemi sonuçlarına göre; Erdembaba Volkanitlerine ve Yeşilce Formasyonuna ait birimlerin “*orta kaya (III)*”, İğdir Formasyonuna ait birimlerin ise “*zayıf kaya (IV)*” sınıfında oldukları belirlenmiştir.

SMR değerlerine göre; Erdembaba Volkanitleri (SMR=42) ve Yeşilce formasyonu (SMR=45) *normal, kısmen duraylı, kırıklı ve birçok kama türü yenilme sınıfında*, İğdir Formasyonu (SMR=34) ise *kötü, duraysız, düzlemsel veya kama türü yenilme sınıfında* değerlendirilmiştir.

Gerçekleştirilen kinematik analizler sonucunda, çalışma alanı içerisindeki potansiyel yamaç duraysızlıklarının, genellikle güneye doğru (G, GB ve GD) hakim olduğu görülmüştür. Bu da Koyulhisar ilçesi ve civarındaki hakim yamaç yönleridir. Bu heyelanlar; yer yer düzlemsel, kama ve çok farklı yönlerde bol kırık çatlak içeren yerlerde dairesel olmak üzere çeşitli türlerde gözlenmektedir. Çalışma alanı içerisinde belirlenmiş olan eski ve yeni tüm heyelanlar, güneydeki Şıhlar fayı ile kuzeydeki Dumanlıca fayı arasında gözlenmiş olması, bu heyelanların tümünün

kuzeyden güneye doğru, Dumanlıca fayından Şihlar fayına kadar uzanan ve bir çok heyelanın birleşmesi ile oluşturulabilecek karmaşık bir heyelan sistemi ile açıklanması mümkündür.

Saha gözlemleri, jeolojik verilerin ve laboratuvar çalışmalarının değerlendirilmesi sonunda, heyelanların oluşumunda, özellikle beş faktörün önemli rol oynadığı söylenebilir. Bunlar aşağıdaki gibidir.

- a. *Eski yenilmeler:* Önceden meydana gelmiş olan yenilmeler, kaya kütlelerini kayma düzlemlerinde artık (residüel) gerilmeler bırakacak şekilde etkilemiş ve 1998 heyelanından önce kaya kütleleri sadece kritik duraylılığa ulaşabilmiştir.
- b. *Süreksizlikler:* Kaya kütlelerinin içerdiği, kırık çatlak gibi süreksizlikler heyelanların oluşumuna katkıda bulunan temel özelliktir. Daha önceden de bahsedildiği gibi, çalışma alanındaki faylanma etkisi ile gelişen kırık, çatlaklar ve bunların morfoloji ve şev yönlerine göre uyumları heyelanların gerçekleşmesine neden olmuşlardır. Bu yenilmeler, etkin kırık çatlak setlerinin oluşturduğu düzlemlerin kesişmesi ile meydana gelmiştir.
- c. *Yağışlar ve bitki örtüsü:* Özellikle 1998 ve 2000 yılı heyelanlarından önce gerçekleşmiş olan bol yağışlı kış ve ilkbahar mevsimlerinin etkisi ile kırık ve çatlakların su ile dolması sonunda, hem buralarda yaygın kil dolgunun dayanımını düşürmüş, hem de buralarda kayma düzlemlerinde hareketin oluşmasına katkıda bulunmuştur. Bununla birlikte, kayaların üzerinde bulunan kalın toprak örtüsünün birim hacim ağırlığının artmasına da katkıda bulunarak şevlerde ek yükleri arttırmıştır. Çalışma alanındaki şevler üzerinde bulunan sık ormanlık özelliği, yağışlı sezonda ve karların erimesi sırasında suyun şev aşağı akışını yavaşlatmış ve suyun toprak malzemenin içerisine doğru sızmasını kolaylaştırmıştır. Böylece yamaçta kaymayı oluşturan kuvvetler artmıştır.

- d. *Topoğrafya*: Çalışma alanının sahip olduğu dik topoğrafya, ki eğimler 20° ile 70° arasında değişim göstermektedir, kaydırıcı kuvvetlerin artmasına katkıda bulunmuştur.
- e. *Tektonik aktivite*: Çalışma alanının KAFZ üzerinde bulunduğu ve KAFZ' in aktif olduğu göz önünde bulundurulduğunda, sürekli bir hareketin varlığı da ortadadır. Bu sürekli hareket, kritik duraylılık koşuluna ulaşmış şevlerin harekete geçmesinde ve bu kritik koşula ulaşmada rol oynamıştır.
- f. *Bozunma ve Ayrışma*: Çalışma alanındaki birimlerde özellikle egemen süreksizliklerin eğim yönlerinin çakıştığı bölgelerde yoğun bir bozunma ve ayrışma zonları gelişmiştir. Özellikle yağışın bol olduğu dönemlerde suyun etkisiyle makaslama dayanımı azalmış ve kaydırıcı kuvvetler artarak yenilmeler meydana gelmiştir.

Tüm bunlara bağlı olarak, Koyulhisar ilçesi ile bağlı diğer yerleşim alanları ileriye yönelik olarak sürekli heyelan tehlikesi altında bulunmaktadır. Henüz harekete geçmemiş olan bir çok yerde de, kritik denge koşuluna ulaşılması sonunda heyelanlar meydana gelebilir. Bu nedenle; bölgede Koyulhisar' ın daha doğusundaki düzlük bölgeler heyelan açısından oldukça güvenli bölgelerdir.



8. BÖLÜM
KAYNAKLAR

8. KAYNAKLAR

- Abderahman, N.B., 1998.** Landslides at km 56.4 along the Irbid-Amman Highway, Northern Jordan. AAPG, Division of Environmental Geosciences, 5, 3,103-113.
- Al-Homoud, A. S., Tal, A. B. ve Tagieddin, S. A., 1997.** A comparative study of slope stability methods and mitigative design of a highway embankment landslide with a potential for deep seated sliding. Engineering Geology, 47, 157-173.
- Angeli, M.G., Pasuto, A., ve Silvano, S., 2000.** A critical review of landslide monitoring experiences. Eng. Geo. 55, 133-147.
- Anon, 1977.** The descripton of rock masses for engineering purposes. Engineering Group Working Party Report, Quarterly Journal of Engineering Geology, 10, 43-52.
- Barka, A. A., 1984.** Kuzey Anadolu Fay Zonundaki bazı Neojen-Kuvaterner havzaların jeolojisi ve tektonik evrimi. Ketin Sempozyumu, 209-227.
- Bieniawski, Z.T., 1989.** Engineering Rock Mass Classification: Mc Graw Hill, New York, NY,237.
- Chihara, K., Iwanaga, S., Ho, K., Ogawa, T., Hayatsu, K., ve Koruge, K., 1994.** Geohistorical development of the Tochiyama landslide in North-Central Japan. Eng. Geo. 38 205-219.
- Calcaterra, D., Gili, J. A., ve Iovinelli, R., 1998.** Shallow landslides in deeply weathered slates of the Sierra de Collcerola (Catalonian Coastal Range, Spain. Eng. Geo. 50, 283-298.
- Dramis, F. ve Sorriso-Valno, M., 1994.** Deepseated gravitational slope deformations, related landslides and tectonic. Engineering Geology, 38, 231-243.

- Dunham, R.J., 1962.** Classification of carbonate rocks according to depositional texture.-In W.E. Ham (ed.), Classification of carbonate rocks; Amer. Assoc. Petroleum Geologist Mem. 1, 108-121.
- Erkan, Y., 1972.** Petrografi ders notları. Hacettepe Üni. Yerbilimleri Ens. 118 , 18, 3-22.
- Erkan, Y., 1994.** Kayaç oluşturan önemli minerallerin mikroskopta incelenmeleri. TMMOB Jeoloji Mühendisliği Odası Yayınları: 42. 405.
- Fuchu, D., Lee, C.F., ve Sijing, W., 1999.** Analysis of rainstorm induced slide debris flow on natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. Eng. Geo. 51, 279-290, Japan.
- Goodman, R. E., 1989.** Introduction to Rock Mechanics. 2nd Ed., John Wiley & Sons, New York.
- Hutchinson, J. N., 1988.** General report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Landslides, 1, 3-35.
- I.S.R.M. (International Society of Rock Mechanics), 1978.** Rock Characterization testing and monitoring. Suggested methods for the quantative description of discontinuities in rock masses. Int. I. Rock. Mech. Sci. Geomech. Abstr., 15, 309-368.
- I.S.R.M., 1981.** Rock Characterization Testing and Monitoring, I.S.R.M. Suggested Methods. E.T. Brown (Ed.), Pergamon Press, Oxford, 211
- Kamai, T., 1998.** Monitoring the process of ground failure in repeated landslides and associated stability assesments. Eng. Geo. 50. 71,84.
- Ketin, İ., 1969.** Kuzey Anadolu Fayı hakkında. M.T.A. Dergisi., 72, 1-27.
- Ketin, İ., 1976.** San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma. T.J.K. Bülteni 19, 149-154.
- Koçyiğit, A., 1985.** Geotectonic characteristics of the Çobandede fault zone and ground ruptures of the Horasan-Narman earthquake between

- Muratdağı and Balabantaş. Cumhuriyet Univ., Eng. Fac. Bull. Serie A Earthsciences, 2, 17-33.
- Koçyiğit, A., 1987.** Tectonic setting of the Geyve basin: age and total offset of the Geyve Fault Zone, E Marmara, Turkey. Middle East Technical University, Jour., Pure Appl. Sci., 21/1-3, 81-104.
- Koçyiğit, A., 1989.** Suşehri basin: an active fault-wedge basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 167, 13-29.
- Koçyiğit, A., Öztürk, A., İnan, S., Gürsoy, H., 1985.** Morphotectonics and mechanistic interpretation of Karasu basin (Erzurum). Cumhuriyet Univ. Eng. Fac. Bull., Serie A, Earthsciences, 2. 3-15.
- Koçyiğit, A. ve Tokay, M., 1985.** Seismotectonic investigation of the North Anatolian Fault Zone between Çatalçam (Zevker) and Erzincan: tectonostratigraphy, systematics and neotectonical characteristics of the fault zone. Middle East Technical University, Project no. 82-04-08-00-02, 101 (unpublished report).
- Mckenzie, W.S., ve Guildorf, C., 1980.** Atlas of rock forming minerals in thin section. John Wiley and Soons, Inc., New York.
- Moorhouse, W.W., 1969.** The study of rocks in thin section. Harper and Row, New York, 514
- Polemio, M., ve Sdao, F., 1999.** The role of rainfall in the landslide hazard: the case of the Avigliano urban area (Southern Apennines. Italy). Eng. Geo. 53, 297-309.
- Price, N.J., 1966.** Fault and Joint Development in Brittle and Semi-Brittle Rock. Pergamon Press, London 176 s.
- Romana, M., 1985.** New adjustment ratings for application of BIENIAWSKI classification to slopes. Int. Symp. on the role of rock mechanics. Zacatecas, 49-53.

- Santaloia, F., ve Cancelli, A., 1997.** Landslide evolution around Mt Campastrino (Northern Apennines, Italy): a complex and composite gravitational movement. *Eng. Geo.* 47, s. 217-232.
- Seymen, İ., 1973.** Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Niksar ve Reşadiye (Tokat) dolaylarındaki özellikleri. *Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu*, M.T.A. Yayınl. Ankara.
- Seymen, İ., 1975.** Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun tektonik özelliği: Doktora tezi, İ.T.Ü. Maden Fak., İstanbul.
- Streickeisen, A., 1976.** To each plutonic rock its proper name. *Earth. Sci. Rev.*, 12, 1-33.
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1981.** Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler. *Jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri (Factors affecting the geomorphological development of eastern Turkey-relations between geomorphology, tectonics and volcanism)*. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 24, 39-50.
- Tarhan, F., 1989.** *Mühendislik Jeolojisi Prensipleri*. K.T.Ü. Yayını, Trabzon.
- Tatar, O., 1993.** Neotectonic Structures in the East Central Part of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Ph.D. thesis, Keele University, Keele, 303
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A., 1980.** Ünye-Ordu-Reşadiye-Koyulhisar arasının stratigrafisi. *TJK Bülteni*, 23/2, 179-191.
- Terzioğlu, M.N., 1986.** Doğu Karadeniz bölgesinde Pliyosen yaşlı Erdembaba volkanitlerinin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal incelemesi: *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 29, 71-85.
- Toprak, V., 1988.** Neotectonic characteristics of the North Anatolian Fault Zone between Koyulhisar and Suşehri (NE Turkey). *Metu Journal of Pure and applied sciences*, 21, 1-3, 155-168.

- Turrini, M.C., ve Visintainer, P., 1998.** Proposal of a method to define areas of landslide hazard and application to an area of the Dolomites, Italy. Eng. Geo. 50, 255-265.
- Uysal, Ş., Bedi, Y., Kurt, İ. ve Kılıç, F., 1995.** Koyulhisar (Sivas) yöresinin jeolojisi. MTA Raporu, No. 9838.
- Ulusay, R., 1982.** Şev stabilite analizlerinde kullanılan pratik yöntemler ve jeoteknik çalışmalar. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Eğitim Serisi No: 25. Ankara.
- Yamagishi, H., ve Ito, Y., 1994.** Relationship of the landslide distribution to geology in Hokkaido, Japan. Eng. Geo. 38, 189-203.



ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Bilecik' te doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bilecik' in Söğüt ilçesinde, lise öğrenimini ise Bilecik' te tamamladı. 1991 yılında İstanbul Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Elektrik Bölümü'ne girdi ve 1993 yılında mezun oldu. 1994 yılında Marmara Üniversitesi' nden Öğretmenlik Formasyonu Sertifikası aldı. 1995 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne girdi. 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında master öğrenimine başladı ve 2001 yılında tamamladı.