

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÜMÜŞHANE KENTİ VE YAKIN ÇEVRESİNİN YERLEŞİME UYGUNLUK

AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

106447

Jeoloji Yük. Müh. Şule TÜDEŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

“Doktor”

Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

106447

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 02.07.2001

Tezin Savunma Tarihi : 24.09.2001

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Fikri BULUT

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Remzi DİLEK

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Necdet TÜRK

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU

Fikri Bulut
Remzi Dilek
Necdet Türk

A. Kadıoğlu

Trabzon 2001

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



En değerli varlıklarım,

Oğlum;

TUNGA

Kızım;

TUVANA ve

Eşim;

Prof. Dr. TÜRKAY TÜDEŞ'E...

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne Doktora Tezi olarak hazırlanan bu çalışma, Gümüşhane kenti ve yakın çevresinin yerleşime uygunluk açısından araştırılmasını amaçlamıştır.

Çalışmaların her aşamasında her türlü bilimsel desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Fikri Bulut'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

Anabilimdalı Başkanı ve jüri üyesi olarak verdiği katkı ve önerilerinden dolayı Sayın Hocam Prof. Dr. Remzi Dilek'e içtenlikle teşekkür ederim.

Jüri üyesi olarak tezin incelenmesi ve değerlendirilmesi aşamasında verdiği değerli katkı, yorum ve önerilerinden dolayı Sayın Hocam Prof. Dr. Necdet Türk'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilim dalı arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Şener Ceryan ve Yrd. Doç. Dr. Fatma Gültekin'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Sayın Hocalarım, Prof. Dr. Osman Bektaş ve Doç. Dr. Cemil Yılmaz'a, arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Abdullah Kaygusuz, Yrd. Doç. Dr. Abdurrahman Dokuz, Yrd. Doç. Dr. Orhan Aydın, Arş. Gör. Raif Kandemir, Arş Gör. Yener Eyüboğlu, Arş Gör. Arzu-Hakan Ersoy, Arş Gör. Gülten Yaylalı ve Dr. Hasan Kolaylı'ya katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Paleontolojik tayinlerde yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. Sibel Özgür'e teşekkür ederim.

Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü öğretim elemanlarından Arş Gör. Selçuk Reis ve Arş Gör. H. İbrahim İnan'a CBS çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarından Doç. Dr. Kenan Gelişli, Yrd. Doç. Dr. Yusuf Bayrak, Yrd. Doç. Dr. Hakan Karslı ve Yrd. Doç. Dr. Ali Aydın'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

DeneySEL çalışmalar sırasında yardımcı olan Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarı teknik elemanı Yakup Yavuz'a teşekkür ederim.

K.T.Ü Araştırma Fonu'na maddi desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Tezin, özellikle arazi çalışmaları aşamasında her türlü manevi desteklerini esirgemeyerek, çocuklarıma yokluğumu hissettirmeyen Sevgili Annem Emine Gök ve kız kardeşlerim Gökben ve Gülbin Gök'e en derin sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Şule Tüdeş

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Kent ve Çevre Jeolojisinin Anlamı	1
1.2. Çalışma Alanı Sınırları	1
1.3. Önceki Çalışmalar	2
1.4. Coğrafya	5
1.4.1 Konum ve Ulaşım	5
1.4.2 Nüfus	5
1.4.3 İklim	7
1.4.4 Toprak ve Bitki Örtüsü	7
1.4.5 Arazi Kullanımı	8
1.5 Sanayi	12
1.6. Turizm Olanakları	12
1.7 Ekonomik Jeoloji	13
2.YAPILAN ÇALIŞMALAR	14
2.1. Amaç ve Yöntem	14
2.2. Arazi Çalışmaları	14
2.3. Labaratuvar Çalışmaları	15
3.BULGULAR VE İRDELEME	16
3.1. Gümüşhane Yerleşim Alanı ve Çevresinin Genel Jeolojisi	16
3.1.1. Stratigrafi	16
3.1.2. Gümüşhane Graniti	17
3.1.3. Zimonköy Formasyonu	29
3.1.4. Berdiga Formasyonu	39
3.1.5. Kermutdere Formasyonu	41
3.1.6.Ali Baba Formasyonu	45
3.1.7.Kaçkar Granitoyoidi	49

3.1.6. Alüvyonlar	51
3.1.8 Yamaç Molozları	52
3.2. Tektonik	52
3.2.1.Bölgesel Tektonik ve Fotojeolojik Yorum	52
3.2.2.Gümüşhane Yerleşim Alanının Tektonik Özellikleri	57
3.3.Gümüşhane Yerleşim Alanındaki Kayaçların Ayrışma Durumu	59
3.3.1. Kayaçalarda Ayrışma	59
3.3.2. Gümüşhane Graniti ve Volkanik Kayaçların Ayrışmaya Göre Bölgelendirilmesi.	59
3.4. Gümüşhane Yerleşim Alanı Kayaçlarının Süreksizlik Özellikleri	67
3.4.1. Kaya Kalitesi Özelliği (RQD)	68
3.4.2. Çatlak Ara Uzaklığı	69
3.4.3. Çatlak Açıklığı	75
3.4.4. Süreksizlik Dolguları	80
3.4.5. Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü	81
3.4.6. Gümüşhane Yerleşim Alanı Kayaçlarının Fiziksel, Mekanik ve Elastik Özellikleri	89
3.4.6.1. Fiziksel Özellikler	89
3.4.6.1.1. Özgül Ağırlık	89
3.4.6.1.2.Birim Hacim Ağırlık	90
3.4.6.1.3. Porozite	91
3.4.6.1.4. Efektif Porozite	92
3.4.6.1.5. Suda Dayanım İndeksi	92
3.4.6.1.6.Sertlik	93
3.4.6.2.Mekanik Özellikler	98
3.4.6.2.1.Nokta Yük Direnci	98
3.4.6.2. 2. Tek Eksenli Basınç Direnci	101
3.4.6.2.3. Çekme Direnci	103
3.4.6.2.4. Kesme Direnci Parametreleri	104
3.4.6.3. Elastik Özellikler	104
3.4.6.3.1. Ultrasonik Hız Değerleri	105
3.4.6.3.2. Dinamik Elastisite Modülü	107
3.5. Gümüşhane Yerleşim Alanındaki Kaya Kütlelerinin Jeomekanik Sınıflama (RMR) Sistemine Göre Sınıflandırılması	110
3.6. Yerleşim Alanı Kayaçlarının Kazılabilirliği	113

3.6.1. Yerleşim Alanı Kayaçlarının Kazılabilirliğini Sismik Kırılma Yöntemiyle Belirlenmesi	113
3.6.2. Yerleşim Alanı Kayaçlarının Kazılabilirliğini Jeomekanik Parametrelerle Belirlenmesi.	119
3.7. Hidrojeoloji	129
3.7.1. Su Kaynakları	129
3.7.2. Harşit Çayı Taşkın Debileri, Frekans Analizi ve Taşkın Sınırının Belirlenmesi	132
3.7.2.1. Harşit Çayı Taşkın Frekans Analizi	133
3.7.2.2 Harşit Çayının Taşkın Sınırlarının Belirlenmesi	134
3.8. Gümüşhane Yerleşim Alanı ve Çevresinin Depremselliği	134
3.8.1. Magnitüd Frekans Bağıntısı	136
3.8.2. Gümüşhane ve Çevresini Kapsayan Bölgede Poisson Modeli Yardımıyla Deprem Riski ve Geri Dönüş Peryotlarının Belirlenmesi	140
3.9. Gümüşhane Yerleşim Alanını Oluşturan Birimlerin Dinamik Davranışlarının İncelenmesi	143
3.9.1. Yatay Yer İvme Değerlerinin Hesaplanması ve Değerlendirilmesi	143
3.9.2. Yerleşim Alanını Oluşturan Birimlerin Zemin Büyütme Değerleri	149
3.10. Gümüşhane Yerleşim Alanındaki Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi	150
3.10.1. Yerleşim Alanındaki Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özelliklerinin Hoek-Brown Ampirik Yaklaşımıyla Belirlenmesi	150
3.10.2. Yerleşim Alanındaki Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özelliklerinin Sismik Kırılma Yöntemiyle Belirlenmesi	160
3.10.2.1. İnceleme alanında sismik kırılma yönteminin uygulanışı	161
3.10.2.2. Yerleşim Alanı Kaya Kütlelerinin Elastik Dalga Hızları ve Kalınlıklarının Sismik Kırılma Yöntemiyle Belirlenmesi	162
3.10.2.3. Gümüşhane Kent Zeminini Oluşturan Birimlerin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi	167
3.10.2.4. Gümüşhane kent zemininin taşıma gücü ve oturmalarının belirlenmesi	171
3.11. Gümüşhane Yerleşim Alanı Mühendislik Jeolojisi Haritaları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile (CBS) Analizi	177
3.11.1. Coğrafi Bilgi Sistemi	177
3.11.2. Yazılım ve Donanımlar	178
3.11.3. CBS'nin Mühendislik Jeolojisi'ndeki Yeri ve Uygulamaları	178

3.11.4. Veri Toplama İşlemi	180
3.11.4.1. Grafik veri Elde Edilmesi	180
3.11.4.2. Grafik Olmayan Verilerin Elde Edilmesi	184
3.11.5. Çalışma alanında Sorgulama ve Yerleşime Uygunluk Analizi	185
4. SONUÇLAR	188
5. KAYNAKLAR	192
6. ÖZGEÇMİŞ	205
EKLER	206
EK-1. Gümüşhane ve Çevresinin Jeoloji Haritası	207
EK-2. Gümüşhane Yerleşim Alanı ve Çevresinin Mühendislik Jeolojisi Haritası	208
EK-3. Gümüşhane Yerleşim Alanı ve Çevresinin Eğim Zonlama Haritası	209
EK-4. Gümüşhane Kenti ve Çevresinin Eş Yükseklik Zonlama Haritası	210
EK-5. Gümüşhane Yerleşim alanı ve Çevresinin Bakı Haritası	211
EK-6. Gümüşhane ve Çevresinin Taşkın Haritası ve Üç Boyutlu Sayısal Arazi Modeli	212
EK-7. Gümüşhane Kenti ve Çevresinin Yerleşime Uygunluk Haritası	213

ÖZET

Yerleşim alanı seçiminde, kent zeminini oluşturan birimlerin mühendislik jeolojisi özelliklerinin araştırılması ve kayaçların davranışlarının önceden belirlenmesi gerekir. Temel zemin taşıma gücü, kütle dayanımı, eğim durumu, oturma özellikleri ve deprem dalgalarının zeminde oluşturacağı yer ivmelerinin belirlenmesi yapı ve kat adedinin seçiminde planlamaya esas bilgileri oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, Gümüşhane ilinin yerleşim alanını oluşturan birimlerin arazi ve laboratuvar deneyleriyle jeolojik, jeofizik, jeoteknik, topoğrafya, kazılabilirlik, hidrojeolojik (taşkın durumu) ve depremsellik araştırmaları yapılarak; yerleşime uygun alanlar belirlenmiş ve imar planına esas bilgiler elde edilmiştir.

Gümüşhane yerleşim alanı ve çevresinin 1/10000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış ve yaşlıdan gence doğru; Gümüşhane Graniti (Paleozoyik), Zimonköy Formasyonu (Liyas), Berdiga Formasyonu (Malm-Alt Kretase), Kermutdere Formasyonu (Üst Kretase), Alibaba Formasyonu (Eosen), Kaçkar Granitoidi II (Geç Eosen), Alüvyon ve Yamaç Molozu (Kuvaterner) şeklinde sıralanan litostratigrafi birimleri tanımlanmıştır.

Ayrışma profillerinden alınan granitik kaya malzemesinin, aglomera ve kireçtaşlarının fizikomekanik özellikleri laboratuvar deneyleriyle ortaya çıkarılmıştır.

87 istasyonda yapılan ölçüm, gözlem, ve basit arazi deneyleriyle yerleşim alanı kaya kütlelerinin RMR puanları belirlenmiş ve bu kütleler jeomekanik sınıflama sistemine göre sınıflandırılmıştır.

Kazı ortamının iyi tanımlanması ve uygun kazı makinalarının seçiminin doğru yapılabilmesi için yerleşim alanı kayaçlarının kazılabilirlik derecesi hem sismik kırılma yöntemiyle hem de jeomekanik parametrelerle belirlenmiştir.

Şehrin tam ortasından geçen Harşit Çayı'nın taşkın frekans analizi Gumbel olasılık dağılımı ile yapılmıştır. Harşit Çayı'nda 10, 30, 50 ve 100 yıllık taşkın debilerinin gelecek 10, 20 ve 50 yılda meydana gelme olasılıkları hesaplanmıştır.

Şehir, depremsellik açısından değerlendirilerek magnitüd-frekans bağıntısı bulunmuş, Poisson modeli yardımıyla 1900-2000 yılları arasında meydana gelen depremlerin sismik risk değerleri ve geri dönüş periyotları hesaplanmıştır. Deprem senaryosu üretim modeli oluşturularak, inceleme alanını oluşturan birimlerin s dalga hızları yerinde ölçülerek maksimum yatay yer ivme değerleri ve zemin büyütme katsayıları hesaplanmıştır.

Arazide ölçüm noktalarından elde edilen verilerle çatlaklı kayaçların kütle dayanımları Hoek-Brown ampirik yaklaşımıyla belirlenmiştir.

Yerleşim alanı birimlerinin taşıma güçlerinin belirlenmesinde sismik kırılma yönteminden yararlanılmıştır.

Araştırma sonuçları, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılım ve donanımları vasıtasıyla bilgisayar ortamına aktarılarak sorgulama ve analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak Mühendislik Jeolojisi, eğim zonlama ve taşkın haritaları ve bu haritaların çakıştırılmasıyla yerleşime uygunluk haritası ve kent topoğrafyasının tam olarak ortaya çıkarılması amacıyla şehrin üç boyutlu sayısal arazi modeli oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kent Jeolojisi, Ayrışma, Kütle Dayanımı, Taşıma Gücü, Depremsellik, Taşkın, Kazılabilirlik

SUMMARY

Investigation of Gümüşhane City and its Near Surrounding According to Suitability for Settlement

Prior to the determination of settlement sites, it is necessary to investigate engineering geological properties of foundation rock units and also to understand behavior of these rock masses. The bearing capacity of foundation, strength of masses, slope trends, settlement properties, determination of horizontal ground acceleration during earthquake waves passing through foundation are the main data for the choice of structure type and number of the floor of buildings.

In this study, earthquake, hydrogeology (flooding), rippability, topography, geotechnical, geophysical and geological features of beneath the settlement of Gümüşhane, a developing city, were investigated both in the field and in the laboratory, and suitable land units for new settlement were determined and data for the city planning and development were obtained.

1/10000 scale geological map of Gümüşhane was prepared and lithostratigraphic units of Gümüşhane Granitoid (Paleozoic), Zimonköy Formation (Liassic), Berdiga Formation (Malm-Lower Cretaceous), Kermutdere Formation (Upper Cretaceous), Alibaba Formation (Eocene), Kaçkar Granitoid II (late Eocene), alluvium and debris flows were mapped. Physico-mechanical properties of granitic, agglomerate and limestone masses from weathering profiles were obtained in the laboratory.

Measurements, observations, and simple field tests in 87 locations were conducted in order to obtain RMR scores of rock masses forming foundation of urbanized area and these rock masses were classified based on geomechanical classification system (RMR).

For describing the excavation circumstances well and thus choosing optimum excavators, degree of rippability were obtained from both using seismic reflection methods and geomechanical parameters.

Flood frequency of Harşit River, which passes through the city, was calculated with the Gumbel distribution of probability. 10, 30, 50 and 100 years periods of maximum flood discharge rates of Harşit River were investigated and flooding probability of next 10, 20 and 50 years periods were calculated.

Potential earthquake risks of the city were studied and magnitude-frequency relationship was established. Seismic risk values and reversal periods of earthquakes between years of 1900 to 2000 were calculated. The earthquake simulation models were produced and using directly field measured S-wave velocities in this simulation, horizontal ground acceleration values and soil expanded coefficients were determined.

Strengths of fractured rock masses in the observation sites were determined using the Hoek-Brown empirical approach.

Bearing capacity of the foundation units in settlement area were calculated via the seismic reflection method.

The results obtained in this study were analyzed and evaluated in computer environment using Geographic Information System software and hardware tools. Finally, maps of engineering geology, slope zonation and flooding were produced. In addition, overlaying these maps, urban suitability map and 3-D digital topographic city map were obtained.

Key words: Urban geology, weathering, mass strength, bearing capacity, earthquake study, flood, rippability.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.	6
Şekil 2. Gümüşhane şehrinin genel görünümü	9
Şekil 3. Gümüşhane merkez ilçe yerleşim haritası.	11
Şekil 4. Eosen yaşlı volkanik kayalar üzerinde yerleşen gecekondulaşma bölgesi.	12
Şekil 5. Gümüşhane ve çevresinin stratigrafik kolon kesiti.	18
Şekil 6. Gümüşhane Graniti'ne ait granitik kayaların arazideki görünümü, (Yer:Eskibağlar Mah.).	20
Şekil 7. Gümüşhane granitine ait granodiyorit mikroskopta görünümü, (ÇN, Q: Kuvars, O:Ortoklaz, Pl: Plajiyoklas. Örneğin alındığı yer:Emirler Mah.)	28
Şekil 8. Dolerit-diyabaz dayklarının mikroskoptaki görünümü. (ÇN, Pl: Plajiyoklas, İd:İddingist (eski olivin), K: Kalsit, klorit).	28
Şekil 9. Zimonköy Formasyonunun arazideki görünümü, (Yer: Kuşakkaya T.)	30
Şekil 10. Gurbetyatağı Tepe referans kesiti, (Yer:K.T.Ü. Güm. Müh. Fak. arkası)	32
Şekil 11. Akçakale referans kesiti, (Yer:Akçakale Köyü).	33
Şekil 12. Bağlarbaşı referans kesiti, (Yer:Bağlarbaşı Mahallesi).	34
Şekil 13. Zimonköy Formasyonuna ait kristal tüflerin mikroskopta görünümü. (ÇN, Q: Kuvars, Or: Ortoklaz, Pl: Plajiyoklas, Yer: Gurbetyatağı T.)	36
Şekil 14. Zimonköy Formasyonuna ait bazaltların mikroskoptaki görünümü (ÇN, Pl:Plajiyoklas, Oj: Ojit, Yer: Bağlarbaşı Mah.)	37
Şekil 15. Berdiga Formasyonu'nun arazideki görünümü (Yer: Fındıklı T.).	40
Şekil 16. Kermutdere Formasyonunun arazideki görünümü (Yer: Kabanbaşı Mah.).	43
Şekil 17. Kumlu kireçtaşlarındaki fosillerin mikroskop görüntüsü (Globotruncana sp.).	44
Şekil 18. Alibaba formasyonunu arazideki genel görünümü (Yer: Eskişehir Mah.).	46
Şekil 19. Kumlu Biyosparitlerin mikroskoptaki görünümü (F :Discocyclina, Yer:Eskişehir Mah.).	47
Şekil 20. Kaçkar Granitoidinin arazideki görünümü (Yer: Alemdar Mah.).	50
Şekil 21. Gümüşhane ve çevresinin uydudan alınmış görüntüsü (Görüntü: MMS Bulk 7. Yükseklik 900 km).	55
Şekil 22. Doğu Pontidler'in ana tektonik özellikleri ve tektonik zonları.	56
Şekil 23. Gümüşhane Graniti'nden alınan çatlak ölçülerine göre çizilen kontur diyagram.	57

Şekil 24. Alibaba Formasyonuna ait aglomera ve tüflerde alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanan kontur diyagram.	58
Şekil 25. Granitik kayalarda ayrışma profillerinde ayırtlanan, az ayrışmış kaya kütlesi.	61
Şekil 26. Granitik kayalarda ayrışma profillerinde ayırtlanan,orta derecede ayrışmış kaya kütlesi.	62
Şekil 27. Granitik kayalarda ayrışma profillerinde ayırtlanan,yüksek derecede ayrışmış kaya kütlesi.	62
Şekil 28. Granitik kayalarda ayrışma profillerinde ayırtlanan,tamamen ayrışmış kaya kütlesi.	63
Şekil 29. Granitik kayalara ait, yüksek derecede ayrışmış kaya kütlesi, tamamen ayrışmış kaya kütlesi ve arena (kalıntı toprak) lardan oluşan ayrışma profili.	63
Şekil 30. Aglomera kütlelerinde eksfoliasyon yapıları.	65
Şekil 31. Granitik kayalarda açılan, Arena + yamaç molozlarından oluşan bir yarma (Yer İnönü Mah.).	67
Şekil 32. Çalışma alanında scanline yöntemi ile süreksizliklerin incelenmesi, (Yer: İnönü Mah.)	68
Şekil 33. Granitik kayalarda 1. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.	71
Şekil 34. Granitik kayalarda 2. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.	72
Şekil 35. Granitik kayalarda 3. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.	72
Şekil 36. Granitik kayalarda 4. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.	73
Şekil 37. Aglomeralarda 5. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.	73
Şekil 38. Aglomeralarda 6. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.	74
Şekil 39. Aglomeralarda 7. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.	75
Şekil 40. Kireçtaşlarına ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.	75
Şekil 41. Granitik kayalarda 1. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.	77

Şekil 42. Granitik kayaçlarda 2. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.	77
Şekil 43. Granitik kayaçlarda 3. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.	78
Şekil 44. Granitik kayaçlarda 4. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.	78
Şekil 45. Aglomeralarda 5. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.	79
Şekil 46. Aglomeralarda 6. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.	79
Şekil 47. Aglomeralarda 7. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.	80
Şekil 48. Kireçtaşlarına ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.	80
Şekil 49. Gümüşhane Graniti'ndeki süreksizlik dolgularının DTA grafikleri.	82
Şekil 50. Standart pürüzlülük profilleri, (Barton ve Choubey, 1977).	84
Şekil 51. Granitik kayaçlarda 1. Ayrışma Bölgesine ait JRC pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.	85
Şekil 52. Granitik kayaçlarda 2. Ayrışma Bölgesine ait JRC pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.	86
Şekil 53. Granitik kayaçlarda 3. Ayrışma Bölgesine ait JRC pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.	86
Şekil 54. Granitik kayaçlarda 4. Ayrışma Bölgesine ait JRC pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.	87
Şekil 55. Aglomeralarda 5. Ayrışma Bölgesine ait çatlakların pürüzlülüğü.	87
Şekil 56. Aglomeralarda 6. Ayrışma Bölgesine ait çatlakların pürüzlülüğü.	88
Şekil 57. Aglomeralarda 7. Ayrışma Bölgesine ait çatlakların pürüzlülüğü.	88
Şekil 58. Kireçtaşlarına ait çatlakların pürüzlülüğü.	89
Şekil 59. Granitik kayaçlardan blok örnek alımı (Yer: Bağlarbaşı Mah.).	90
Şekil 60. Gümüşhane Granitinin tek eksenli basınç direnci ile Schimidt çekici geri tepme sayısı (R) arasındaki ilişki.	98
Şekil 61. Gümüşhane yerleşim alanındaki granitik kayaçlarda tek eksenli basınç direnci ile nokta yük direnci arasındaki ilişki.	100
Şekil 62. Jeomekanik Sınıflama Sisteminde süreksizlik ara uzaklığı değerleri için puan belirleme abağı, (Bieniawski, 1989'dan).	112

Şekil 63. Jeomekanik sınıflama sisteminde tek eksenli sıkışma dayanımı ve RQD için puan belirleme abakları, (Bieniawski, 1989'dan).	114
Şekil 64. Granitlerde alt yapı çalışmaları amacıyla yapılan kazılar (Yer: Emirler Mah).	130
Şekil 65. Aglomeralarda su borusu döşenmesi amacıyla yapılan kazılar (Yer: Hasanbey Mah).	130
Şekil 66. Gümüşhane ve çevresinin tektoniği ve sismisitesi.	135
Şekil 67. Türkiye deprem bölgeleri haritası (T.C. Bayındırlık Bakanlığı Deprem Araştırma Merkezi'nden alınmıştır).	136
Şekil 68. Seçilen bölgenin magnitüd-frekans ilişkisi.	137
Şekil 69. Gümüşhane ve çevresinin a/b kontur haritası.	139
Şekil 70. Gümüşhane ve çevresinde 20. yüzyılda oluşan depremlerin zamana göre değişimi.	139
Şekil 71. Gümüşhane ve çevresinde deprem büyüklüklerinin sayısal dağılımı.	140
Şekil 72. Gümüşhane ve çevresinde oluşan depremlerin geri dönüş periyotları.	141
Şekil 73. Değişik zaman ve magnitüd aralıkları için Gümüşhane ve civarında depremlerin oluşma riski.	143
Şekil 74. Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeğinde zemin türüne göre maksimum yer ivmesi büyüklüğünün değişimi (Pinter, 1996).	146
Şekil 75. Modifiye edilmiş GSI sınıflama sistemi (Sönmez ve Ulusay, 1999).	156
Şekil 76. $C_y/\sigma_{ci}=f(GSI, m_i)$ ve $\phi=f(GSI, m_i)$ değişimleri (Hoek-Brown, 1998).	157
Şekil 77. İnceleme alanında sismik kırılma yönteminin uygulanışı (Yer: Emirler Mah.).	162
Şekil 78. 1 nolu profile ait zaman-uzaklık grafiği (P ve S dalgalarının belirlenmesi).	163
Şekil 79. 1. profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerinin değerlerinin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçüm Yeri : Fındıklı Tepe, Ek 2).	173
Şekil 80. 2. profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerinin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçüm Yeri : Fındıklı Tepe, Ek 2).	174
Şekil 81. 3. Profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrenin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri : Eskibağlar Vadisi, Ek-2).	174
Şekil 82. 4. Profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrenin derinliğe yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri : İnönü Mahallesi, Ek 2).	174

Şekil 83. 5. Profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametre değerlerinin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri Emirler Mahallesi, Ek 2).	175
Şekil 84. 6. profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerinin derinliğe yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri: Topal Mahallesi , Ek 2).	175
Şekil 85. 7. profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerinin derinliğe yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri Topal Mahallesi Ek 2)	176
Şekil 86. 8. Profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerin derinliğe değişimi (Ölçüm Yeri: Çamlıköy yolu, Ek 2)	176
Şekil 87. Coğrafi bilgi sistemlerinin temel fonksiyonları (Yomralıoğlu, 2000).	177
Şekil 88. Vektör ve raster veri modellerinin şematik olarak gösterimi.	181
Şekil 89. Gümüşhane yerleşim alanının yerleşime uygunluğunun CBS ile değerlendirilmesinde kullanılan katmanlar.	186
Şekil 90. Yerleşime Uygunluk haritasının hazırlanmasında işlem akış diyagramı.	187

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Gümüşhane ve Torul meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen ortalama yağış (mm) ve sıcaklık (°C) değerleri.	8
Tablo 2. Gümüşhane İli Arazi Kullanımı ,(Gümüşhane İl Müdürlüğü, 1997)	8
Tablo 3. Gümüşhane Granitoyidi'ne ait kayaçların modal analizleri ile SAT, COL ve FELDS indisleri	21
Tablo 4. Kaçkar Granitoyidine ait kayaçların modal analizleri ile SAT, COL ve FELDS indisleri	50
Tablo 5. Kaya malzemesi Sınıflandırması (Anon, 1995).	61
Tablo 6. Kaya kütlelerinin ayrışmaya göre sınıflandırılması (Anon, 1995)	61
Tablo 7. Granitik kayaçlarda, yüzeylemelerde elde edilen RQD değerlerinin ayrışma bölgelerine göre dağılımı.	69
Tablo 8. Granitik kayaçların çatlak ara uzaklığı değerlerinin ayrışma bölgelerine göre dağılımı.	70
Tablo 9. Granitik kayaçlara ait çatlak açıklığı değerlerinin ayrışma bölgelerine göre % dağılımları.	76
Tablo 10. Gümüşhane Granitinin Ayrışma bölgelerine ait pürüzlülük (JRC) değerlerinin Bianiewski (1989) pürüzlülük sınıflamasına göre dağılımı.	83
Tablo 11. Gümüşhane Granitinin Ayrışma bölgelerine ait pürüzlülük (JRC) değerlerinin ISRM (1981) pürüzlülük sınıflamasına göre dağılımı.	85
Tablo 12. Gümüşhane yerleşim alanındaki granitik kayaçların indeks özellikleri ve ayrışmayla değişimi	94
Tablo 13. Volkanitlerin ve kireçtaşının indeks özellikleri	95
Tablo 14. Schimidt çekici geri tepme sayılarının aşağıya doğru dik olarak tutuluş durumuna göre düzeltme değerleri (Barton ve Choubey 1977).	96
Tablo 15. Chauvenet kriteri için örnek sayılarına (N) karşılık gelen en büyük standart sapma değerleri (ss).	97
Tablo 16. Gümüşhane Granitinin Schimidt çekici geri tepme sayıları ve farklı çalışmalarla karşılaştırılması.	97
Tablo 17. Granitik kaya malzemesinin elastik ve mekanik özellikleri ve ayrışmayla değişimi.	105

Tablo 18. Kireçtaşı, tuf ve aglomeraların elastik ve mekanik özellikleri.	106
Tablo 19. Gümüşhane yerleşim alanında yüzeylenen kayaçların kesme direnci parametreleri	107
Tablo 20. Granitik kaya malzemesinin elastik özellikleri ve ayrışmayla değişimi	109
Tablo 21. Kireçtaşı, tuf ve aglomeraların elastik özellikleri.	110
Tablo 22. Jeomekanik Sınıflama (RMR Sistemi), (Bieniawski, 1989'dan).	115
Tablo 23. Aglomera kaya kütlelerinin ayrışma profillerinde (farklı ayrışma derecelerinde belirlenen RMR puanları ortalamaları ve değişim aralıkları ile kaya sınıfları.	116
Tablo 24. Aglomeraların ayrışma bölgelerine göre RMR puanlarının ortalamaları ve değişim aralıkları ile kaya sınıfları.	116
Tablo 25. Granitik kayaç kütlelerinin ayrışma profillerinde belirlenen RMR puanları ortalamaları ve değişim aralıkları ile kaya sınıfları.	116
Tablo 26. Granitik kayaçların farklı ayrışma bölgelerindeki istasyonlarda belirlenen RMR puanlarının değişim aralıkları ve ortalamaları ile kaya sınıfları.	117
Tablo 27. Yerleşim alanındaki kireçtaşlarına ait RMR puanları ve kaya sınıfı.	117
Tablo 28. Zeminin sökülebilirlik derecesi ve kazıda kullanılacak makinaların tanımları.	118
Tablo 29. Yerleşim alanı oluşturan birimlerin arazide belirlenen elastik dalga hızlarından yararlanarak sökülebilirlik açısından sınıflandırılması (EİE-078).	120
Tablo 30. Gümüşhane yerleşim alanı zeminin Caterpillar tipi sökücü aletler ile sökülebilirliğinin belirlenmesi.	121
Tablo 31. Gümüşhane yerleşim alanı zeminin kazılabilirliğinin farklı tipteki kazı araçlarına göre değerlendirilmesi.	122
Tablo 32. Yerleşim alanındaki granitik kayaçların kazılabilirlik değerlendirmesi.	124
Tablo 33. Yerleşim alanındaki aglomeraların kazılabilirlik değerlendirmesi	124
Tablo 34. Yerleşim alanındaki kireçtaşlarının kazılabilirlik değerlendirmesi.	125
Tablo 35. Granit kütlelerinin ayrışma profillerinde kazılabilirliğin Kristen (1982) kazılabilirlik sınıflaması ile değerlendirilmesi	125
Tablo 36. Granitik kayaçalarda kazılabilirlik sınıflamasının ayrışma bölgelerine göre değerlendirilmesi.	125
Tablo 37. Aglomera kütlelerinin ayrışma profillerinde kazılabilirlik sınıflaması.	126
Tablo 38. Aglomeralarda bölgesel ayrışma derecesinde kazılabilirlik sınıflaması.	126
Tablo 39. Kireçtaşı kütlelerinin ayrışma profillerinde kazılabilirlik sınıflaması.	126

Tablo 40. RMR puanlarına göre yerleşim alanındaki granitik kayaçların kazılabilirlik değerlendirmesi.	127
Tablo 41. RMR puanlarına göre yerleşim alanındaki aglomeraların kazılabilirlik değerlendirmesi.	127
Tablo 42. RMR puanlarına göre yerleşim alanındaki kireçtaşlarının kazılabilirlik değerlendirmesi.	128
Tablo 43. Harşit Çayı alüvyonlarındaki keson kuyulara ait bilgiler.	131
Tablo 44. Gümüşhane ilinin nüfusa ve yıllara göre içme suyu gereksinimi.	132
Tablo 45. Harşit Çayı 22-09 no'lu Torul Akım Gözlem İstasyonuna ait yıllık en yüksek debi değerleri.	133
Tablo 46. Harşit Çayı'na ait 10, 30, 50 ve 100 yıllık taşkın debileri ve gelecek 10, 20 ve 50 yılda en az bir kere taşkın olma olasılıkları.	133
Tablo 47. Gümüşhane Kenti ve çevresi için hesaplanan deprem geri dönüş periyotları.	142
Tablo 48. Gümüşhane ve çevresini etkileyebilecek depremler ve hesaplanan risk değerleri.	142
Tablo 49. Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan birimlerin maksimum yatay ivme değerleri ve deprem şiddetleri.	146
Tablo 50. Gümüşhane Merkezde belirli "Maksimum Yatay Yer İvmesi" değerlerinin belirli ekonomik ömürler içerisindeki aşılma olasılıkları.	147
Tablo 51. Gümüşhane merkezde çeşitli ekonomik ömürler içerisindeki çeşitli olasılıklarla beklenen maksimum yatay yer ivmesi değerleri.	147
Tablo 52. Türkiye'nin deprem tehlikelerine göre bölgelendirilmesinde Gümüşhane'nin yeri ve sismik parametrelerinin karşılaştırılması.	148
Tablo 53. Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan birimlerin zemin büyütme değerleri ve muhtemel oluşturacağı hasarlar.	151
Tablo 54. Kayaç litolojisine bağlı ampirik faktör mi değerleri (Hoek ve Brown,1997).	153
Tablo 55. Blok boyutu tanımlamaları ve Jv parametresi için ISRM (1981) ve Ulusay (1999) tarafından önerilen aralıklar.	154
Tablo 56. Granitik kayaçların kütleli ayrışma derecesine göre belirlenen mühendislik özellikleri.	157
Tablo 57. Aglomeraların kütleli ayrışma profillerinde belirlenen mühendislik özellikleri.	158
Tablo 58. Kireçtaşı kütlelerinin mühendislik özellikleri.	158

Tablo 59. Granitik kaya kütlelerinin mühendislik jeolojisi haritasında ayırtılan ayrışma bölgelerine göre belirlenen mühendislik özellikleri.	159
Tablo 60. Aglomera kaya kütlelerinin mühendislik jeolojisi haritasında ayırtılan ayrışma bölgelerine göre belirlenen mühendislik özellikleri.	159
Tablo 61. Ayrışma profillerinde boyuna ve enine elastik dalga hızlarının değerleri.	164
Tablo 62. Kent zeminin oluşturan birimlerin kütleli ayrışma derecesindeki dalga hızları ve bu hızlara göre zemin sağlamlığı sınıflaması.	166
Tablo 63. Granitik kayaç ve aglomeraların kırık indeksi kalite sınıflamasına göre değerlendirilmesi	167
Tablo 64. Gümüşhane kent zeminini oluşturan birimlerin fiziksel ve elastik parametre değerleri	168
Tablo 65. Granit ve aglomeraların sağlamlık katsayısına göre değerlendirilmesi.	170
Tablo 66. Gümüşhane kent zemininin, zemin hakim titreşim periyodu değerleri.	171
Tablo 67. Gümüşhane kent zeminini oluşturan birimlerin taşıma gücü değerleri.	173

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Kent ve Çevre Jeolojisinin Anlamı

Kent planlama, şehirlerde köyden kente göçün de büyük oranda desteklediği nüfus artışı ve nüfus hareketliliğinden doğan konut edindirme sorununa yeterli sosyal ve fiziksel alt yapı sağlayarak toplumun sağlıklı bir çevrede yaşamasına zemin hazırlamadır. Bu hazırlığın tamamlanmasında şehrin yeraltı ve yerüstü özelliklerinin ne durumda olduğu sorusuna yanıt aranmalıdır. Bu yanıt şehrin jeolojik yapısının yönlendirici ve sınırlayıcı etkisini ortaya çıkarır.

Kent ve Çevre Jeolojisi başlığı altında araştırılan bu etkiler, yer seçiminde bölge henüz yapılaşmaya açılmadan zeminin jeolojik yapısının, jeoteknik özelliklerinin ve jeolojik çevre koşullarının belirlenmesi gereğini doğurur.

Deprem, taşkın, heyelan ve erozyon gibi jeolojik nedenlerin sebep olduğu bu sınırlayıcı koşullar kent planlamacılarını uygun yer seçimine zorlamaktadır. Bu nedenle, jeoloji mühendisinin kent planlamacıya güvenilir bir altlık haritası oluşturması gereği ortaya çıkmıştır.

Bu altlığın hazırlanmasında bölgenin jeolojisi, jeoteknik özellikleri, jeolojik sınırlamaları veya avantajları iyi araştırılmalı ve bu doğrultuda arazi kullanım potansiyeli ortaya çıkarılarak yerleşime uygunluk haritası oluşturulmalıdır.

Kent planlanmasında yer seçimini etkileyen temel parametreler; topoğrafya, jeolojik yapı, hidrojeolojik koşullar, iklim koşulları, kazılabilirlik, yapı malzemeleri gibi sıralansa da kentin özel jeolojik koşullarına ve mühendislik sorunlarına göre bu parametrelerin sayısı ve çeşitliliği artmaktadır.

1.2. Çalışma Alanı Sınırları

Çalışma alanı, merkez ilçe ve çevresinde yaklaşık 60 km²lik bir alanı kaplamakta ve doğuda Kızılköy, Kabanbaşı, Şişmanlı Mahalleleri, batıda Eskişehir, kuzeyde Davunlu, Kalkanlı, Cebirli mahalleleri, güneyde ise Aşağı ve Yuvamet Mahalleleri'yle sınırlanmaktadır (Ek1).

1.3. Önceki Çalışmalar

Ketin (1948,1950,1951), Aşkale, Bayburt ve Gümüşhane bölgesinin jeolojisini çalışarak bölgenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını yapmışlardır. Çalışmalarda Liyas yaşlı kayaların volkano-tortul karakterli olduğu, Paleozoyik yaşlı metamorfik temel üzerinde transgressif olarak geldiği serinin içerdiği ammonitlerden dolayı Sinemuriyen-Toarsiyen yaşlı ve kalınlığının ise 2000 m olduğu belirtilmektedir.

Baykal (1949,1952), Kelkit-Şiran yörelerindeki incelemelerinde Paleozoik yaşlı metamorfik ve granitik temel kayalarıyla, Jura, Alt-Üst Kretase, Eosen ve Neojen yaşlı tortul kayaların yayılım ve özelliklerini ortaya koymuştur.

Erguvanlı (1952), Trabzon-Gümüşhane arasındaki Pontidlerin Bir Kesidi adlı araştırmasında yazar bölgenin 1/100000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak Pontidlerde Senoniyen ve Lütesiyen yaşında iki kompleksin varlığından söz etmektedir. Senoniyen kompleksi, filiş kalker ve marnlı kalkerleri içermektedir. Lütesiyen kompleksi ise, porfirik yapılı andezitlerle aralarında merccekler halinde bulunan Lütesiyen filişini içermektedir. Araştırmacıya göre Trabzon-Gümüşhane arasındaki Pontidler bünyesinde biri Senoniyen'den yeni diğeri ise eski olan iki tip granit bulundurmaktadır

Gattinger (1962), Gümüşhane yöresinde yüzeylenen kayaların stratigrafik dizilimini Permien yaşlı metamorfik seriler ve granitler, Liyas yaşlı kireçtaşları, Üst Kretase yaşlı filişler ve Eosen yaşlı volkanik ve filiş serisi olarak sıralamıştır.

Çoğulu (1970), Gümüşhane-Rize bölgelerinde bulunan granitik kayaç topluluklarını jeolojik, petrolojik ve jeokronometrik yönden inceleyerek Gümüşhane Plütunu'nun yaşını Üst Paleozoyik olarak tesbit etmiş ve plütону; granodiyorit, kuvars monzonit ve granit olmak üzere üç fasiyese ayırmıştır.

Tokel (1972), Gümüşhane yöresinin stratigrafisini çıkarmıştır. Ayrıca bölgenin volkanik tarihçesini araştırarak, Üst Kretase ve Eosen volkanitlerini petrokimyasal yönden incelemiştir. Üst Kretase yaşlı filişler Kermutdere Formasyonu, Eosen yaşlı volkano-tortul birim ise Alibaba Formasyonu olarak ilk kez yazar tarafından tanımlanmıştır.

Yılmaz (1974), Gümüşhane Graniti'nin yerleşimini ve bileşimini araştırmıştır. Gümüşhane Graniti'nin petrografik incelemesini yaparak birimi; Granodiyorit, Çamlıca Adamelliti, Gümüşhane Adamelliti ve Porfiritik Mikrogranit olmak üzere dört fasiyese ayırmıştır.

Baytekin ve Uslu (1974), Gümüşhane-Torul-Ayana-Kocadal yörelerinde yüzeylenen kayaların stratigrafisini çıkartarak, en altta Paleozoyik Yaşlı Granit, üzerine Paleozoyik

yaşlı riyolit, riyolitik tuf ve breşlerden oluşan piroklastikler, Jura yaşlı andezitik bazaltik birim ve bunların tuf breş ve aglomeraları, kırmızı kireçtaşları bunlarında üzerine tüffitik kumtaşı-tüfler ve kireçtaşlarının yer aldığını belirtmiştir.

Zaralioğlu (1977), Gümüşhane-Torul-Zigana Geçidi-Kepli yaylası arasında kalan sahanın 1/10000 ölçekli jeoloji raporu adlı çalışmasında yöredeki kayaçların stratigrafisini çıkartarak, altta asit lav ve piroklastları üstte ise bazik lav ve piroklastların bulunduğunu ayrıca bu serilerin granit ve granodiyoritler tarafından kesildiğini belirtmişlerdir.

Eren (1983), Gümüşhane-Kale arasının Jeolojisi ve Mikrofasies İncelemesi adlı çalışmasında, Doğu Pontid Güney Zonunda yer alan Liyas yaşlı oluşuklar için ilk kez Zimonköy Formasyonu adını kullanmıştır. Gümüşhane Graniti'ni petrografik yönden inceleyerek granitik kayaçları beş ayrı fasiyese ayırarak kenar zonuna ait dasitlerin varlığını ilk kez ortaya koymuştur. Zimonköy Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Berdiga Formasyonu'nun Dogger-Malm yaşında olduğunu ve formasyonu oluşturan karbonat kayaçların gel-git içi ve üstü ortamlarda oluştuğunu belirtmiştir. Çalışmada, Berdiga Formasyonu ile Kermutdere Formasyonu arasında ve Kermutdere Formasyonu ile Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu arasında açısız uyumsuzluk olduğu tesbit edilmiştir. Eosen'de, bölgede şiddetli bir volkanik etkinliğin görüldüğünü ve bu evrede denizin yüksek enerjili, sıg ortam karakterinde olduğunu belirtmektedir.

Çınar ve diğerleri (1983), Gümüşhane ili ve güneybatı yöresinin Jeolojisi ile maden zuhurlarına ilişkin raporlarında yöredeki kayaçların Üst Permo-Karbonifer ile Eosen aralığında oluştuklarını belirtmişlerdir. Paleozoyik ile Jura arasında ve Üst Kretase ile Eosen yaşlı birimler arasında bir diskordansın varlığından söz ederek hemen tüm kayaç birimlerinin Alpin Orojenezi'nin değişik fazlarının etkisinde kaldığını belirtmişlerdir.

Türk-Japon Heyeti (1985-1986) tarafından iki bölüm olarak hazırlanan The Republic of Turkey on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area adlı raporda, yörenin 1/50000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanarak intrüzif kayaçların yaşları Rb-Sr yöntemiyle tayin edilmiş ve yaşlı intrüzif kayaçları için 406 milyon yıl, genç intrüzif kayaçlar için ise 100 milyon yıl yaş verilmiştir.

Kahraman ve diğerleri (1986), Gümüşhane ilinin cevherleşme olanaklarını araştırmışlar ve 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlamışlardır. Ayrıca yörede Paleozoyik'ten Eosen'e kadar değişik yaş ve litolojide kayaçların bulunduğunu, bu kayaçların başta intrüzifler olmak üzere volkanitler, tortullar, metamorfite ve damar kayaçları olduğunu ve yörede,

Hersinyen ve Alpin dağ oluşum hareketlerine bağlı olarak, Alt Kimmerik, Üst Kimmerik, Austrik ve Laramik fazlarının etkili olduğunu belirtilmişlerdir.

Yılmaz (1993), İnceleme alanını da içine alan çalışmada Erken Jura ve Dogger-Alt Kretase süreçleri için ayrı ayrı tortu birikim hızlarını saptayarak; Erken Jura (Liyas)'daki 20-133 metre/milyonyıl arasında değişen birikim hızlarının bir riftleşme dönemine karşılık geldiğini, Dogger Alt Kretase sürecindeki tortu birikim hızlarının ise 8-11 metre/milyonyıl arasında değiştiğini ve karbonat platform ortamını yansıttığını belirtmiştir.

Bektaş ve diğerleri (1995), Kuzeydoğu Türkiye'nin kuzeyden güneye doğru Mesozoyik-Senozoyik volkanitlerinin oluşturduğu kuzey zon, Hersinyen temele sahip ve daha çok tortul kayaçların geliştiği güney zon, ofiyolitik kayaçların yüzeleendiği eksen zon ve platform karbonatlardan oluşan Toros kuşağı olarak dört alt bölgeye ayrıldığını belirterek özellikle inceleme alanının da içinde yer aldığı güney zondaki havza gelişimlerini irdelemişlerdir.

Yılmaz, Taslı ve Özgür (1996), Gümüşhane yöresinde yaptıkları çalışmada Erken Jura ve Orta Kretase yaşlı kayaçların rift hareketleriyle şekillendiğini belirterek bunları birinci ve ikinci riftleşme fazı olarak tanımlamış ve bu iki riftleşme fazının bir sakinlik dönemi ile ayrıldığını belirtmişlerdir.

Gedik ve diğerleri (1996), Doğu Pontidlerin Jeolojik Gelişimi adlı çalışmalarında, Permo-karbonifer öncesi kabul edilen metamorfitlerin Doğu Pontidlerin en yaşlı birimi olduğunu ve bu metamorfik birimin, Hersinyen Orojenezi ürünü ve Geç Karbonifer öncesi yaşta olan Gümüşhane Graniti tarafından kesildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Hersinyen temel üzerine gelen Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu'nun sık yanal ve dikey fasiyes değişiklikleri göstermesi ve birkaç on metreden yaklaşık 2000 m' ye varan kalınlıklar sunması, Liyas döneminde, birbirine yakın, fakat birbirinden kopuk farklı çökel ortamlarının (Pull-apart havzalar) varlığına işaret ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, neptünyen dayk oluşumlarının yaygın olarak gözleendiğini ve bu daykların ortalama K 5-10 D doğrultulu olup, bu doğrultunun Liyas döneminde etkili olan bazı normal fayların doğrultularıyla çakışmakta olduğunu belirlemişlerdir. İlaveten kayaçların, ortalama doğrultuları yaklaşık K40 B ve K25D olan çatlak sistemleri içerdikleri çalışmada belirtilmiştir. Çalışmacılar bu veriler doğrultusunda Doğu Pontidlerdeki Liyas havzalarının uzaklaşan (divergent) bir transform fay sisteminin ürünü olduklarını belirtmişlerdir.

Yılmaz (1997), Gümüşhane ve yakın yöresinde gerçekleştirdiği çalışmada Mesozoyik havzaların dinamik kontrol etkenlerini ve çökelme koşullarını irdelemiştir. Yazar yörede

Erken Jura ve Orta Kretase’de genişlemeli tektonik rejimin etkin olduğunu ve bunlara bağlı olarak türbiditik karakterli çökellerin biriktiğini; Dogger-Alt Kretase döneminin sakin tektonik koşullarda platform karbonatlarının birikim sürecine karşılık geldiğini belirtmiştir.

Yılmaz ve Korkmaz (1999), Gümüşhane ile Trabzon yöresindeki mesozoyik havzaların gelişimini irdeleyerek her iki yörede de benzer fasiyeste kayaçların geliştiğini ve bu fasiyeslerin sığ eşiklerle birbirlerinden ayrıldığını belirtmişlerdir.

Yılmaz ve Kandemir (2000), Doğu Pontid karbonat platformu olarak tanımlanan ve kalın kireçtaşı birikimlerinin gerçekleştiği alanların zaman içinde farklılıklar gösterdiğini belirterek bu platformun Bayburt yöresinde Geç Malm, Gümüşhane yöresinde ise Orta Kretase’ de parçalandığını ortaya koymuşlardır. Yazarlar genişlemeli tektonik rejim altında platformu parçalayan normal fayların havzada derinlik sağladığı ve bu derin havzalarda pelajik-yarı pelajik çökellerin biriktiğini belirtmişlerdir.

1.4.Coğrafya

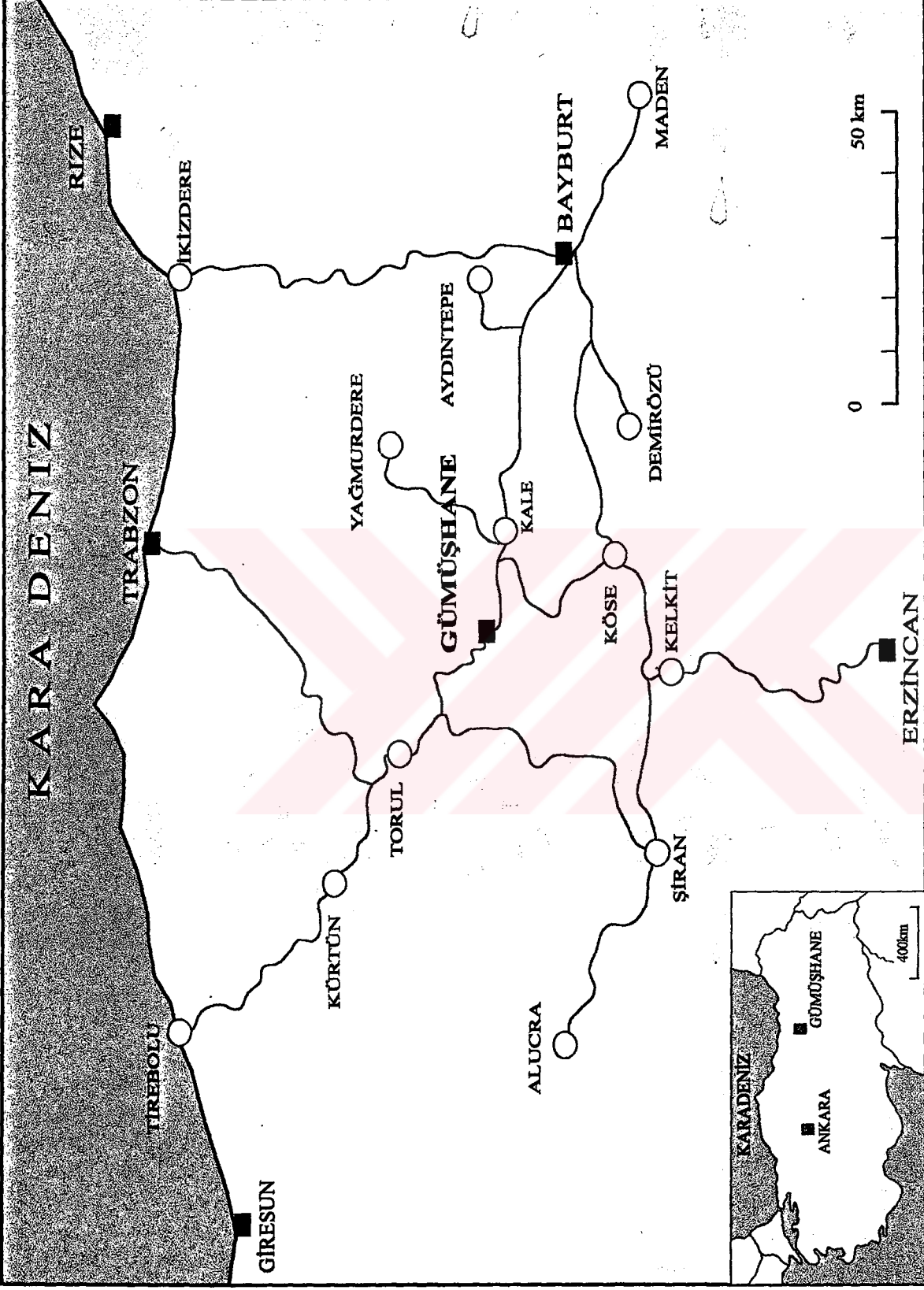
1.4.1.Konum ve Ulaşım

Deniz seviyesinden yüksekliği 1150 m olan Gümüşhane ili eski adıyla tarihi ipek yolu yeni adıyla Erzurum-Trabzon Karayolu üzerine kurulmuştur. İl, kuzeyde Trabzon, güneyde Erzincan , doğuda Bayburt, batıda Giresun illeriyle sınırlanmıştır (Şekil 1). Kent topoğrafyası kentin gelişimini engelleyecek özelliktedir. Şehri ortadan ikiye bölen ve GD-KB yönünde akan Harşit Çayı ‘dar V şekilli’ vadi oluşturduğundan, şehrin enine büyümesini engellemiştir. Bu nedenle yerleşme Harşit Vadisi boyunca olmuştur.

Şehir merkezinden geçen ve Doğu Anadolu’yu Trabzon’a bağlayan Devlet karayolu Torul’da ikiye ayrılarak Trabzon ve Giresun illeriyle olan bağlantıyı sağlamaktadır. İl sınırları içindeki ikinci önemli karayolu da Bayburt-Köse-Kelkit ve Şiran’dan geçen devlet karayoludur. Harşit Vadisi yamaçlarına yerleşen mahallelerin çoğu stabilize ya da asfalt yollarla şehir merkezine bağlıdır. Köylerin tamamına yakını, il ve ilçe merkezleriyle stabilize ya da asfalt yollarla bağlantılıdır.

1.4.2.Nüfus

19. yüzyılda, Gümüşhane ilinin, bugünkü ilçe ve bucaklarıyla Gümüşhane sancağı adı altında Trabzon vilayetine bağlı olduğu bilinmektedir. 1869 yılı Trabzon vilayet Salnamesi verilerine göre , Gümüşhane sancağının toplam nüfusu 72000’dir. Nüfus 1927 yılında 72 827, 1935’de 97 854, 1985’te 174 493’e yükselmiş ve en son 1997 yılı sayımına



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

göre 152 862'ye düşmüştür. Göç vermesine rağmen şehir merkezinde yaşayan nüfus 30 000'den 38 357 'ye yükselmiştir (Özey, 1990). İl merkezinde bulunan, Karadeniz Teknik Üniversitesi'ne bağlı Gümüşhane Mühendislik Fakültesi ve Gümüşhane Meslek Yüksek Okulu, şehre ayrı bir nüfus hareketliliği kazandırmıştır.

1.4.3.İklim

Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümü'nün güney kesiminde yer alan inceleme alanı Doğu Anadolu Bölgesi ile komşu olması sebebiyle her iki ikliminde özelliklerini taşıyan geçiş iklimi özelliğindedir. Karadeniz bölgesine oranla daha karasal iklim tipinde olup, yazları daha kurak kışları ise soğuk ve kar yağışlıdır.

Yörede, Gümüşhane il merkezi ve Torul İlçe merkezinde olmak üzere iki adet meteoroloji istasyonu mevcuttur. Bu istasyonlara ait sıcaklık ve yağış değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde aylık ortalama en fazla yağış miktarı mayıs ayında olmak üzere Gümüşhane'de 68,5 mm, Torul'da 63,41 mm dir. En sıcak aylar 20,9°C ile Torul yöresinde Ağustos, 19,80°C ile Gümüşhane yöresinde Temmuz aylarıdır.En soğuk aylar ise Torul'da 0,32°C ile Şubat, Gümüşhane'de -1,92°C ile Ocak aylarıdır.

1.4.4.Toprak ve Bitki Örtüsü

Gümüşhane'nin Merkez, Kelkit, Köse, Şiran ve Torul olmak üzere 5 ilçesi ve 326 köyü bulunmaktadır. İl Merkezi Harşit Çayı vadisinde 15 km' lik bir hat üzerinde kurulmuştur. Şehrin toplam yüz ölçümü ise 657,500 ha'dır.

Toprak çeşiti olarak Kelkit ve Şiran ovalarında Azonal topraklardan Alüvyal topraklar, Harşit vadisinde ise eğimin müsait olduğu ve oldukça dar alanlarda alüvyal topraklara rastlanır. Vadilerin tabanından dağlık alanlara doğru geçilirken özellikle eğimin %2 ile % 6 olduğu kesimlerde kolüvyal topraklar hakimdir (Özey, 1990).

Şehrin merkezinde ve Torul ve Kürtün ilçelerinde, meyvecilik, kısmen sebzeçilik, Kelkit, Köse ve Şiran ilçelerinde ise daha çok tahıl ziraatı yapılmaktadır. Gümüşhane ilinin arazi kullanımı Tablo 2'de verilmiştir.

Şehir bitki örtüsü bakımından fakirdir. Genellikle akarsu yatakları boyunca elma, vişne, ceviz, kayısı ve dut ağaçlarından oluşan meyve bahçeleri, kavaklıklar ve söğüt ağaçları görülmektedir. Doğal bitki örtüsünü yaygın olarak çalılıklar, yer yer çam ve pelit

(meşe) ağaçları ve son yıllarda şehrin ekonomisine katkı sağlayan kuşburnu oluşturmaktadır.

Tablo 1. Gümüşhane ve Torul meteoroloji gözlem istasyonlarında ölçülen ortalama yağış (mm) ve sıcaklık (°C) değerleri.

İstasyon Adı	Gözlem Aralığı	Ölçülen Parametre	AYLAR												Yıllık
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Gümüşhane	1958-1996	Yağış (mm)	35	31	40	58	68,5	64	13,3	14,5	19,8	37,3	40,3	42,8	448,3 (top.)
Gümüşhane	1965-1996	Sıcaklık (°C)	-1,92	-1,03	3,46	9,43	13,8	17,03	19,80	19,77	16,56	11,25	4,93	0,22	9,46 (ort)
Torul	1953-1989	Yağış (mm)	34,3	33,7	34,6	46	3,4	40,3	12,4	11,5	24,1	32	37,1	44,1	411,6 (top.)
Torul	1983-1989	Sıcaklık (°C)	0,43	0,32	4,55	9,68	13,76	18,08	19,9	20,9	17,65	13,02	8,05	1,18	10,9 (ort)

Tablo 2. Gümüşhane ili arazi kullanımı (Gümüşhane İl Müdürlüğü, 1997).

Arazi Çeşidi	Alanı (ha)	%
Tarım Arazisi	113,685	17,3
Çayır-Mera	216,914	33
Ormanlık Saha	164,654	25
Faydalanılamayan Saha	162,245	24,7
Toplam	657,500	100

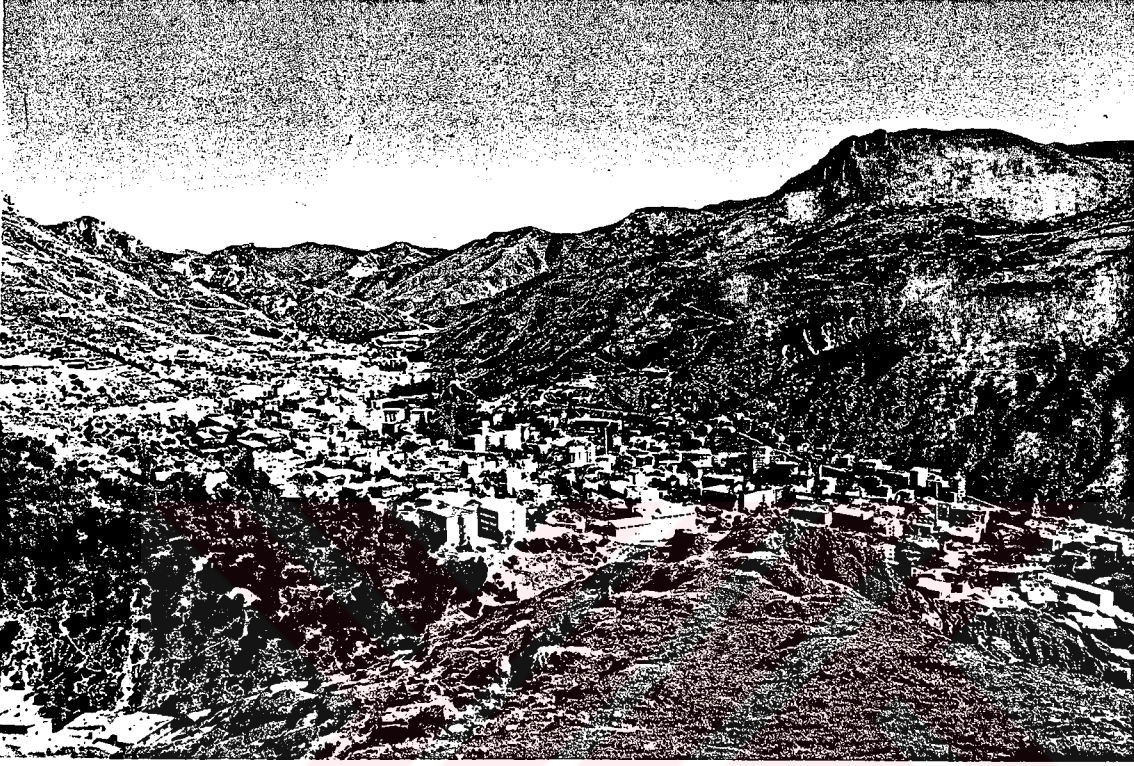
1.4.5.Arazi Kullanımı

Gümüşhane Şehri'nin ilk kuruluş MÖ 1500 yıllarına kadar inmektedir. Gümüşhane'nin Antik Çağ'da adı Argyropolis idi ve bu kelime eski Yunanca'da Gümüşşehri anlamına geliyordu. 1461 yılında Osmanlı toprakları içine giren Gümüşhane'ye Canca adı verilmiştir. 1534 yılından itibaren ise şehre, Gümüş madeni zenginliğinden ötürü Gümüşhane denmeye başlanmıştır (Özey, 1990).

Eski şehir merkezi, gümüş madeni rezervlerinin tükenmesinin sebep olduğu ekonomik nedenlerle yer değiştirerek 5 km kuzey doğudaki Harşit Çayı'nın eski alüvyonları üzerinde ve bugünkü adıyla (Gümüşhane) kurulmuştur (Şekil 2) (Tuncel, 1990). Eski şehir, Eskişehir adıyla bugünkü şehrin bir mahallesi konumundadır.

Harşit Vadisi, şehir merkezinin bulunduğu tek düzlüktür ve merkez vadinin en geniş kesitine yerleşmiştir. Vadi boyunca yerleşim yoğunluğu artmakla beraber yamaçlara doğru yapılaşma yayılmıştır. Harşit Çayı'na paralel olarak uzanan Cumhuriyet ve Atatürk

Caddeleri şehrin merkezi birimlerinin toplandığı yerdir. Kamu kurumları Atatürk Caddesi'nde, okullar ise şehrin kuzey doğusunda toplanmıştır. Bu caddeler aynı zamanda şehrin ticaret merkezidir. Karadeniz Teknik Üniversitesine bağlı Mühendislik Fakültesi ve Meslek Yüksek Okulu ise Bağlarbaşı Semti'nde kurulmuştur.



Şekil 2. Gümüşhane şehrinin genel görünümü

Engelibeli topoğrafya merkezden uzak mahallelerde dağınık yerleşmeyi egemen kılmıştır. Bu yerleşimler mahalleden çok bir köy görüntüsü arz etmektedir. Bunlar; Hacılı, Canca mahalleleri ve Canca'ya bağlı Orta, Zarfı, Rüfene semtleri ve Kızılköy, Eskişehir (Süleymaniye) Mahalleleri olarak sıralanabilir. Topoğrafyanın yanısıra temel geçim kaynağının tarım ve hayvancılığa dayalı olması ve sanayileşmenin az ve yetersiz oluşu da tam bir şehir görüntüsünü engelleyen faktörlerdendir. Dolayısıyla kır ve kent yaşamı iç içedir denilebilir. Merkeze bağlı mahallelerde kırsal konutlar, gecekondu konutları ve normal şehir konutları olmak üzere üç tür konut bulunmaktadır (Şekil 3).

Kent içi ulaşım Harşit Çayı'na paralel ve dik yönlerde inşa edilmiş yollar ve merdivenlerle sağlanır.

Mahalleler vadi boyunca belli aralıklarla yerleşmiştir. Vadinin genişlediği alanlarda yerleşim daha yoğundur. Şehirde dağınık yerleşim görüntüsü, Hasanbey Mahallesi'nde

kendini toplu bir görünüşe bırakmaktadır. Hasanbey mahallesi, Eosen yaşlı volkanik kayalar üzerine kurulmuş, altyapı hizmetlerinden yoksun bir gecekondulaşma bölgesidir (Şekil 4). Kentin %20'sini oluşturan gecekondulaşma kırsal alandan göç eden insanları barındırmaktadır.

Şehirde, geçmişte vadi boyunca bağ ve bahçeler arasında zengin mimari görünüme sahip yazlık sevimli konaklar bulunurken, bugün bu alanlarda bağ ve bahçeler yavaş yavaş yok olup, yerini şehrin doğasına hiç de uymayan çok katlı binalarla betonlaşmaya bırakmaktadır. Kent doğal güzelliğini kaybederek, hızla sağlıksız bir kentleşme sürecine girmiştir. Sağlıksız kentleşme beraberinde kentin doğal, tarihi ve kültürel görüntüsüyle tezat teşkil eden gecekondulaşmayı da getirmiştir.

Şehrin güneyinde bulunan Emirler ve İnönü Mahalleleri ise Paleozoik yaşlı ayrılmış Granitler üzerine kurulmuştur. Bu bölgede zaman zaman stabilite sorunları yaşanmıştır: Yer yer kaya düşmesi, akması ve heyelan gibi jeolojik problemlerle karşılaşmıştır. Granitler üzerinde bulunan yerleşim alanlarında yapılan inşaatlarda hafriyat ve yapım aşamasında zaman zaman jeolojik faktörlerden kaynaklanan mühendislik sorunları gündeme gelebilmektedir. Hem bu sebeplerle, hem de şehrin doğal görüntüsünün bozulmaması açısından bu bölgelerde çok katlı yapılaşma çok uygun değildir.

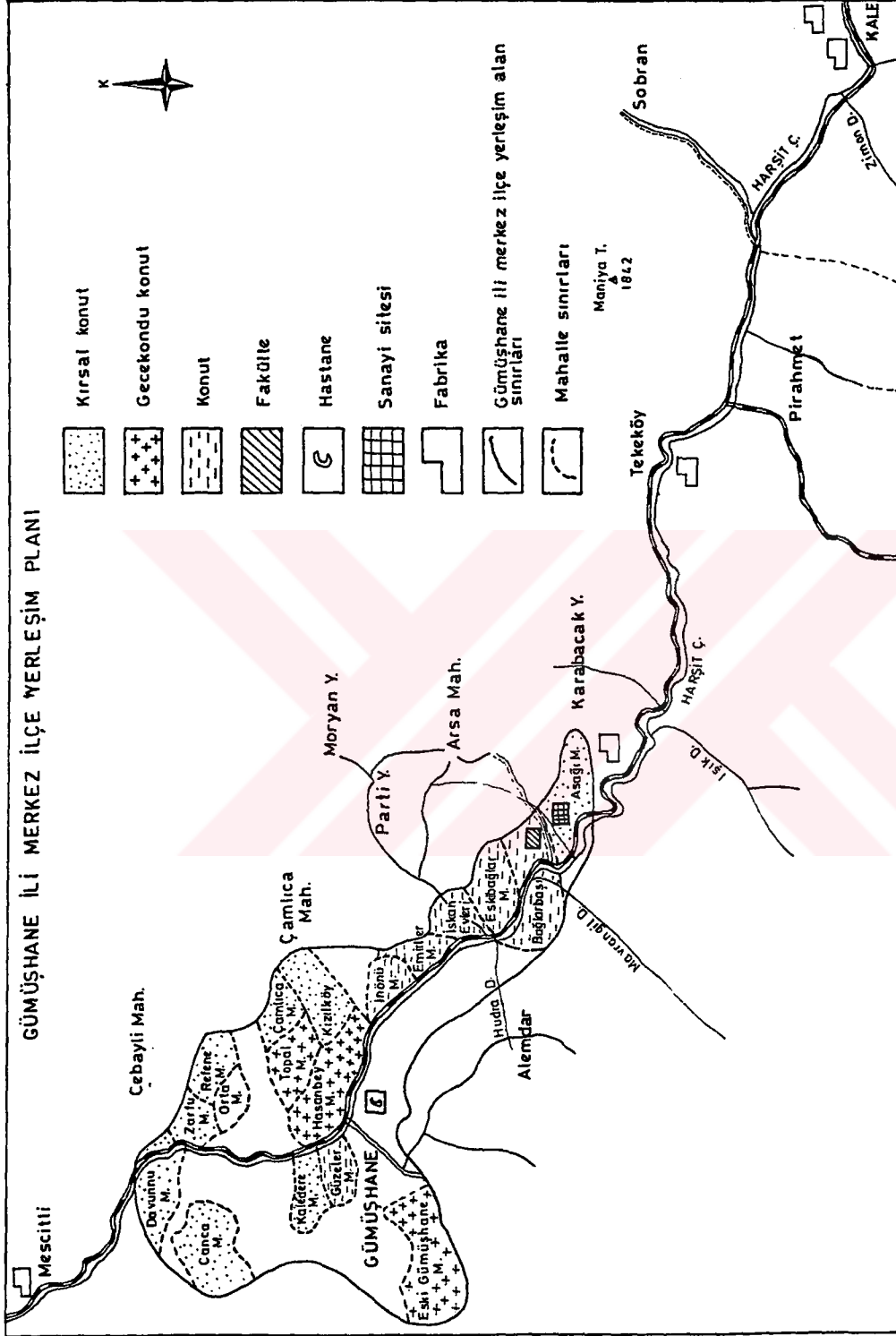
Maden Tepe ve Fındıklı Tepe yamaçlarında henüz bir yerleşim söz konusu değildir. Maden Tepe'de eski çağlardan günümüze kadar bir çok maden galerisi açılarak işletme yapılmıştır. Halen özel bir şirket ve MTA tarafından arama faaliyetleri sürdürülmektedir.

Fındıklı Tepe'nin şehre bakan yamaçlarının bir kısmı ormanlık alandır ve şehir halkı tarafından piknik alanı olarak kullanılmaktadır.

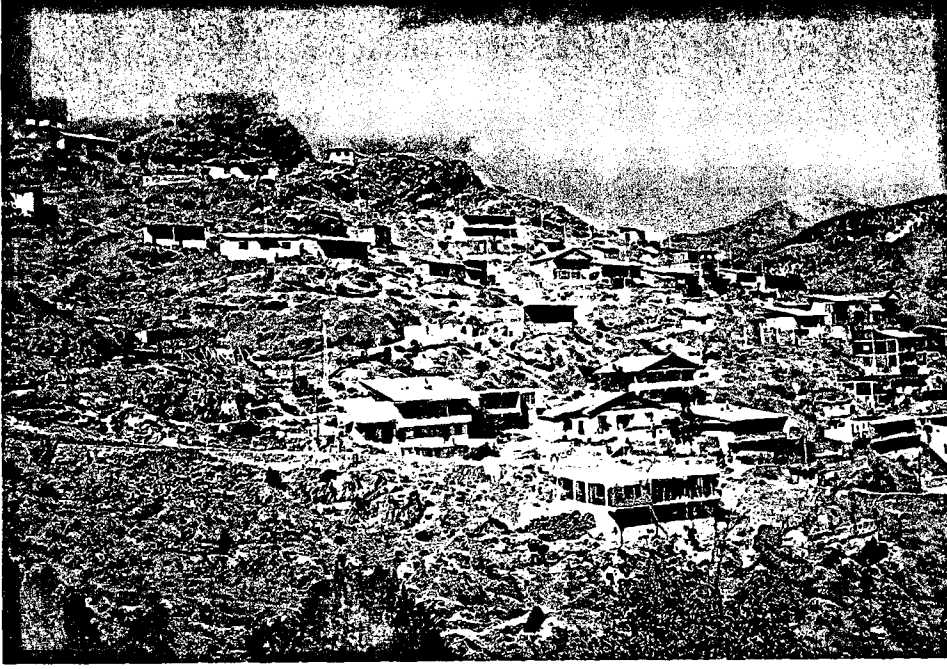
Kentin çöp depolama bölgesi olarak şehrin 2-3 km kuzeyinde bulunan Parmaklık Tepe'nin güney yamacı kullanılmaktadır. Bu bölge Topal Mahallesi'nin hemen üzerinde bulunduğundan gelecekte bu yerleşim yeri için sorun olabilir.

Kent içindeki yeşil alanlar yeterli değildir ve arsa sıkıntısından dolayı istimlak yapılarak yeşil alanların genişletilmesi mümkün olmamaktadır. İmar planında önerilen kişi başına en az 7 m² yeşil alan standardı şehirde gerçekleştirilememiştir (Kırzioğlu,1990).

Yerleşimin vadiye yoğunlaşması sağlıksız bir kentleşme ve çevresel sorunların yanı sıra en önemli yaşamsal sorun olan sel risk faktörünü her zaman gündeminde tutmaktadır.



Şekil 3. Gümüşhane merkez ilçe yerleşim haritası.



Şekil 4. Eosen yaşlı volkanik kayalar üzerinde yerleşen gecekondulaşma bölgesi.

1.5. Sanayi

Gümüşhane sanayi tesisleri yerleşimin yoğunlaştığı Harşit Vadisi boyunca kurulmuşlardır. Şehrin doğusunda Kale Bucağı'nda Gümüşkale kireç sanayi, Arzular Köyü yakınlarında Çimento Öğütme ve Paketleme tesisleri, Tekke Köyü'nde Meyve Suyu Konsantre ve Kuşburnu Poşet Çayı Fabrikası ve Köyteks Konfeksiyon Atölyesi, Mescitli Köyü'nde ise Değirmencilik ve Dericilik Sanayi tesisleri kurulmuştur ve halen faaliyetleri devam etmektedir. Söz konusu sanayi birimleri hammadde, enerji, sermaye, kalifiye eleman, ulaşım ve pazar sorunları dolayısıyla tam kapasitede üretim yapamamaktadır.

1.6. Turizm Olanakları

Gümüşhane şehri tarihi eserler yönünden oldukça zengindir. Özellikle kiliseler, manastırlar, camiler değişik din ve mezhepteki insanlara hizmet etmiştir. Farklı kültürlerle özgü tarihi evleri, köprüleri, antik kentleri, kaleleriyle insan çekecek tarihi değerlere sahiptir. Bu eserlerin birçoğu korumaya alınmamış, alınanların çoğunda da restorasyon faaliyetleri gözlenmemiştir. Şehir tarihi zenginliğinin yanı sıra mağaraları, yaylaları, gölleri, şelaleleriyle el değmemiş doğal güzelliklere sahiptir.

Günümüzde yoğunlaşan kentleşme ve sanayileşmenin getirdiği gürültü ve çevre kirliliği insanların doğaya ve doğal güzelliklere olan özlemini had safhaya ulaştırmıştır. Bölge turizmine yapılacak yatırımlarla kent doğal ve tarihi değerlerini korumalı ve kendini

geliştirmelidir. Böylece belki de geçmişte bahçe içinde görkemli tarihi konaklarıyla, el değmemiş doğal güzellikleriyle altın devrini yaşayan Gümüşhane kendini yeniden bulacaktır. Gümüşhane'nin aktif bir turizm şehri olması il için önemli bir gelişim sürecini başlatacaktır.

1.7.Ekonomik Jeoloji

Gümüşhane ili maden yatakları (Cu, Pb, Zn, Fe, Au, Ag) açısından önemli bir potansiyele sahiptir. MTA ve özel teşebbüs arama faaliyetleri, 22 adet metalik maden (Cu, Pb, Zn, Fe, Au, Ag) , 18 adet endüstriyel hammadde (Barit, refrakter kil, kil ve kireçtaşı), 4 adet enerji hammaddesi (kömür) yatak ve zuhurlarını ortaya çıkarmıştır.

Gümüşhane İli metalik maden yatakları açısından önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen, jeolojik yapısı nedeniyle endüstriyel hammaddelerin çeşitliliği ve oluşturdukları yatak sayısı bakımından büyük bir potansiyeli yoktur. Kömür açısından da hali hazırda büyük potansiyel tespit edilmemiştir. Sadece yöresel ihtiyacı kısmen karşılayan ve halen işletilmekte olan küçük yataklar bulunmaktadır. İl mineralli su kaynakları yönünden oldukça zengindir. Merkez ilçede Gümüşhane; Kelkit'te Pöküt, Yeniköy, Yeşilova; Şiran'da Söğütalın ve Zarabat ; Torul'da ise Köprübaşı mineralli su kaynakları bilinen önemli kaynaklardır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Amaç ve Yöntem

Gümüşhane şehrinin, eğim, jeoloji ve mühendislik jeolojisi, arazi kullanım potansiyelinin ortaya çıkarılması amacı ile yerleşime uygunluk haritalarının oluşturulması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan kaya ve toprak zeminlerin jeoteknik özellikleri, şehrin taşkın ve deprem durumu ortaya çıkarılmış ve şehre ait konumsal ve konumsal olmayan bütün veriler Coğrafi Bilgi Sistemleriyle analiz edilmiştir.

Arazi ve laboratuvar deney sonuçlarının, ilgili paket programlar yardımıyla bilgisayarda analizleri yapılmıştır.

2.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarının ilk aşaması, Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan kaya ve toprak zeminlerin jeolojik özellikleri, stratigrafik konumu, yan kayaç ile ilişkisi ve yapısal özelliklerini belirlemeye yöneliktir. Bu doğrultuda, inceleme alanında yüzeylenen birimlerin jeolojik özelliklerini ortaya koymak için gözlem ve ölçüm yapılarak ilgili birimlerden örnek alınmıştır. Bu incelemelerin tamamlanmasından sonra 1/10000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur (Ek 1).

Arazide yapılan gözlem, ölçüm ve basit mekanik deneyler ve jeofizik etütler baz alınarak, yerleşim alanının büyük bir bölümünü oluşturan granitik kayaçlar ve aglomeraların ayrışmaya göre bölgelendirilmesi ve kaya kütle dayanımları ile zemin taşıma güçlerini gösteren 1/5000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası yapılmıştır (Ek 2). Gümüşhane Graniti'nde seçilen ayrışma profilleri ayrıntılı incelenerek bu profillerden değişik ayrışma derecesine sahip granitik malzeme örnekleri alınmıştır. Blok örneklerin araziden laboratuvara getirilmesi aşamalarında örselenmenin oluşmamasına dikkat edilmiştir.

Ayrışma profillerinden alınan blok örnekler üzerindeki ayrışma etkileri, arazide uygulanabilen basit mekanik deneyler ve makroskobik verilere göre tanımlanmış ve derecelendirilmiştir.

Yerleşim alanını oluşturan granitik kayaçlar, volkanik kayaçlar ve kireçtaşlarının süreksizlik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Ayrıca, kaya ve toprak zeminlerin jeoteknik özelliklerinin araştırılmasında, çalışmaları desteklemesi ve şehrin depremsellik durumunun ortaya çıkarılması için jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi arazide uygulanmıştır.

2.3. Laboratuvar Çalışmaları

İndeks özellikler, Gümüşhane Graniti'nde ayrıışmış kayacın tanımlanmasında ve ayrıışma derecelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Ayrıca inceleme alanında yüzeylenen volkanik kayalar ve kireçtaşlarının tanımlanmasında ve sınıflandırılmasında indeks özelliklerden yararlanılmıştır.

Ayrıışmış granitik kayalarda ayrıışma derecelerinin belirlenmesi için suda dayanım indeks deneyi yapılmıştır.

Boyuna dalganın inceleme alanında yüzeylenen kayalardaki hızlarının bulunması için sonik deneyler gerçekleştirilmiştir.

Yerleşim alanındaki bu birimleri temsil eden karot örnekleri üzerinde, jeoteknik uygulamalarda gerekli olan direnç özelliklerini belirlemek için standart mekanik deneyler yapılmıştır. Kuru ve doyun örnekler üzerinde tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Ayrıca malzemenin kayma direnci parametrelerinin belirlenmesi için üç eksenli basınç deneyi yapılmıştır.

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. Gümüşhane Yerleşim Alanı ve Çevresinin Genel Jeolojisi

3.1.1. Stratigrafi

İnceleme alanı Pontid Tektonik Birliği'nin (Ketin, 1966) doğusunda ve Doğu Pontid Güney Zonu'nda (Gedikoğlu ve diğ., 1979) yer alır. Gümüşhane yerleşim alanında yüzeylenen farklı kayaç birlikleri Paleozoyik'ten Eosen'e kadar uzanan bir süreçte gelişmişlerdir (Şekil 5).

İnceleme alanının temelini Paleozoyik yaşlı Gümüşhane Graniti (Yılmaz,1972) oluşturur. Bu birim, genelde orta derecede ayrılmış durumdadır. Pembe renkli ve iri kristallidir. Özellikle ortoz ve kuvars mineralleri oldukça belirgindir. Bu granitik kayaçlar üzerine yer yer izlenen ince bir taban konglomasıyla Jura (Liyas) yaşlı Zimonköy formasyonu olarak anılan volkano-tortul seri aşınma uyumsuzluğuyla gelmektedir. Volkano tortul seri, başlıca, andezit, bazalt ve piroklastları, ammonit fosilleri içeren kalınlıkları 10-15m'yi geçmeyen Ammonitiko Rosso fasiyesinde gelişmiş kondanse karakterli ve yumrulu kırmızı kireçtaşları, yer yer kömür arabantları içeren ve kumtaşı-kireçtaşı-marn-kiltaşı seviyelerinden oluşur. İnceleme alanında bu volkano tortul seri çoğu kez çört yumru ve bantları içeren kireçtaşı tarafından üstlenir. Gümüşhane yöresinde Zimonköy Formasyonu (Eren, 1983) olarak bilinen bu birimin üzerine uyumlu olarak Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977) gelir. Berdiga Formasyonu tümüyle kalın-yer yer masif tabakalı, dolomit ve dolomitik kireçtaşı ara seviyeleri içeren, gri bej renkli ve bol küçük bentik foraminifer içeren kireçtaşlarından oluşur. Birim, topoğrafik olarak inceleme alanındaki yüksek tepeleri ve dik kayalıkları oluşturur. Berdiga formasyonu, Kermutdere Formasyonu (Tokel, 1972) tarafından uyumsuz olarak üstlenir. Üst Kretase yaşlı Kermutdere Formasyonu başlıca sarı alacalı renkli kumtaşları, pelajik kireçtaşları, türbititler ve grimsi beyaz renkli andezitik tüflerden oluşmaktadır. Andezitik tüfler sahada yersel olarak gözlenmektedir. Bu formasyonun üzerine açısız uyumsuzlukla Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu (Tokel, 1972) gelmektedir. Birim, yersel olarak izlenen ince bir taban konglomasıyla başlar ve volkano tortul istif özelliği taşır. Genellikle arazide andezit bazalt lav ve piroklastları şeklinde gözlenir. Volkanitler genellikle andezit

kökenlidir. Yersel olarak bol Nummulit içeren kumlu ve çakıllı kireçtaşı mercekleri izlenir.

3.1.2. Gümüşhane Graniti

İnceleme alanının da içinde yer aldığı Gümüşhane ve yakın yöresi ile Köse dağları ve Kelkit kuzeyindeki geniş alanlarda yüzeylenen granitik kayalar, Yılmaz (1972) tarafından Gümüşhane Graniti olarak adlandırılmıştır. Stratigrafi ilkeleri gereğince bu çalışmada da bu adlamaya sadık kalınmıştır.

Gümüşhane Graniti inceleme alanında başlıca Harşit Vadisi boyunca ve İnönü, Emirler, İskanevleri, Bağlarbaşı, Aşağı, Yuvamet ve Şişmanlı Mahallelerinde ve Güzeller Mahallesi'nin güneyindeki alanda yüzeylenir (Ek 1). Yüzeleme alanı yaklaşık 20 km² dir. Ayırışmanın egemen olarak izlendiği alanlarda arenalaşmış kırıntılar şeklinde izlenir. Ayırışmanın etkin olduğu bölgeler sarımsı kahverengi bir renk sunarlar.

Gümüşhane Graniti Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu'na ait volkano tortul karakterli kayalar tarafından aşınma uyumsuzluğu ile üstlenir. Gurbetyatağı tepede Gümüşhane Graniti'nin aşınma yüzeyi üzerine gelen Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu tümüyle granitik kökenli çakıllardan oluşan derecelenmiş bir taban konglomerası ve bunun üzerine gelen bol kuvarşlı ve tabaka kalınlıkları 3-5 cm arasında değişen kumtaşları ile başlar.

Gümüşhane Graniti, petrografik olarak farklı fasiyesteki ürünlerden oluşmaktadır. Bu fasiyes ürünleri monzonitten granodiorite kadar değişen bir yelpaze içinde yer alır. Makroskobik olarak incelendiğinde granitler taneli dokuda ve iri kristalli kuvars ve ortoz mineralleri içermektedir. Genellikle pembe renkli bir görünüm sunarlar ve taze yüzeylerinin bol çatlaklı olmasıyla tipiktirler (Şekil 6).

Gümüşhane Graniti, değişik büyüklükte köşeli ve yuvarlak şekilli anklavlar içerir. Yeşilimsi siyah renkte ve boyutları 5 mm' den 5 cm' ye kadar değişen anklavlar, buldukları ana kayaya oranla daha fazla ferromagnezyen mineral içerir ve çok ince tanelidir. İnceleme alanında, Gurbetyatağı Tepe ve Bağlarbaşı Mahallesi'nde belirgin olarak izlenmişlerdir.

Gümüşhane Granitine ait kayalar mikroskopta incelenerek modal analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

ZAMAN	Devir	Devre	Formasyon	Kalınlık (m)	Litoloji	Açıklamalar
PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer	GÜMÜŞHANE GRANİTİ				Dolerit diyabaz daykı
						Pembe alkalen granit
MEZOZOYİK	JURAS	Liyas	ZİMONKÖY	75-270		Tüf, tüffit, aglomera, andezit, bazalt, kumtaşı, çörtlü kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kiltasından oluşan volkano-tortul istif Birim yersel olarak çakıltası ve kömür mercekleri bulundurulur.
						Dogger-Malm A.Kretase
	KRETASE	Üst Kretase	KERMUTDERE	300		Bol pelajik fosilli, ince-orta tabakalı kırmızı renkli kireçtaşı Sarı renkli, ince çakıllar içeren orta-kalın tabakalı kumtaşı-kumlu kireçtaşı
						ALİBABA
SENOZOYİK	TERSİYER	Eosen	ALİBABA	500		Bol nummulitli, kumlu kireçtaşı Aglomera Andezit, bazalt Kırmızı renkli kireçtaşı mercekleri içeren tüf, tüffit ve aglomera
						KUVATERNER
				24		

Şekil 5. Gümüşhane ve çevresinin stratigrafik kolon kesiti.

Granodiyoritlerin mikroskopik incelemesinde; tüm kristalli yarı öz şekilli ince-orta daneli doku görülür. Ana mineralleri plajiyoklas, kuvars, ortoklas, hornblend ve biyotit oluştururken, tali mineraller apatit, zirkon, sfen ve opak minerallerden oluşur. Plajiyoklaslar, öz ve yarıözşekilli dikdörtgenimsi kristaller halinde bulunur. İncelenen kesitlerde en bol bulunan açık renkli minerallerdir. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin andezin (Al_{38}) olduğu saptanmıştır. İri plajiyoklas kristalleri, küçük hornblend ve opak mineral kalsitleşme ve killeşmedir. Ayrışma daha ziyade kristalin merkezi kısımlarında yaygın olarak görülür. Kuvars irili ufaklı özşekilsiz kristaller halinde, diğer minerallerin arasındaki boşlukları doldurmuştur. Bazı kesitlerde dalgalı sönme görülür. Bazı kesitlerde de çatlaklı ve kırıklı yapıdadır. Ortoklas özşekilsiz kristaller halinde, kuvarsla birlikte diğer minerallerin arasını doldurur. Mikropertitik yapı yaygındır ve karlsbad ikizi bazı minerallerde görülür. Bazı kesitlerde plajiyoklaslarla olan sınırlarda mirmekitler görülür. En yaygın ayrışma türü killeşmedir. Hornblend öz ve yarıözşekilli levhamsı kristaller halinde görülür. Yönlere göre pleokroizma şöyledir; z: mavimsi-kahverengimsi yeşil, y: yeşil, x: açık sarı-yeşildir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 12-14 derecedir. Hornblend mineralleri genellikle biyotit mineralleri ile iç içe bulunurlar ve kümülofirik yapıyı oluştururlar. İri hornblend kristallerinden bazıları kırıklı ve parçalanmış yapıda olup, daha ziyade volkanik yan kayaç dokanaklarında bu özellik yaygındır. Bazı mineraller ayrışarak, kalsit, klorit ve aktinolit dönüşmüşlerdir. (100) ikizine sık rastlanılır. İri kristaller, plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içerirler. Biyotit öz ve yarıözşekilli çubuğumsu prizmatik kristaller halindedir. (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Ayrışmamış minerallerde pleokroizma yönlere göre şöyledir; z ve y: açık-kırmızı kahverengi x: açık sarıdır. Bazı kesitler de, kısmen ayrışarak klorite dönüşmüştür ve dilinimler boyunca epidot ve opak mineral yığışlımları gözlenmektedir. Bazen apatit, zirkon ve opak mineral kapanımları içerir. Ojit, bazı kesitlerde ve az oranda bulunur. Yarı özşekilli ve özşekilsiz kristaller halindedir. (001) yüzeyine paralel kesitlerde çok iyi gelişmiş, birbirleriyle yaklaşık 90 derecelik açılar yapan dilinimler, bazı örneklerde de (010) yüzeyine paralel kesitlerde tek yönde dilinimler belirgindir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 42-44 derece arasındadır. Genelde (110) ikizi belirgindir. Genelde ayrışmış olarak görülür. Ayrışmış örneklerin merkezi kısımlarındaki piroksen mineralleri korunmuş, kenar kısımlarda ise ayrışarak amfibole dönüşmüş olarak görülür. Sfen öz ve yarı özşekilli kristaller halinde bulunur. Kırma indisi çok kuvvetli

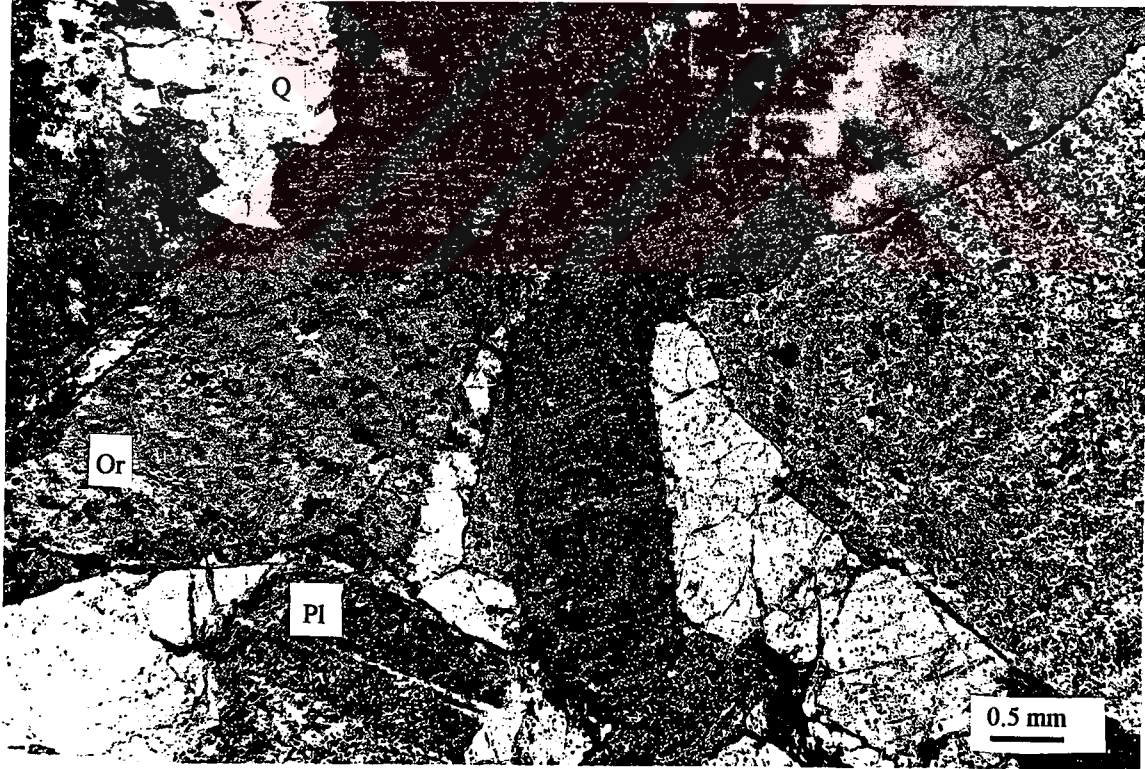
olup, renksiz ile sarımtırak pembe renktedir. Genelde çatlaklı yapıda olup, çift kırması büyüktür. Bazı örneklerde (100) ikizi belirgindir ve negatif uzantı gösterir. (100) ikiz düzlemi izine göre maksimum sönme açısı 39-41 derece arasında değişmektedir. Apatit özşekilli prizma veya ince çubuğumsu kristaller halinde bulunur. Tek nikolde renksiz olup, daima berraktır. Genellikle plajiyoklaslar içinde bulunur. C eksenine dik kesitler, kısa prizmatik altıgen şekillidir. Uzun çubuğumsu kesitler paralel sönmeli ve negatif uzantılıdır. Zirkon özşekilli küçük, kısa ve geniş prizmatik kristaller halinde görülmektedir. Çok yüksek rölyef ve çift kırıcılığa sahiptir. Genellikle biyotit ve hornblend minerallerin içinde küçük daneler halinde bulunur. Epidot damar ve çatlak dolgusu olarak bulunur. Bazı epidot kristalleri, nispeten iridir ve demetimsi veya ışınal şekilde bulunur. Genellikle renksiz ile yeşilimsi sarı renkte olup, kırma indisi ve çift kırması çok yüksektir. İri kristalli örneklerde maksimum sönme açıları 26-28 derece arasında değişir. Opak mineraller öz ve yarı özşekilli hem iri hem küçük kristaller halinde bulunurlar. En yaygın ayrışma ürünleri serizitleşme, kalsitleşme, kloritleşme ve killeşmedir (Şekil 7).



Şekil 6. Gümüşhane Graniti'ne ait granitik kayaçların arazideki görünümü, (Yer:Eskibağlar Mah.).

Tablo 3. Gümüşhane Graniti'ne ait kayaların modal analizleri ile SAT, COL ve FELDS indisleri.

Ornek	Pl	Ku	Ort	Bi	Horn	Sfen	Allanit	Zirkon	apatit	İkin. M.	Opak	MAFIK	SAT	COL	FELDS	Ad
126A	58.50	19.15	11.85	3.60	0.00	0.10	-	-	-	6.10	0.70	4.40	21.40	10.50	16.84	gd
	47.03	17.79	19.71	2.24	12.50	0.30	-	0.20	-	0.00	2.05	15.49	21.05	15.47	29.53	gd
	41.68	24.85	21.95	4.78	4.78	-	-	-	0.10	0.00	1.95	11.61	28.09	11.52	34.50	gd
	41.12	14.88	24.83	4.05	11.80	0.30	-	0.20	0.16	0.00	2.68	19.19	18.41	19.17	37.65	kmz
	35.83	17.77	38.42	2.16	3.96	-	-	-	0.10	0.11	1.65	7.87	19.31	7.98	51.74	kmz
T3	38.40	24.40	34.10	2.00	0.50	-	0.1	-	0.1	0.20	0.40	2.90	25.18	3.10	47.03	hbmğ
T12	41.30	19.45	23.45	8.90	5.40	-	-	0.21	-	0.40	1.10	15.40	23.10	15.80	36.22	hbmğ
T4	28.90	25.10	36.20	4.40	3.60	-	-	-	-	0.40	1.40	9.40	27.83	9.80	55.61	hbmğ
	19.40	23.70	49.00	4.50	2.30	-	-	0.20	-	0.20	0.70	7.70	25.73	7.90	71.64	sg
	20.70	28.40	43.00	6.50	0.00	-	0.30	0.10	-	0.00	1.10	8.00	30.84	7.90	67.50	sg



Şekil 7. Gümüşhane Graniti'ne ait granodiyorit mikroskofta görünümü, (ÇN, Q: Kuvars, O:Ortoklaz, Pl: Plajiyoklaş. Örneğin alındığı yer:Emirler Mah.)

Monzogranitlerin mikroskopik incelemesinde genelde yarı özşekilli orta-iri daneli, yer yer monzonitik doku gözlenir. Ana mineralleri plajiyoklas, ortoklas, kuvars, biyotit ve hornblend oluştururken, tali mineraller allanit, zirkon ve opak minerallerden oluşur. Kesitlerde en bol bulunan mineral olan, plajiyoklaslar öz ve yarıözşekilli kristaller halindedir. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin oligoklas (An_{27}) olduğu saptanmıştır. Albit ve albit-karlsbad ikizleri gösterirler. Halkalı zonlanma yaygın olarak görülür. En yaygın ayrışma türleri, serizitleşme, kalsitleşme ve killeşme şeklindedir. Özellikle kuvarşlı monzodiyoritlerle olan dokanaklarda yer yer kırıklı ve çatlaklı yapıda olup, kırık ve çatlaklar ikincil silis, epidot ve opak minerallerle dolmuştur. Ortoklas özşekilsiz, nadiren de yarı özşekilli kristaller halinde, diğer minerallerin arasını doldurmaktadır. Genellikle ipliksi pertitik dokuda gözlenir ve bazı kesitlerde karlsbad ikizi belirgindir. Yer yer plajiyoklasların etrafını çevreleyerek monzonitik doku oluşturur. Bazı kesitlerde iri ortoklas kristalleri, daha küçük plajiyoklas ve hornblend minerallerini içlerine alarak, poikilitik doku oluştururlar. Genellikle ortoklasla plajiyoklas arasında mirmekitik oluşumlar gözlenmiştir. En yaygın ayrışma türü killeşme ve serizitleşmedir. Kuvars, özşekilsiz kristaller halinde olup, çatlaklı ve kırıklı yapıdadır. Dalgalı sönme yaygın olarak görülür. Biyotit, öz ve yarıözşekilli çubuğumsu prizmatik kristaller halindedir. Dokanaklara yakın olan örnekler kırıklı yapıdadır ve protoklas etkisi göstermektedir. Ayrışmamış minerallerde pleokroizma yönlerine göre şöyledir: z ve y: kahverengimsi kırmızı-yeşil, x: sarımsı kahverengi. Bazı kesitlerde dilinimler boyunca opak oksitlere epidot mineralleri de eşlik etmiştir. (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Hornblend, öz ve yarıözşekilli hem levhamsı prizmatik hem de küçük kristaller halindedir. Pleokroizma belirgin olup, yönlerine göre şöyledir; z: mavimsi yeşil, y: yeşil, x: açık yeşildir. Poikilitik dokulu kristallerde plajiyoklas, opak mineral, apatit ve zirkon kapanımları görülür. Genelde (100) ikizine sık rastlanılır. Bazı örneklerde uzantıya dik kesitlerde çok iyi gelişmiş, birbirleriyle yaklaşık 56 derecelik açılar yapan dilinimler belirgindir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 15-17 derece arasındadır. İri hornblend kristalleri yer yer zonlu yapıdadır. Genelde ayrışmış olup, klorit, kalsit ve aktinolite dönüşmüştür. Sfen, öz ve yarıözşekilli kristaller halinde bulunur. Karakteristik kahverengi rengi ve çok kuvvetli çift kırıcılığı ile kolaylıkla tanınır. Allanit küçük, özşekilsiz kristaller halinde bulunur. Genellikle diğer minerallerin arasındaki boşlukları doldurur. Kırmızımsı kahverengi-açık kahverengi pleokroizma

belirgindir. Bazı minerallerde zonlanma görülür. Apatit, özşekilli ince çubuğumsu kristaller halinde bulunur. Hem plajiyoklas hem de amfibol içinde kapanım halindedir. Uzantıya paralel kesitler paralel sönmeli ve negatif uzantılıdır. Zirkon özşekilli küçük prizmatik kristaller halinde görülür. Apatite oranla daha az oranda bulunur. Çok yüksek rölyeftedir ve uzantıya paralel kesitler dik sönmelidir. Epidot, ikincil olarak minerallerin kırık ve çatlaklarında bulunur. Renksiz ile yeşilimsi sarı renkte olup çift kırıcılığı çok yüksektir. Opak mineraller öz ve yarı özşekilli hem iri hem de küçük kristaller halinde bulunurlar. Genellikle biyotit ve amfibol kristallerinin bulunduğu kesimde daha yoğun olarak görülürler. En yaygın ayrışma ürünleri serizitleşme, kalsitleşme, kloritleşme ve killeşme şeklindedir.

Kuvarslı monzonitlerin mikroskobik incelemesinde genelde yarı özşekilli orta-iri daneli, tüm kristalli yarı özşekilli monzonitik, mirmekitik ve poikilitik doku gösterirler. Ana mineralleri plajiyoklas, ortoklas, kuvars, biyotit ve hornblend oluştururken, tali mineraller sfen, apatit, zirkon ve opak minerallerden oluşur. Plajiyoklaslar öz ve yarıözşekilli levhamsı prizmatik kristaller halindedir. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin andezin (An_{34}) olduğu saptanmıştır. Bazı kesitlerde potasyumlu feldispatlarla olan sınırlarda mirmekitler görülür. İri plajiyoklas kristalleri küçük plajiyoklas, hornblend ve opak mineral kapanımları içerirler. Zonlanma gösteren kristallerde genelde halkalı zonlanma, seyrek olarak da elek dokusu görülür. En yaygın ayrışma türleri serizitleşme, kalsitleşme ve killeşmedir. Ortoklas, özşekilsiz kristaller halindedir. Yer yer plajiyoklasların etrafını çevreleyerek monzonitik doku oluşturur. Poikilitik doku yaygındır. Genellikle mikropertitik doku gözlenir ve bazı kesitlerde karlsbad ikizi belirgindir. Bazı kesitlerde de (001) dilinimi belirgindir. En yaygın ayrışma türü killeşmedir. Kuvars özşekilsiz küçük kristaller halindedir ve bazı kesitlerde dalgalı sönme göstermektedir. Hornblend öz ve yarıözşekilli kristaller şeklindedir. İncelenen kayalarda en bol bulunan koyu renkli ferromağnezyen mineraldir. Pleokroizma yönlerine göre; z: mavimsi yeşil, y: yeşil, x: açık yeşil-sarıdır. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 14-15 derecedir. (100) ikizi belirgindir. Genelde zonlu yapıda olup, ayrılmış ve kırıklı olarak görülür. Kırık ve çatlaklar ortoklas tarafından doldurulmuştur. Biyotit öz ve yarıözşekilli kristaller şeklinde olup, bazı kesitlerde bükülmüşlerdir. (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Ayrılmamış minerallerde pleokroizma yönlerine göre şöyledir: z ve y: koyu kahverengi, x: sarımsı kahverengidir. Bazı kesitlerde tamamen veya kısmen ayrılarak

klorite dönüşmüş olarak gözlenmektedir. Bazı kesitlerde ise, dilinimler boyunca epidot mineralleri ve opak mineraller yığılmış olarak görülmektedir. Sfen öz ve yarı özşekilli kenarları keskin, yassı kristaller halindedir. Rölyefi ve çift kırıcılığı çok yüksektir. Allanit özşekilsiz kristaller halinde bulunur. Koyu kırmızı kahverengi-açık kahverengi pleokroizma rengi gösterir ve rölyefi yüksektir. Çift kırıcılığı yüksek olup, canlı renklerde görülür. Apatit ince çubuğumsu kristaller halinde, özşekilli olarak bulunur. Genelde plajiyoklaslar içinde görülür. Renksiz ve berrak görünümündedir. Çift kırması çok zayıf olup, uzantıya paralel kesitler dik sönmeli ve negatif uzantılıdır. Zirkon özşekilli kısa ve geniş prizmatik kristaller halinde görülür. Rölyefleri ve çift kırıcılığı çok yüksektir. Genellikle hornblend ve biyotitler içinde görülür. Epidot, damar ve çatlaklarda görülür. Bazıları nispeten iridirler ve demetimsi şekilde bulunurlar. Açık sarı renktedir. Opak mineraller öz ve yarı özşekilli hem iri hem küçük kristaller halinde bulunurlar. Ayrışma mineralleri serizit, klorit ve kilden oluşur.

Siyenogranitlerin ince kesitlerinde, tüm kristalli yarı özşekilli orta-iri daneli, yer yer mikrografik doku gözlenir. Ortoklas genelde özşekilsiz, hem iri hem de küçük kristaller halinde bulunur. Kesitlerde en bol bulunan mineraldir. Bazı minerallerde baveno ikizleri belirgindir ve (001) yüzeyine göre birbirine dik iki dilinim gösterirler. Örneklerin bir kısmında ipliksi pertitik doku gözlenir. Bazı örnekler killeşmiş olarak görülürler. Kuvars özşekilsiz olarak, diğer minerallerin arasındaki boşlukları doldurur ve yer yer ortoklasla birlikte mikrografik doku oluşturur. Dalgalı sönmeye yaygın olarak görülür. Plajiyoklaslar öz ve yarıözşekilli dikdörtgenimsi kristaller halindedir. Bazı kesitlerde plajiyoklaslarla potasyumlu feldispat sınırında mirmekitler oluşmuştur. 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayininde cinsinin % 23 An içerikli oligoklas olduğu saptanmıştır. Halkalı zonlanma yaygın olarak görülmekle birlikte, bazı örneklerde de elek dokusu görülmüştür. En yaygın ayrışma türü serizitleşme ve kalsitleşmedir. Biyotit öz ve yarı özşekilli kristaller halindedir. İncelenen kayalarda en bol bulunan ferromağnezyen mineraldir. (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Bazı kesitlerde kırıklı yapıdadır. Ayrışmamış minerallerde z ve y yönlerinde kahverengimsi kırmızı, yeşil, x yönünde sarımsı kahverengi, yeşil pleokroizma görülmektedir. Bazı kesitlerde kenarlardan itibaren kısmen ayrılarak klorite dönüşmüşlerdir ve açığa çıkan demir, dilinimler boyunca opak oksit yığılımlarına neden olmuştur. Zirkon öz şekilli hegzagonal kristaller halinde görülür. Apatite oranla daha az oranda bulunur. Rölyefi ve çift kırıcılığı çok yüksektir. Genellikle koyu renkli minerallerin

içinde bulunurlar. Opak mineraller öz ve yarı özşekilli hem iri hem küçük kristaller halinde bulunurlar. En yaygın ayrışma ürünleri serizitleşme, kalsitleşme, kloritleşme ve killeşme şeklindedir.

Gümüşhane Graniti içerisinde yaygın bir şekilde damar kayaçları izlenmiştir. Damar kayaçları ana kayaya oranla daha ince kristallidir. Mikroskobik olarak incelendiklerinde ise aplit, granit porfir ve granofirlerden oluştuğu gözlenmiştir.

Aplitlerin ince kesitlerinde genelde tüm kristalli ksenomorf aplitik doku görülmektedir. Bu dokuda, özşekilsiz küçük ortoklas, kuvars ve plajiyoklas kristalleri birbirlerine geçmiş olarak bulunurlar. Kuvars, özşekilsiz kristaller halinde, ortoklasla birlikte diğer minerallerin arasındaki boşlukları doldurur ve yer yer mikrografik doku oluştururlar. Kesitlerde en bol bulunan açık renkli mineraldir. Dalgalı sönme gösterir. Ortoklas özşekilsiz kristaller halinde, diğer minerallerin arasını doldurmaktadır. Genellikle ipliksi pertitik doku gözlenir. En yaygın ayrışma türü killeşme ve serizitleşmedir. Oligoklas özşekilsiz kristaller halinde ve az oranda bulunurlar. 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayininde cinsinin % 27 An içerikli oligoklas olduğu saptanmıştır. Bazı örneklerde zonlanma görülmektedir. En yaygın ayrışma türü serizitleşme, daha az oranda da kalsitleşmedir. Biyotit öz ve yarıözşekilli prizmatik kristaller ve lameller halindedir. İncelenen kayaçlarda en bol bulunan koyu renkli mineraldir. (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Ayrışmamış minerallerde pleokroizma; z ve y yönlerinde kahverengimsi kırmızı, yeşil, x yönünde sarımsı kahverengi, yeşildir. Bazı kesitlerde kısmen ayrışarak klorite dönüşmüş olarak gözlenmektedir. Opak mineraller çok az oranda bazı kesitlerde küçük daneler halinde ve düzensiz şekillerde bulunurlar. Tali mineraller allanit ve apatit minerallerinden oluşurlar. Ayrışma ürünleri serizitleşme, kalsitleşme, kloritleşme ve killeşmedir.

Mikroskopta granit porfirler ince daneli porfirik doku sunarlar. Bu dokuda çok iri ortoklas, plajiyoklas ve kuvars fenokristalleri, mikrokristal iriliğindeki diğer minerallerle çevrili olarak bulunurlar. Fenokristallerin tümü hamur tarafından yenilmiştir. Bazı kesitlerde ortoklas tekbaşına fenokristalleri oluştururken, bazı kesitlerde kuvars ve biyotitle birlikte, bazı kesitlerde de plajiyoklasla birlikte fenokristalleri oluşturur. Ortoklas hem çok iri kristaller halinde, hem de hamurda küçük kristaller halinde kuvarsla iç içe büyüme gösterirler. İri kristaller hamur tarafından yenmişlerdir. Genellikle karlsbad ikizi gösterirler ve (001) dilinimi belirgindir. Bazı kesitlerde mikropertitik doku gösterirler. Genellikle az ayrışmış ve killeşmişlerdir. Plajiyoklaslar hem iri, öz şekilli kristaller, hem de hamurda öz

şekilsiz mikrokristaller halinde bulunur. İri kristaller zonlu olup hamur tarafından yenmiş olarak görülürler. Plajiyoklaslar önem sırasına göre karlsbad, polisentetik albit ve az oranda da periklin ikizleri gösterirler. 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayininde cinsinin % 34-45 An içerikli andezin olduğu saptanmıştır. Bazı kesitlerde az, bazı kesitlerde de çok ayrışmışlardır. En yaygın ayrışma türü serizitleşme, kalsitleşme ve killeşmedir. Bozuşma daha çok kristalin merkezi kısmında yaygındır. Kuvars genelde küçük kristaller halinde, bazı kesitlerde de iri kristaller halindedir. İri kristallerin kenarları hamur tarafından yenmiştir. İri kristaller genelde dalgalı sönme gösterirler ve kırıklı yapıdadırlar. Biyotit, hem iri öz şekilli kristaller halinde, hem de hamurda küçük kristaller halindedir. Koyu renkli minerallerden en bol bulunanıdır ve hemen hemen tüm kesitlerde görülür. (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Bazı kesitlerde dilinim ve kristal kenarları boyunca kısmen ayrışarak kloritleşmiştir. Bazı kesitlerde iri biyotit kristalleri küçük plajiyoklas kapanımları içerirler. Pleokroizma renkleri; z ve y yönlerinde kahverengimsi kırmızı, yeşil, x yönünde sarımsı kahverengi, yeşildir. Hornblend, öz ve yarıözşekilli prizmatik kristaller halindedir. Biyotitten sonra en bol bulunan koyu renkli mineraldir ve bazı kesitlerde görülür. Pleokroizma renkleri; z yönünde kahverengimsi yeşil, y yönünde yeşil, x yönünde açık sarımsı yeşildir. (100) ikizi belirgindir. Bir kısım minerallerin uzantıya dik kesitlerinde, birbirleriyle yaklaşık 56 derecelik açılar yapan dilinimler, bazı örneklerde de tek yönde dilinimler belirgindir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 12-14 derecedir. Bazı kesitlerde ayrışarak kalsite dönüşmüş olarak görülürler. Ojit, az oranda ve birkaç kesitte görülür. Hem iri kristaller halinde hem de hamurda küçük kristaller halindedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 41-43 derecedir. (110) ikizleri belirgindir. Bazı örneklerde kısmen ayrışarak uralitleşmişlerdir. Opak mineraller öz ve yarı özşekilli hem iri hem de küçük kristaller halinde bulunurlar. Bazı kesitlerde az, bazılarında da bol miktarda bulunurlar. Tali mineraller, sfen, zirkon ve apatitden oluşmaktadırlar. İkincil mineraller serizitleşme, kalsitleşme, kloritleşme ve killeşme şeklindedir. Epidot, damar ve çatlaklarda az oranda görülür. Hamur ortoklas, plajiyoklas, kuvars, biyotit, hornblend, ojit ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşur.

Granofirlerin ince kesitlerinde holokristalen mikrografik (granofirik), yer yer yazı strüktürü görülür. Granofirik dokuda, özşekilsiz ortoklas ve kuvars mineralleri iç içe büyüme gösterirler. Ortoklas örneklerde en bol bulunan mineraldir. Öz şekilsiz olarak kuvarsla birlikte iç içe büyüme gösterir ve grafik doku oluşturur. Genellikle mikropertitik

yapıda olup az ayrılmış ve killeşmişlerdir. Kuvars, öz şekilsiz olarak ortoklasla birlikte iç içe büyüme gösterir. Bazı örneklerde yazı strüktürü gözlenir. Oligoklas, öz şekilsiz olarak ve az oranda görülür. 010'a dik kesitlerde yapılan cins tayininde cinsinin % 26 An içerikli oligoklas olduğu saptanmıştır. Bazı örneklerde çok, bazı örneklerde de az ayrılmışlardır. En yaygın ayrışma türleri serizitleşme, az oranda da kalsitleşmedir. Biyotit, koyu renkli minerallerden en bol bulunanıdır ve öz şekilsiz küçük kristaller halinde bulunur. (001) yüzeyine paralel dilinimi belirgindir ve bu dilinime göre paralel sönmelidir. Bazı kesitlerde dilinim ve kristal kenarları boyunca kısmen ayrılarak kloritleşmiştir. Pleokroizma renkleri; z ve y yönlerinde kahverengimsi kırmızı, yeşil, x yönünde sarımsı kahverengi, yeşildir. Muskovit az oranda ve birkaç kesitte görülür. Renksiz olup, çift kırılma değeri yüksektir. (001) dilinimine göre paralel sönmeye gösterirler ve pozitif uzanımına sahiptirler. Opak mineraller özşekilsiz hem iri hem küçük kristaller halindedirler. Az oranda bulunurlar. Ayrışma mineralleri serizit, klorit ve kalsit minerallerinden oluşur.

Granitlerin içerisinde yersel olarak izlenen siyah ve yeşilimsi siyah renkte volkanik kayalardan oluşan bazik dayk ve stoklar gözlenmiştir. Bunların ince kesitinin incelenmesiyle yapılan tayinlerde dolerit-diyabaz ve bazalt oldukları belirlenmiştir.

Dolerit ve diyabazların mikroskobik incelemesinde, pösilitik, doleritik ve entersertal doku gözlenmektedir. Plajiyoklaslar genellikle mikrolit ve latalardan, ve az miktarda iri kristallerden oluşur. Plajiyoklaslar labrador bileşiminde olup anortit içerikleri An₅₂₋₅₈ arasında değişmektedir (010'a dik kesit). Plajiyoklas lataları birbirlerine yaslanmış olarak bulunur. En yaygın bozuşma türleri kalsit, serizit ve killeşmedir. Ojit genellikle küçük yarı öz şekilli kristaller, seyrek olarak da iri prizmatik kristaller halindedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde yaklaşık 42-43 derece arasında sönmeye açıları göstermektedir. En yaygın bozuşma türü uralitleşmedir. Olivin bazı kesitlerde seyrek olarak görülür. Genellikle küçük daneler halindedir. En yaygın ayrışma türü iddingsitleşmedir. İddingsitleşmeye opak mineraller de eşlik etmektedir. Opak mineraller bol miktarda hem köşeli, hem de yuvarlak dağınık daneler halinde bulunur. Kalsit, serizit, epidot, zeolit, klorit ve uralit mineralleri ayrışma ürünü ve çatlaklarda ikincil olarak bulunurlar. Hamur plajiyoklas, ojit, olivin ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Dolerit-(diabaz) dayklarının mikroskoftaki görünümü. (ÇN, Pl: Plajiyoklas, İd:İddingist (eski olivin), K: Kalsit, klorit).

Bazaltların mikroskobik incelenmesinde hyalo-mikrolitik porfirik doku gözlenmiştir. Başlıca mineraller, plajiyoklas ve piroksenlerdir. Plajiyoklaslar öz ve yarı öz şekilli iri kristaller, hamurda da mikrolitler halinde bulunur. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin labrador (An_{53}) olduğu saptanmıştır. İri kristaller albit ve polisentetik ikizlenmesi gösterir. Bazı plajiyoklaslarda zonlu yapı görülmektedir. En yaygın bozuşma ürünlerini kalsit, klorit ve serizit oluşturur. Ojit genellikle yarı öz şekilli ve şekilsiz ince-uzun kristaller, daha az olarak da öz şekilli iri prizmatik kristaller halinde bulunur. Genellikle renksiz veya çok açık yeşil renktedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları yaklaşık 42- 43 derece arasında değişmektedir. Genellikle klorit ve kalsite ayrılmıştır ve kenar kısımlarında opak mineraller gelişmiştir. Opak mineraller köşeli, yuvarlaklaşmış daneler halinde bol miktarda bulunur. İkincil mineraller kalsit, serizit ve klorit minerallerinden oluşurlar. Ayrışma ürünü ve çatlak dolgusu şeklinde ikincil olarak gelişmişlerdir. Hamur plajiyoklas, ojit ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşmaktadır.

Gümüşhane Graniti'nin yaşına yönelik ilk çalışma, Çoğulu (1975) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Total kurşun yöntemiyle plütonun mutlak yaşı 298-338 milyon

yıl bulunmuş ve yerleşimi Hersinyen orojenezine bağlanmıştır. Baykal (1952), Gattinger (1962), Yılmaz (1972), Tokel (1972), Eren (1983), Hacıoğlu (1983), Robinson ve diğ. (1995), Yılmaz (1992), Bektaş ve diğ. (1995), Okay ve Şahintürk (1997) ve Yılmaz ve diğ. (1997) Gümüşhane ve yakın yöresinde yüzeylenen granitik kayaçların Permiyen yaşlı ve Hersinyen orojenezine bağlı olarak yerleştiğini belirtmişlerdir. İnceleme alanında yapılan çalışmalarda birim, Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenmiştir. Gerek inceleme alanındaki bu veri gerekse eski çalışmalarda elde edilen radyometrik yaş tayinleri ışığında birimin permiyen yaşlı olduğu kabul edilmiştir.

3.1.3. Zimonköy Formasyonu

Birim ilk kez, Gümüşhane doğusundaki Zimonköy yöresinde, litostratigrafi kurallarına uygun olarak Eren (1983) tarafından, Zimonköy Formasyonu adıyla tanımlanmıştır. Stratigrafi kuralları gereği bu adlama çalışmada benimsenmiştir. Permiyen yaşlı Gümüşhane Graniti'nin üzerine aşınma uyumsuzluğu ile gelen bu formasyon, şehrin güneyinde Eskişehir mah (Eski Gümüşhane), Maden T. ve Fındıklı T. Yamaçları, kuzeydoğusunda ise Kuşakkaya, Mandıra Sırtı, Uçurum T. ve Gurbetyatağı Tepe'nin Harşit Çayı'na bakan yamaçlarında, genellikle dar şeritler halinde yüzeylenir (Ek 1).

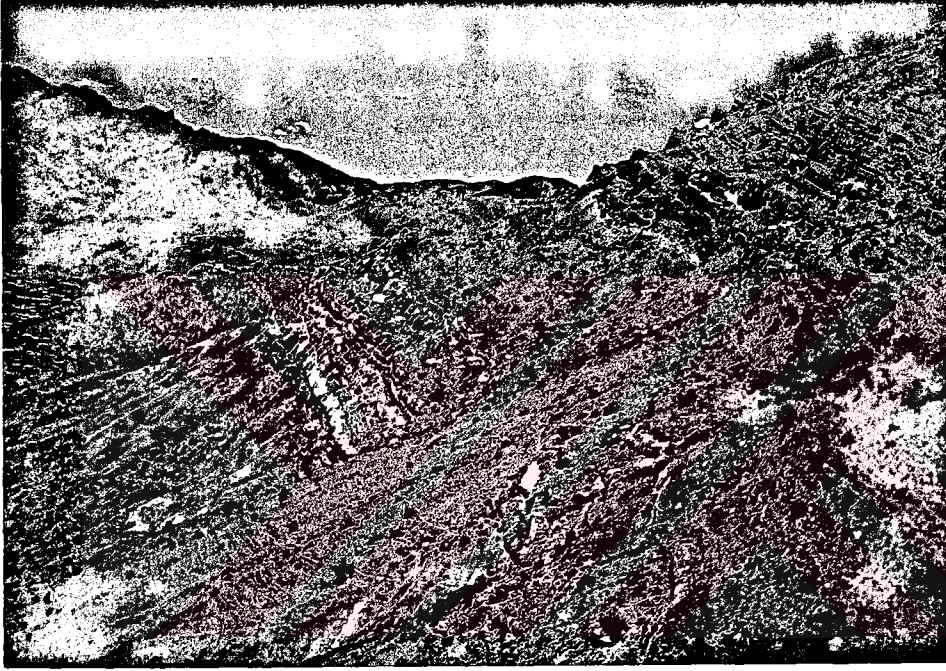
Andezit-bazalt ve piroklastlarından oluşan Zimonköy Formasyonu genellikle alacalı mor, gri-yeşil ve gri-siyah görümlü ve yumuşak bir topoğrafya sunar. Birimin üst seviyelerinde izlenen çörtlü kireçtaşı, morfolojide belirgin kornişler oluşturur.

Zimonköy Formasyonunun alt sınırının izlendiği alanlarda Gümüşhane Graniti'ni uyumsuz olarak üstler. Gurbetyatağı Tepe sırtında daha çok çamurtaşı volkanoklastik çökeller, Maden Tepe'de tüfler ve Şahin Tepe eteğinde volkanitler, Şişmanlı Mahallesi'nde ise marnlarla graniti uyumsuz olarak üstlerler. Birim Berdiga Formasyonu'na ait karbonatlı kayaçlar (dolomit, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı) tarafından uyumlu olarak üstlenir. İki formasyon arasındaki ilişkinin izlendiği Uçurum Tepe güneyi, İskan Evleri, Kuşakkaya ve Gurbetyatağı yörelerinde tedrici bir geçiş vardır.

İnceleme alanında birimin kalınlığı yakın mesafelerde farklılıklar gösterir. Gurbetyatağı tepe yöresinde birimin kalınlığı 111 m, Akçakale vadisinde 274 m ve Bağlarbaşı Mahallesi'nde ise 72 m kalınlık ölçülmüştür (Şekil 10, 11, 12). Gerek inceleme alanında ve gerekse inceleme alanı yakın yörelerindeki bu kalınlık farklılığı (Eren, 1983; Hacıoğlu, 1983; Taslı, 1984; Yılmaz, 1993 ve 1995; Korkmaz ve Yılmaz, 1994; Yılmaz

ve diğ., 1996; Yılmaz ve Korkmaz, 1999) ilksel çökeltme koşulları ve paleotopoğrafik konumdan kaynaklanmaktadır.

Formasyon, yer yer izlenen taban konglomeralarıyla başlar ve yanal olarak sık sık fasiyes değişimleri sunan ince-orta tabakalı dağılğan, alacalı marnlar, orta-kalın tabakalı, iyi boylanmış sıkı çimentolu türbiditik karakterli kumtaşları, bazalt, andezit ve bunlarla arakatkılı tuf, tüffit ve piroklastikler ile orta tabakalı kumlu kireçtaşı ve arazide belirgin röliyef oluşturan çörtlü kireçtaşı kornişlerinden oluşur. Birimin Berdiga Formasyonu ile olan geçişi kırmızı renkli silttaşları ile belirgindir (Şekil 9).



Şekil 9. Zimonköy Formasyonunun arazideki görünümü, (Yer: Kuşakkaya T.)

Kısa aralıklarla sık sık fasiyes ve kalınlık değişimi nedeniyle üye ayrımı yapılamamış ve tüm kayaç çeşitleri bir formasyon olarak haritalanmıştır.

Birim Gurbetyatağı Tepe kesitinde (Şekil 10) tabanında yanal devamlılığı izlenemeyen gevşek kireç çimentolu konglomeralarla başlar. Üste doğru izlenen ince taneli birimler yer yer kömür bantları içerir. Bunların üstüne gelen bol kuvarslı ve 3-5 cm kalınlığında kumtaşları laminalı yapı gösterir. Kuvars oranının azalmasıyla volkanik ara katkılar giderek artar. Bu seviyelerde yer alan ve tabaka kalınlıkları sık sık değişen kırmızımsı-sarı pas renkli kumtaşları yanal olarak büyük açılı çapraz laminasyonlu ripil yapıları sunan alacalı kumlu çamur taşlarına geçiş gösterir. Bu seviyenin üzerine çörtlü

kireçtaşı-çamurtaşı ardalanması gelir. İstifin üst seviyeleri volkonojen kumtaşı-tüf-alacalı çamurtaşı ve kumlu kireçtaşı ardışımı şeklindedir.

Arsa Mahallesi güneybatısında normal faylarla etkilenen istifin tabanında yer alan volkanitler ince taneli tortullarla ardışır durumdadır. Bu seviyedeki volkanitler ileri derecede ayrışmışlardır. Üste doğru iri zeolit kristalleri içeren volkanitler kaba kırıntılılara geçiş gösterir.

Alacalı görünümüleriyle belirgin olan piroklastikler yer yer kırmızı ve mor renkli çamurtaşı ara seviyeleri içerir. İstifin üstüne doğru izlenen lav-aglomera ve bitki fosilli kumtaşları ardalanmasındaki ince şeyller kömür ara katkıları içerir. İstifin tavanı kumtaşı-kumlu kireçtaşı litolojisinden oluşur ve bu seviyeler tedrici olarak Berdiga Formasyonu'na geçiş gösterir.

İstifin tabandan tavana değin takip edilebilmesi her yerde mümkün olamamaktadır. Eskişehir yöresinde, Karanisar Tepe yamacında (Ek 1), marn-kireçtaşı-kiltaşı ardışımı yer yer bol hematitli, sarı renkli cevherli tüfler içerir. Bu seviyelerde oksitlenme oldukça yaygındır. Cevherli tüf seviyesi Kızılköy yöresinde de (Ek 1) izlenmiştir.

Şahin Tepe doğusunda ise tüf ve ince kırıntılı seviyeler ince kömür bantları içerir. Şişmanlı Mahallesi'nde (Ek- 1) alacalı mor renkli çamurtaşları volkanit ara katkıları içerir.

Eskişehir Mahallesi'nde (Ek 1) gözlenen ammonitli kırmızı kireçtaşlarının mikroskopik incelemesinde, bağlama fazının mikritten oluştuğu görülmüştür. Demiroksit boyamaları mikritin rengini kırmızıya çevirmiştir. Karbonatlı bileşenler biyojen ve intraklastlardan oluşur. Biyojenler genelde kırıklı halde bulunur ve genellikle echinit plakalarından oluşurlar. Daha az oranda da foraminiferler, echinit dikenleri, brachiapod, pelecypod, gastropod ve ammonit kavkılarında oluşur. İntraklastlar mikrit kökenlidir. Karbonatlı olmayan bileşenler litoklastlardan oluşur.

Zimonköy Formasyonu'nun kalınlığı, Gurbetyatağı Tepe Referans Kesiti'nde 111 m (Şekil 10), Akçakale Referans Kesiti'nde 274 m (Şekil 11), Bağlarbaşı Referans Kesiti'nde ise 76 m (Şekil 12) olarak ölçülmüştür.

Zimonköy Formasyonu'na ait volkano tortul birimde mikroskop tayinleri sonucu kumtaşları, tüfler, andezitler ve bazaltlar tespit edilmiştir.

Z A M A N	D e v i r	D e v r e	F o r m a s y o n	K a l ı n l ı k (m)	L i t o l o j i	A  ı k l a m a l a r
M E S O Z O Y İ K	K R E T A S E	D o g g e r - M a l m A K r e t a s e	B E R D İ G A	24		Masif, kalın tabakalı, yoğun karstik yapılar içeren gri-bej renkli dolomitik kireçtaşı
				47		Yoğun karstik yapılar içeren kalın, masif tabakalı, gri renkli kireçtaşı
				20		Yer yer karstik yapılar içeren kalın tabakalı dolomitik kireçtaşı
				70		Üst seviyelerinde 3-5 cm kalınlık sunan, marn ara seviyeleri içeren, orta tabakalı, gri renkli sert kireçtaşı
				50		Orta kalın tabakalı, gri renkli, bol çatlaklı, sert kireçtaşı
				10		Kalın masif tabakalı, gri-bej renkli dolomitik kireçtaşı
	J U R A	L i y a s	Z İ M O N K Ö Y	6		İnce-orta tabakalı, kırmızı renkli, ince kumtaşı, silttaşı. Üst seviyelere doğru kireçtaşları yer alır
				12		Tüf, tüffit, kiltası, kumtaşı ardışımı Dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı
				25		Kalın masif tabakalı, çörtlü kireçtaşı-kiltası ardışımı
				8		Alacalı renkli, kiltası araseviyeli, kalın tabakalı, kırmızı sarımsı, pas renkli kumtaşı
				11		Orta tabakalı tüffit ince kil arabantları ve kömür merceği içeren orta-kalın tabakalı kumtaşı
				10		
				20		
				19		
PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer	Gümüşhane Graniti				Tümüyle granit kökenli çakıllardan oluşan konglomera Dolerit (diyabaz) daykısı Pembe alkalin granit

Şekil 10. Gurbetyatağı Tepe referans kesiti (Yer:K.T.Ü. Güm. Müh. Fak. arkası)

Z A M A N	D e v i r	D e v r e	Formasyon	Kalınlık (m)	Litoloji	A  ı k l a m a l a r
M E S O Z O Y İ K	K R E T A S E	Dogger-Malm A.Kretase	BERDİGA	18		Yer yer ezilmiş, kalın tabakalı, gri bej renkli dolomitik kireçtaşı
				50		Karstik yapılar içeren, gri renkli, kalın masif tabakalı kireçtaşı
				25		Orta tabakalı, yer yer marn ara seviyeleri içeren dolomitik kireçtaşı
				8		Orta tabakalı gri-bej renkli kireçtaşı
				8		Orta-kalın tabakalı ileri derecede ayrılmış dolomitik kireçtaşı
				10		Orta tabakalı, iyi boylanmış, kireç çimentolu kumtaşı-kumlu kireçtaşı
	J U R A	L i y a s	ZİMONKÖY	16		Turba özelliğinde kömür, çakıltası mercikleri ve bitki fosilleri içeren yer yer katmanlı killi-kumlu şeyl
				44		Gri, kalın tabakalı aglomera, tüffit Koyu renkli ayrılmış bazalt
				16		Gri renkli, kalın tabakalı aglomera Koyu renkli ayrılmış bazalt
				16		Kırmızı-pembe renkli, orta tabakalı, dağılgan marn
				16		Mor renkli yoğun ayrılmış andezit
				16		Alacalı renkli, orta tabakalı tüffit, ince kil seviyeleri içerir
				50		Bazalt ara katkılı, gri-koyu yeşil, kalın-masif tabakalı gevşek çimentolu aglomera
				11		İleri derecede ayrılmış spilitik bazalt
				20		Orta tabakalı, dağılgan, gri renkli tüffit
				19		Yer yer iri volkanik çakıllar içeren, kalın masif tabakalı tüffit
				40		İnce tabakalı, dağılgan kil seviyeleri içeren andezit ve tüf
				PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer	

Şekil 11. Akçakale referans kesiti (Yer:Akçakale Köyü).

Z A M A N	D e v i r	D e v r e	Formasyon	Kalınlık (m)	Litoloji	A  ı k l a m a l a r
M E S O Z O Y I K	K R E T A S E	Dogger-Malm A.Kretase	B E R D İ G A	72		Kalın-masif tabakalı, gri renkli, sert kireçtaşı
				4		İnce tabakalı,gri renkli, plaket kireçtaşı
				23		Orta tabakalı, sarı renkli kumtaşı araseviyeleri içeren, gri-bej renkli kireçtaşı
				18		Orta tabakalı, yer yer dağılgan özellikli marn
				11		İnce-orta tabakalı gri-bej renkli kireçtaşı
				32		İnce tabakalı marn ve kilitaşı ara seviyeleri içeren orta-kalın tabakalı, gri-bej renkli kireçtaşı
				25		Masif, gri-bej renkli dolomitik kireçtaşı
	J U R A	L i y a s	Z İ M O N K Ö Y	11		Orta tabakalı gri renkli kireçtaşı
				4		İnce orta tabakalı kırmızı renkli kumtaşı, silttaşı, marn ve kumlu kireçtaşı
				40		Koyu renkli yer yer ayrılmış bazalt
				11		Orta tabakalı gri renkli kireçtaşı
				2		Bej renkli çört
				19		Orta-kalın tabakalı gri-bej renkli sert kireçtaşı
				0,3-2		Koyu gri renkli masif, çörtlü kireçtaşı
-		Bazalt				
PALEOZOYİK	Permo-Karbonifer		GÜMÜŞHANE GRANİTİ			Pembe alkalen granit

Şekil 12. Bağlarbaşı referans kesiti (Yer:Bağlarbaşı Mahallesi).

Kumtaşlarının mikroskopik incelemesinde kuvars bileşimli, silis çimento görülür. Başlıca bileşenler kuvars, feldspat, kayaç kırıntıları ve opak minerallerden oluşur. Kuvars sivri köşeli taneler şeklindedir. Feldispatlar çok fazla derecede ayrılmışlardır. Bazı minerallerde kristal şekilleri korunur ve albit ikizi gözlenir. Kayaç kırıntıları genellikle volkanik kayaç kırıntılarından oluşur. Nadiren granit kayaç parçaları görülür. Genellikle köşeli ve az yuvarlak taneli şekillerdedirler. Volkanik kayaç parçalarında plajiyoklas mikrolitleri gözlenmektedir. Opak mineraller kayaç içinde düzensiz şekilli olup küçük taneler halindedirler.

Tüfler genellikle kristal tuf ve litik-kristal tuf niteliğindedirler. Başlıca mineraller plajiyoklas, kuvars, biyotit, hornblend, kayaç kırıntısı ve opak minerallerden oluşur. Kayaç kırıntıları kuvarsitlerden oluşur.

Kristal tüflerin mikroskopik incelemesinde başlıca bileşenleri kuvars ve plajiyoklaslar oluşturur. Kuvars özşekilsiz kristaller halindedir. Kristallerin kenar kısımları kırıklı olup, çatlaklı yapılar belirgindir. Plajiyoklaslar özşekilsiz kristaller halinde olup, ayrılmış olarak bulunurlar. Bazılarında zonlanma belirgindir. Kalsit, klorit ve serizit ikincil mineralleri oluşturur (Şekil 13).

Andezitlerin mikroskopik incelemesinde mikrolitik porfirik doku gözlenmektedir. Plajiyoklaslar iri levhamsı prizmatik kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde bulunur. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin andezin (An_{36}) olduğu saptanmıştır. İri kristaller öz ve yarı öz şekilli olup polisentetik ikizlenme, küçük kristaller ise albit ikizlenmesi gösterir. En yaygın bozuşma türleri, kalsitleşme ve serizitleşmedir. Hornblend iri, öz ve yarı öz şekilli prizmatik kristaller halinde, hamurda da küçük çubuğumsu kristaller halinde görülür. Bazı mineraller plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içermektedir. Pleokroizma renkleri; z yönünde kahverengimsi yeşil, y yönünde yeşil, x yönünde açık sarı yeşildir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları yaklaşık 15 derecedir. Genelde kalsite ayrılmış ve kenar kısımlarda opak mineraller gelişmiştir. Biyotit genelde küçük prizmatik kristaller halinde bulunur. (001) yüzeyine paralel dilinim belirgin ve bu dilinime göre paralel sönme göstermektedir. Bazı örneklerde dilinimler boyunca opak mineraller yerleşmiş olarak görülür. x istikametindeki pleokroizma sarımsı kahverengi; y ve z istikametindeki pleokroizma koyu kahverengidir. Bazı mineraller, kenarından itibaren kloritleşmişlerdir. Opak mineraller bazı kesitlerde çok boldur. Genellikle köşeli ve düzensiz şekillidir. Apatit tali mineral olarak az oranda bazı kesitlerde görülür. İkincil mineraller kalsit, serizit ve kloritten oluşurlar. Ayrışma ürünü ve

çatlak dolgusu şeklindedirler. Hamur plajiyoklas, hornblend, biyotit ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşmaktadır.



Şekil 13. Zimonköy Formasyonu'na ait kristal tüklerin mikroskopta görünümü. (ÇN, Q: Kuvars, Or: Ortaklaz, Pl: Plajiyoklas, Yer: Gurbetyatağı T.)

Bazalt ve spilitik bazaltların mikroskobik incelemelerinde entersertal, amigdoidal ve kısmen de flüidal doku gözlenmektedir. Plajiyoklaslar öz ve yarı öz şekilli levhamsı iri kristaller, hamurda da mikrolitler halinde bulunur. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin labrador (An_{56}) olduğu saptanmıştır. İri kristaller albit ve polisentetik ikizlenmesi, küçük kristaller ise albit ikizlenmesi gösterir. Bazı plajiyoklaslarda zonlu yapı görülmektedir. En yaygın bozuşma ürünlerini kalsit ve serizit oluşturur. Ojit genellikle yarı öz şekilli ve şekilsiz ince-uzun prizmatik kristaller, daha az olarak da öz şekilli iri prizmatik kristaller halinde bulunur. Genellikle renksiz veya çok açık yeşil renktedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 42- 44 derece arasında değişmektedir. Genellikle klorit ve kalsite ayrılmıştır ve kenar kısımlarında opak mineraller gelişmiştir. Olivin hem öz ve yarı öz şekilli levhamsı iri kristaller, hem de hamurda küçük kristaller halinde görülür. Genellikle iddingsit ve opak minerallere, daha az olarak da serpantin,

klorit ve kalsite dönüşmüş olarak görülür. İddingsitleşme hemen hemen tüm örneklerde izlenmektedir. Opak mineraller hem olivin, ojit ve biyotitin kenar kısımları boyunca, hem de hamurda köşeli, yuvarlaklaşmış daneler halinde bol miktarda bulunur. İkincil mineraller kalsit, serizit, klorit, epidot, iddingsit ve serpantin minerallerinden oluşurlar. Ayrışma ürünü ve çatlak dolgusu şeklinde ikincil olarak gelişmişlerdir. Hamur plajiyoklas, ojit, olivin, biyotit ve opak minerallerin mikro ve kripto kristallerinden oluşmaktadır (Şekil 14).



Şekil 14. Zimonkoy Formasyonuna ait bazaltların mikroskoptaki görünümü (ÇN, Pl:Plajiyoklas, Oj: Ojit, Yer: Bağlarbaşı Mah.)

Kumtaşlarının mikroskobik incelemesinde çimento demiroksit boyamalı olup kloritçe zengindir. Başlıca bileşenler kuvars, biyotit, feldispatlar, kayaç kırıntıları ve opak minerallerden oluşur. Kuvars hem iri hem küçük taneler halindedir. Kayaç kırıntısı genellikle granitlerden oluşur.

Zimonkoy Formasyonu'nda arazide dantela gibi tipik görüntüsüyle belirgin kornişler oluşturan çörtlü kireçtaşlarının mikroskobik incelemesinde, kuvars kristallerinden oluştuğu, bazı kuvars kristallerinin çatlak ve gözenek dolgularında görüldükleri ve yer yer çatlaklı yapıda oldukları gözlenmiştir.

Diyabazların mikroskobik incelemesinde, pösilitik, doleritik ve entersertal doku gözlenmektedir. Plajiyoklaslar genellikle mikrolit ve latalardan, çok az olarak iri kristallerden oluşur. Plajiyoklaslar labrador bileşiminde olup anortit içerikleri An_{52-58} arasında değişmektedir (010'a dik kesit). Plajiyoklas lataları birbirlerine yaslanmış olarak bulunur. En yaygın bozuşma türleri kalsit, serizit ve kil mineralleridir. Ojit genellikle küçük yarı öz şekilli kristaller, seyrek olarak da iri prizmatik kristaller halindedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde yaklaşık 42-43 derece arasında sönme açıları göstermektedir. En yaygın bozuşma türü uralitleşmedir. Olivin bazı kesitlerde seyrek olarak görülür. Genellikle küçük daneler halindedir. En yaygın ayrışma türü iddingsitleşmedir. İddingsitleşmeye opak mineraller de eşlik etmektedir. Opak mineraller bol miktarda hem köşeli, hem de yuvarlak dağınık daneler halinde bulunur. Kalsit, serizit, epidot, zeolit, klorit ve uralit mineralleri ayrışma ürünü ve çatlaklarda ikincil olarak bulunurlar. Hamur plajiyoklas, ojit, olivin ve opak minerallerin mikro ve kriptokristallerinden oluşmaktadır.

Gümüşhane yöresinde daha önce yapılan çalışmalarda (Alkaya,1983; Görür ve diğ., 1983; Hacıoğlu, 1983; Eren, 1983; Yılmaz, 1995) Zimonköy Formasyonunda saptanan makro ve mikro fosillere dayanarak birime Liyas yaşı verilmiştir. Yapılan inceleme ve gözlemlerde birime ait yüzleklerin yer aldığı eski Gümüşhane ve Kuşakkaya Tepe güneyinde ammonit makro fosillerine rastlanmıştır. Yapılan ince kesitlerde Zimonköy Formasyonu içinde yer alan kireçtaşı seviyelerinde involutina sp., ekinid, radyolarya, makrokavkı parçaları gibi (mollusca) mikroorganizmalara rastlanmıştır. Gerek önceki çalışmalardan elde edilen paleontolojik veriler ve gerekse bu çalışma sırasında elde edilen litolojik ve paleontolojik verilerin yardımıyla birim Liyas yaşlı olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında Zimonköy Formasyonunu oluşturan farklı kaya türleri ve özellikleri göz önüne alındığında, birimin karasal geçiş ve sığ denizel ortamda çökeldiği söylenebilir. Alacalı fosilli çamurtaşları, kömür mercekleri , yanal devamlılığı olmayan konglomeralar ve ripilmark kumtaşları karasal geçiş ortamlarının göstergeleridir. Geniş ölçekte, önceki çalışmalar göz önüne alındığında Erken Jura'nın yörede bir genişleme rejimine bağlı olarak riftleşme dönemine karşılık geldiği ve bu olaylara bağlı olarak horst - graben sisteminin etkin olduğu görülür (Görür ve diğ, 1983; Eren, 1983; Yılmaz, 1993 ve 1995). Bu yapı incelendiğinde yükselti alanlarında kondanse karakterli çökeller birikirken çukurluk-graben alanlarda daha çok volkano-klastik özellikli kalın istiflerin geliştiği görülür. İnceleme alanında Zimonköy Formasyonu'nun kayatürü özelliklerinden hareket

ederek birimin çok derin olmayan bir graben kenarı ortamında birikmiş olduğu düşünülmektedir.

İnceleme alanında genel olarak çökel ve volkanik kayalarla temsil edilen Zimonköy Formasyonu tüm Doğu Pontidlerdeki Erken Jura yaşlı kayalarla denestirilebilir özellikler taşır. Değişik araştırmacılar Doğu Pontidlerdeki farklı alanlarda, inceleme alanında yüzeyleyen Liyas yaşlı kayalarla litolojik ve geometrik özellikleri itibarı ile birebir denestirilebilir özellikler taşıyan kayaları farklı adlarla tanıtmışlardır (Eren, 1983- Gümüşhane: Zimonköy Fm; Hacıalioğlu, 1983-Kale; Zimonköy ve Özer; 1983- Bayburt: Zimonköy Formasyonu; Pelin, 1977- Alucra: Hacıören Formasyonu; Açar, 1977- Köse: Hamurkesen Formasyonu; Kesgin, 1983-Hadrak: Balkaynak Formasyonu; Yılmaz, 1983- Olur: Olurdere formasyonu).

Gümüşhane ve yakın yöresinde çalışan pek çok araştırmacı Zimonköy Formasyonu'nun 20 ile 1600 m arasında kalınlıklara sahip olduğunu ve yakın alanlarda sık fasiyes değişimi sunduğunu belirterek bu olgunun Erken Jura paleotopoğrafik koşullarına bağlı olarak sonuçlandığını öne sürmüşlerdir (Eren, 1983; Hacıalioğlu, 1983; Görür, 1983; Özer, 1983; Seymen, 1975; Pelin, 1977; Açar, 1977; Yılmaz, 1992, 1993, 1995; Bektaş ve diğ., 1995; Yılmaz, 1996). Yazarlar çukurluk (graben) alanlarda volkanik ara katkılı türbiditik karakterli ve kalın gövdeler oluşturan istif birikimlerine karşın, karasal girdisi olmayan denizaltı yükseltilerinde (horst) yavaş tortulaşma koşullarında kondanse karakterli ammonitiko rosso fasiyesinde gelişmiş bol ammonit, pelecypod, ekinid ve mercan içeren kırmızı renkli kireçtaşlarının oluştuğunu belirtmektedirler.

3.1.4. Berdiga Formasyonu

Birim ilk kez litostratigrafi kurallarına uygun olarak Pelin (1977) tarafından Alucra (Giresun) yöresinde Berdiga Dağı'na atfen Berdiga Formasyonu adı tanımlanmıştır. Yerbilimciler arasında yaygın bir kabul gören bu adlama stratigrafi kuralları gereği bu çalışmada da benimsenmiştir. Birim inceleme alanında geniş yayılımlara sahiptir. Kuşakkaya Tepe, Gurbetyatağı Tepe, Uçurum Tepe, Fındıklı Tepe Akçakale ve Eskişehir yörelerinde yüzeyleyir. Kalınlığı, Akçakale ölçülü kesitinde 109 m, Gurbetyatağı Tepe ölçülü kesitinde 221 m, Bağlarbaşı ölçülü kesitinde 196 m olarak saptanmıştır (Şekil 10, 11, 12).

Birim inceleme alanında Zimonköy Formasyonu ile tedrici geçişlidir. Üst sınırı ise Kuşakkaya, Gurbetyatağı ve Akçakale yörelerinde Kermutdere Formasyonu'na ait, sarı renkli, orta katmanlı kumtaşları tarafından uyumlu olarak üstlenir.

Birim tümüyle karbonatlı kayalardan oluşur.  rnek kesitlerin alındığı Akçakale Mahallesi'nde tabanda orta-kalın tabakalı, gri-bej renkli sert, bol çatlaklı, makro fosilsiz kireçtaşlarıyla başlar üste doğru kalın katmanlı, pembe renkli dolomit ve dolomitik kireçtaşlarıyla devam eder. Bu seviyelerde karstik yapılar birime ayırtman bir özellik kazandırır. Üst seviyelerde konkoidal kırılmalı, bej renkli, dolomit araseviyeleri içeren, makro fosilsiz kireçtaşlarıyla sona erer. Gurbetyatağı T.  rnek kesitinde orta seviyelerde marn ara düzeyleri yer alır. Bu seviyelerde daha ince tabakalanma belirgindir. Bunun dışında inceleme alanının her tarafında benzer özellikler izlenir. Karanisar T. yöresinde daha çok kristalize kireçtaşı özelliği sunarlar. Gurbetyatağı T. zirvesinde silis yumru ve bantları içeren seviyeler belirgindir. Fındıklı T.'de katman kalınlıkları 30cm ile 1m arasında olup dolomitik özelliktedir. Dolomitler arazide şeker yapısı göstermesiyle belirgindir. Ayrışmış yüzeylerde sarımsı renkte, taze yüzeylerde ise gri renkte bir görünüm sunarlar (şekil 15). Kum boyutunda dolomit kristallerinden oluşan kayacın mikroskop incelemeleri sonucunda dolomit ve dolomitik kireçtaşı olduğu belirlenmiştir.



şekil 15. Berdiga Formasyonu'nun arazideki görünümü (Yer: Fındıklı T.).

Dolomitler mikroskopta incelendiğinde, kayacın tümüyle dolomitleştiği, dolomit kristallerinin çoğunlukla iri öz şekilli yarı öz şekilli taneler halinde oldukları gözlenmiştir. İlksel kireçtaşı dokusuna ilişkin veriler çoğunlukla yok olmasına rağmen, bazı alanlarda olarak görülmektedir. Kayaç içinde yoğun olarak izlenen ikincil çatlakların tümüyle kalsitle dolduğu gözlenmiştir.

Kumlu dolomikrosparitin mikroskobik incelemesinde kayacın neredeyse tümünün dolomitleştiği ve yer yer köşeli küt köşeli kuvars ve feldispat kırıntıları ve bazik volkanik kayaç kırıntıları içermektedir. Yer yer mikritik matriks izlenmektedir. İlksel karbonatlı taneler gözlenmemiştir.

Dolomitik kayaçların genellikle dolosparit, dolomikrosparit, kumlu dolosparit oldukları belirlenmiştir. Ayrıca Formasyona ait incelenen bazı kesitlerinde introbiyosparit ve kumlu biyosparit olarak adlandırılan kayaçların bol olarak ekinid parçaları, bentik foraminiferler ve bivalve kavkı parçaları içerdikleri gözlenmiştir.

Birimin çökel-yapı doku özellikleri ile fosil içeriği Berdiga Formasyonu'nun tümüyle sığ, yüksek enerjili bir denizel ortamda çökeldiğinin kanıtlarını taşır. Bol bentik foraminiferlerin varlığı, genellikle kırılmış olarak izlenen pelecypod parçaları, ekinid plakları ve kuş gözü yapıları yüksek enerjili sığ denizel ortamın kanıtlarıdır. Tümüyle dolomitleşmiş seviyelerde ilksel dokuya ilişkin herhangi bir veri izlenemediğinden ortamsal yorum yapılamamıştır.

Birimin yaşı daha önceki yapılan çalışmalarda ve bu çalışmada içerdiği mikrofosillere dayandırılarak (Eren, 1983; Taslı, 1984 ve 1990; Bektaş ve diğ., 1995; Yılmaz, 1997; Yılmaz ve Korkmaz, 1999) Dogger-Alt Kretase olarak belirtilmiştir.

Tüm Doğu pontitlerde Dogger-Alt Kretase süreci sığ denizel kireçtaşlarının gelişim dönemidir. Amasya yöresindeki Ferhatkaya Formasyonu (Alp, 1972), Reşadiye yöresindeki Hankırı T. Formasyonu (Seymen, 1975), Alucra yöresinde (Pelin, 1977), Kelkit yöresinde (Yılmaz, 1995) , Gümüşhane yöresinde (Eren, 1983) Berdiga Formasyonu, Köse-Demirözü yöresinde Hozbirikyayla Formasyonu (Ağar, 1977) adıyla tanıtılan kireçtaşları inceleme alanındaki kireçtaşlarıyla tümüyle denestirilebilir özellikler taşır.

3.1.5. Kermutdere Formasyonu

İnceleme alanında, yüzeylenen Üst Kretase yaşlı kayaçlar, daha önce Gümüşhane ve yakın çevresinde Tokel (1972) tarafından Kermutdere Formasyonu olarak adlandırılmış ve ayrıntılı olarak tanıtılmıştır. Bu adlama bu çalışmada da benimsenmiştir.

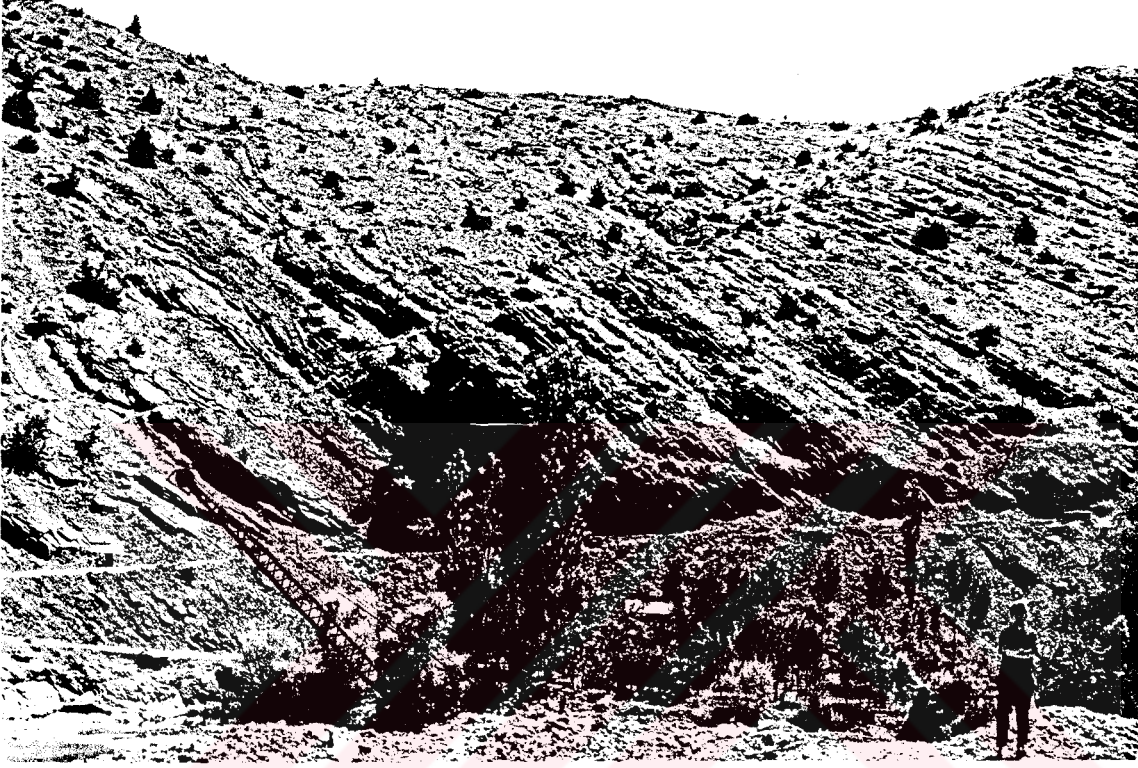
Birim inceleme alanının orta ve kuzey kesimlerinde yaklaşık 3 km²'lik bir yüzeylemeye sahiptir. Bu yüzlek alanları başlıca Kabanbaşı Mah., Arsa Mah. kuzey ve kuzey batısında ve inceleme alanının güneyinde yer alan Eskişehir Mahallesi'nin batısındadır, (Ek-1). Birimi oluşturan kayalar aşınmaya karşı dirençsiz olmaları nedeniyle topoğrafyada düşük eğimli yamaçları ve düzlükleri oluştururlar.

Formasyona ait çökel kayalar Berdiga Formasyonu' na ait kireçtaşlarını uyumlu olarak üstler. Bu özellik iki formasyon dokanağının izlendiği tüm alanlarda belirgindir. Üstten ise Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu tarafından uyumsuz olarak üstlenir. Birimin kalınlığı jeolojik kesitlerden >60 m olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında yüzlek veren Kermutdere Formasyonu başlıca, sarı renkli kumtaşı-kumlu kireçtaşı, kırmızı renkli pelajik kireçtaşları ve türbiditlerden oluşur (Şekil 16). Birimin taban seviyesini oluşturan sarı renkli kumtaşı-kumlu kireçtaşları, orta tabakalı kireçtaşı ara seviyeleri içerir. Kabanbaşı Mahallesi'nde kumlu kireçtaşlarındaki kırıntılı bileşenler tabandan tavana doğru belirgin bir derecelenme gösterir ve üste doğru giderek azalır. Kırıntıların azaldığı seviyelerde kireçtaşları egemen olur. Kermutdere Formasyonunun yüzeylendiği tüm alanlarda kumlu kireçtaşları kırmızı renkli, orta ince tabakalı pelajik kireçtaşlarına geçiş gösterir. Pelajik kireçtaşları üste doğru gri yeşil renkli türbiditlere geçiş gösterirler. Geçişte yeşil renkli marn seviyeleri kılavuz seviyeyi oluşturur. Genellikle ince katmanlı türbiditler başlıca kumtaşı-marn-kireçtaşı ardışımı şeklinde olup, alttan üste doğru tabaka kalınlığı giderek azalır (Şekil 16). İnceleme alanında özellikle Kabanbaşı mahallesinde tabandan tavana doğru izlenebilen türbiditik istifin üst seviyelerinde 3 m kalınlık sunan tüffit bandı yer alır. Kumtaşı ve kumlu kireçtaşlarının mikroskopik incelemesinde karbonatlı bileşenler tümüyle pelajik fosillerinden (*Globotruncana* sp., *Radiolaria* sp.) oluşmaktadır ve kayada yaklaşık % 5-10 oranında bulunur. Karbonatlı olmayan bileşenler köşeli daneler halinde kuvars, feldspat, amfibol, kloritlenmiş biyotit, küçük daneler halinde opak mineraller ve genellikle yuvarlaklaşmış, az oranda da köşeli spilitik bazalt esaslı volkanik kayaç parçalarından oluşur. Karbonatlı olmayan bileşenler kayada yaklaşık % 5-55 oranında bulunurlar. Matriks mikrit-mikrosparit sporit olup, kayada yaklaşık % 5-65 oranında bulunur.

Mikroskopik incelemeler kırmızı renkli pelajik kireçtaşlarının bol pelajik fosilli (*Globotruncana* sp., *Radiolaria* sp., spikül, % 20-50) biyomikritlerden oluştuğunu göstermektedir. Özellikle taban kesimlerde yer alan karbonatsız bileşenler, silt boyutunda

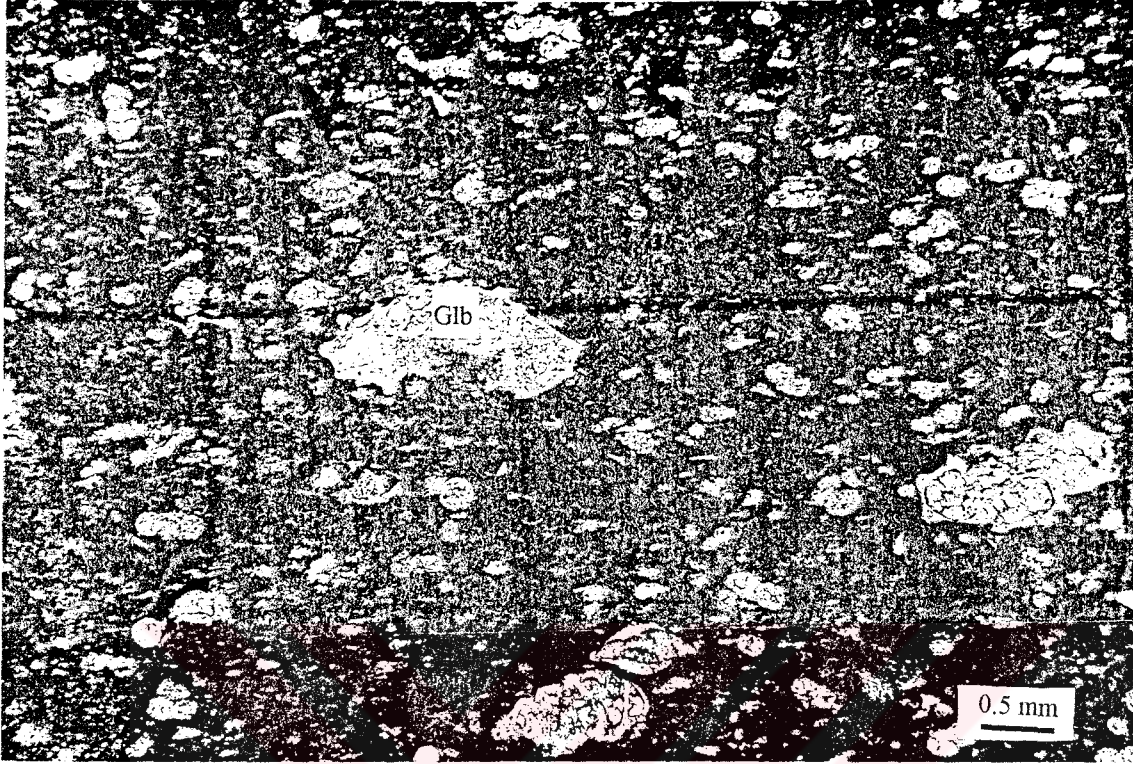
köşeli daneler şeklindeki kuvars, küçük daneler halindeki opak minerallerden oluşur ve kayada yaklaşık % 5-10 oranında bulunur. Matriks mikritden oluşur ve kayada yaklaşık % 20-30 oranında bulunur. Kermutdere Formasyonuna ait, volkanik ara katmanlı kumlu kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardışımından oluşan türbititler ile tüfitlerin ince kesit tayinleri aşağıdaki sonuçları vermiştir.



Şekil 16. Kermutdere Formasyonunun arazideki görünümü (Yer: Kabanbaşı Mah.).

Kumlu kireçtaşlarının mikroskopik incelemesinde, mikritik bir matriks içinde Globotruncana sp. ve Nannoconus sp. fosilleri, az miktarda da terrijen bileşenler görülür (Şekil 17). Karbonatlı olmayan bileşenler köşeli daneler şeklindeki kuvars ve feldspat, genellikle ayrılmış ve kenar kısımları kloritlemiş biyotit, küçük daneler şeklinde opak mineral ve genellikle yuvarlaklaşmış volkanik kayac parçalarından oluşur ve kayada yaklaşık % 5-30 oranında bulunurlar. Mikroskopta mikrit (Folk, 1962) ve kumlu biyomikritlerin (Folk, 1962) tümüyle pelajik fosillerden (Marginotruncana, Radiolaria, pelajik bivalve parçaları) meydana geldiği görülmüştür. Bu fosillerin çoğunlukla korunduğu ve bütün halde olduğu gözlenmiştir. Kayaçlar az oranda köşeli kuvars ve feldspat parçaları içermektedir. Kumlu intraspartitlerin ise genelde köşeli feldspat ve kuvars

tanelerinden oluştukları ve yer yer pelecypod kavkı parçaları içerdikleri gözlenmiştir.



Şekil 17. Kumlu kireçtaşlarındaki fosillerin mikroskop görüntüsü (Globotruncana).

Kermutdere Formasyonu içindeki kırmızı kireçtaşının ve türbiditlerin içerdikleri mikrofosiller (*Globotruncana* sp., *Radiolaria* sp., *Inoceromus* sp.) ve önceki çalışmalardan (Eren, 1983; Taşlı, 1990; Bektaş ve diğ., 1995; Yılmaz, 1997; Yılmaz ve Korkmaz, 1999) elde edilen verilere dayandırılarak birime Üst Kretase yaşı verilmiştir. Kermutdere Formasyonu'nun kayatürü ile fosil içeriği birimin giderek derinleşen deniz ortamında biriktiğini gösterir. Bektaş ve diğ. (1995), Yılmaz (1997) ve Yılmaz ve Korkmaz (1999) birimin Orta-Üst Kretase sürecinde tüm Doğu Pontid Güney Zonu'nda etkin olan genişlemeli tektonik rejimin sonuçladığı derinleşmeye bağlı olarak açık deniz koşullarında biriktiğini belirtmişlerdir.

İnceleme alanında yüzeylenen Kermutdere Formasyonu, kaya türü, çökel özellikleri ve fosil içeriği açısından Doğu Pontid Güney zonunda farklı alanlarda yüzeylenen Üst Kretase yaşlı Kapaklı Formasyonu (Amasya; Alp, 1972), Gökçebel ve Kızıltepe Formasyonları (Reşadiye; Seymen, 1975), Kındıralıkdere ve Elmalıdere Formasyonları

(Alucra;Pelin,1977), Karadere Formasyonu (Akşar-Bayburt; Kesgin,1983), Boğazören Formasyonu (Olur; Yılmaz, 1984) ile deneştirilebilir özellikler taşır.

3.1.6. Ali Baba Formasyonu

Birim ilk kez Gümüşhane ve yakın yöresinde Tokel (1972) tarafından Alibaba Formasyonu olarak adlandırılmış ve tanıtılmıştır. Bu çalışmada bu adlamaya sadık kalınmıştır.

Formasyon, çalışma alanında Güzeller, Kaledere, Hasanbey Mahalleleri'yle, Canca Mahallesi ve Cancaya bağlı Orta, Zarfı, RUFene semtlerinde ve Davunlu, Kalkanlı, Cebirli, Konacık Mahalleleri'nde Eski kale T., Parmaklık T., ve Aynif T.de yüzeylenir (Ek 1).

Alibaba formasyonu açısız bir uyumsuzlukla Kermutdere Formasyonu üzerine gelmektedir.

Genellikle grimsi siyah ve grimsi yeşil renkleriyle arazide belirgin bir görünüm arzeden (Şekil 18) formasyon, Eskişehir Mahallesi'nde nummulitli kumlu kireçtaşlarıyla başlar. Nummulitli kireçtaşları gri veya pembemsi gri renklidir. Fosilce zengindirler ve bol miktarda makrofosil içermektedirler. Turna Dere köprüsü üzerinde yine tabakalı tüfler volkanik breşlerle ardalanmalı olarak bulunmaktadır. Bu volkanik breşler akma breşleri şeklinde gelişmiştir. Formasyon volkano-tortul birimden sonra Kuzeye doğru andezitlere ve tüfit ara katkılı piroklastlara geçiş gösterir.

Gri ve siyahımsı gri renklerde gözlenen andezitler makroskobik olarak incelendiğinde plajiyoklas ve ferromagnezyen mineralier tesbit edilebilmektedir. Taze olan andezitler çatlaklı bir görünüm arzelmektedirler. Tüfit ara katkılı lavlarla aglomeralar formasyonun ana gövdesini oluştururlar. Topoğrafyada engebeli bir görüntü sunan lavlar genellikle üst üste dizilmiş yastıklar şeklindedir. Lavlarla karışık halde bulunan aglomeralar siyahımsı gri renklidir. Tane boyları bir kaç cm den 20-30 cm ye kadar değişmektedir. Tane şekilleri yuvarlağımsı veya ovaldir. Aglomera elemanlarında yoğun eksfoliasyon yapıları izlenir.

Lavlar arasında kalınlıkları 10cm civarında olan tüfit seviyeleri mevcuttur. Yeşilimsi gri renkli ve kum boyutunda taneli bir yapıya sahiptir.

Alibaba Formasyonuna ait tüfit, nummulitli kireçtaşı ve aglomeralardan oluşan volkano tortulların mikroskobik incelemeleri yapılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

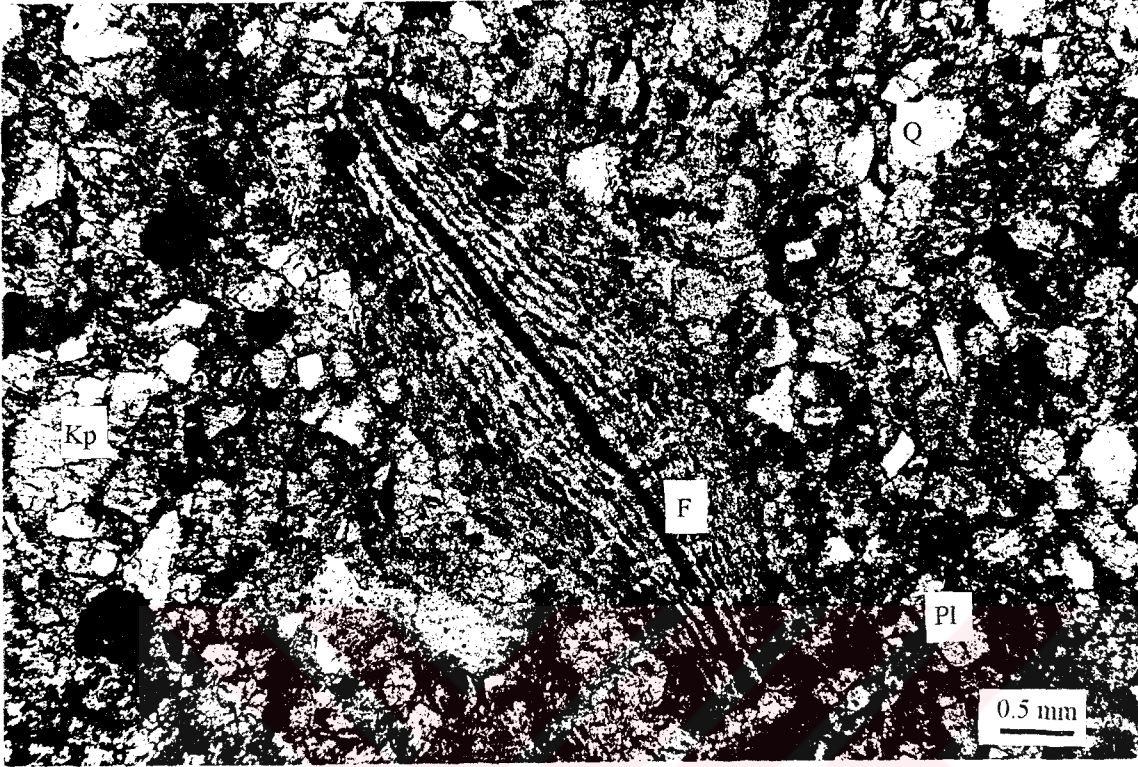


Şekil 18. Alibaba Formasyonu'nun arazideki genel görünümü (Yer: Eskişehir Mah.).

Tüfler kristal ve litik-kristal tuf niteliğindedir. Kristal daneleri, köşeli, yer yer kırıklı plajiyoklas, genelde büyük kristaller halinde hornblend, küçük lifli kristaller halinde tremolit-aktinolit ve kenarlardan itibaren kloritleşmiş biyotit ve küçük daneler halinde opak minerallerden oluşurken, litik parçalar köşeli ve andezittir. İkincil mineraller klorit, kalsit, zeolit ve serizit minerallerinden oluşur. Hamur plajiyoklas, hornblend, biyotit ve opak minerallerin mikro ve kripto kristallerinden oluşmaktadır.

Kumlu kireçtaşlarının bileşenleri köşeli daneler şeklindeki kuvars ve feldspat, genellikle ayrılmış ve kloritleşmiş biyotit, küçük daneler şeklinde opak mineral ve küçük boyutlu köşeli andezit bileşimli kayaç parçalarından oluşurlar. Bileşenler incelenen kayaçlarda yaklaşık % 5-25 oranında, mikritden oluşan matriks ise yaklaşık % 25-85 oranında bulunur. Kumlu biyosparitlerde bileşenlerin başlıca kuvars ve feldspattan oluştuğu ve yer yer volkanik kayaç parçaları içerdiği gözlenmiştir. Ayrıca içerisinde %35 oranında *Discocyclus* sp, *Nummulites* sp., bentik foraminifer ve bivalve kavkı parçaları görülmüştür, (Şekil 19). Aglomeraların mikroskobik incelemeleri yapıldığında matriks içinde kırıklı ve zonlu yapı gösteren plajiyoklaslar, hem iri hem küçük daneler halinde

opak mineraller ve genelde yuvarlaklaşmış andezitik çakılları içerir. İkincil mineraller serizit, klorit, kalsit ve epidotdan oluşmuştur.



Şekil 19. Kumlu Biyosparitlerin mikroskoptaki görünümü,
(F :Discocyclina, Yer:Eskişehir Mah.).

Formasyonda yer alan volkanik kayalar mikroskobik olarak incelendiğinde genelde andezitlerden oluştuğu belirlenmiştir.

Andezitlerde porfirik, kısmende trakitik doku gözlenmektedir. Plajiyoklaslar iri, öz ve yarı öz şekilli levhamsı kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde bulunurlar. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin andezin (An_{34-42}) olduğu belirlenmiştir. İri kristaller genelde zonlu yapı gösterir. Bazı minerallerde albit ikizi, bazılarında da polisentetik ikiz görülür. En yaygın ayrışma ürünleri kalsit, klorit ve kil minerallerinden oluşur. Hornblend iri, öz ve yarı öz şekilli prizmatik kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde görülür. Bazı mineraller plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içermektedir. Pleokroizma renkleri; z yönünde kahverengimsi yeşil, y yönünde yeşil, x yönünde açık sarı yeşildir. C eksenine dik kesitlerde birbirine yaklaşık 57 derecelik açılar yapan dilinimler belirgin olarak görülmektedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde yaklaşık 23-26 derece

arasında sönme açıları göstermektedir. Genelde kalsite ayrıışmış ve kenar kısımlarda opak mineraller gelişmiştir. Ojit genelde iri prizmatik kristaller, hamurda ise küçük daneler halinde görülür. Bazı kesitlerde az oranda görülür. (010) yüzeyine paralel kesitlerde sönme açıları yaklaşık 40-43 derece arasında değişir. Genellikle (100) ikizi belirgindir. Biotit genellikle küçük prizmatik kristaller halindedir ve bazı kesitlerde az oranda görülür. (001) yüzeyine paralel dilinimler belirgindir. X istikametindeki pleokroizma kırmızımsı kahverengi, y ve z istikametindeki pleokroizma sarımsı kahverengidir. Opak mineraller az miktarda küçük daneler halinde ve dağınık olarak bulunur. İkincil mineraller kalsit, klorit, serizit ve epidot minerallerinden oluşur. Hamur plajiyoklas, kuvars, hornblend, piroksen ve biyotit minerallerinin mikro ve kripto kristallerinden ve opak mineral danelerinden oluşur.

Yastıklavlardan alınan örneklerden yapılan ince kesitlerde ojitli andezitler tespit edilmiştir. Ojitli andezitler mikrolitik porfirik dokuya sahiptir. Plajiyoklaslar iri, öz ve yarı öz şekilli levhamsı kristaller, hamurda da küçük kristaller halinde bulunurlar. Yapılan cins tayininde (010'a dik kesit) cinsinin andezin (AN_{36}) olduğu belirlenmiştir. İri kristallerde genellikle zonlu yapı gösterirler. Bazı minerallerde albit ikizi, bazılarında da polisentetik ikiz görülür. En yaygın ayrıışma ürünleri kalsit, klorit ve kil minerallerinden oluşur. Ojit genelde iri prizmatik kristaller, hamurda ise küçük daneler halinde görülür. Bazı kesitlerde az oranda görülür. C eksenine dik kesitlerde birbirine dik dilinimler görülür. (010) yüzeyine paralel kesitlerde sönme açıları 40-43 derece arasında değişir. Genellikle (100) ikizi belirgindir. Hornblend öz ve yarı öz şekilli küçük kristaller halinde görülür. C eksenine dik kesitlerde birbirine 57 derecelik açılar yapan dilinimler belirgin olarak görülmektedir. (010) yüzeyine paralel kesitlerde yaklaşık 23-26 derece arasında sönme açıları göstermektedir. Genelde kalsite ayrıışmış ve kenar kısımlarda opak mineraller gelişmiştir. Opak mineraller az miktarda küçük daneler halinde ve dağınık olarak bulunur. İkincil mineraller kalsit, klorit, serizit ve epidot minerallerinden oluşur. Hamur plajiyoklas, kuvars, hornblend, piroksen ve biyotit minerallerinin mikro ve kripto kristallerinden ve opak mineral danelerinden oluşur.

Alibaba Formasyonu'nun üst sınırı inceleme alanında görülmediğinden, Formasyonun daha genç oluşuklarla ilişkisi bilinmemektedir. Bu sebeple Formasyonun gerçek kalınlığının bulunması mümkün olmamıştır.

Alibaba Formasyonu'nu oluşturan birimlerin yaşı, Tokel (1972), Eren (1983) tarafından Eosen olarak belirlenmiş ve bu çalışmada yapılan fosil tayinlerinde de aynı sonuç elde edilmiştir.

Doğu Pontit Güney zonunda yer alan Eosen yaşlı kayaçlar Şiran (Yüksel 1976) ve Maden yöresindeki türbititler (Saydam, 1995) dışında tümüyle volkano-tortul seri özelliğindedir. İnceleme alanında yüzeylenen Alibaba Formasyonu bu kuşakta gelişen Davulcu Durağı Formasyonu (Amasya; Alp 1972), Ladik Formasyonu (Niksar-Erba; Tutkun ve İnan, 1982), Fındıklıbel Formasyonu (Reşadiye; Seymen, 1975) Kabaklık ve Hasanseyh Formasyonu (Alucra; Pelin, 1977), Alibaba Formasyonu (Gümüşhane: Tokel, 1972; Eren, 1983; Kale: Hacialioğlu, 1983; Akşar: Kesgin, 1983; Kelkit: Yılmaz, 1992), Kızılyar Formasyonu (Köse-Demirözü: Açar, 1977), Tekçam Tepe Formasyonu, (Bayburt: Özer, 1983), Pullar Tepe Formasyonu (Olur: Yılmaz, 1984) ile denestirilebilir özellik taşır.

3.1.7. Kaçkar Granitoyidi

İnceleme alanının güneyinde yüzeylenen derinlik kayaçların adlamasında daha önce yapılan çalışmalarda (Güven, 1993) kullanılan Kaçkar Graniyoidi adı stratigrafi kuralları gereğince bu çalışmada da benimsenmiştir.

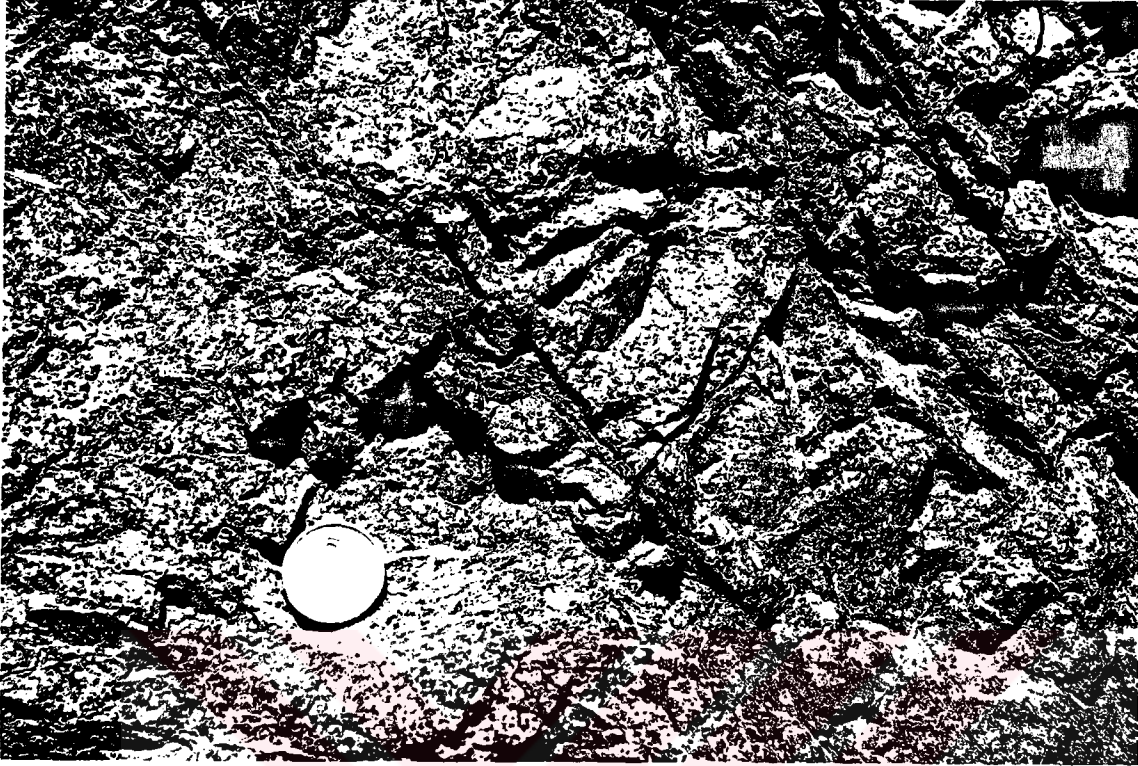
İnceleme alanında Eskişehir Mahallesinin (Eski Gümüşhane) güneyinde, Alemdar Dere'nin kuzeyinde ve Alemdar Köyü'nde doğu batı doğrultusunda yer alan bu kayaçlar yaklaşık 2 km² lik bir alanda yüzeylenirler.

Alemdar Köyü'nde Paleozoik yaşlı granitik kayaçlar içinde yer alan bu kayaçlar renk ve alterasyon gibi özellikleriyle granitlerden kolayca ayırtedilebilmektedir. Koyu gri ve yeşil renklidir. Oldukça sert ve sağlamdırlar ve bol miktarda koyu renkli mineral içerirler. Çatlaklı bir yapı sunarlar ve çatlaklar genellikle pirit dolguludur, (Şekil 20).

Kaçkar Granitoyidi' ne ait kayaçların modal analizleri yapılmış ve kuvarşlı diyorit oldukları belirlenmiştir, (Tablo 4).

Kuvarşlı diyoritlerin mikroskobik incelemesinde genelde yarı özşekilli ince-orta daneli, yarı özşekilli porfirik doku gözlenmiştir. Ana mineralleri plajiyoklas, kuvars, ortoklas, hornblend ve biyotit oluştururken, tali mineraller apatit ve opak minerallerden oluşur. Plajiyoklaslar yarıözşekilli ve özşekilsiz levhamsı prizmatik ve latamsı kristaller halindedir. Plajiyoklaslar yaygın olarak albit, az oranda da polisentetik albit-karlsbad ikizleri gösterirler. İncelenen kayaçlarda en bol bulunan açık renkli mineraldir. 010'a

dik kesitlerde yapılan cins tayininde, cinsinin % 46-49 An içerikli andezin olduğu saptanmıştır. İri plajiyoklas kristalleri, hornblend ve opak mineral kapanımları içerir.



Şekil 20. Kaçkar Granitoyidi'nin arazideki görünümü (Yer: Alemdar Mah.).

Tablo 4. Kaçkar Granitoyidine ait kayaçların modal analizleri ile SAT, COL ve FELDS Indisleri.

Örnek	Pl	Ku	Ort	Bi	Horn	Allanit	Apatit	İkin. M.	Opak	MAFK	SAT	COL	FELDS	Ad
138	55.30	13.35	3.86	0.00	18.65	0.30	0.10	3.74	4.70	23.75	18.41	27.49	6.52	kd
T5	56.40	12.10	3.30	0.00	19.50	0.37	-	3.53	4.75	24.67	16.85	28.20	5.53	kd
85	59.40	10.50	2.70	0.00	19.90	0.40	0.08	1.92	5.10	25.48	14.46	27.40	4.35	kd
344	54.90	13.25	4.11	0.00	19.00	0.20	-	3.74	4.80	24.00	18.34	27.74	6.96	kd
334	55.80	13.15	4.01	0.00	18.65	0.30	0.05	3.44	4.60	23.60	18.02	27.04	6.70	kd

Zonlu yapılar, diğer granitik kayaçlara nazaran çok daha sık olarak görülmektedir. Tüm plajiyoklas örnekleri zonlu yapıda olup, halkalı zonlanma yaygın olarak görülür. İri plajiyoklas kristallerinin bir kısmı kırıklı ve çatlaklı olup, çatlakları ikincil silis, aktinolit ve opak mineraller doldurmuştur. En yaygın ayrışma türü serizitleşme, killeşme ve az oranda

da kalsitleşme şeklinde olup, bozuşmalar daha çok kristalin merkezî kısmında yaygındır. Kuvars özşekilsiz olarak, ortoklasla birlikte diğer minerallerin arasını doldurmaktadır. Küçük kristaller halinde olup, gelişi güzel yönlere sahip kırık ve çatlaklar içerir. Tüm kuvars kristalleri dalgalı sönme göstermektedir. Ortoklas özşekilsiz kristaller halindedir. Bazı kesitlerde çok az oranda ve küçük daneler halinde görülür. Mikropertitik yapıdadır. En yaygın ayrışma türü killeşmedir. Hornblend öz ve yarıözşekilli levhamsı prizmatik kristaller halindedir. Pleokroizma renkleri yönlere göre şöyledir; x yönünde açık sarı, y yönünde yeşil, z yönünde mavimsi yeşildir. Genellikle uzanım istikametine paralel tek yönde dilinimler belirgindir. Seyrek olarak birbirleriyle yaklaşık 56 derecelik açılar yapan dilinimler görülür. (010) yüzeyine paralel kesitlerde maksimum sönme açıları 16-18 derece arasındadır. İri hornblend kristalleri, poikilitik dokulu olup küçük plajiyoklas ve opak mineral kapanımları içerir. (100) ikizi belirgin olarak görülür ve bu ikize göre pozitif uzantılıdır. İri kristallerin bir kısmı kırıklı ve parçalı yapıdadır. Bazı kesitlerde dilinim ve kenarlar boyunca yer yer kloritleşmiş ve aktinolitlenmiş olarak gözükmektedir. İri kristallerin bir kısmında zonlu yapı görülür. Apatit plajiyoklasların içinde, küçük iğnemi, özşekilli kristaller halinde bol miktarda görülür. Renksiz ve berrak bir görünüme sahiptir. Uzantıya paralel kesitler paralel sönmeli ve negatif uzantılıdır. Opak mineraller hem iri, hem de küçük daneler halindedir. Boyama şeklinde çatlaklarda bulunan mineraller ise hematit türündedir. En yaygın ayrışma ürünleri serizitleşme, kalsitleşme ve killeşmedir.

Bu kayaçlar, sahada Üst Kretase yaşlı kayaçları kesmektedir. Bu veri birimin en azından Üst Kretase sonrasında geliştiğini gösterir. İnceleme alanını da içine alan çalışmada Güven (1993) birimin Geç Eosende geliştiğini belirtmiştir. Buna dayanarak birimin yaşı Geç Eosen olarak kabul edilmiştir. İnceleme alanındaki bu kayaçlar Gümüşhane kuzey yöresindeki kayaçlarla denestirilebilir özellikler taşır (Güven, 1993; Yalçınalp, 1997; Aydın, 1997; Karşlı, 1997).

3.1.8. Alüvyonlar

Alüvyon, Şehri ikiye bölen ve bölgenin en önemli akarsuyu olan Harşit Çayı vadi yatağı boyunca ve onu besleyen yan derelerin Harşit Çayı'na döküldüğü yerlerde yüzeylenmektedir. Alüvyon çevre kayaçların blok boyutundan kil boyutuna kadar değişen farklı boyuttaki malzemelerini içermektedir. Elemanlar genellikle yuvarlak ve az yuvarlak şekilli olmakla birlikte yer yer köşeli elemanlar da gözlenir.

Birimin kalınlığı İller Bankası tarafından yapılan sondajlarla 24 m olarak bulunmuştur.

3.1.9. Yamaç Molozları

İnceleme alanının değişik kısımlarında gözlenen yamaç molozları iri bloktan kil boyutuna kadar farklı boyuttaki elemanlardan oluşmaktadır. Yamaç Molozları bünyelerinde çevre kayaların çakıl ve bloklarını bulundurlar ve çevre kayacın türüne göre yuvarlak, köşeli ve sivri köşeli elemanlar içerir. Aşınma ve döküntü sonucu oluşmuş yamaç molozlarının kalınlığı arazide yerinde yapılan sismik kırılma yöntemiyle yaklaşık 2 m olarak tespit edilirken, İller Bankası tarafından yapılan sondajlarla 5 m'ye varan kalınlıklar belirlenmiştir.

3.1. Tektonik

3.2.1. Bölgesel Tektonik ve Fotojeolojik Yorum

Doğu Pontid orojenik kuşağını farklı litoloji ve litofasiyes özelliklerine göre kuzey güney ve eksen zonu olarak üç alt tektonik birliğe ayrılmıştır. Bölgenin jeolojik evrimi KD, KB ve DB doğrultulu 3 kırık sistemi ile kontrol edilir (Şekil 22 ve 23). Gümüşhane yöresi Güney Zon'da yer alır ve bu üç kırık sistemi bölgenin Paleotektonik (Liyas-Üst Kretase) ve Neotektonik (Tersiyer) gelişiminde esas rolü oynar (Bektaş 2001).

a-Paleotektonik (Çekme dönemi)

Bu dönemde Gümüşhane yöresi KB, KD ve DB doğrultulu fayların kontrolünde gelişmiş rombusal bir basendir.

Mesozoik havzaların oluşumunu kontrol eden bu fayların dinamik analizi uzun eksenli KG olan bir deformasyon elipsine karşılık gelir. Bu deformasyon elipsini oluşturabilmek için bölgenin KG doğrultusunda bir çekme gerilmesine uğramış olması gerekir.

Gümüşhane yöresinde 3 egemen kırık sistemi bölgenin paleotektonik ve neotektonik evriminde rol oynamıştır. Bu kırıklar zaman içerisinde doğrultu atımlı fay, normal fay ve ters fay olarak çalışmışlardır. Örneğin Liyas dönemindeki kırık sistemi ve bu sistemleri oluşturan gerilmeler hakkındaki bilgiler Paleozoyik yaşlı granitlerde bulunan neptünyen dayklarından çıkarılabilir (Bektaş, 1997). Paleotektonik dönemde Neptünyen dayklarından anlaşılan KD ve KB yönlü çekme gerilmeleri KB doğrultulu kırık sistemini sol yönlü çalıştıracak , KD yönlü kırık sistemini ise sağ yönlü çalıştıracaktır.(Bugünkü fay sisteminin tersi) DB yönlü kırıklarda DB yönlü normal faylar olarak çalışacaktır (Şekil 22).

Bölgedeki Gümüşhane ve Köse granitleri içinde görülen liyas yaşlı neptünyen daykları ve alt kretase yaşlı platform karbonatları içerisinde izlenen üstkretase yaşlı Neptünyen dayklarının Kinematik analizinin incelenmesi sonucu Liyas döneminde (ekstansiyonel rejim dönemi) Gümüşhane ve yakın çevresinde KD doğrultusunda uzanan fayların eğim atım bileşenli sağ yönlü doğrultu atımlı faylara karşılık geldiği, KB doğrultulu fayların ise yine eğim atımlı sol yönlü doğrultu atımlı faylara karşılık geldiği , DB doğrultulu olan faylarında eğim atımlı normal faylara karşılık geldiği önerilmiştir (Bektaş ve diğ., 2001).

b-Neotektonik (Sıkışma Dönemi)

Bu dönemde (Tersiyer-Eosen), çekme dönemindeki (Liyas-Üst Kretase) fay sistemlerinin, KG doğrultulu basınç gerilmesiyle inversiyona uğradığı (fayların tersine dönüşümü) görülmektedir. Bunun sonucu olarak bölgenin neotektoniğini oluşturan fay sistemi gelişmiştir. Neotektonik sistemde paleotektonik sistemin tersine KD doğrultulu faylar, sol yönlü doğrultu atımlı faylara, DB doğrultulu faylarda ters faylara karşılık gelir (Şekil 22). Yani sıkışma döneminde basınç gerilmesinin etkisiyle, çekme dönemindeki (Liyas-Üst Kretase) bütün faylar dönüşüme uğrayarak, doğrultu atımlı sağ yönlü faylar, doğrultu atımlı sol yönlü faylara, normal faylar ise ters faylara dönüşmüştür. Gümüşhane yöresi paleotektonik dönemde (Liyas-Üst Kretase) tortuların çökeldiği rombusal bir basenken, bugünkü neotektonik dönemde rombusal şekilli yükselen bir sırta dönüşmektedir. Bugün Liyas

tortularının yörede 1500-2000 metreye yükselmesi yükselen rombusal sırtı işaret etmektedir. Kıvrım sistemi de bölgedeki etkin fay sistemine paralel olarak gelişmiştir.

Bloklu fay tektoniği neticesinde, fayların oluşturduğu bloklar kimi yerlerde kimi zaman çökerek basenleri, kimi zaman da yükselip aşınarak sedimantasyon bölgelerini besleyen yerleri oluşturmuşlardır. Kıvrımlarda bu fayların kenarına paralel gelişmiştir.

3.2.2. Gümüşhane Yerleşim Alanının Tektonik Özellikleri

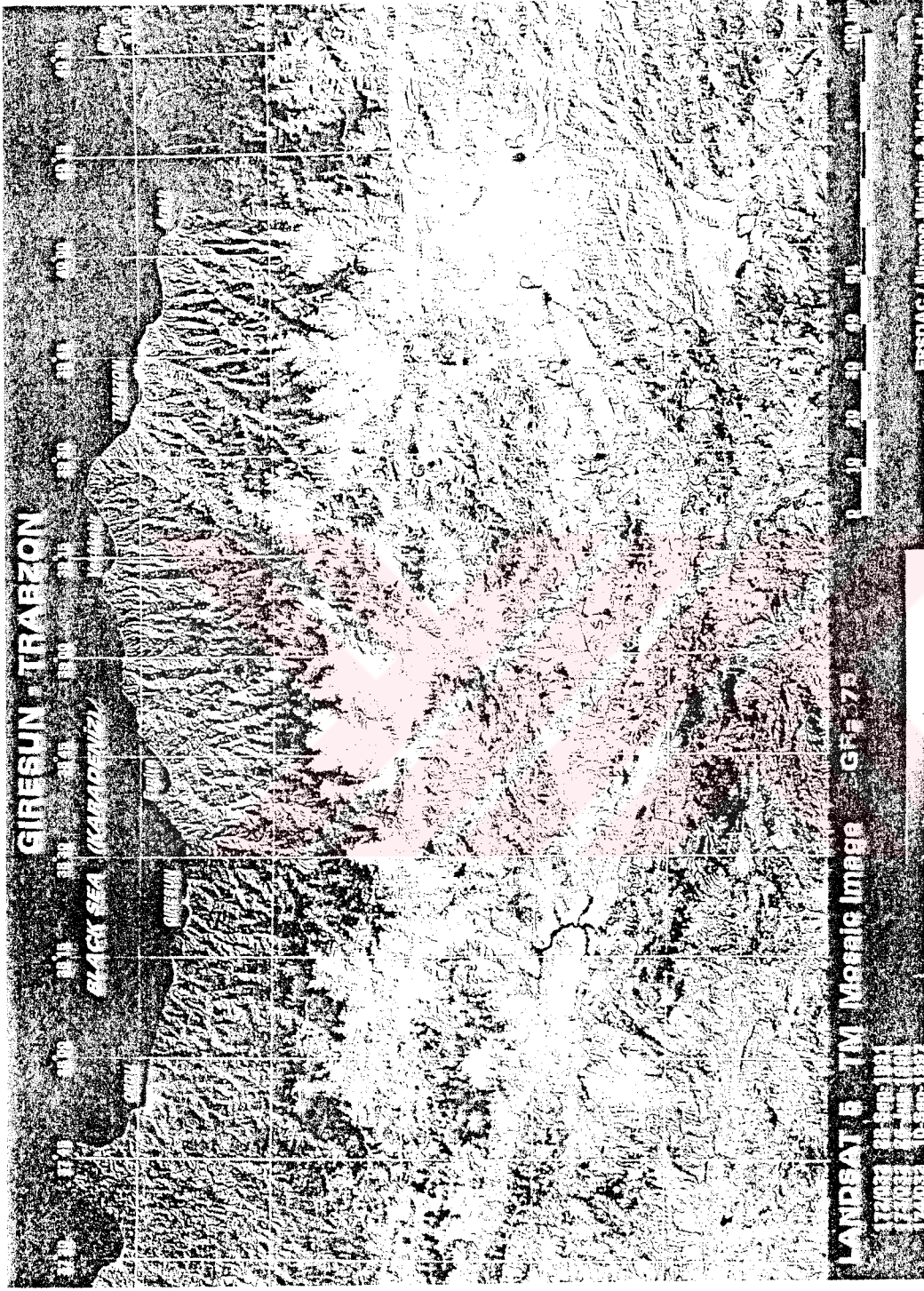
İnceleme alanı temel kayasını oluşturan Gümüşhane Graniti bölgeye Hersinyen Orojenezi'nde yerleşmiştir (Çoğulu, 1970). Temel üzerine gelen tortul kayalar ise Alpin dağ oluşum hareketlerinin etkisi altında kalmıştır. Plaka yatay sıkıştırma hareketlerinin bir ürünü olan dağ oluşum hareketleri inceleme alanında uyumsuzlukları kırık yapılarını, blok fayları, bindirme faylarını ve daha az oranda görülen kıvrım yapılarını oluşturmuştur (Eren, 1983).

İnceleme alanında görülen tortul ve volkano-tortul seriler tabakalı yapıya sahiptir. Liyas yaşlı Zimonköy Formasyonuna ait tortul birimlerde ölçülen tabaka doğrultu ve eğim değerleri, K50B/24KD, K30B/20KD; Malm-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonuna ait kireçtaşlarında K70B/20KD, DB/41K Üst Kretase yaşlı Kermtudere Formasyonuna ait tortul birimlerde ise K20B/25KD ve DB/5K olarak bulunmuştur.

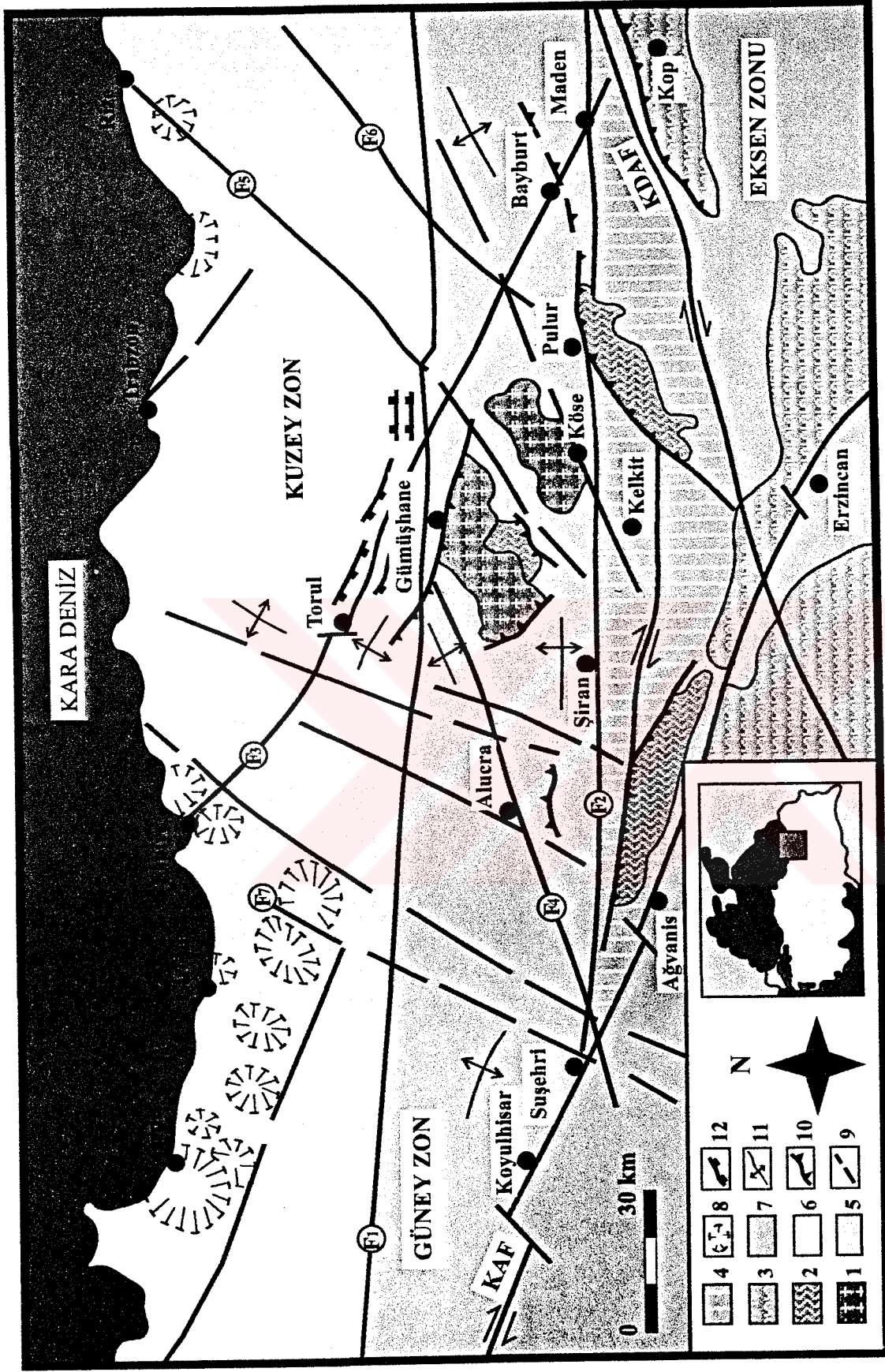
Yerleşim Alanında görülen en belirgin kıvrımlı yapı Kabanbaşı Mahallesiinde yüzeylenen Üst Kretase yaşlı Kermtudere Formasyonunun oluşturduğu senklinaldir.

İnceleme alanında gözlenen faylar KB-GD VE KD-GB doğrultuludur (Ek1). Faylar genellikle düşey, normal ve ters fay olarak gelişmiştir. Arazide fay düzlemleri gözlenemediğinden eğimlerini saptamak mümkün olmamıştır.

Gümüşhane yöresinde Hersinyen ve Alpin orojenik dönemlerinde oluşmuş kayalar yüzeylemektedir. Bunlardan Permo-Karbonifer yaşlı Gümüşhane Graniti Paleozoyik sonunda Hersinyen, Üst Kretase ve Eosen sonlarında Alpin olmak üzere en az iki deformasyon evresi geçirmiştir. Bu nedenle Gümüşhane Granitinden alınan çatlak ölçülerinden bunları meydana getiren gerilmeler hakkında yorum yapabilmek için bu iki evrede oluşan çatlak sistemlerinin birbirinden ayırt edilmesi ve kendi içerisinde değerlendirilmesi gerekir. Diğer taraftan her deformasyon evresinde iki makaslama çatlağının gelişmiş olması gerekmez. Sonraki deformasyon evresinde oluşan bir kırık önceki deformasyon evresinde oluşanlardan biri ile eşlenik oluşturabilir.



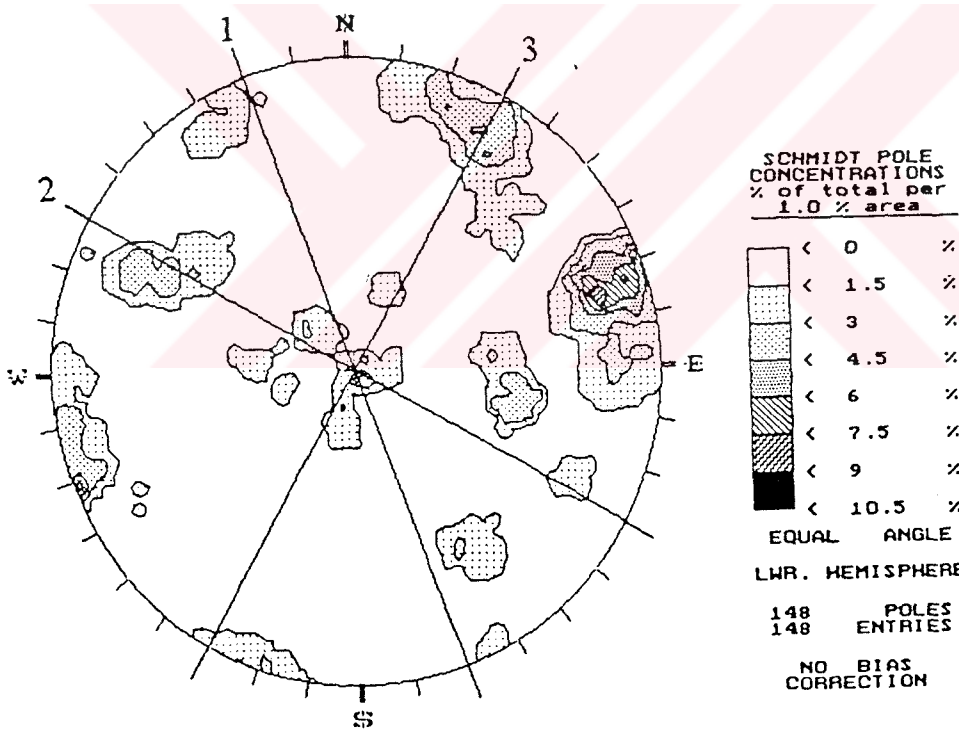
Şekil 21. Gümüşhane ve çevresinin uydudan alınmış görüntüsü.(Görüntü: MMS Bulk 7. Yükseklik 900 km).



Şekil 22. Doğu Pontidler'in ana tektonik özellikleri ve tektonik zonları.

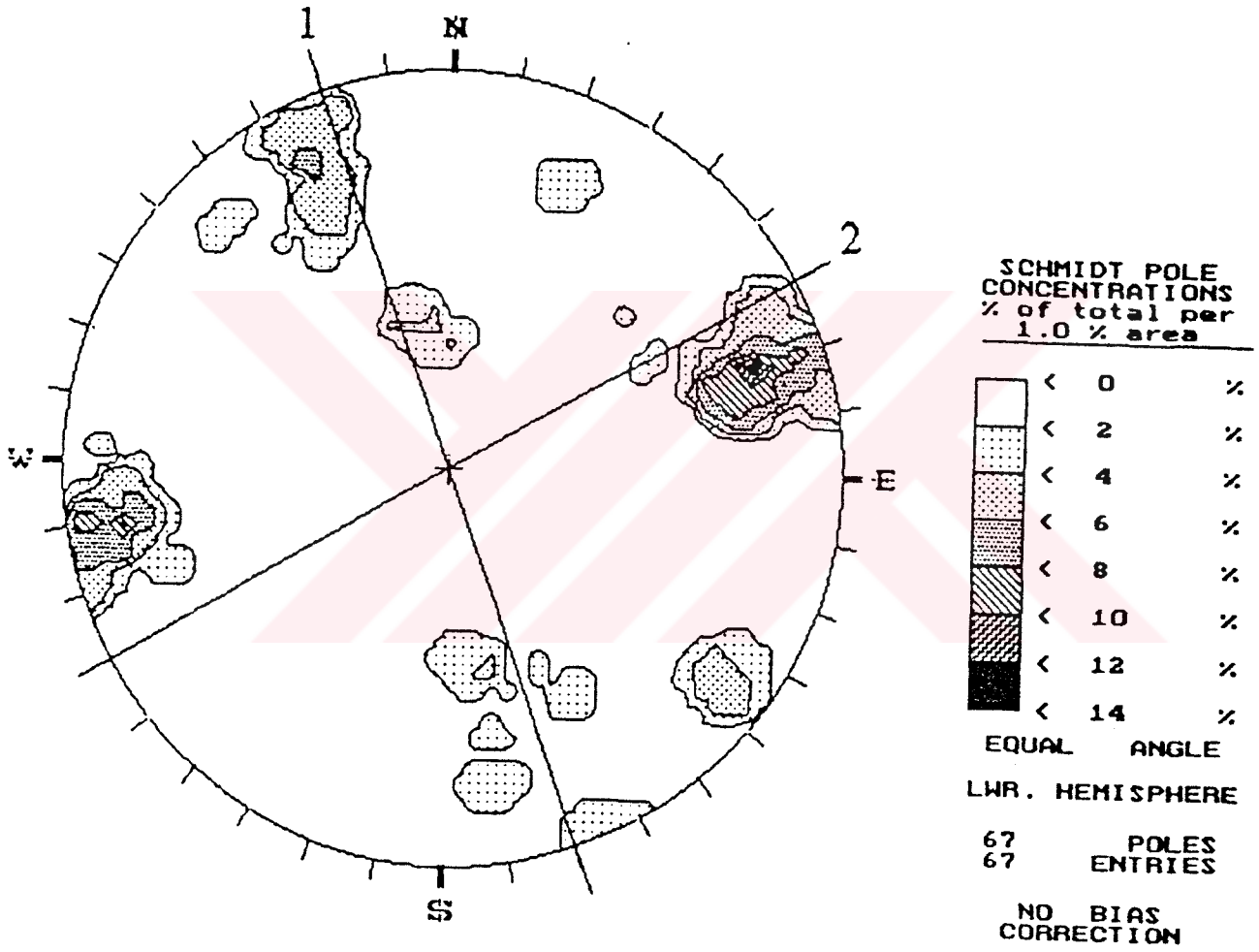
F1: Nüksar-İspir Fayı, F2: Suşehri-Maden Fayı, F3: Esiye-Maden Fayı, F4: Suşehri-Gümüşhane Fayı, F5: Kırıklı-Rize Fayı, 1: Paleozoik yaşlı granitler, 2: Paleozoik metamorfik temel, 3: Serpaninit, 4: Kretase ofiyolitik melanj, 5: Mesozoik sedimanter kayalar, 6: Kretase ve eosen ark volkanitleri, 7: Farklaşmamış Mesozoik ve Senozoik, 8: Kaldera veya dom, 9: Fay, 10: Bindirme Fayı, 11: Kıvrım eksenli, 12: Normal fay. KAF: Kuzey Anadolu Fayı, KDAF: Kuzeydoğu Anadolu Fayı (Bektaş ve diğ. 2001).

Bununla birlikte ayrışmanın olmadığı veya az olduğu çatlak sistemlerinin son evrede oluştukları düşünülebilir. Gümüşhane Granitinden alınan çatlak ölçülerinden dört çatlak sisteminin gelişmiş olduğu görülmektedir. Ancak bunlardan eğim açıları 30° den küçük olan ve $0-10^\circ$ arasında yoğunlaşanları diğer üçünden ayırmak gerekir. Eğim açıları yataya yakın olan bu çatlaklar rahatlama çatlakları olabileceklerinden jenetik olarak diğerlerinden ayrılırlar. Deformasyon sonucu oluşan diğer çatlak sistemlerinden birinci derecede gelişmiş olanların ortalama doğrultuları K 20 B, ikinci derecede gelişenlerin K 60 B, üçüncü derecede gelişenlerin ise K 30 D dur (Şekil 23). Her üç çatlak sistemindeki çatlakların eğim açıları genellikle $75-90^\circ$ arasında yoğunlaşmaktadır. Bunlardan 1. ve 3. derecede gelişenlerin Eosen yaşlı kayalarda gelişenler ile benzer konumlar göstermesi Alpin orojenezi sonucunda oluştuklarını gösterebilir. Bu durumda her üç çatlak sisteminin de yaklaşık kuzey güney yönlü basınç gerilmeleri sonucunda oluşmuş olabilecekleri söylenebilir.



Şekil 23. Gümüşhane Graniti'nden alınan çatlak ölçülerine göre çizilen kontur diyagramı.

Eosen yaşlı Alibaba Formasyonu'na ait aglomera ve tüflerden alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanan kontur diyagramı incelendiğinde (Şekil 24), bunlardan birinci derecede gelişmiş olan çatlakların ortalama doğrultularınının K 20 B, ikinci derecede gelişenlerin ise K 60 B oldukları görülmektedir. Eğim açıları genellikle 75° den büyüktür.



Şekil 24. Alibaba Formasyonuna ait aglomera ve tüflerde alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanan kontur diyagramı.

3.3. Gümüşhane Yerleşim Alanındaki Kayaçların Ayırışma Durumu

3.3.1. Kayaçlarda Ayırışma

Ayırışma, zamanı, gelişim şekli, aşamaları, konu olduğu çalışmalar ve çalışma ölçeği gibi değişik parametreler açısından ele alınmaktadır. Bu çalışmada ayırışma, jeoteknik uygulamalar ve yerleşim alanının risk haritası ölçeğinde ele alınacaktır. Ayırışma kaya malzemesi ve kütlelerinin, doğal veya yapay olarak yüzeylendikleri koşullar altında, geri dönüşümsüz değişimlerdi (Price, 1995).

Ayırışma süreci boyunca, kaya kütlesi mühendislik anlamda toprağa dönüşmektedir. Bu dönüşüm sırasında jeoteknik özellikleri (özellikle dayanım ve deformasyon özellikleri) farklı olan birimler (mühendislik jeolojisi harita birimleri) oluşmaktadır. Bu nedenle Gümüşhane ili yerleşim alanının mühendislik jeolojisi haritası oluşturulurken söz konusu farklı birimlerin haritalanması yapılmıştır. Bunun için çalışma alanında yayılım gösteren Gümüşhane Graniti ve Alibaba formasyonu içinde yer alan Eosen yaşlı volkanitler ayırışmaya göre tanımlanarak sınıflandırılmış ve mühendislik özellikleri farklı ayırışma zonları ayırtlanmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise bu ayırışma zonları mühendislik jeolojisi haritasına işlenmiştir (Ek 2). Bu haritalarda, jeoteknik özellikleri birbirinden farklı, ayırışmamış kaya kütlesi, ayırışmış kaya kütlesi ve mühendislik anlamda toprak olan bölgeler ayırtlanmıştır.

Bu çalışmada ayırışmış kaya tanımlanmasında, ve sınıflandırılmasında Anon (1995) esas alınmıştır (Tablo 5). Gümüşhane Graniti ve Eosen volkanitlerindeki ayırışmış kaya malzemesinin sınıflandırılması esas olarak direnç değişimine, orijinal yapının korunmasına ve suda dağılılabirliğe dayanmaktadır.

3.3.2. Gümüşhane Graniti ve Volkanik Kayaçların Ayırışmaya Göre Bölgeleştirilmesi

Gümüşhane yerleşim alanında yayılım gösteren kayalarda ayırışma profillerinde ayırışma zonları rahatlıkla tanınabilmekte ve tariflenebilmektedir. Söz konusu ayırışma zonları farklı jeoteknik özelliklere sahiptirler ve çoğunlukla kütle özelliklerini belirlemeye yönelik ölçü ve gözlemlerin yapılabileceği kalınlıktadırlar. Ayırışma profillerindeki kaya kütlelerinin

mühendislik amaçlı sınıflandırılmasında Anon (1995) tarafından verilen sınıflandırma esas alınmıştır (Tablo 6).

Tablo 5. Kaya malzemesi sınıflandırması (Anon, 1995).

Derece	Sınıflama	Tipik Özellikler
I	Taze	Orijinal durumunda değişiklik yok.
II	Hafifçe Ayrışmış	Hafifçe renk değişimi, hafifçe direnç azalması
III	Orta Derecede Ayrışmış	Farkedilebilir ölçüde direnç azalması, kaya içerisine ilerleyen renk bozulması. Büyük parçalar el ile kırılmaz.
IV	Yüksek Derecede Ayrışmış	Büyük parçalar el ile kırılabilir Örnekler suda kolayca parçalanamaz
V	Tamamen Ayrışmış	Farkedilebilir ölçüde direnç azalması Suda dağılma Orijinal doku korunmuş
VI	Kalıntı Toprak	Toprak yerinde ayrışmayla oluşmuş fakat doku ve fabrik korunmamış.

Tablo 6. Kaya kütlelerinin ayrışmaya göre sınıflandırılması (Anon, 1995)

Zon	Değişik Derecede ayrışmış materyal oranı	Tipik Özellikler
1	% 100 I-III. Derece	Kaya gibi davranır. Kütle özelliklerinin değerlendirilmesi ve tasarımda kaya mekaniği ilkeleri uygulanır.
2	>%90 I-III. derece <%10 IV-VI. derece	Süreksizlik boyunca zayıf deformasyon özelliği ve geçirimsizlik etkilemiştir.
3	% 50-90 I-III. derece % 10-50 IV-VI. derece	Kaya iskeleti kilitlenmiş durumdadır ve direnç ile deformasyonu kontrol etmektedir. Matriks geçirimsizliği kontrol etmektedir.
4	%30-50 I-III. derece % 50-70 IV-VI. derece	Kaya iskeleti tarafından direnç artırılmakta, matriks veya ayrışma ürünleri deformasyon ve geçirimsizliği kontrol etmektedir.
5	>%30- I-III. derece % 50-70 IV-VI. derece	Zayıf derecedeki malzeme direnci kontrol eder. Yer araştırmaları önem kazanır.
6	% 100 IV-VI derece	Kalıntı fabrik hala önemli olmasına rağmen toprak gibi davranabilir.

Değişik ayrışma zonlarının, çalışma ölçeği dikkate alındığında küçük alanlarda bile birlikte bulunması ayrışma haritasında oluşturulan her bir bölgenin aynı derecede ayrışmış ayrışma zonunu içermesini engellemektedir. Ancak çalışma ölçeği dikkate alınarak

haritalanan bölgelerin her birinin esas olarak, az ayrılmış kaya kütlesi, Orta derecede ayrılmış kaya kütlesi, yüksek derecede ayrılmış kaya kütlesi, tamamen ayrılmış kaya kütlesi, kalıntı toprak ve molozlardan oluşmasına dikkat edilmiştir.

Mühendislik jeolojisi haritasında (Ek 2) Gümüşhane Graniti için ayrıtılan ayrışma bölgeleri aşağıda verilmiştir:

1.Bölge: %80-100 az ayrılmış kaya kütlesinden (Şekil 25) (2. Zon) %20-0 ise orta ve yüksek derecede ayrılmış (3. ve 4. zon) kaya kütlesinden oluşmaktadır.

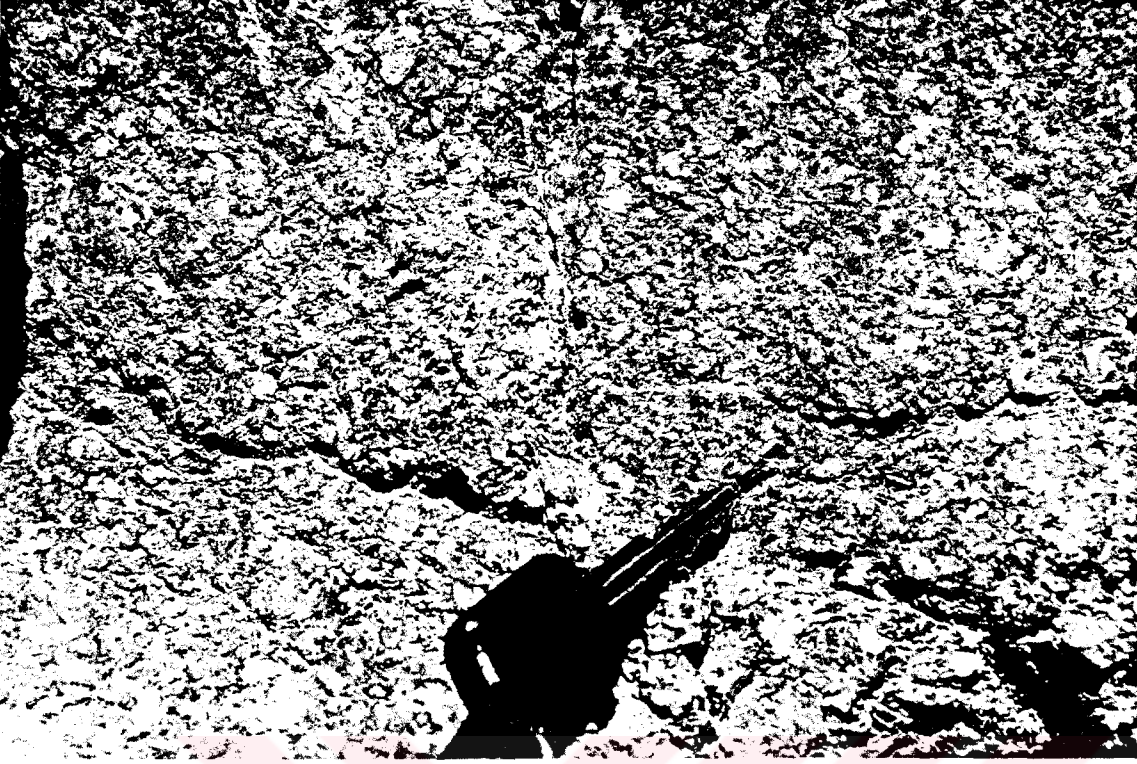


Şekil 25. Granitik kayalarda ayrışma profillerinde ayrıtılan, az ayrılmış kaya kütlesi.

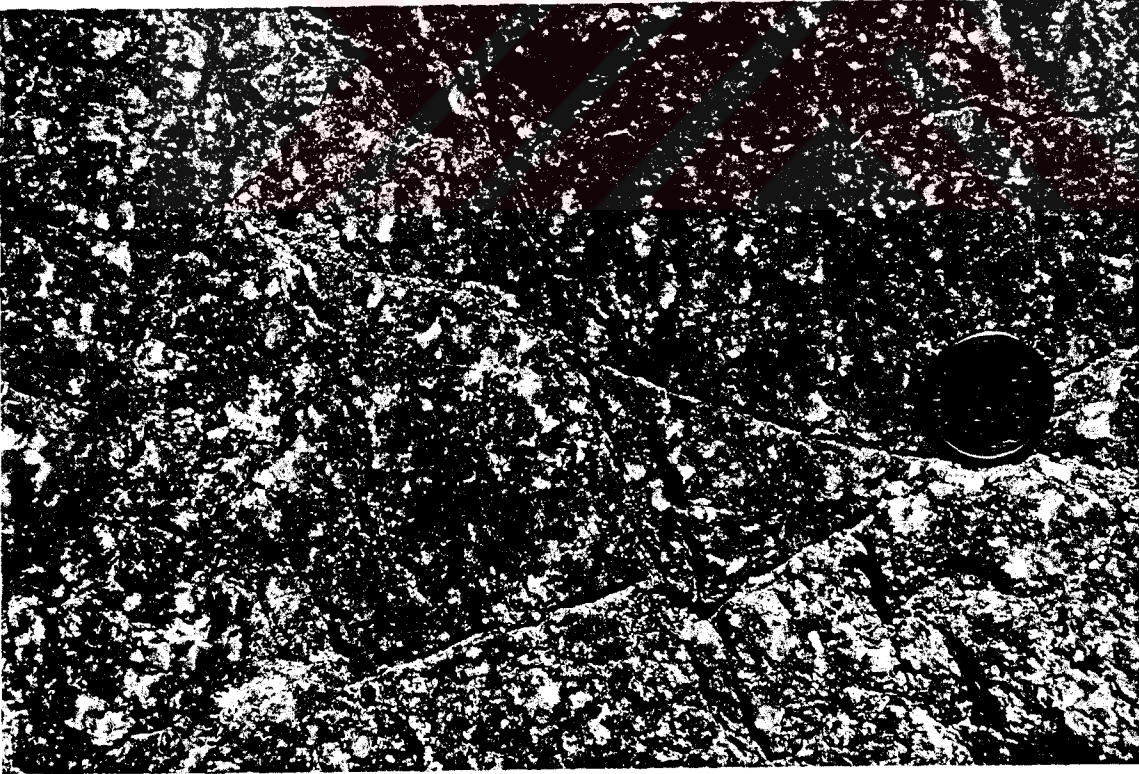
2.Bölge: %70-100 orta derecede ayrılmış (Şekil 26) (3. Zon) %30-0 tamamen ve yüksek derecede ayrılmış (4 ve 5. Zon) kaya kütlesinden oluşmuştur.

3.Bölge: %80-100 Yüksek derecede (Şekil 27) ve tamamen ayrılmış (Şekil 28) (4 ve 5. Zon) kaya kütlesinden (Saprolit), %20-0 kalıntı topraktan (6. Zon) oluşmuştur. Saprolitler ve kalıntı topraklar orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinin üzerinde ve yamaç eğiminin azaldığı yerlerde gözlenmektedir. Orta derecede ayrılmış kaya kütleleri ise genellikle drenaj ağlarında görülmektedir.

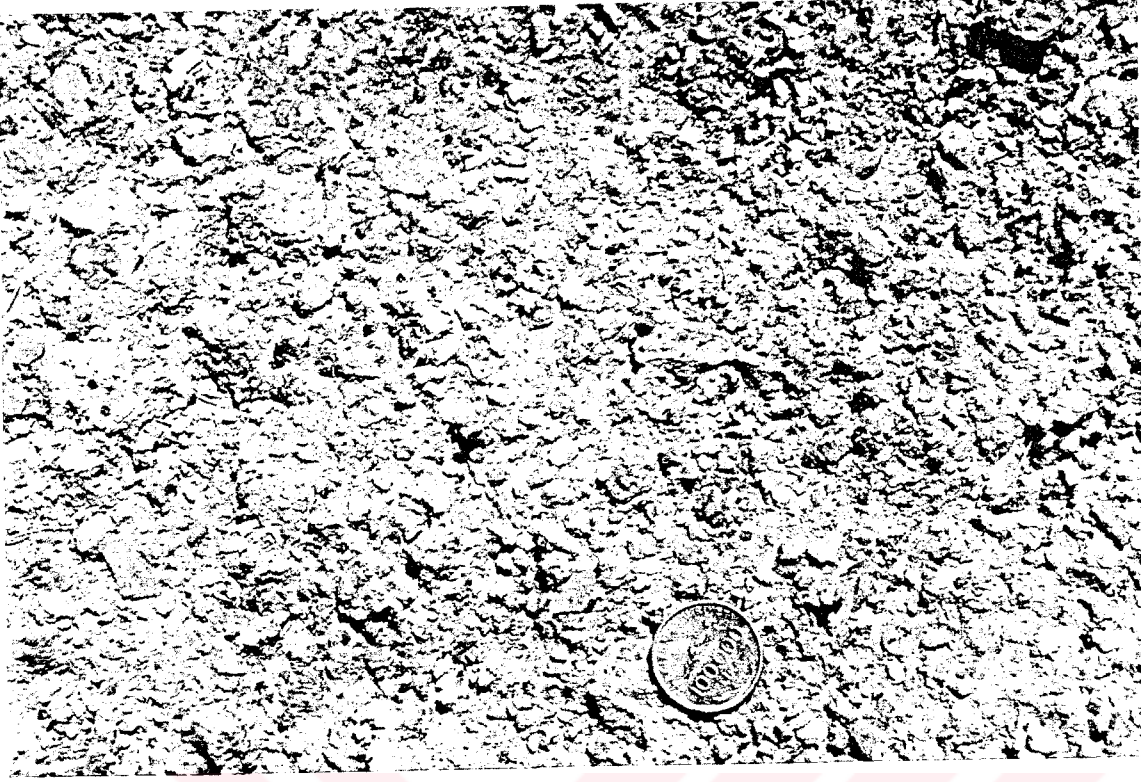
4. Bölge: %80-100 Kalıntı toprak (6. Zon) (arena), %20-0 tamamen + yüksek derecede ayrılmış (4 ve 5. Zon) kaya kütlesinden oluşmuştur (Şekil 29).



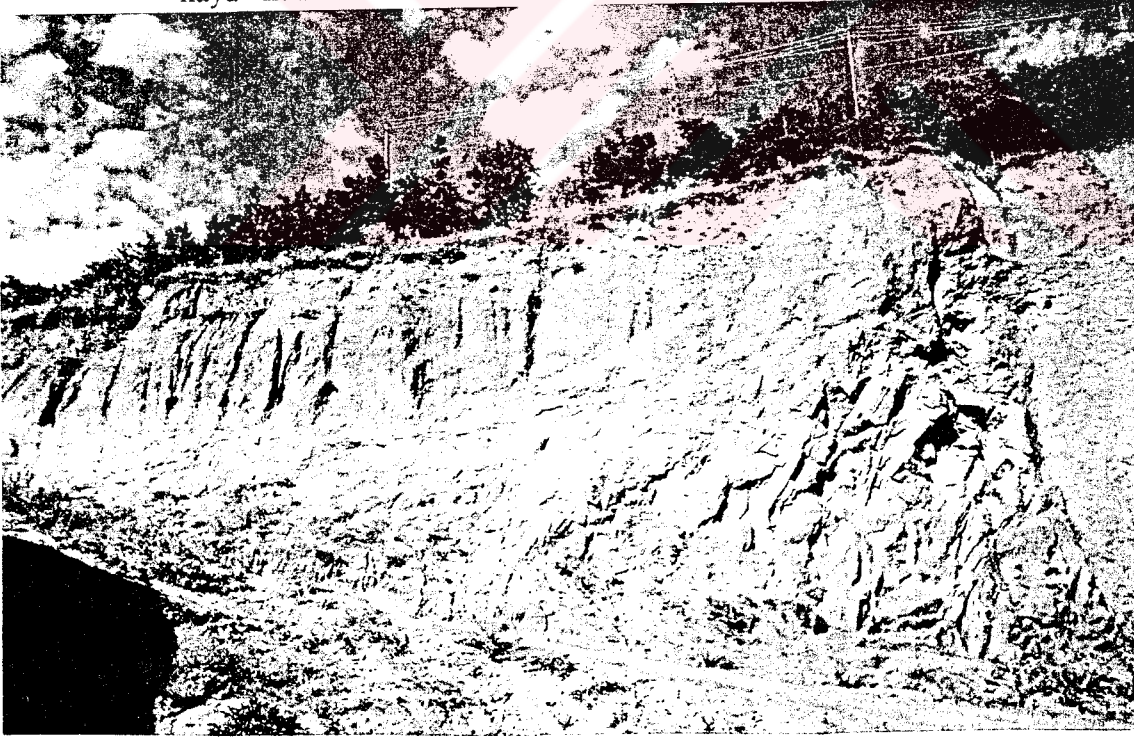
Şekil 26. Granitik kayalarda ayrışma profillerinde ayırtlanan,orta derecede ayrılmış kaya kütlesi.



Şekil 27. Granitik kayalarda ayrışma profillerinde ayırtlanan,yüksek derecede ayrılmış kaya kütlesi.



Şekil 28. Granitik kayalarda ayrışma profillerinde ayırtlanan, tamamen ayrılmış kaya kütlesi.



Şekil 29. Granitik kayalara ait, yüksek derecede ayrılmış kaya kütlesi, tamamen ayrılmış kaya kütlesi ve arena (kalıntı toprak) lardan oluşan ayrışma profili.

Arenanın içinde gözlenen granit çakılları genellikle homojen dağılımlı ve birbirine yakın boyutlardadır (5-20 cm³). Yörede genellikle sırtlarda arena, kuru derelerde ise tamamen + yüksek derecede ayrılmış kaya kütlesi yüzeylemektedir. Arazide ayrışma dereceleri, genellikle geçişli dokanaklar şeklinde izlenirler.

Volkanik kayaların malzeme ve kütle ölçeğindeki ayrışma tanımlama ve sınıflandırmalarında Anon (1995)'nin sınıflama tabloları kullanılmıştır.

Eosen yaşlı kayalar grimsi siyah renkte andezit, bazalt lav aglomera ve tüfleriyle kırmızı renkli limonit hematit boyamalı yoğun hidrotermal alterasyona uğramış andezitik tüflerden oluşmuştur.

5. Bölge:

%60-100 orta derecede ayrılmış aglomera kütlesi, %30-0 yüksek derece + tamamen ayrılmış aglomera kütlesi ve %10-0 taze ve az ayrılmış andezit-bazalt lavlarından oluşmaktadır.

Yüzeysel ayrışma 3-5cm derinliğindedir. Bu derinlik aşıldığında taze ve az ayrılmış kayaya ulaşılır.

Aglomerada çakıl boyutları büyüdükçe direncin arttığı ayrışmanın azaldığı gözlenmiştir. Çakılların 3-5cm³ boyutlarına düşmesiyle direncin belirgin bir şekilde azaldığı Schimidt çekici sertlik ölçümüyle ve arazide yapılan basit mekanik deneylerle tesbit edilmiştir.

Aglomeralarda, Gümüşhane Belediyesi tarafından su borusu döşenmesi için yapılan 1.10m derinliğindeki kazı çalışmaları arazide gözlemlenmiştir. Yaklaşık 5cm derinliğindeki yüzeysel ayrılmış kısım geçildikten sonra ana kayaya ulaşıp kazı işlemine devam edilmiştir. 30 ton/m² kapasiteli Samsung marka taş kırma makinası kazı sırasında zorlanmaktadır. Özellikle bağlayıcı malzeme nisbeten daha zayıf olmasına karşın aglomera çakılları oldukça sağlamdır. Yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinde yapılan kazılar ise daha kolay daha seri gerçekleşmiştir.

Kırarken çok zor kırılan orta derecede ayrılmış aglomera kırıldıktan sonra un gibi dağılabiliyor. Ayrıca aglomeralarda atmosferik şartlardaki yüzeysel ayrışma oldukça hızlı gerçekleşmektedir. Temel ve yol kazılarında açığa çıkan ana ve sağlam taze kaya kütlelerinin yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerine dönüşebilme süreci kısa olmaktadır. Yüksek derecede ve tamamen ayrılmış bölgelerde, kütle yapısı ve kalıntı süreksizlikler korunmasına rağmen yanmış parçalanmış ve ufalanmış bir görünüm sunarlar.

Bağlayıcı malzemenin zayıf oluşu ve süreksizliklerin de etkisiyle özellikle yoğun yağışlarda aglomera üzerindeki yerleşim bölgelerinde kaya düşmeleri ve devrilmeleri gözlenmektedir. Bu durum eğimi fazla olan yamaçlarda konuşlanan evler için önemli bir tehlike arz etmektedir.

6. Bölge:

%30-60 yüksek derece + tamamen ayrılmış, %40-20 orta derecede ayrılmış ve %30-10 kalıntı toprak + yerinde oluşmuş yamaç molozu ve % 0-10 taze ve az ayrılmış andezit-bazalt lavlarından oluşmaktadır.

7. Bölge:

%100 ü tamamen ve yüksek derece ayrılmış kaya kütlelerinden oluşmaktadır. Yüksek derecede ayrılmış aglomera kütleleri genellikle soğan kabuğu şeklinde exsfoliasyon yapıları içerir, çekicinin sivri ucuyla kolaylıkla kazılabilir ve kaya kütlesi özellikle soğan kabuğu yapısı gösteren kısımlarında yaprak yaprak birbirinden ayrılabilir (Şekil 30). Yüksek derecede ayrılmış tüfler elle kırılabilir. Ezilme zonlarında ise kütle yapısını koruyan, kalıntı süreksizlikler içeren tamamen ayrılmış tüfler gözlenmiştir. Bu tüflerde kayaç yapısı bozulmuş olup, kayaç çekicinin sivri ucu ve el ile kolayca kazılabilmektedir.



Şekil 30. Aglomera kütlelerinde eksfoliasyon yapıları.

8. Bölge:

%100 ü kalıntı toprak + yerinde oluşmuş yamaç molozudur. Daha çok sebze ve meyve bahçelerinin bulunduğu alanlar ve vadilerde gözlenmektedir. Moloz boyutları çakıldan bloğa kadar değişmektedir.

Makroskobik olarak topoğrafya izlendiğinde yuvarlağımsı görünüşlü ve dik açılı yerleşen kayalıkların orta derecede ayrılmış, daha düzleşmiş yamaçlardaki aglomeraların yüksek derece + tamamen ayrılmış oldukları, eğimin iyice azaldığı yerlerde ise kalıntı toprak + yerinde oluşmuş yamaç molozları şeklinde buldukları gözlenmiştir.

Böylece ayrışmanın eğimin azaldığı yerlerde daha yoğun dikleştiği yerlerde ise daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun sebebi ise yüksek eğimli alanlarda ayrılmış malzemenin taşınarak gitmesi düşük eğimli alanlarda ise ayrılmış malzemenin birikmesindedir.

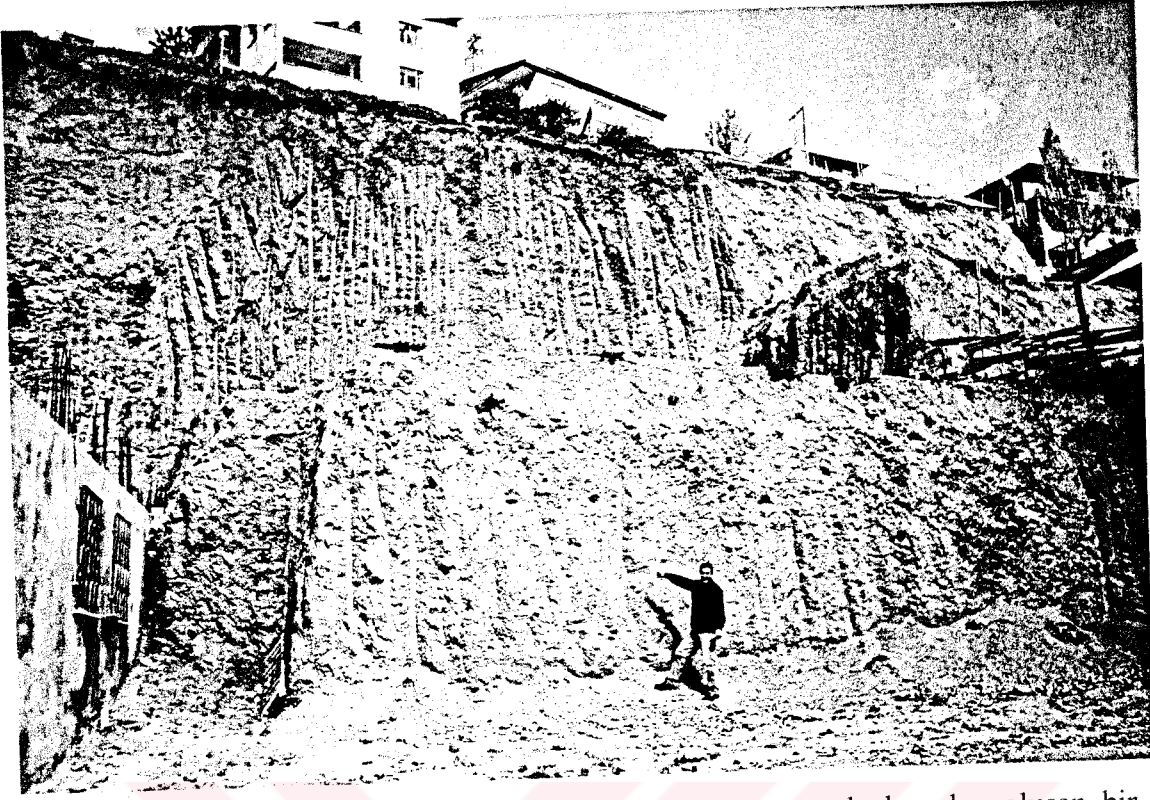
9. Bölge:

Çalışma alanında yüzeyleyen bir diğer kayaç grubu da kireçtaşları olup taze kaya kütlelerinden oluşmaktadır.

10. Bölge Mühendislik jeolojisi haritasında yamaç molozlarını göstermektedir. : Çalışma alanında yamaç molozlarının malzeme özellikleri bulunuş yerlerine göre değişmektedir. Granit çakılı hakim yamaç molozları, arena + yerinde oluşmuş yamaç molozları şeklindedir (Şekil 31).

Yüksek eğimli kireçtaşı şevlerinin hemen altında yamaç eğiminin azaldığı yerlerde ve vadi boylarında gözlenen yamaç molozlarının blok ve çakılları genellikle kireçtaşından oluşmuştur. Molozlar kireçtaşının yanı sıra Liyas yaşlı volkano tortul serinin çörtleri ve volkanitleri gibi değişik kayaç gruplarından oluşurlar. Moloz boyutları ise çakıldan bloğa kadar değişen hetorejen bir dağılım sunar.

Eosen yaşlı volkanik kayaçların oluşturduğu yamaçlarda gözlenen yamaç molozlarında aglomera çakılları hakimdir. Molozlar ana kayanın ayrışmasıyla oluşan kalıntı topraklarla karışık halde bulunurlar.



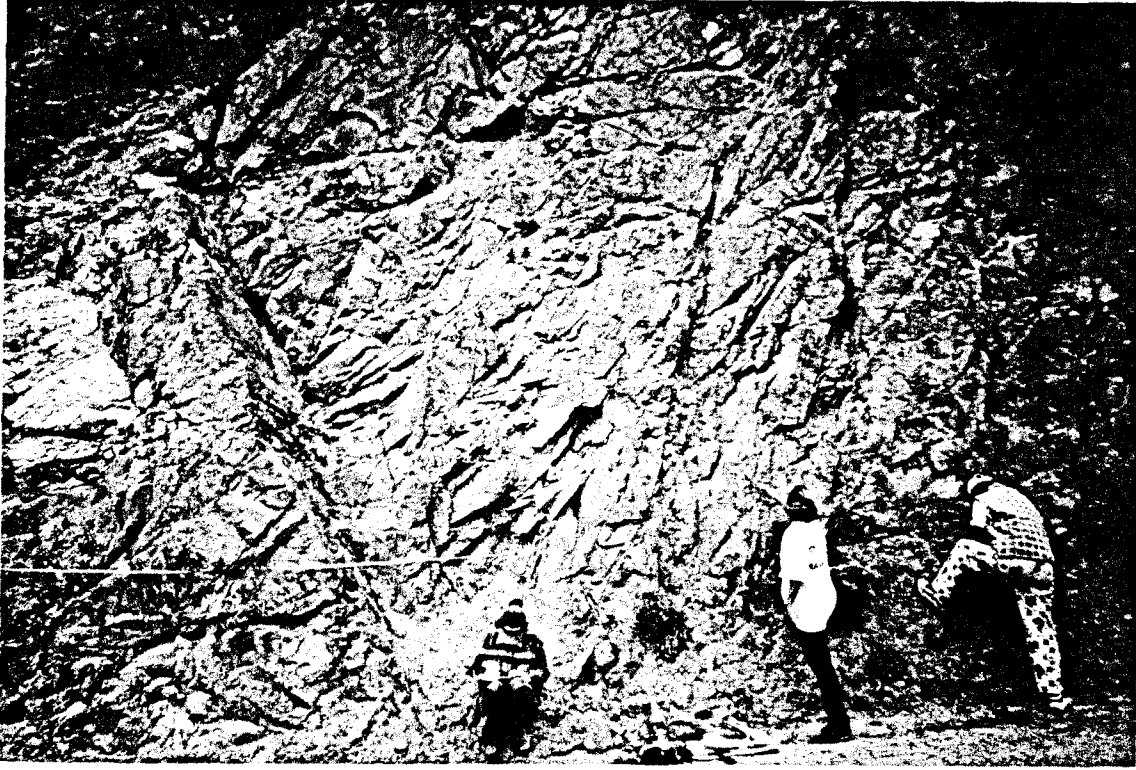
Şekil 31. Granitik kayalarda açılan, Arena + yamaç molozlarından oluşan bir yarma (Yer İnönü Mah.).

3.4. Gümüşhane Yerleşim Alanı Kayaçlarının Süreksizlik Özellikleri

Kayaçların mühendislik özelliklerinin tespitinde ve mühendislik uygulamalarında süreksizlik özellikleri önemli rol oynarlar. Başka bir deyimle süreksizlikler yapı emniyeti ve maliyetini etkileyen başlıca faktörlerdendir.

Süreksizliklerin önemi, mühendislik işlerinin çeşidine ve büyüklüğüne göre değişir. Örneğin taşocakları işletmesinde çatlak sıklığı blok boyutunu etkilerken kazılarda patlayıcı madde miktarı ve iş verimini etkiler. Ayrıca süreksizlikler kazı şevlerinde kaymalara neden olur. Çatlaklar temel kayasının taşıma gücünü doğrudan etkileyen bir parametredir. Çatlaksız bir taze kaya çok yüksek taşıma gücüne sahipken, kayanın çatlak yoğunluğu arttıkça taşıma gücü değeri de önemli ölçüde azalmaktadır.

Dolayısıyla süreksizliklerin mühendislik jeolojisi çalışmalarındaki büyük önemi dikkate alınarak çalışma alanındaki fissür, kırık, çatlak ve fayların yoğunluğu ve özellikleri 87 istasyonda şeritmetre scanline yöntemiyle incelenmiştir (Şekil 32).



Şekil 32. Çalışma alanında scanline yöntemi ile süreksizliklerin incelenmesi,
(Yer: İnönü Mah.)

3.4.1. Kaya Kalitesi Özelliği (RQD)

Gümüşhane ili yerleşim alanına ait kayaçların RQD değerleri, yüzeylemelerde çekilen ölçüm hatlarında 87 ayrı istasyonda hesaplanmıştır.

Ölçüm hatlarında, değişik kaya türü ve değişik ayrışma zonlarındaki temel zeminini oluşturan kayaçların çatlakları izlenebilen kaya yüzeylerine 30 m lik şerit çekilmiştir. Bu ölçüm hattını kesen rasgele (randam) çatlaklar sayılarak ortalama çatlak sayısı (λ) belirlenmiş ve Priest ve Hudson (1976) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak kaya kalitesi özelliği (RQD) belirlenmiştir..

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

Eşitlikte;

RQD: Kaya kalitesi özelliği

λ : 1 m uzunluktaki ölçüm hattını kesen ortalama çatlak sayısıdır.

İnceleme alanında yüzeylenen granit, aglomera ve kireçtaşlarının hesaplanan RQD değerlerinin Deere (1963) tarafından hazırlanan kaya kalitesi sınıflamasına göre ayrışma bölgelerinde dağılımları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Granitik kayalarda, yüzeylemelerde elde edilen RQD değerlerinin ayrışma bölgelerine göre dağılımı.

RQD (Deere,1963)		Kaya Türü							
		Granit				Aglomera			Kireçtaşı
Kaya Kalitesi	RQD %	Ayrışma Bölgeleri				Ayrışma Bölgeleri			-
		1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	4.Bölge	1.Bölge	2.Bölge	3.Bölge	-
Çok Kötü	<25	0	0	0	0	0	0	-	0
Kötü	25-30	0	0	0	0	0	0	-	13
Orta	50-75	0	3	10	52	6	10	-	23
İyi	75-90	0	11	20	27	33	42	-	27
Çok İyi	90-100	100	86	70	21	61	48	-	37

Tablo 7’ de de izlendiği gibi ayrışma arttıkça kaya kalitesi özelliği düşmektedir. Bunun nedeni ise çatlakların daha yoğun olduğu kaya ortamlarında, ayrışmanın daha hızlı ve yoğun gelişmesiyle açıklanabilir.

3.4.2. Çatlak Ara Uzaklığı

Gümüşhane ili yerleşim alanındaki kayalara ait yüzeylemelerde 87 ayrı istasyonda yapılan scanline yöntemiyle çatlak ara uzaklığı ölçümleri gerçekleştirilmiş ve kayaların, türlerine, taşıma güçlerine ve bunlarla örtüşen ayrışma bölgelerine göre gruplandırılmıştır.

ISRM (1978c) tarafından verilen çatlak ara uzaklığı sınıflamasına göre granitik kayalar, aglomeralar ve kireçtaşlarının çatlak ara uzaklığı değerlerinin ayrışma bölgelerine göre dağılımı ise Tablo 8’ de verilmiştir.

Tablo 8 incelendiğinde granitik kayalar, aglomera ve kireçtaşlarının çatlak ara uzaklığı sınıflamasına (ISRMc, 1978) göre bütün bölgelerde orta ve dar aralıklı oldukları görülmektedir. Ayrıca ayrışma derecesinin artışıyla dar aralıklı kaya sınıfı oranının arttığı buna karşın geniş aralıklı kaya sınıfı oranının azaldığı izlenebilir.

Ölçülen çatlak ara uzaklığı değerleri 10 cm aralıklarla gruplandırılarak frekansları hesaplanmış ve granitik kayaç ve aglomeraların farklı ayrışma bölgelerine göre, farklı

ayırışma derecesi göstermeyen kireçtaşlarının ise tek bölge olarak çatlak ara uzaklığı histogramları çizilmiştir.

Tablo 8. Granitik kayalarda aglomera ve kireçtaşlarında çatlak ara uzaklığı değerlerinin ayırışma bölgelerine göre dağılımı.

Çatlak ara uzaklığı sınıflaması (ISRM, 1978c)		Granitik kayalarda çatlak ara uzaklığı değerlerinin % dağılımı				Aglomeralarda çatlak ara uzaklığı değerlerinin % dağılımı			Kireçtaşlarında çatlak ara uzaklığı değerlerinin % dağılımı
		Ayırışma bölgeleri				Ayırışma bölgeleri			-
Tanım	Ara uzaklık (cm)	1	2	3	4	5	6	7	-
Çok geniş aralıklı	>200	2.92	0.30	0	0	0	0	0	0
Geniş aralıklı	60-200	5.69	10.87	9.82	8.33	19	7,2	5,8	25,4
Orta aralıklı	20-60	40.15	45.70	41.1 2	32.58	49,7	39,9	35	54,1
Dar aralıklı	6-20	33.94	41.28	42.0 0	43.18	21,1	33,9	35	20,5
Çok dar aralıklı	<6	7.30	1.84	7.44	15.9	10,2	19	24,2	0

Tablo 8 incelendiğinde granitik kayaların ve aglomeraların çatlak ara uzaklığı sınıflamasına (ISRM, 1978) göre bütün bölgelerde orta ve dar aralıklı kireçtaşlarının ise geniş ve orta aralıklı oldukları görülmektedir. Ayrıca ayırışma derecesinin artışıyla dar aralıklı kaya sınıfı oranının arttığı buna karşın geniş aralıklı kaya sınıfı oranının azaldığı Tablo 8'den izlenebilir.

Ölçülen çatlak ara uzaklığı değerleri 10 cm aralıklarla gruplandırılarak frekansları hesaplanmış ve granitik kayaç. ve aglomeraların farklı ayırışma bölgelerine göre, tamamı taze kaya kütlelerinden oluşan kireçtaşlarının ise tek bölge olarak çatlak ara uzaklığı histogramları çizilmiştir.

Histogramlar incelendiğinde Granitik kayalarda hakim çatlak ara uzaklığının [0-20cm] arasında olduğu ve ayırışma derecesi arttıkça ortalama çatlak ara uzaklığı değerinin azaldığı görülmektedir (Şekil 33-36).

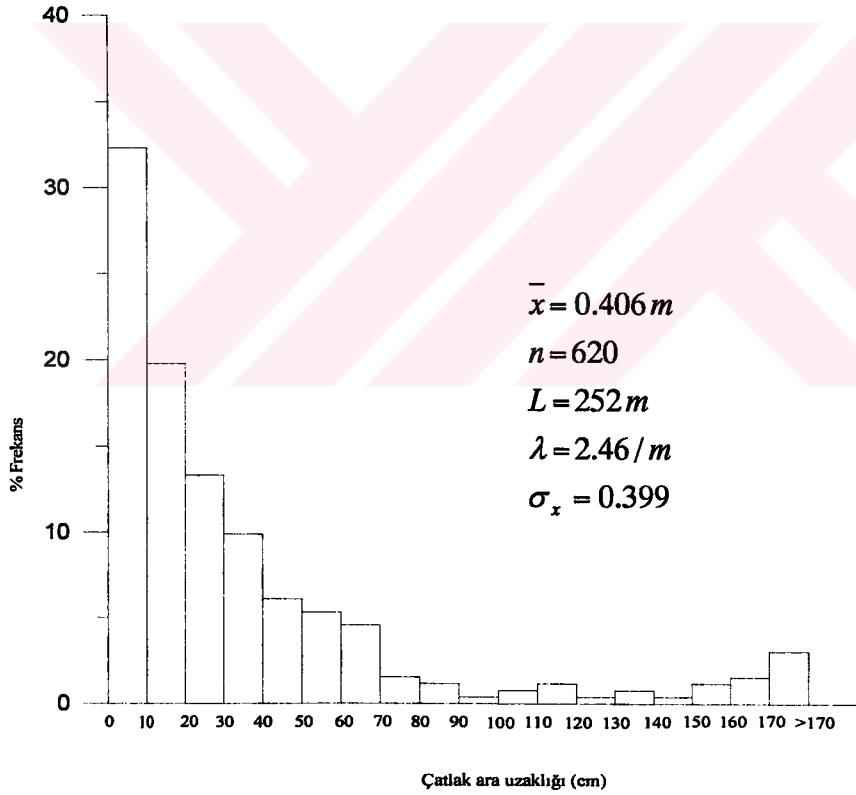
Ortalama çatlak ara uzaklığı granitik kayalarda 1. Ayırışma Bölgesinde 40.57 cm, 2. Ayırışma Bölgesinde 31.87 cm, 3. Ayırışma Bölgesinde 29.42 cm, 4. Ayırışma Bölgesinde

23.8 cm olarak belirlenmiştir. Çatlak ara uzaklığının daha dar olduğu bölgelerde çatlak yoğunluğu ayrışmayı artırıcı yönde rol oynamıştır.

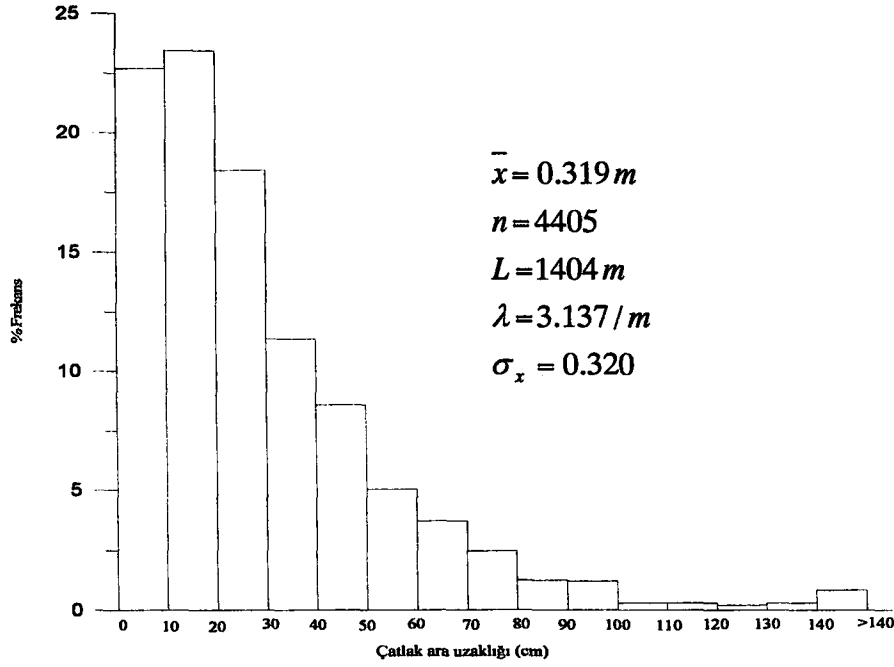
Aglomeralara ait histogramlar incelendiğinde hakim çatlak ara uzaklığı değerlerinin 5. Ayrışma Bölgesinde [20-60 cm], 6. Ayrışma Bölgesinde [20-40 cm] ve 7. ayrışma bölgesinde ise [9-40 cm] arasında olduğu görülmektedir (Şekil 37-39).

Aglomeralarda ortalama çatlak ara uzaklığı 5. Ayrışma Bölgesinde 30.6 cm, 6. Ayrışma Bölgesinde 21.1 cm 7. Ayrışma Bölgesinde ise 19.5 cm olarak belirlenmiştir. Bu kayalarda da çatlak yoğunluğunun artışı ayrışmayı artırıcı yönde rol oynamıştır.

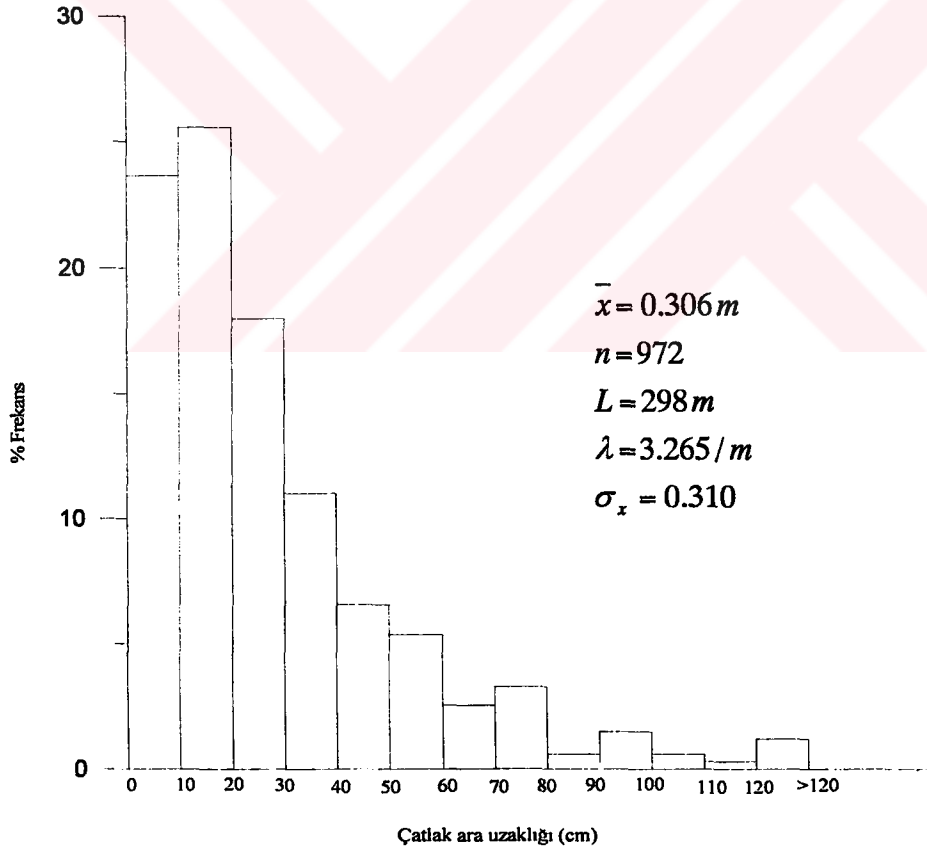
Kireçtaşlarına ait histogramlar incelendiğinde ise hakim çatlak ara uzaklığı değerlerinin [10-40 cm] arasında olduğu görülmektedir, (Şekil 40). Kireçtaşlarının ortalama çatlak ara uzaklığı değeri ise 28.57 cm olarak bulunmuştur.



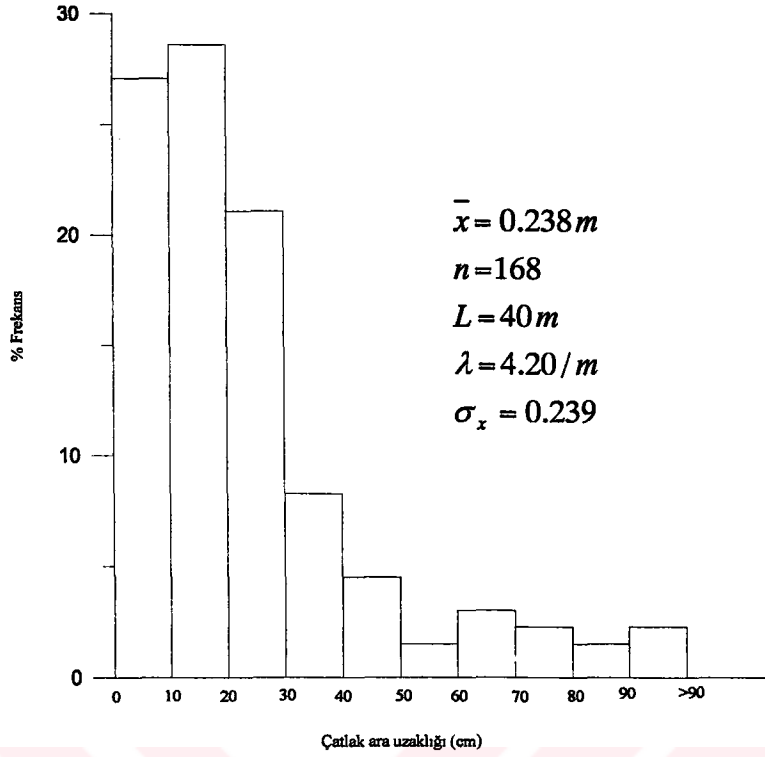
Şekil 33. Granitik kayalarda 1. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram (L: scanline uzunluğu (ölçüm hattı uzunluğu), x: çatlak ara uzaklığı ortalama değeri, n: ölçüm sayısı, λ : m' deki çatlak sayısı, σ_x : standart sapma değeri).



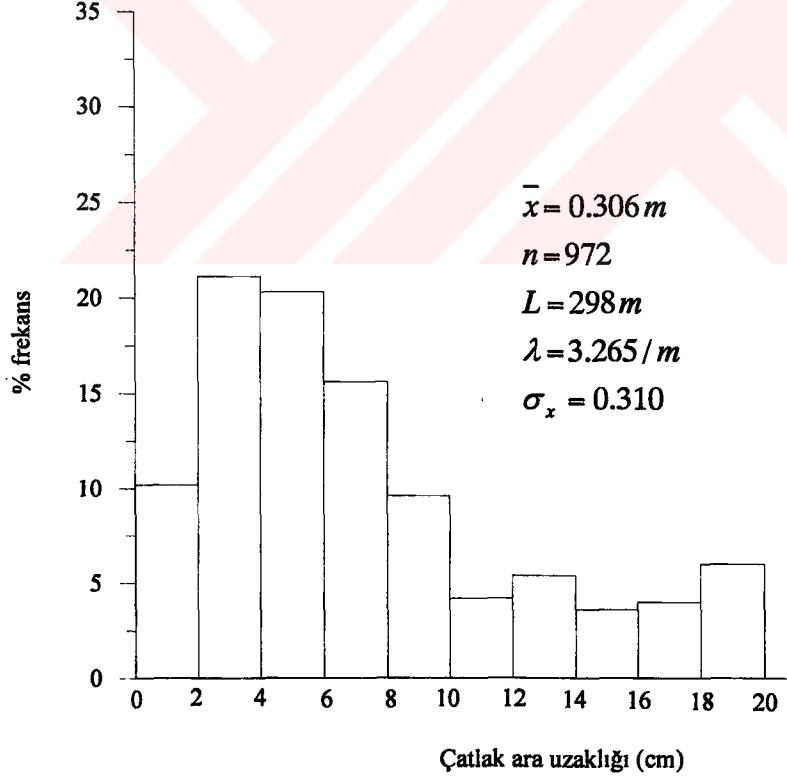
Şekil 34. Granitik kayalarda 2. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.



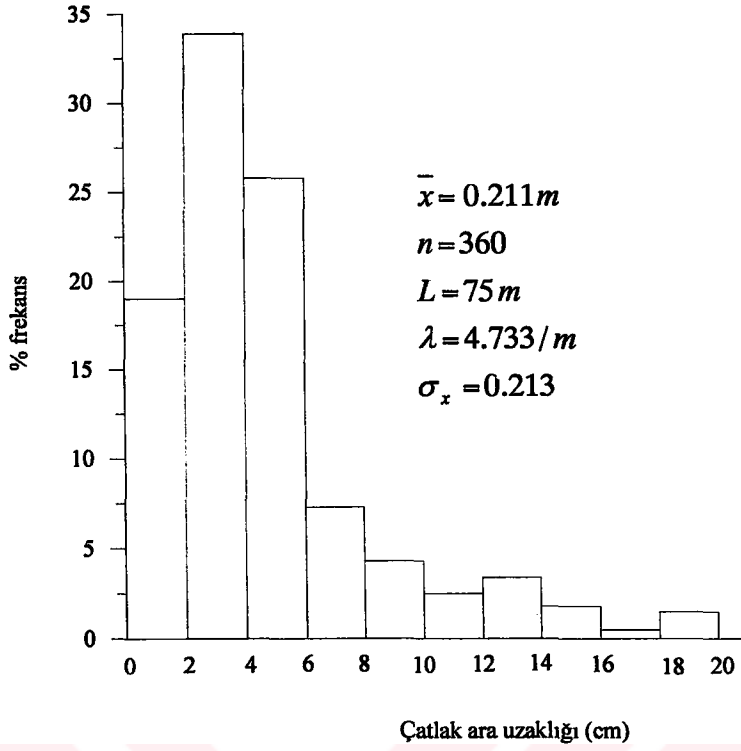
Şekil 35. Granitik kayalarda 3. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram



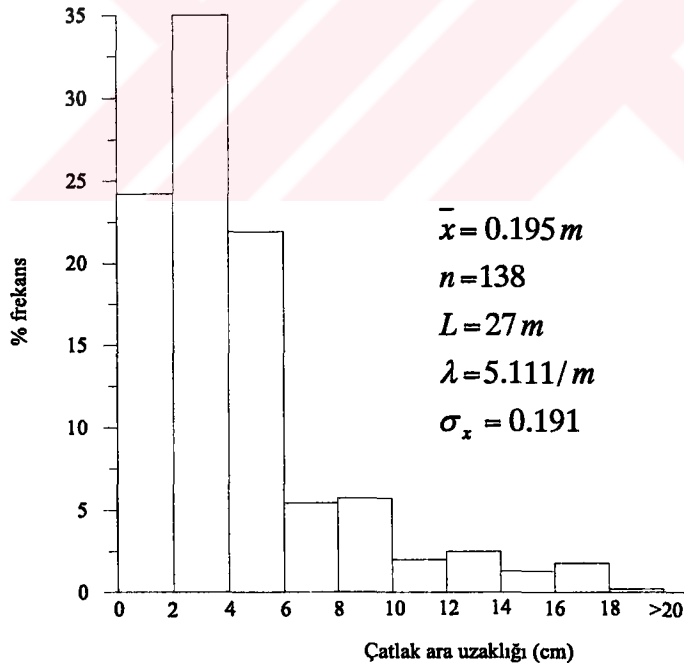
Şekil 36. Granitik kayalarda 4. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram



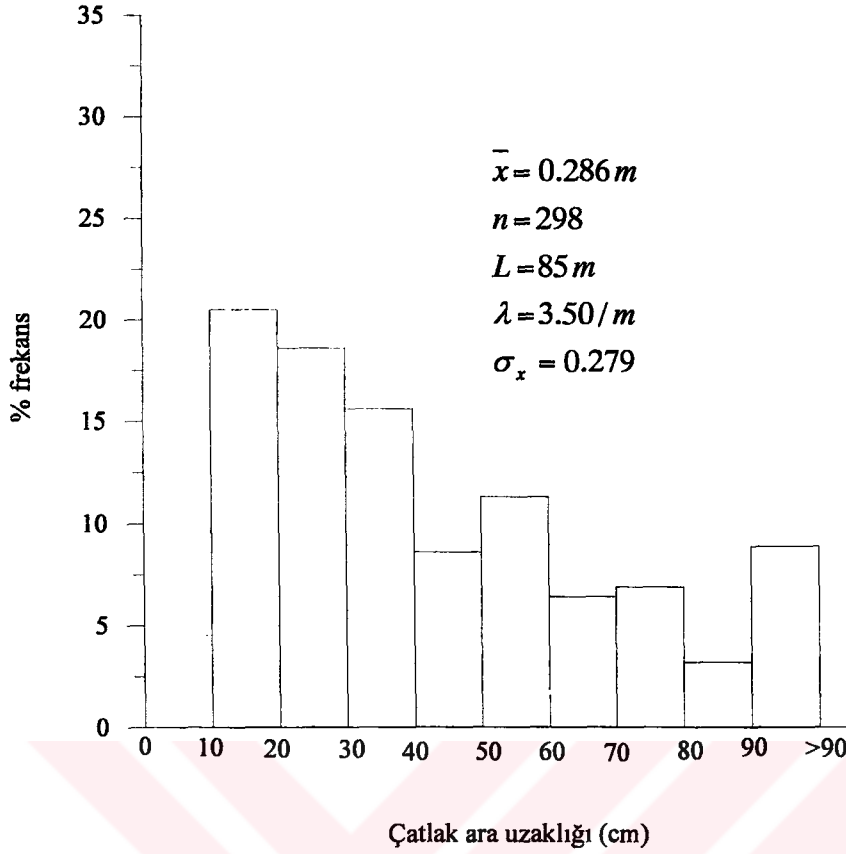
Şekil 37. Aglomeralarda 5. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram



Şekil 38. Aglomeralarda 6. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.



Şekil 39. Aglomeralarda 7. Ayrışma Bölgesine ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram.



Şekil 40. Kireçtaşlarına ait çatlak ara uzaklığı değerlerine göre çizilen histogram

3.4.3. Çatlak Açıklığı

İnceleme alanındaki granitik kayalar aglomera ve kireçtaşlarının, çatlak açıklığı değerleri 1mm aralıklı mikrometre kullanılarak 87 istasyonda ölçülmüş ve elde edilen sonuçların IAEG (1981) tarafından çatlak açıklığına göre verilen sınıflamadaki dağılımı Tablo 9'da verilmiştir. Tablo 9 incelendiğinde çok dar açıklıklı kaya sınıfı ayrışma arttıkça azalırken, orta derecede dar açıklıklı ve orta derecede geniş açıklıklı kaya oranı ayrışma derecesine paralel artış göstermektedir.

İnceleme alanındaki kayaların çatlak açıklığı değerleri 0.2 cm aralıklarla gruplandırılarak frekansları hesaplanmış ve histogramları çizilmiştir (Şekil 41-48).

Histogramlar incelendiğinde granitik kayalarda hakim çatlak açıklığı değerlerinin [0-2mm] arasında olduğu izlenmektedir (Şekil 41-44).

Proklastik kayalarda hakim çatlak açıklığı değerleri, 5. Ayrışma Bölgesinde [0-2 mm], 6. Ayrışma Bölgesinde [2-4 mm], 7. Ayrışma Bölgesinde ise [4-8 mm] olduğu görülmektedir (Şekil 45-47).

Tablo 9. Granitik kayalar aglomera ve kireçtaşına ait çatlak açıklığı değerlerinin ayrışma bölgelerine göre % dağılımları.

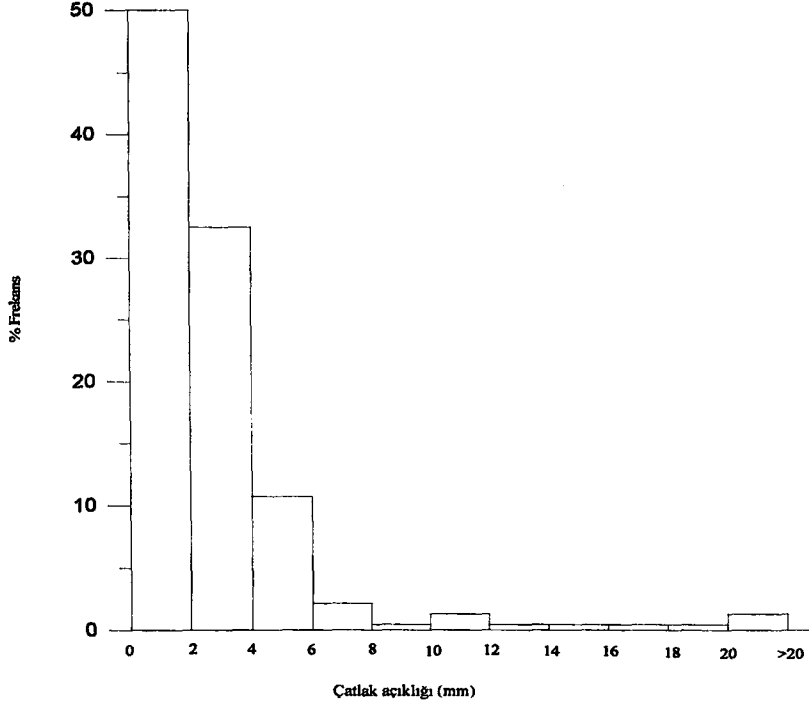
Süreksizlik açıklığı sınıflaması IAEG (1981)	Açıklık (mm)	Granitik kayalara ait ayrışma bölgeleri ve çatlak açıklığı değerlerinin % dağılımları				Aglomeralara ait ayrışma bölgeleri ve çatlak açıklığı değerlerinin % dağılımları			Kireçtaşları
		Ayrışma Bölgeleri				Ayrışma Bölgeleri			
		1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	6. Bölge	7. Bölge	-
Çok geniş	> 200	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0
Geniş	60-200	0,43	0,31	1,36	1,73	0	0	0	0
Orta derecede geniş	20-60	1,30	2,90	3,64	11,56	0	0	0	0
Orta derecede dar	6-20	2,16	4,24	7,36	26,01	26,5	36,4	45,6	47,8
Dar	2-6	28,14	36,23	35,91	31,79	40,3	43,2	51,2	42
Çok dar	0-2	65,80	55,90	50,36	28,90	33,2	20,4	3,2	10,2
Sıkı, yapışık	0	2,16	0,41	1,36	0,00	0	0	0	0

Kireçtaşlarında belirlenen hakim çatlak açıklığı değerleri ise [4-8 mm] olarak gözlenmektedir (Şekil 48).

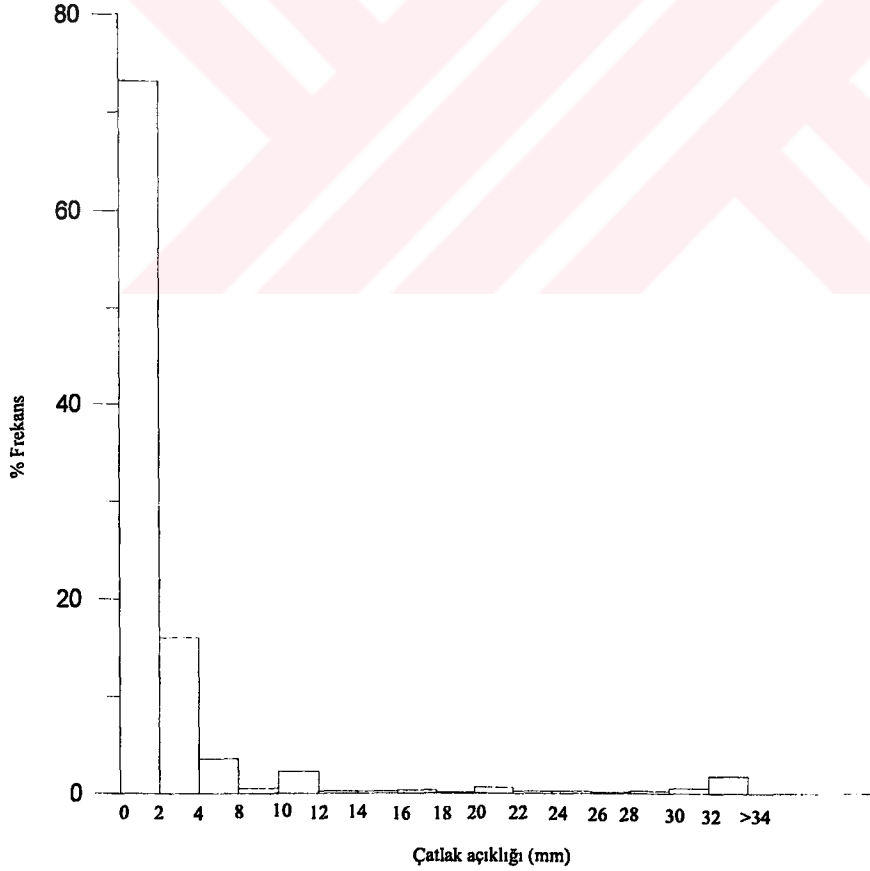
Ortalama Çatlak açıklığı değerleri granitik kayalarda 1. Ayrışma Bölgesinde 2.96 mm, 2. Ayrışma Bölgesinde 3.3 mm, 3. Ayrışma Bölgesinde 5.14 mm ve 4. Ayrışma Bölgesinde ise 6.1 mm olarak bulunmuştur.

Ortalama Çatlak açıklığı değerleri aglomeralarda 5. Ayrışma Bölgesinde 4.44 mm, 6. Ayrışma Bölgesinde 5.32 mm, 7. Ayrışma Bölgesinde 5.68 mm olarak belirlenmiştir. Çatlak açıklığı değerlerinin ayrışmanın artışıyla büyümesi, ayrışmanın etkisiyle çatlaklardaki killeşmenin artışı ve bu killerin zamanla yıkanıp gitmesiyle çatlak açıklığının da buna paralel genişlemesi şeklinde yorumlanabilir.

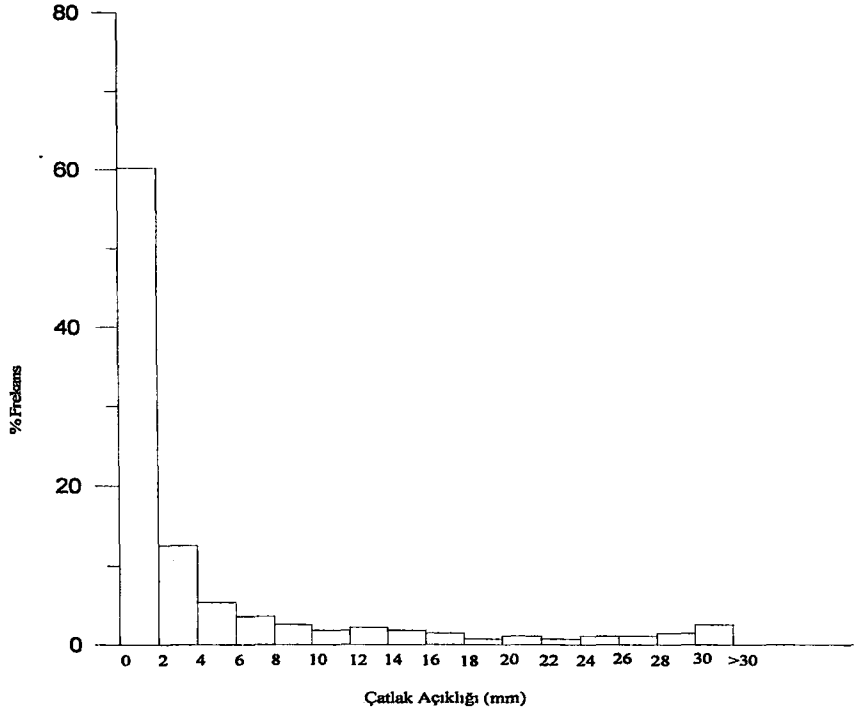
Kireçtaşlarının ortalama çatlak açıklığı değeri ise 5.76 mm olarak bulunmuştur.



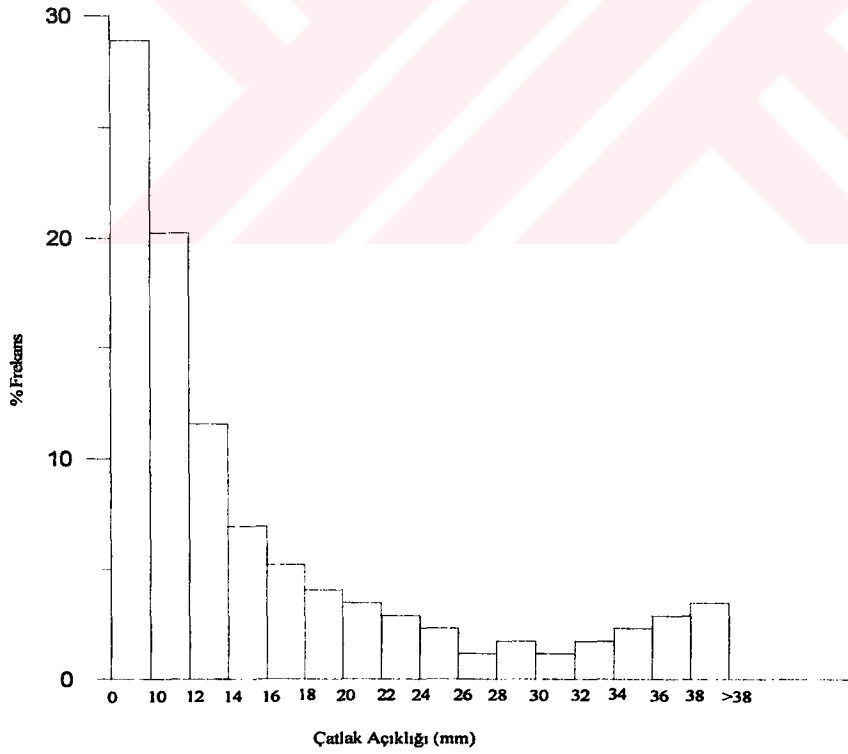
Şekil 41. Granitik kayalarda 1. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.



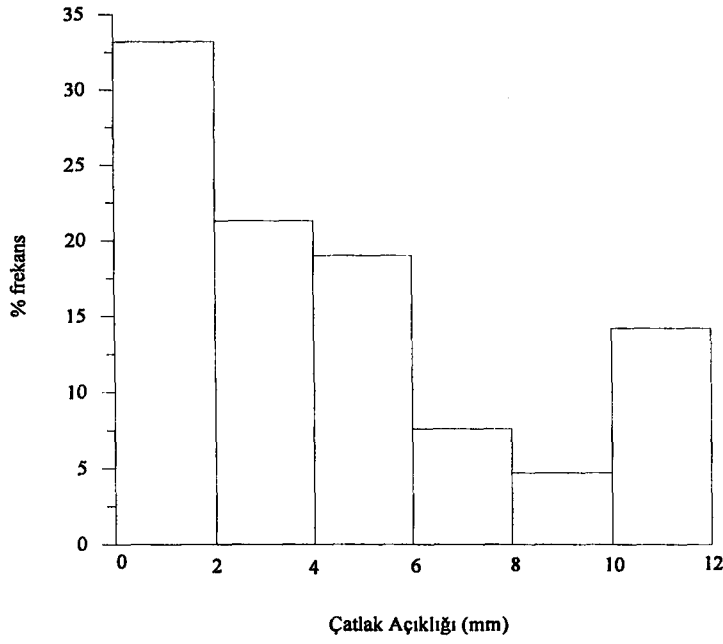
Şekil 42. Granitik kayalarda 2. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.



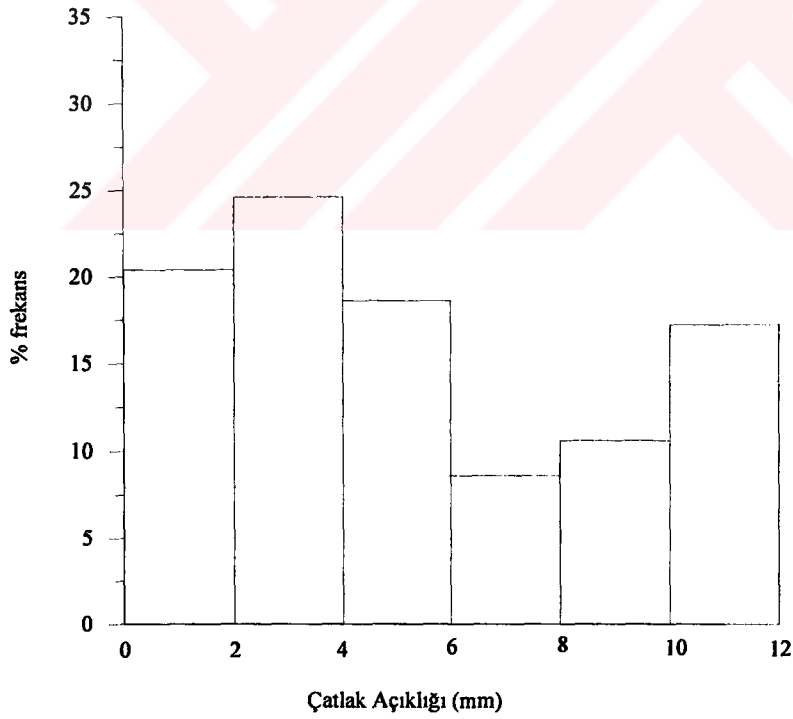
Şekil 43. Granitik kayalarda 3. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram



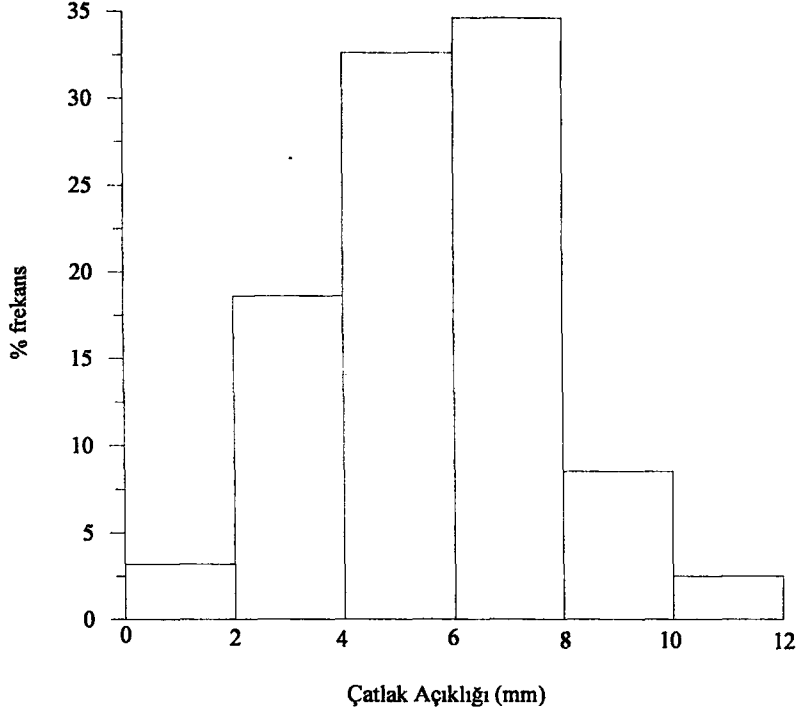
Şekil 44. Granitik kayalarda 4. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.



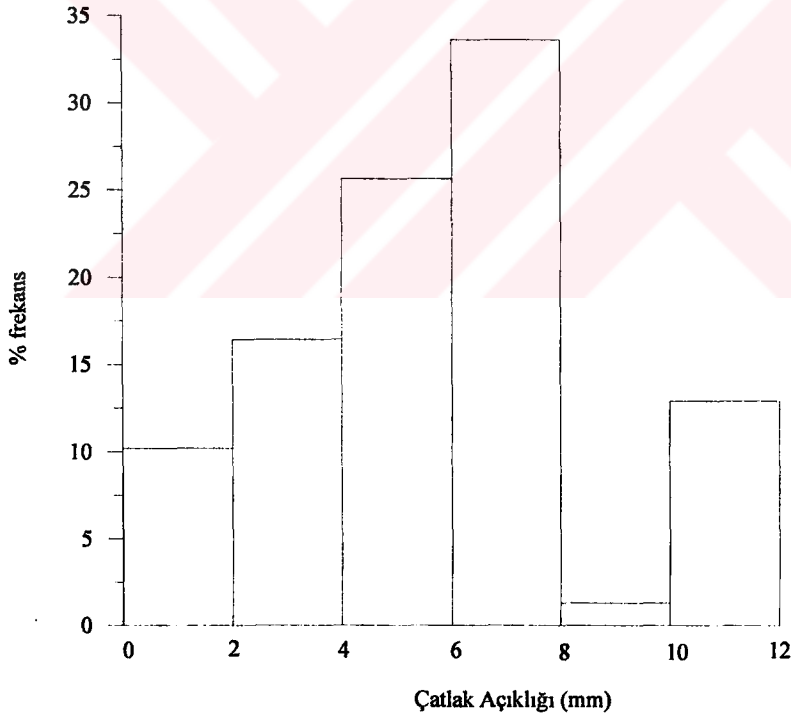
Şekil 45. Aglomeralarda 5. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram



Şekil 46. Aglomeralarda 6. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram.



Şekil 47. Aglomeralarda 7. Ayrışma bölgesine ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram



Şekil 48. Kireçtaşlarına ait çatlak açıklığı değerlerine göre çizilen histogram

3.4.4. Süreksizlik Dolguları

Gümüşhane yerleşim alanında Granitik kayalardaki süreksizlik dolguları genellikle kayaç kırıntılıdır. İnce çatlaklarda kısmen kuvars, bazen de kalsit dolgular gözlenmiştir. Yer yerde apelit dolgular mevcuttur. Aplit dolguları 1-3 cm kalınlığında ince

damarcıklar şeklinde ve 20-25 cm kalınlığında dayklar şeklinde izlenmektedir. Kil dolguların kalınlıkları çatlaklarda 2-6 mm fay ve ezik zonlarında ise 3-20 cm arasında değişmektedir. Killer sarımsı beyaz veya kahverengimsi kırmızı renktedirler. Ezilme zonlarında kilin yanı sıra ayrılmış ezilmiş kayaç kırıntısı da içerirler.

Kil dolgu örneklerinin XRD (X Ray Difraktometre) analizi sonucunda türlerinin illit ve montmorillonit olduğu anlaşılmıştır (Şekil 49). Granitik kayaçlardaki silis dolgular arazide kolaylıkla tanınabilmektedirler. Bazen ağsal görüntü sunan silis dolgular, çoğunlukla 1-15 mm arasında ince damarcıklar şeklinde gözlenirler. Kalsit dolgular beyaz renklidir ve genellikle 1-15 mm yer yer de 150 mm kalınlığında izlenmiştir. Yerleşim alanında yer alan kireçtaşlarındaki çatlaklar ise genellikle dolgusuz, yer yer de kil dolguludur.

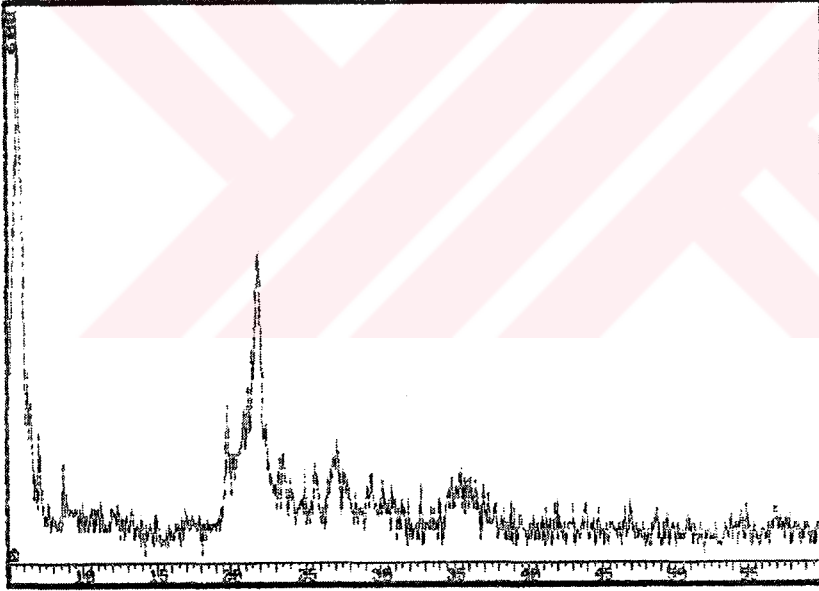
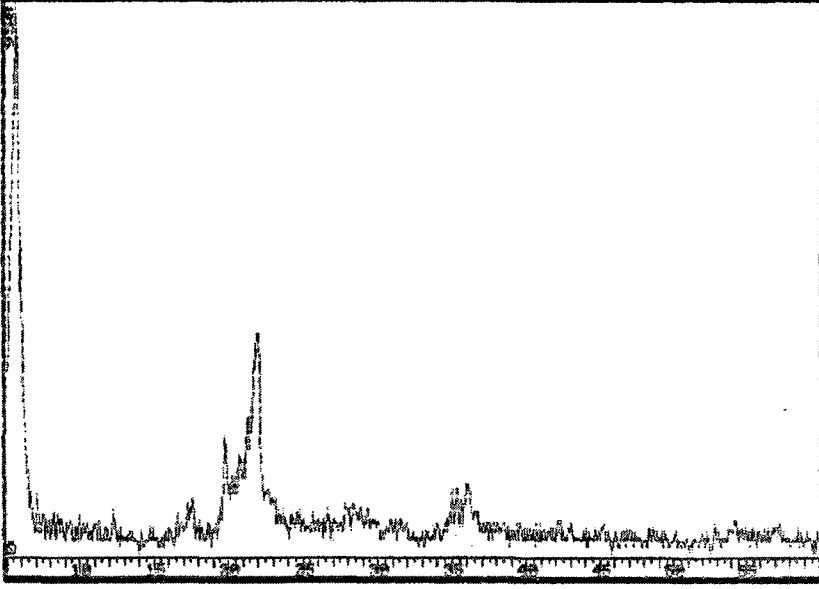
3.4.5. Süreksizlik Yüzeylerinin Pürüzlülüğü

Kayaçların deformasyonları esnasında oluşan ve süreksizlik yüzeyindeki kesme dayanımını etkileyen en önemli faktörlerden biri dalgalanma ve pürüzlülük olarak ifade edilmektedir (Piteau,1973; Barton, 1978; ISRM.1978).

Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan granitik kayaçlar, aglomera ve kireçtaşlarının süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü, pürüzlülük tarağı adı verilen özel olarak geliştirilmiş bir alet yardımıyla ölçülmüştür.

Ölçülen pürüzlülük şekilleri Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilen standart pürüzlülük profilleriyle (Şekil 50) karşılaştırılarak , her süreksizlik yüzeyinin Barton (1973) un pürüzlülük derecesi olarak tariflediği JRC değerleri bulunmuştur.

Bu değerlerin her ayrışma bölgesi için % dağılımları Tablo 10 ve 11’de verilmiştir. Tablo 10 incelendiğinde ayrışma derecesi arttıkça pürüzlülük derecesinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 49. Gümüşhane Graniti'ndeki süreksizlik dolgularının XRD grafikleri.

Tablo 10. Gümüşhane Granitinin ayrışma bölgelerine ait pürüzlülük (JRC) değerlerinin Bianiewski (1989) pürüzlülük sınıflamasına göre dağılımı.

Pürüzlülük Sınıflaması (Bieniawski, 1989)	Granitik kayalara ait ayrışma bölgeleri ve pürüzlülük değerlerinin % dağılımları				Aglomeralara ait ayrışma bölgeleri ve pürüzlülük değerlerinin % dağılımları			Kireçtaşlarının pürüzlülük değerlerinin % dağılımı
	Ayrışma Bölgeleri				Ayrışma Bölgeleri			
	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	6. Bölge	7. Bölge	
Düz kaygan kenarlı	0,00	21,59	26,32	86,96	10	10,2	15,3	0
Düz, pürüzsüz	16,67	52,27	57,89	8,70	69,4	69,4	71,5	34,5
Hafif Pürüzlü	50,00	18,18	15,79	4,35	15	20,4	13,2	35,4
Pürüzlü	33,33	6,82	0,00	0,00	5,6	0	0	30,1
Çok Pürüzlü	0,00	1,14	0,00	0,00	0	0	0	0

Tablo 11 incelendiğinde ayrışma derecesi arttıkça pürüzlülük derecesinin azaldığı görülmektedir.

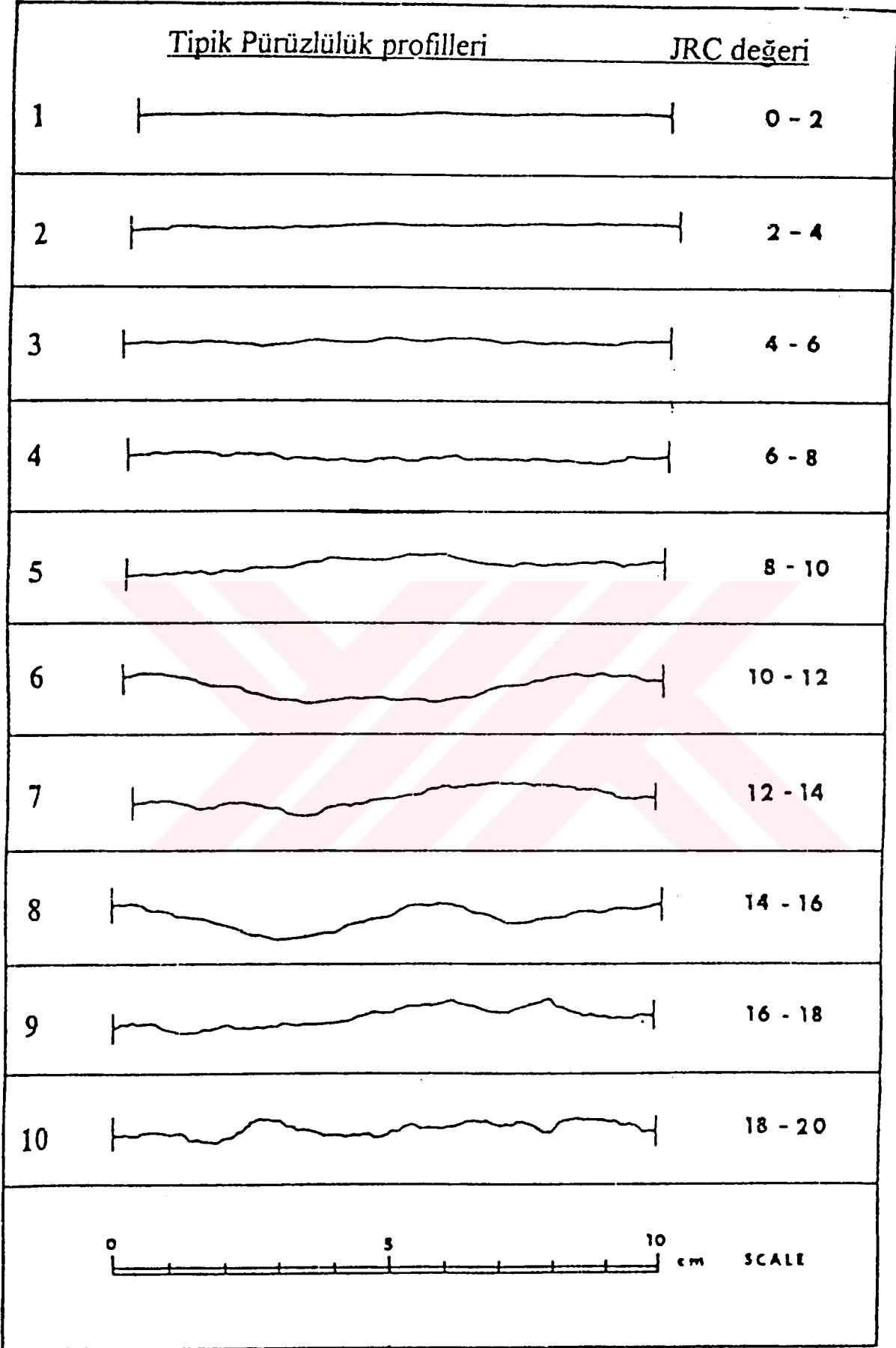
İnceleme alanındaki kayalardaki süreksizliklerde Barton ve Choubey tarafından hazırlanan pürüzlülük profilleri yardımıyla bulunan pürüzlülük değerlerine ait histogramlar Şekil 51-58' de verilmektedir.

Granitik kayalara ve aglomeralara ait histogramlar incelendiğinde ayrışma ilerledikçe, hakim JRC değerlerinin azaldığı gözlenmektedir (Şekil 51-57).

Kireçtaşlarına ait çatlaklarda hakim JRC pürüzlülük değeri [6-10] olarak belirlenmiştir (Şekil 58).

Ortalama JRC değerleri ise granitik kayalarda 1. Ayrışma Bölgesinde 10.36, 2. Ayrışma Bölgesinde 8.88, 3. Ayrışma Bölgesinde 6.4, 4. Ayrışma Bölgesinde 3.2; Aglomeralarda 5. Ayrışma Bölgesinde 6.88, 6. Ayrışma Bölgesinde 6.43, 7. Ayrışma Bölgesinde 5.83; Kireçtaşlarında ise 9.81 olarak tespit edilmiştir.

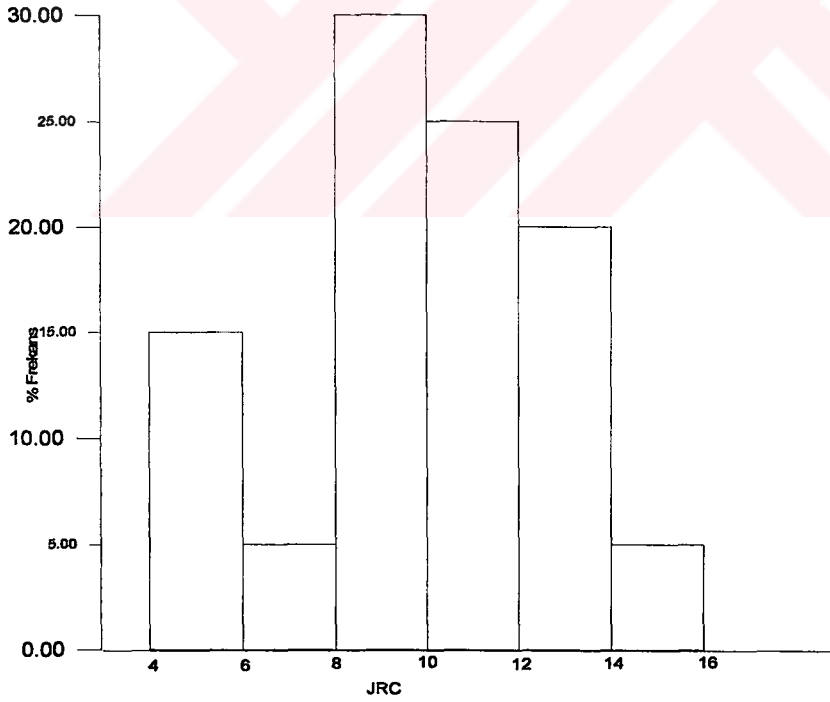
Granitik kayalarda ve aglomeralarda ayrışma ilerledikçe pürüzlülük azalmaktadır.



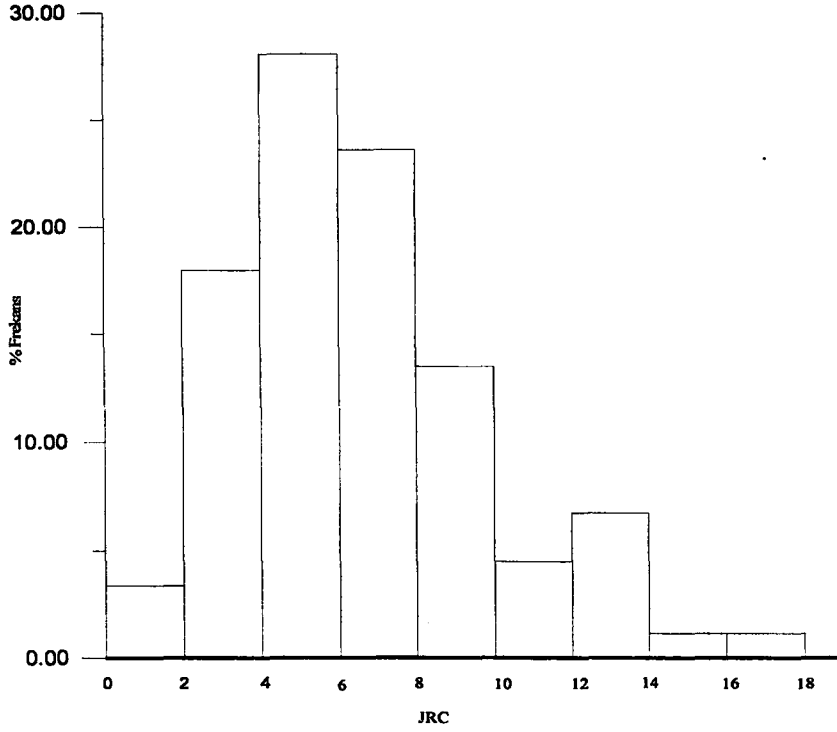
Şekil 50. Standart pürüzlülük profilleri, (Barton ve Choubey, 1977).

Tablo 11. Gümüşhane Granitinin Ayrışma bölgelerine ait pürüzlülük (JRC) değerlerinin ISRM (1981) pürüzlülük sınıflamasına göre dağılımı.

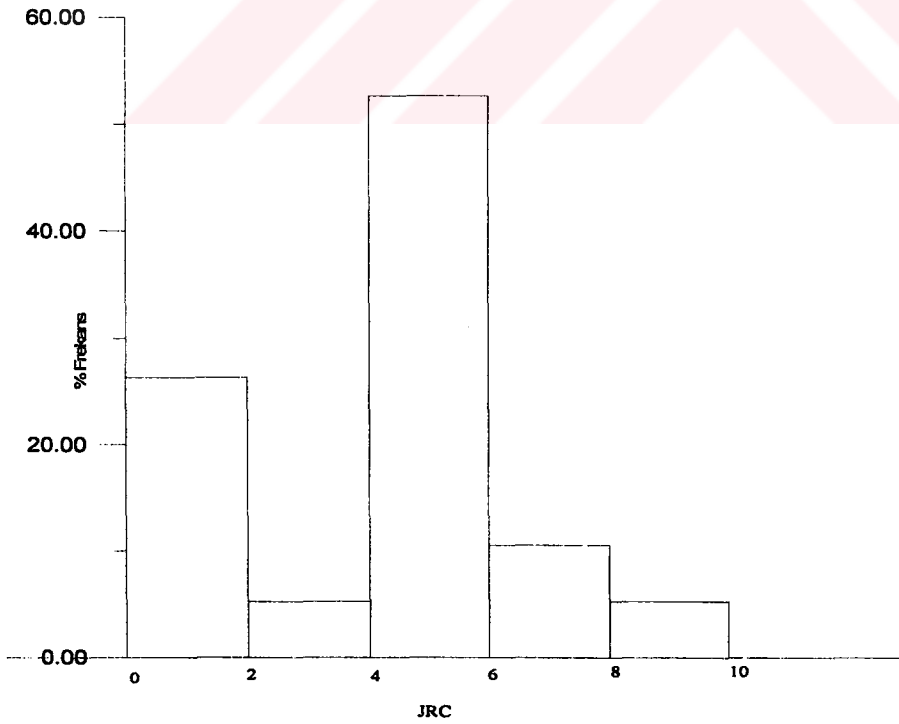
Kaya Türü	Granit				Aglomera			Kireçtaşı
Pürüzlülük Sınıflaması (ISRM,1981)	% Dağılımları				% Dağılımları			
	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	5. Bölge	6. Bölge	7. Bölge	-
Dalgalı, kaygan	0,00	21,59	26,32	86,96	34,1	40,6	61,2	8,9
Dalgalı, düz	16,67	52,27	57,89	8,70	60,3	59,4	38,8	61
Dalgalı, pürüzlü	83,33	26,14	15,79	4,35	5,6	0	0	30,1



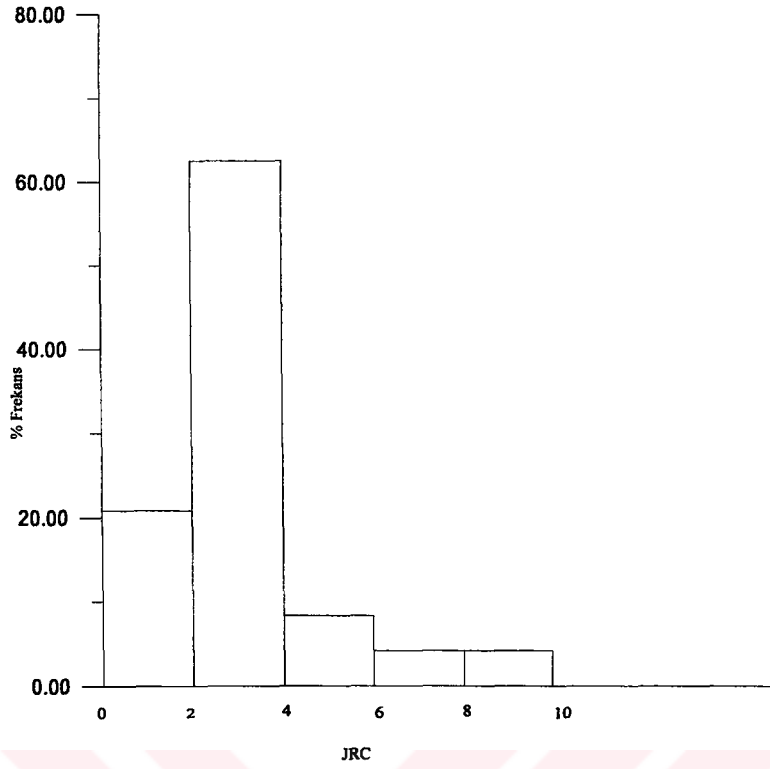
Şekil 51. Granitik kayalarda 1. Ayrışma Bölgesine ait JRC pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.



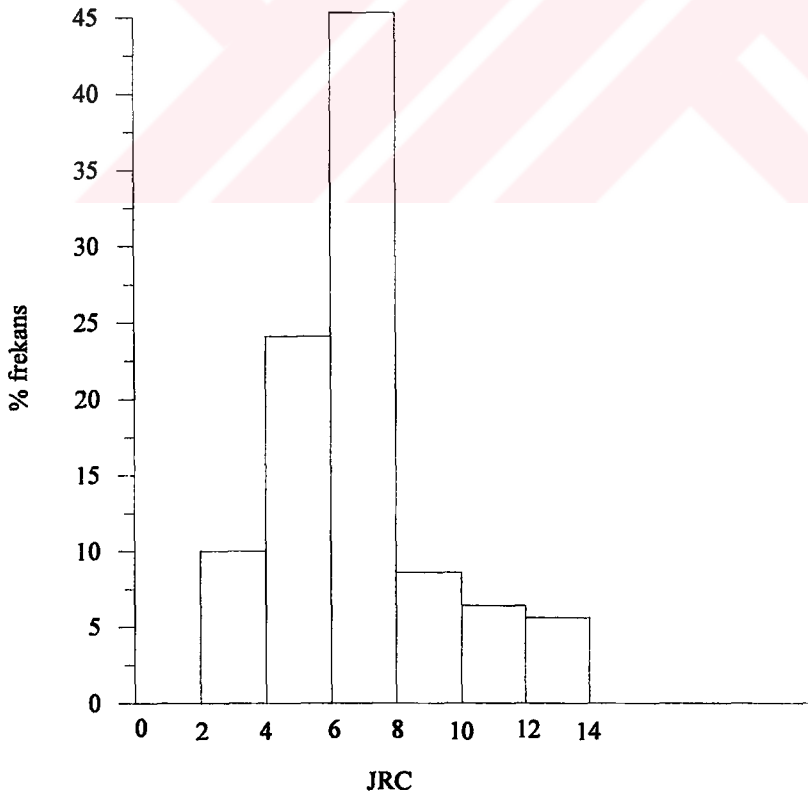
Şekil 52. Granitik kayalarda 2. Ayrışma Bölgesine ait JRC pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram



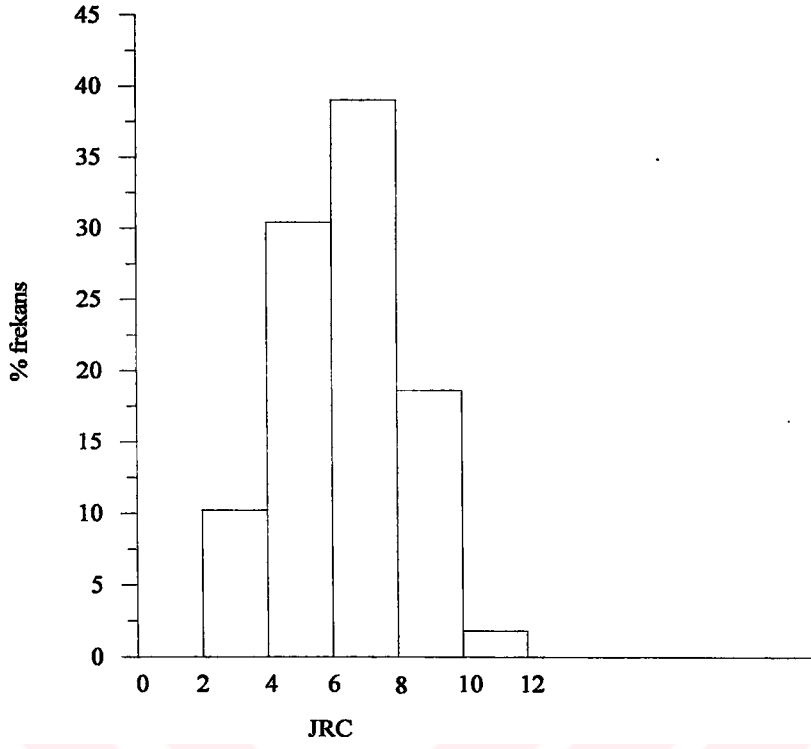
Şekil 53. Granitik kayalarda 3. Ayrışma Bölgesine ait JRC pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.



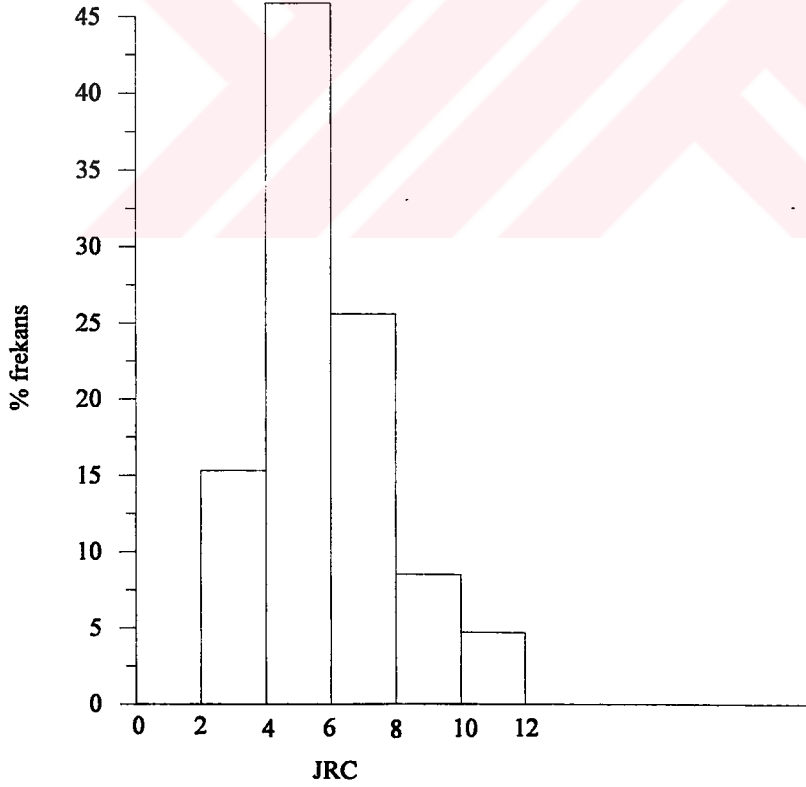
Şekil 54. Granitik kayalarda 4. Ayrışma Bölgesine ait JRC pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.



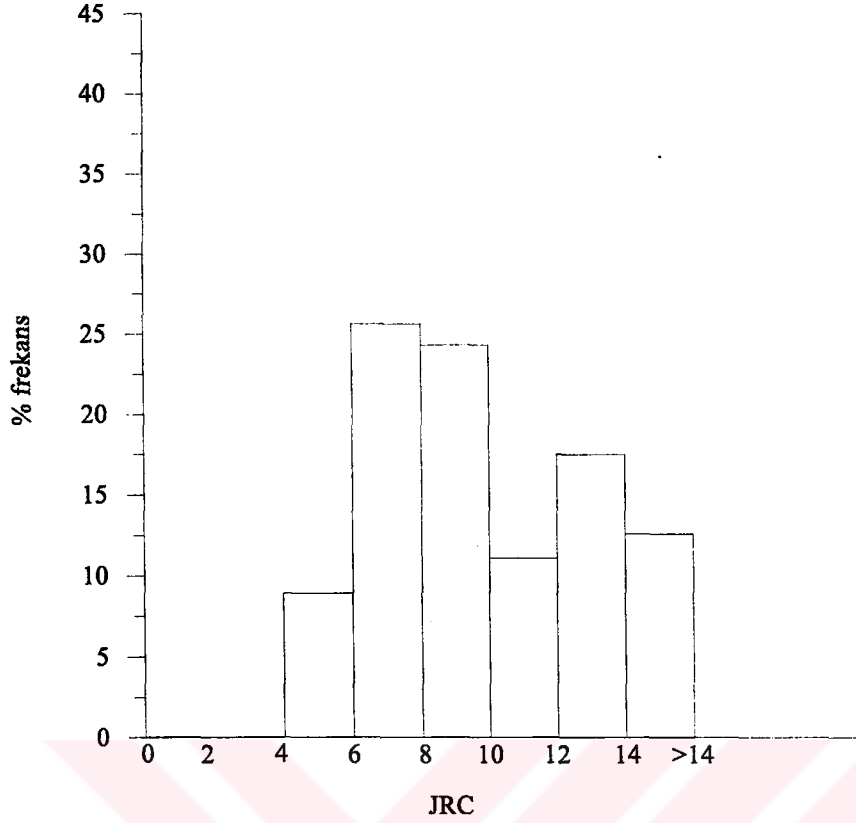
Şekil 55. Aglomeralarda 5. Ayrışma Bölgesine ait çatlakların pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.



Şekil 56. Aglomeralarda 6. Ayrışma Bölgesine ait çatlakların pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.



Şekil 57. Aglomeralarda 7. Ayrışma Bölgesine ait çatlakların pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.



Şekil 58. Kireçtaşlarına ait çatlakların pürüzlülük değerlerine göre çizilen histogram.

3.4.6. Gümüşhane Yerleşim Alanı Kayaçlarının Fiziksel, Mekanik ve Elastik Özellikleri

3.4.6.1. Fiziksel Özellikler

İnceleme alanındaki granitik kayaçların, volkanik kayaçların ve kireçtaşlarının indeks özelliklerinin belirlenmesi amacıyla TS 8614 (1990)'a göre karot örnekleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Granitik kayaçlarda ayrışma profillerinden 4 ayrı ayrışma zonunu (az, orta derece, yüksek derece ve tamamen ayrılmış granitik kaya malzemesi) temsil edecek blok örnekleri alınmıştır (Şekil 59).

3.4.6.1.1. Özgül Ağırlık

Özgül ağırlık deneyinde kullanılmak üzere arazi'den getirilen 4 farklı kaya grubundan (Az, orta, yüksek ve tamamen ayrılmış kaya grupları) ayrı ayrı parçalar alınarak öğütülmüştür. Elde edilen öğütülmüş malzemelerden TS 8615 (1990)'a göre her grup için ayrı ayrı özgül ağırlık deneyleri yapılarak grupların kendi içerisinde aritmetik ortalamaları

alınmıştır. Kaya malzemelerinin her ayrışma derecesi ve kaya türü için belirlenen ortalama özgül ağırlık değerleri Tablo 12’de verilmiştir.



Şekil 59. Granitik kayalardan blok örnek alımı (Yer: Bağlarbaşı Mah.).

Ayrışma sürecinde oluşan minerallerin özgül ağırlığı (G), kimyasal yıkanma nedeniyle kayacı oluşturan minerallere göre daha küçüktür. Bu nedenle özgül ağırlığın ayrılmayla birlikte azalması beklenmelidir. Ancak, örneklerin, değişik mineralojik bileşime sahip granitik kayalardan alınması ve hidrotermal alterasyon ürünlerini kayaç içerisinde homojen dağılmaması nedeniyle değişik ayrışma profillerinde, özgül ağırlığın değişimi düzenli olmamaktadır (Tablo 12). Özgül ağırlık değerleri aglomeralarda 2,72, tüflerde 2,71 ve kireçtaşlarında ise 2,83 –2,78 arasındadır (Tablo 13).

3.4.6.1.2. Birim Hacim Ağırlık

Karot örneklerinin TS 8615 (1990)’a göre 105⁰C’de 24 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları, 48 saat arı suda bekletildikten sonra tartılarak ise doygun ağırlıkları

bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak kuru birim hacim ağırlığı (γ_k), doymun birim hacim ağırlığı (γ_d), porozitesi (n), efektif porozitesi (n_e) ağırlıkça su emmesi (S_a), belirlenmiştir.

Kuru birim hacim ağırlık (γ_k), ayrışma derecelerinin tariflenmesinde ve mühendislik özelliklerin dolaylı olarak bulunmasında en yaygın olarak kullanılan indeks özelliklerden biridir. Granitik kayalarda kuru ve doymun birim hacim ağırlıklar ayrışmayla birlikte düzenli olarak azalmaktadır (Tablo 12). Granitik kayalarda, az ayrışmış granitik malzemenin kuru birim hacim ağırlığı 2.60-2.52 gr/cm³, orta derecede ayrışmış granitik malzemede 2,61-2.49 gr/cm³, yüksek derecede ayrışmış granitik malzemede 2.58-2.44 gr/cm³ tamamen ayrışmış granitik malzemede ise 2.56-2.29, gr/cm³ arasında değişmektedir (Tablo 12).

Kuru birim hacim ağırlık değerleri aglomerada 2,62-2.56, tüfte 2.63-2.56 ve kireçtaşında 2.81-2.59 gr/cm³ arasında değişmektedir (Tablo 13).

3.4.6.1.3. Porozite

Toplam porozite (%n) boşluk hacminin toplam hacmine oranı olarak tanımlanmaktadır. Toplam porozite değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$n=(1-(\gamma_k/\gamma_s)) \times 100 \quad (2)$$

Toplam porozite, ayrışma derecelerinin tanımlanmasında ve ayrışmış kayaların mühendislik özelliklerinin tahmininde kullanılmaktadır Ayrıca Onodera ve diğ. (1974) ve Tuğrul (1995) ayrışmayla meydana gelen kimyasal değişimlerin poroziteye bağlı olarak ifade edilebileceğini göstermişlerdir. Gümüşhane Granitinde kayaların ayrışması sürecinde serbest kalan bileşenlerin ortamdaki uzaklaşması, ayrışma ürünlerinin su ile kayaktan taşınması, ayrışma sürecindeki mikro kırıkların açılması ve yeni mikro kırıkların oluşması nedeniyle porozite değerleri ayrışmayla birlikte artmaktadır (Tablo 12). Porozitenin yüksek dereceye kadar artış oranı düzenli şekildeyken, bu dereceden itibaren, ayrışma ürünleri (özellikle kil minerallerinin) miktarındaki büyük artışlar ve bunların yüzeysel sularla kayaktan uzaklaşması sonucu, ani olarak büyümüştür. V. derecenin üst seviyelerinde ve kalıntı topraklarda porozite değeri, kayaç dokusunun giderek bozulması, yapının çökmesi ve demir oksit ve kil miktarındaki artış nedeniyle, oldukça değişkendir ve çoğunlukla tamamen ayrışmış granitik malzemenin porozite değerinden küçüktür.

Gümüşhane Granitik kayaçlarında, az ayrıışmış granitik malzemenin porozite değeri % 4,6-0,4 arasında değişmektedir. Porozite değeri, orta derecede ayrıışmış granitik malzemede % 7,4-0,6 yüksek derecede ayrıışmış granitik malzemede % 8,8-4,3 tamamen ayrıışmış granitik malzemede % 22,7-11,4 arasında değişmektedir (Tablo 12).

Porozite değeri ortalamaları kireçtaşlarında %3,8; tüflerde %5,34, aglomeralarda ise %4,8 olarak bulunmuştur (Tablo 13).

3.4.6.1.4. Efektif Porozite

Efektif porozite, doğgun hale getirilen örnekteki su hacminin örneğin toplam hacmine oranının yüzde olarak ifadesidir. Ortalama değeri dikkate alındığında, efektif porozite/toplam porozite oranı (n_e/n), az ayrıışmış granitik malzemede 0,23, orta derecede ayrıışmış granitik malzemede 0,75, yüksek derecede ayrıışmış granitik malzemede 0,78 dir, Efektif porozite/toplam porozite oranının ayrıışmaya bağlı olarak artması, başka anlatımla, n_e nin ayrıışma ilerledikçe n değerine yaklaşması, mikro kırıkların ve boşlukların ayrıışma ilerledikçe birbiriyle bağlantılı hale gelmesi, malzeme geçirirliğinin artması sonucudur.

3.4.6.1.5. Suda Dayanım İndeksi

Suda Dayanım İndeksi, ilk kez Franklin ve Chandra (1972) tarafından, çamurtaşlarının kısa süreli ıslanma-kuruma şeklindeki fiziksel etkilerle parçalanma durumunu belirlemek için geliştirilmiş ve ISRM (1979) tarafından standart hale getirilmiştir. Daha sonra, deney Lee ve Freitas (1988) tarafından ele alınarak yeniden düzenlenmiştir. Genellikle ayrıışmış, kayaçlar, kil içeren kayaçlar ve zayıf kayaçlar için uygulanan indeks deneylerden biri olan suda dayanım deneyi, iki standart ıslanma-kuruma devrine tabi tutulan kaya örneklerinin suda dağılmaya karşı gösterdiği direncinin belirlenmesine yöneliktir. Bu deney kayaçların ayrıışabilirliğinin değerlendirilmesinde kullanıldığı gibi ayrıışmış kayaçların tanımlanması ve sınıflandırılmasında da kullanılmaktadır. Lee ve Freitas (1988) suya dayanım deneyinin yüksek derecede ayrıışmış granitik kayaçların belirlenmesi (III ve IV. derecedeki malzemenin ayırt edilmesi) ve tanımlanmasında kullanılabilecek sayısal değeri sağladığını göstermiştir.

Suda dayanım indeksini bulmak için yaklaşık küre biçiminde her biri 40-50 gr olan 10 adet kaya parçası kullanılmıştır. İçinde kuru halde örnek bulunan deney tamburuna su ile dolu deney kabına yerleştirilip dakikada 200 devir yapacak şekilde 10 dakika süreyle

döndürülür. Bu 1. döndürme devri bittikten sonra tambur içinde kalan örnekler kurutulup tartıldıktan sonra tekrar tambur deney kabına konarak 10 dakika döndürülür. İkinci döndürme devrinden sonra tambur içinde kalan örneğin kuru ağırlığı ölçülür. Suda dağılma indeksi birinci ve ikinci devir (I_{d1} ve I_{d2}) için aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır

$$I_{d1}=(B/A)*100 \quad (3)$$

$$I_{d2}=(C/A)*100 \quad (4)$$

Burda, A: Deney öncesi örneklerin kuru ağırlığı, B: 1. döndürme devri sonunda örneklerin kuru ağırlığı, C: 2. döndürme devri sonunda örneklerin kuru ağırlığı.

Suya dayanım deneyi, Gümüşhane Granitik kayaçlarında ayrıışmış granitik kayaçların, özellikle IV derecede ayrıışmış granitik malzemenin, tanımlanmasında, mühendislik özelliklerinin tahmininde kullanılmıştır,

Suda dayanım İndeksi, az ve orta derecede ayrıışmış granitik malzemelerde büyük değerler (çoğunlukla 90-100) alırken tamamen ayrıışmış malzemelerde sıfır veya yaklaşık sıfır değerini almaktadır. Yüksek derecede ayrıışmış malzemelerde ise, I_d değeri, 50-0 arasında değişmektedir (Tablo 12).

3.4.6.1.6.Sertlik

İnceleme alanındaki kayaçların sertliği Schmidt çekici ile belirlenmiştir.

Schmidt çekici betonun yapım sonrası (yerinde) direncini ölçmek için ilk kez İsviçre’de geliştirilmiştir. Günümüzde, kayaçların sertliğini ölçmek ve basınç direncini belirlemek için geniş ölçüde Schmidt çekici kullanılmaktadır.

Schmidt çekici ile okunan geri tepme sayısını etkileyen en önemli parametrelerden biri uygulanan ölçme ve ölçüleri değerlendirme yöntemidir. Literatürde birbirinden oldukça farklı bir çok ölçme ve değerlendirme yöntemleri vardır (ISRM, 1978b; Gökten ve Ayday, 1993).

Gümüşhane yerleşim alanında yüzeylenen kayaçların sertliği, kaya bloklarında ve yüzeylenmelerde N tipi Schmidt çekici ile ölçülmüştür. Ölçüm işleminden önce süreksizliklerin ve blok örneklerin yüzeyleri dolgudan temizlenmiş ve yüzey zımpara taşıyla düzeltilmiştir.

Tablo 12. Gümüşhane yerleşim alanındaki granitik kayaların indeks özellikleri ve ayrışmayla değişimi

Kaya malzemesinin ayrışma derecesi	İstatistik değerler	Özgül Ağırlık	Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)		Porozite (%)	Efektif porozite (%)	Ağırlıkça su emme (%)	Suda dayanım indeksi (%)
			doygun	kuru				
Az ayrışmış	Ort.	2,634	2,572	2,555	3,0	1,7	0,7	98,46
	Maks.	2,640	2,603	2,600	4,6	3,0	1,2	99,01
	Min.	2,610	2,531	2,518	0,4	0,3	0,1	96,52
	S.sapma	0,011	0,017	0,019	1,0	0,7	0,3	-
Orta derecede ayrışmış	Ort.	2,638	2,553	2,520	4,5	3,4	1,3	94,30
	Maks.	2,660	2,608	2,605	7,4	7,0	2,8	96,00
	Min.	2,600	2,488	2,430	0,6	0,4	0,1	80,21
	S.sapma	0,019	0,024	0,030	1,2	1,1	0,5	-
Yüksek derecede ayrışmış	Ort.	2,639	2,527	2,480	6,0	4,7	1,9	50,2
	Maks.	2,660	2,583	2,545	8,8	8,2	3,5	70,3
	Min.	2,580	2,444	2,363	4,3	3,5	1,4	40,80
	S.sapma	0,034	0,043	0,053	1,1	1,1	0,5	-
Tamamen ayrışmış	Ort.	2,686	2,377	2,204	17,9	17,3	7,9	8,40
	Maks.	2,690	2,560	2,383	22,7	21,7	10,4	9,50
	Min.	2,679	2,293	2,076	11,4	12,2	5,3	0
	S.sapma	0,004	0,068	0,088	3,3	2,9	1,6	-

Tablo 13. Volkanitlerin ve kireçtaşının indeks özellikleri.

Kaya türü	İstatistik değerler	Özgül Ağırlık	Birim hacim ağırlık (gr/cm ³)		Porozite (%)	Efektif porozite (%)	Ağırlıkça su emme (%)
			doygun	kuru			
Kireçtaşı	ort	2,78	2,692	2,675	3,8	1,7	0,6
	mak	2,83	2,811	2,803	8,0	3,2	1,2
	min	2,73	2,591	2,567	0,9	0,7	0,3
	ssap	0,05	0,08	0,08	1,48	0,61	0,24
Tüf	ort	2,71	2,60	2,56	5,34	3,83	1,49
	mak	2,71	2,63	2,60	7,13	5,05	1,98
	min	2,71	2,56	2,51	3,98	3,07	1,19
	ssap	0,00	0,02	0,02	0,79	0,44	0,18
Aglomera	ort	2,720	2,609	2,588	4,8	2,1	0,8
	mak	-	2,671	2,657	6,4	3,9	1,5
	min	-	2,561	2,546	2,3	0,8	0,3
	ssap	-	0,035	0,036	1,32	0,94	0,36

Okumalar birbirinden en az çelik uç genişliği kadar uzakta ve süreksizliklerin 3 cm uzağında yapılmıştır. R' nin elde edildiği blok örnekler havada kurutulmuş durumda, süreksizlik yüzeyleri ise doğal nem içeriğindedir. Ölçüm yapılırken alet yüzeye dik tutulmuş ve elde edilen değerler Barton ve Choubey (1977) tarafından verilen değerler yardımıyla düşey tutuş açısına göre düzeltilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. Schimidt çekici geri tepme sayılarının aşağıya doğru dik olarak tutuluş durumuna göre düzeltme değerleri (Barton ve Choubey 1977)

Geri tepme sayısı (R)	Çekiç aşağıya doğru tutulmuş		Çekiç yukarıya doğru tutulmuş		Çekiç yatay tutulmuş
	$\alpha=-90^{\circ}$	$\alpha=-45^{\circ}$	$\alpha=+90^{\circ}$	$\alpha=+45^{\circ}$	$\alpha=0^{\circ}$
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Gökten ve Ayday (1993), ISRM (1978b) yönteminde Schimidt çekici ölçülerinin değerlendirilmesinde en yüksek % 50 lik kesiminin keyfi olarak seçildiğini, böylece sertliği ölçülen yüzeyde sert kısımların zayıf kısımlara ait veriler üzerinde belirgin duruma geçtiğini vurgulamaktadır. Yazarlar, zayıf kısımların göz ardı edilmesinin kaya sınıflandırmalarında (örneğin kazı işlemlerinde) yanlış yaklaşımlara yol açabileceğini söylemektedirler. Bu eleştiri ayrılmış kayalar için de büyük ölçüde geçerlidir. Gökten ve Ayday (1993) Schimidt çekici sertliği ölçümlerinde dağılımı temsil edecek verilerin seçiminde Chauvenet kriterinin kullanılabilceğini belirtmektedirler. Chauvenet kriterinin uygulanış şekli aşağıda verilmiştir.

- 1) Ölçülen tüm verilerin ortalaması ve standart sapması hesaplanır.
- 2) Her bir veri için standart sapma oranı hesaplanır.

$$sso = \frac{Ri - \bar{x}}{ss} \quad (5)$$

Eşitlikte, sso : standart sapma oranı, Ri: Ölçülen geri tepme sayısı, \bar{x} = ortalama geri tepme değeri, ss: standart sapma

3-) Standart sapma oranının mutlak değeri Tablo 15 'de verilen değerden büyük olan ölçüm değerleri ortalamaya katılmaz, atılır. Diğer ölçülerin ortalaması incelenen yüzey veya blok örnek için R değerini verecektir.

Ayrışma profillerinden alınan blok örneklerin sertliğini ve süreksizlik yüzeyinin direncini bulmak için elde edilen geri tepme sayıları Gökten ve Ayday (1993)' a göre ayrı ayrı hesaplanmış ve bulunan sonuçlar Tablo 16' da gösterilmiştir.

Tablo 15. Chauvenet kriteri için örnek sayılarına (N) karşılık gelen en büyük standart sapma değerleri (ss).

N	ss	N	ss	N	ss	N	ss
2	1.15	7	1.80	15	2.13	50	2.58
3	1.38	8	1.86	20	2.24	100	2.81
4	1.54	9	1.91	25	2.33	250	3.09
5	1.65	10	1.96	30	2.4	500	3.29
6	1.73	12	2.04	35	2.45	1000	3.48

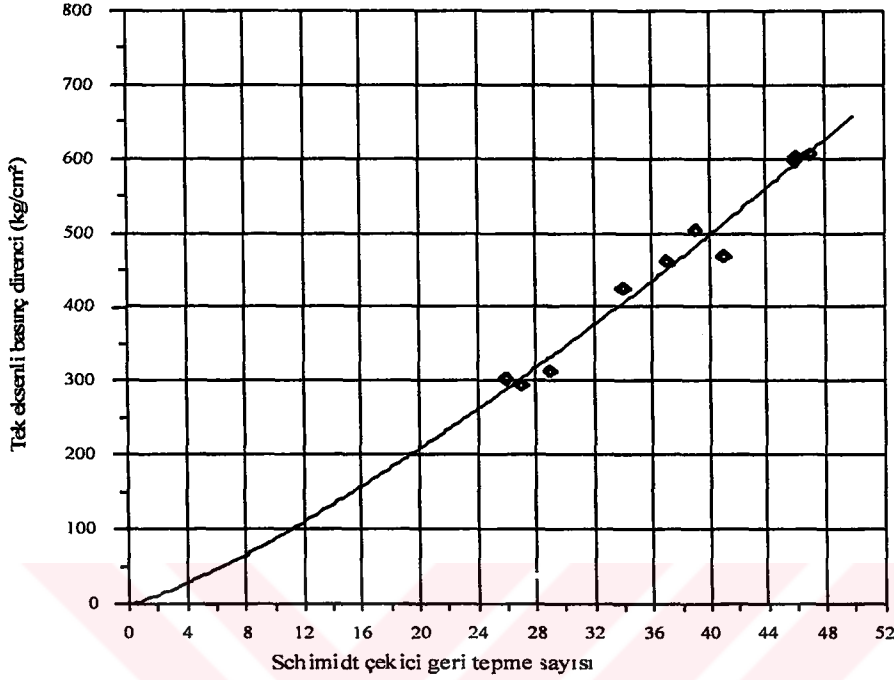
Ayrışma ilerledikçe daha yumuşak mineraller oluşur, taneler arasındaki bağ, malzemenin direnci ve elastisite modülü azalır ve bunun sonucu olarak granitik kayalarda kayacın sertliği azalmaktadır (Tablo 16).

Tablo 16. Gümüşhane Granitinin Schmidt çekici geri tepme sayıları ve farklı çalışmalarla karşılaştırılması

Ayrışma derecesi	Gümüşhane Graniti: (Bu çalışma)	Harşit Granitoidi: (Ceryan, 1999)	Granidiorit (Hong Kong, İrfan ve Powel 1985)	Granite (Hong Kong, Hencher ve Martin 1982)	Granit (İngiltere, Dearman ve İrfan 1978)
I	47-50	53-44	68-59	belirtilmemiş	66-58
II	46	45-36	68-45	>45	58-53
III	40-22	37-24	50-25	45-25	58-45
IV	30-16	25-14	30-15	25-0	45-20
V	<13	<14	<18	0	<20

Gümüşhane Granitinde tek eksenli basınç direnci (σ_c) ile Schmidt çekici geri tepme sayısı (R) arasındaki ilişki Şekil 60'daeki grafikte verilmiştir. Bu ilişki aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir:

$$\sigma_c = 4,806 R^{1,257} \quad (6)$$



Şekil 60. Gümüşhane Granitinin tek eksenli basınç direnci ile Schmidt çekici geri tepme sayısı (R) arasındaki ilişki.

Granitik kayalar, Schmidt Çekici geri tepme sayısını baz alarak de Beer (1967) tarafından hazırlanan sınıflamaya göre (Tarhan, 1989) değerlendirildiğinde, ayrışmamış ve az ayrışmış granitik kayaların çok sert kaya, orta derecede ayrışmış granitin sert ve yumuşak kaya, yüksek derecede ayrışmış granitin yumuşak ve çok yumuşak kaya, tamamen ayrışmış granitin ise toprak sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

3.4.6.2. Mekanik Özellikler

3.4.6.2.1. Nokta Yük Direnci

Nokta yükleme deneyi ile belirlenen nokta yük direnci kayaların sınıflandırmalarında, çekme direncinin tahmin edilmesinde ve özellikle tek eksenli basınç direncinin dolaylı olarak bulunmasında kullanılmaktadır. Nokta yükleme deneyinin

uygulanışı ve deney sonuçlarının değerlendirilmesi, ilk kullanıldığından bu yana büyük değişiklikler göstermiştir (ISRM 1985; Türk 1986, 1988; Türk ve Dearman, 1984, 1985)

Nokta yük direnci deneylerinde ISRM (1985) standardına uyulmuştur. Deneyler yüzeylenmelerden alınan şekilsiz parça örnekler ile kaya bloklarından hazırlanan karot örneklerinin çapsal ve aksenal olmak üzere iki yönde kırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Nokta yük direnci aşağıdaki formül ile bulunmuştur

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (7)$$

Eşitlikte; I_s : Düzeltilmemiş nokta yük direnci (kg/cm^2)

P: Örneği kıran kuvvet (kg)

D_e :Eşdeğer karot çapı (cm^2)

$D_e^2 = D^2$ (Çapsal yükleme durumu için)

$D_e^2 = 4A/\pi$ (aksenal yükleme ve şekilsiz örnekler için)

A: Yükleme noktalarından geçen minimum kesit alanı (cm^2)

$A = WD$, konik uçların örneğin içine girmesi durumunda ise; $A = W D'$

W: Genişlik (cm)

D ve D' : Yükleme noktaları arasındaki uzaklık

(7) nolu eşitlikten hesaplanan nokta yük direnci referans çapa ($D=50 \text{ mm}$) göre düzeltmek için ISRM(1985) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır;

$$I_{s(50)} = FxI_s \quad (8)$$

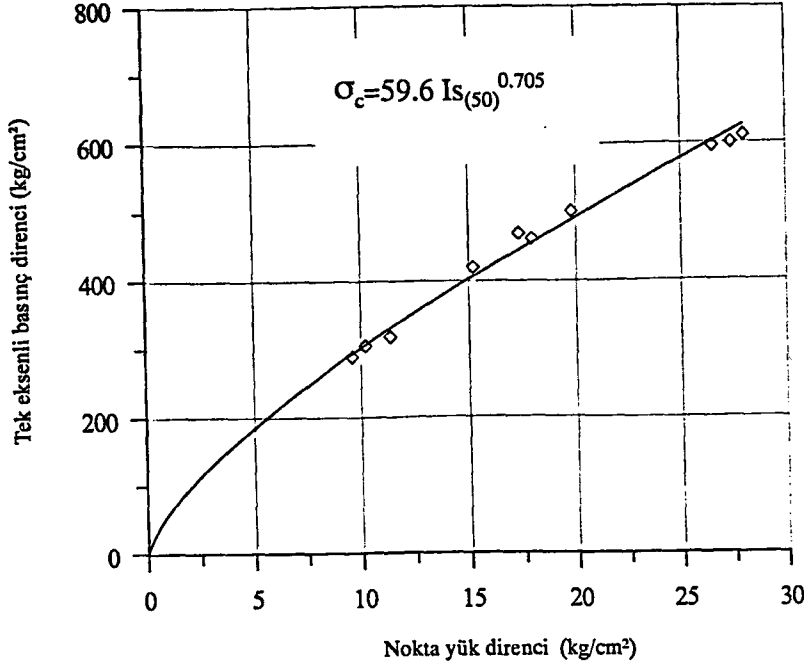
$$F = (D_e/50)^{0.45} \quad (9)$$

Eşitlikte; $I_{s(50)}$: 50 mm çaplı karota göre düzeltilmiş nokta yük direnci (kg/cm^2)

F: Boyut düzeltme faktörü dür.

Gümüşhane Graniti'nin tek aksenal basınç direnci ile nokta yük direnci arasındaki ilişki Şekil 61 'de verilmektedir.

Şekil 61 incelendiğinde, yerleşim alanındaki granitik kayalarda tek aksenal basınç direnci ile nokta yük direnci arasında anlamlılık düzeyi oldukça yüksek olan lineer bir ilişkinin bulunduğu görülmektedir.



Şekil 61. Gümüşhane yerleşim alanındaki granitik kayalarda tek eksenli basınç direnci ile nokta yük direnci arasındaki ilişki.

Gümüşhane Graniti için hesaplanan k katsayısının ($\sigma_c / I_{s(50)}$ oranının) 22.1-32.0 arasında değiştiği ve ayrışmayla birlikte arttığı belirlenmiştir $\sigma_c / I_{s(50)}$ az ayrışmış granitik kayalarda 21.5-22.3, orta derecede ayrışmış granitik malzemede 25,9-27.6, yüksek derecede ayrışmış granitik malzemede 27.7-32.0 arasında değişmektedir, ISRM (1985)'de $\sigma_c / I_{s(50)}$ oranını homojen, izotrop taze kayalarda 20-25, anizotrop kayalarda 15-50 arasında değiştiği belirtilmektedir. Hawkins (1997), değişik litoloji, çap ve şekildeki örneklerin $\sigma_c / I_{s(50)}$ oranının çok farklı olduğunu (10-68,5 arasında değiştiğini) belirterek, genellemelerden kaçınılarak, söz konusu oranın her çalışma alanı için bulunmasının daha anlamlı olacağını belirtmektedir.

Nokta yükleme deneyinde örnek çekme gerilmeleri altında kırılmaktadır. ISRM (1985)'de $\sigma_t / I_{s(50)}$ oranının yaklaşık 1.25 olduğu belirtilmektedir. Gümüşhane Granitinde $\sigma_t / I_{s(50)}$ oranının ayrışmayla birlikte düzenli şekilde değişmediği ve 2.4-2.53 arasında yer aldığı belirlenmiştir.

İnceleme alanında yüzeylenen kireçtaşlarının nokta yük direnci 71 kg/cm², Tüflerin ise 22,5 kg/cm² olarak bulunmuştur (Tablo 18).

Gümüşhane Graniti nokta yük dirençleri Bieniawski (1975)'ye göre değerlendirildiğinde, az ayrışmış granitik kaya malzemesinin orta dirençli, orta derecede

ayrışmış granitik kayacın düşük dirençli, yüksek derecede ayrışmış granitik kayacın ise çok düşük dirençli kaya sınıfında yer aldığı gözlenmiştir.

Aynı sınıflamada kireçtaşları yüksek dirençli, tüfler orta dirençli kaya sınıfında yer almaktadır.

3.4.6.2.2. Tek Eksenli Basınç Direnci

Tek eksenli basınç direnci, kayaların en önemli mühendislik özelliklerden biridir ve yaygın olarak malzeme tanımlanmasında da kullanılmaktadır. Tek eksenli basınç direnci, kaya malzemesinin ve kaya kütlesinin sınıflandırılmasında en çok kullanılan özelliklerden biri olup, jeoteknik uygulamaların bir çoğunda gerekli olan tasarım parametrelerindedir. Bu nedenle, inceleme alanındaki kayaların tek eksenli basınç direnci hem laboratuvar deneyleriyle (tek eksenli basınç deneyi), hem de arazide uygulanan deneylerle (Schmidt Çekici ile sertlik ölçümü ve Nokta yük deneyi) belirlermiştir.

Gümüşhane yerleşim alanı kayalarının basınç dirençleri TSE 2028 (1975) esaslarına göre kaya bloklarından çıkarılan karot örnekleri üzerinde yapılan deneylerle belirlenmiştir.

Tamamen ayrışmış granitik malzemedен teknik imkansızlıklar nedeniyle karot örnekler alınamamıştır. Bu tür malzemedен arazideki yüzeylenmelerden alınarak laboratuvara getirilen blok örneklerden kesilerek 50-150 mm boyutlarında küp şekilli örnekler hazırlanmış ve bu örnekler üzerindeki tek eksenli basınç direnci deneyleri yapılmıştır.

Karot örneklerinin boyutları $L/D=2$ olacak şekilde alınmaya çalışılmıştır. Deneyde kullanılan ve $L/D=2$ şartını sağlayamayan örneklerde Szlavin (1974) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak boyut düzeltilmesi yapılmıştır.

$$\sigma_c = \frac{\sigma_c}{0.304D/L + 0.848} \quad (10)$$

Eşitlikte; σ_c , düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci (kg/cm^2), σ'_c , deneylerde bulunan tek eksenli basınç direnci (kg/cm^2), D ise çaptır (mm).

Granitik kayalardan ve tüflerden alınan bloklardan çıkartılan karot örneklerinin çapları 42 mm, aglomera için hazırlanan karotların çapları ise 75 mm dir. Değişik çapa

sahip örnekler üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçları Hoek ve Brown (1980) tarafından verilen aşağıdaki formül kullanılarak, referans çapa (50 mm ye) göre düzeltilmiştir ve bulunan sonuçlar Tablo 17 ve 18' de verilmiştir.

$$\sigma'_c = \sigma_c (50 / D)^{0.18} \quad (11)$$

Eşitlikte, σ_c : deneyde bulunan tek eksenli basınç direnci (kg/cm^2), σ'_c : 50 mm çaplı karota göre düzeltilmiş tek eksenli basınç direnci (kg/cm^2), D: çap (mm)

Ayrışma sürecinde, granitik malzemenin fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimlerin tek eksenli basınç direncine etkisini belirlemek için Gümüşhane Graniti tek eksenli basınç direnci ile indeks özellikler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Ayrışma sürecinde, mikrokırıkların gelişmesi ve giderek birbiriyle bağlantılı hale gelmesi, kimyasal yıkanma ve ayrışma ürünlerinin suyla taşınması sonucunda, granitik malzemenin porozitesi (n), efektif porozitesi (n_e), ağırlıkça su emmesi (S_a) artarken birim hacim ağırlığı (γ_k, γ_d), suda dayanım indeksi (I_d) ve boyuna elastik dalga hız değerleri (malzemenin daha boşluklu hale gelmesine ek olarak ayrışma ürünlerinin, kil miktarının artması nedeniyle) azalmıştır. İndeks özelliklerdeki bu değişim sonucu tek eksenli basınç direnci, ayrışma arttıkça, azalmıştır (Tablo 17). Az ayrılmış granitik malzemenin tek eksenli basınç direnci 599 kg/cm^2 , orta derecede ayrılmış granitik malzemenin 474 kg/cm^2 , yüksek derecede ayrılmış granitik malzemenin 303 kg/cm^2 , tamamen ayrılmış granitik malzemenin ise 14 kg/cm^2 dir.

Tek eksenli basınç direnci, kireçtaşlarında 1575 kg/cm^2 , az ayrılmış tüfde 549 kg/cm^2 ve az ayrılmış aglomerada ise 572 kg/cm^2 olarak bulunmuştur (Tablo 18). Aglomera ve tüflerde ancak az ayrılmış kütlelerden karot örnekleri alınabilmektedir. Özellikle yüksek derece ve tamamen ayrılmış kaya kütlelerinin yoğun eksfoliasyon göstermesi karot alımını engellemiştir.

İnceleme alanındaki kayaçlar tek eksenli basınç direncine göre ISRM(1985) tarafından verilen sınıflandırma ile karşılaştırılırsa az ayrılmış granitler, dirençli kaya; orta derecede ayrılmış granitler, orta dirençli kaya; yüksek derecede ayrılmış granitler, orta-zayıf dirençli kaya; tamamen ayrılmış granitler ise zayıf kaya sınıfında yer almaktadır.

Aynı sınıflamada ayrılmamış ve kireçtaşları çok yüksek dirençli kaya, az ayrılmış tüf ve aglomeralar dirençli kaya sınıfında yer almaktadır.

3.4.6.2.3. Çekme Direnci

Mühendislik çalışmalarında, çekme direnci değerlerine, tek eksenli basınç direncine göre daha az ihtiyaç duyulmasına karşın, özellikle kayaçların kazılabilirliğinde; yeraltı kazılarında, patlayıcı madde kullanımında, sökülebilirlikte çekme direncinin bilinmesi gerekmektedir.

İnceleme alanındaki kayaçların çekme direnci kuru örnekler üzerinde TS 7674 (1989) 'e göre Brezilyan deneyi yapılarak belirlenmiş ve bulunan sonuçlar Tablo 17 ve 18' de verilmiştir. Çekme direnci aşağıda verilen eşitlikle bulunmuştur.

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL} \quad (12)$$

Eşitlikte, σ_t (kg/cm^2), indirekt çekme direnci, P (kg), örneği kıran kuvvet D (cm), örnek çapı ve L (cm), örnek boyudur

Deneyler sırasında, örnekler, çoğunlukla, yükleme doğrultusundan geçen düşey bir düzlem boyunca kırılmışlardır .

Gümüşhane Granitinde, çekme direnci değerleri, az, ayrılmış granitik malzemede 62 kg/cm^2 , orta derecede ayrılmış malzemede $47-39 \text{ kg/cm}^2$ arasında yüksek derecede ayrılmış malzemede 26.4 kg/cm^2 , tamamen ayrılmış granitte ise Brezilyan deneyi gerçekleştirilmemiştir. Granitik malzemenin çekme direncinin ayrılmayla azalmasında rol oynayan en önemli faktörler; tane sınırlarının ve mikrokırıkların açılması, yeni mikrokırıkların oluşması, kırık ve boşlukların giderek birbiriyle bağlantılı hale gelmesidir.

Gümüşhane Granitinde σ_C/σ_t oranı ayrılmayla birlikte artmaktadır . σ_C/σ_t oranı, az ayrılmış granitik malzemede 9.7, orta derecede ayrılmış granitik malzemede 10.85 ve yüksek derecede ayrılmış granitik malzemede ise 11.48 dir. Teorik olarak σ_C/σ_t oranının 8 olması gerekmektedir (Griffith, 1927), ancak önceki çalışmalarda da söz konusu oranın çoğunlukla 8 den büyük olarak bulunduğu görülmektedir (Lee, 1987; Boynukalın, 1990; Tuğrul, 1995, Ceryan 1999)

Çekme direnci ortalama değerleri kireçtaşlarında 148 kg/cm^2 tüflerde ise 51 kg/cm^2 olarak bulunmuştur (Tablo 18).

3.4.6.2.4. Kesme Direnci Parametreleri

İnceleme alanındaki granitik kayaçların, kireçtaşı ve tüflerin kohezyon (C) ve içsel sürtünme açısı(ϕ), 31 mm çaplı karot örnekleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleriyle saptanmıştır. Deneyler TS 2029 (1975) esaslarına göre yapılmıştır.

Az ayrıışmış granitik malzemenin kohezyonu 155 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 54 derecedir. Ayrışma ilerledikçe, orta derecede ve daha fazla ayrıışmış granitik malzemede mikrokırık oranı, ayrışma ürünleri ve özellikle kil miktarındaki artışa bağlı olarak, kesme parametreleri (özellikle kohezyon) önemli ölçüde azalmaktadır. Kohezyon değeri, orta derecede ayrıışmış malzemede $120-130 \text{ kg/cm}^2$ arasında değişmektedir. Yüksek derecede ayrıışmış malzemede ise 95 kg/cm^2 'dir. İçsel sürtünme açısı, orta derecede ayrıışmış malzemede 48 derece yüksek derecede ayrıışmış malzemede 40 derecedir, tamamen ayrıışmış malzemede ise 36-42 derece arasında değişmektedir (Tablo 19).

Berdiga formasyonuna ait kireçtaşlarının da kohezyonu 225 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 64 derece, Alibaba Eosen yaşlı ait bazik volkanitlere ait tüflerin kohezyonu 145 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 42 derece olarak bulunmuştur (Tablo 19).

3.4.6.3. Elastik Özellikler

3.4.6.3.1. Ultrasonik Hız Değerleri

Boyuna elastik dalganın inceleme alanında yüzeylenen kayaçlar içerisindeki yayılma hızı karot örnekler üzerinde DIGI-EG-C2 ultrasonik deney aleti kullanılarak yapılan deneylerle belirlenmiştir.

Deneylerde ultrasonik ses dalgasının, kuru ve doygun karot örneklerini geçme zamanları mikro saniye olarak ölçülmüştür. Daha sonra karot boylarından da yararlanarak, boyuna dalganın her örnek içerisindeki yayılma hızı hesaplanmıştır.

Kuru haldeki örneklerde ölçülen boyuna dalga hızı, kayacın mineralojik bileşimi ile dokusuna ve porozitesine doygun örneklerde ise kayacın mineralojik bileşiminin yanısıra doygunluk derecesine bağlıdır. Gümüşhane Graniti'nde ayrışma ilerledikçe, ayrışma ürünü miktarı ve boşluk oranı artmaktadır. Bu artışın sonucu olarak da boyuna dalga hızı azalmıştır. Kuru halde ölçülen ultrasonik hız değerleri az ayrıışmış granitik malzemede 3136 m/sn , orta derecede ayrıışmış granitik malzemede 2456 m/sn yüksek

derecede ayrılmış granitik malzemede 2160 m/sn, tamamen ayrılmış granitik malzemede ise 736 m/sn' dir

Ultrasonik dalga hızı Berdiga Kireçtaşı'nda 4294 m/sn, Eosen yaşlı bazik volkanitlerin tüflerinde 3330 m/sn, aglomeralarında 4016 m/sn olarak bulunmuştur (Tablo 21).

Tablo 17. Granitik kaya malzemesinin mekanik özellikleri ve ayrışmayla değişimi

Ayrışma derecesi	İstatistik değerler	Tek eksenli basınç direnci (kg/cm ²)	İndirekt çekme direnci (kg/cm ²)	Nokta yük direnci (kg/cm ²)
Az ayrılmış	Örnek sayısı	55	19	83
	Ort	599	62	27,4
	Maks.	654	77	31,2
	Min.	479	56	23,9
	Ssap ma	48	8	2,1
Derecede Orta Ayrılmış	Örnek sayısı	60	21	105
	Ort	474	43	17,4
	Maks.	658	56	21,2
	Min	343	33	13,8
	Ssap ma	96	6	1,8
Derecede Yüksek Ayrılmış	Örnek sayısı	49	18	76
	Ort	303	26,390	10,300
	Maks.	392	29,404	12,300
	Min	223	20,351	8,200
	Ssap ma	53	3,019	1,500
Tamamen Ayrılmış	Örnek sayısı	35	-	-
	Orta	14,0	-	-
	Maks.	21,6	-	-
	Min	7,9	-	-
	Ssap ma	4,3	-	-

Tablo 18. Kireçtaşı, tuf ve aglomeraların mekanik özellikleri

Kaya türü	İstatistik değerler	Tek eksenli basınç direnci (kg/cm ²)	İndirekt çekme direnci (kg/cm ²)	Nokta yük direnci (kg/cm ²)
Kireçtaşı	Ornek sayısı	30	14	50
	Ort.	1575	148	71,0
	Maks.	2023	234	84,5
	Min.	718	9	58,6
	Ssap.	351,7	54,8	6,7
Tuf	Ornek sayısı	25	12	35
	Ort.	549	51	22,5
	Maks.	703	75	29,6
	Min.	417	28	18,3
	Ssap.	90,9	15,9	5,6
Aglomera	Ornek sayısı	10	-	-
	Ort.	572	-	-
	Maks.	648	-	-
	Min.	453	-	-
	Ssap.	82	-	-

Tablo 19. Gümüşhane yerleşim alanında yüzeylenen kayaçların kesme direnci parametreleri.

Tanımlama	Hücre basıncı σ_3 (kg/cm ²)	Normal Gerilme σ_1 (kg/cm ²)	Kohezyon c (kg/cm ²)	İçsel sürtünme açısı ϕ (derece)
Az ayrılmış granitik malzeme	50	1430	155	54
	100	1915		
	150	2365		
Orta derecede ayrılmış granitik malzeme	50	1025	130	48
	100	1340		
	150	1700		
	50	955	120	48
	100	1290		
	150	1650		
Yüksek derecede ayrılmış granitik malzeme	50	640	95	40
	100	877		
	150	1092		
Kireçtaşı	50	2887	225	64
	100	3820		
	150	4785		
Tüf	50	904	145	42
	100	1155		
	150	1410		

3.4.6.3.2. Dinamik Elastisite Modülü

Gümüşhane yerleşim alanındaki kayaçların dinamik elastisite modülü Youash (1970) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunmuştur.

$$E = D W f^2 \quad (13)$$

Eşitlikte, E: Dinamik elastisite modülü (lb/in²), W: Örneğin ağırlığı (lb), D: silindirik örnekler için 0.01318 L/D², prizma örnekler için 0.01035 L/(cb) (sn²/in²), L: Örnek boyu (in), D: Örnek çapı (in), c ve b: Prizma örneğin enine kesitinin boyutları (in), f : Boyuna titreşim frekansı (devir/sn), t: Elastik dalganın örneği katetme zamanı

(μsn) dir. Alet kullanım kılavuzunda $f=1/2t$ olarak verilmektedir. (13) nolu eşitlik metrik sisteme döndürüldüğünde aşağıdaki şekli almaktadır (Bulut, 1989):

$$Ed = 1,29x(L/d^2) \times Wx(1/t)^2 \times 10^6 \quad (14)$$

Bu eşitlikte, E_{de} ; dinamik elastisite modülünü (kg/cm^2), L ; örnek boyunu (cm), d ; örnek çapını (cm), W ; örnek ağırlığını (gr) ve t ise ultrasonik ses dalgasının örneği katetme zamanını (mikrosaniye) göstermektedir.

İnceleme alanındaki granitik kayalar, aglomera ve tüfler ile kireçtaşlarından alınan, $L=2D$ boyutlu kuru ve doygun örneklerinde elastik dalganın örneği katetme zamanı ölçülmüş ve (14) nolu eşitlik yardımıyla dinamik elastisite modülleri bulunmuştur. Elastisite modüllerinin ortalama değerleri Tablo 20 ve 21' de verilmiştir.

Tablo 20 incelendiğinde Gümüşhane Granitinden alınan kuru örneklerdeki dinamik elastisite modülü (E_d) değerinin ayrışmayla birlikte azalmakta olduğu görülmektedir. E_d değerler az ayrışmış malzemede $2.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, orta derecede ayrışmış malzemede $1.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$, yüksek derecede ayrışmış malzemede $1.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ve tamamen ayrışmış malzemede $0.13 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir..

Ayrışma sürecinde, granitik malzemede mikrokırıklar ve tane sınırları açılmakta, yeni mikrokırıklar oluşmakta ve ayrışmış mineral ve ayrışma ürün miktarları artmaktadır bunun sonucu olarak, birim hacim ağırlık ve boyuna dalga hızı ve dolayısıyla dinamik elastisite modülü azalmaktadır.

Doygun örneklerin dinamik elastisite modülü değeri, kuru örneklerin dinamik elastisite modüllerinden daha büyüktür. Doygun örneklerde, boyuna dalga hızı ölçümünde, boşluklardaki su, malzemenin deformasyonunu kısıtlamaktadır ve bunun sonucu olarak doygun haldeki örneklerin elastisite modülü kuru örneklerinkine göre daha büyük olmaktadır.

Tablo 20. Granitik kaya malzemesinin elastik özellikleri ve ayrışmayla değişimi.

Ayrışma derecesi	İstatistik değerler	Ultrasonik Dalga Hızı (m/sn)		Dinamik Elastisite Modülü (kg/cm ²)	
		Doygun	Kuru	doygun	kuru
Az ayrışmış	Ornek sayısı	120	120	120	120
	Ort	3549	3136	331240	256756
	Max	4193	3700	455118	351380
	Min	2591	2192	175778	125146
	Ssap ma	353	304	64708	47602
Orta Derecede Ayrışmış	Ornek sayısı	125	125	125	125
	Ort	2980	2456	235577	157801
	Max	4213	3718	455742	351969
	Min	1898	1671	94190	71038
	Ssap ma	485	396	76145	52159
Yüksek Derecede Ayrışmış	Ornek sayısı	95	95	95	95
	Ort	2447	2159	158027	119430
	Max	3156	2663	257720	180651
	Min	1723	1570	74830	62492
	Ssap ma	419	291	54069	32513
Tamamen Ayrışmış	Ornek sayısı	80	80	80	80
	Orta	1228	736	39193	13089
	Max	1528	965	58205	21917
	Min	735	453	12558	4335
	Ssap ma	331	196	18859	6405

Tablo 21. Kireçtaşı, tuf ve aglomeraların elastik özellikleri.

Kaya türü	İstatistik değerler	Ultrasonik Dalga Hızı (m/sn)		Dinamik Elastisite Modülü (kg/cm ²)	
		Doymun	Kuru	Doymun	Kuru
Kireçtaşı	ort	4613	4294	588867	508490
	mak	5419	5100	799398	686377
	min	3882	3558	419928	350004
	ssap	418,6	427,0	116689,0	109733,2
	ort Tuf)	3600	3330	349056	296634
Tuf	mak	4273	4006	486287	421720
	min	2634	2108	182503	114896
	ssap	545,4	587,7	101032,7	97907,8
	ort	4227	4016	472718	423213
Aglomera	mak	4330	4124	491300	441227
	min	3947	3856	417503	400204
	ssap	101	84	18648	12603

3.5. Gümüşhane Yerleşim Alanındaki Kaya Kütlelerinin Jeomekanik Sınıflama (RMR) Sistemine Göre Sınıflandırılması

Jeomekanik sınıflama sistemi (Rock Mass Rating- RMR), Bieniawski (1973) tarafından ilk kez Güney Afrika Sınıflandırma Sistemi olarak önerilmiş ve daha sonraki yıllarda yöntem, bazı değişiklikler yapılarak geliştirilmiş ve eldeki mevcut bir çok durum için modifiye edilerek uluslar arası standartlara uydurulmuştur. RMR sistemi ilk kez önerilmesinden sonraki yıllarda bir çok araştırmacı tarafından değişik amaçlar için uygulanarak ilaveler yapılmıştır. RMR Sisteminin 351 adet farklı mühendislik uygulamasında kullanılması, tünellerde, galerilerde, maden ocaklarında , yamaçlarda ve temellerde uygulanabilirliği ve kullanım kolaylığı göstermesi sistemin kabulüne işaret.

etmektedir. Bu çalışmalardan bazıları şöyle sıralanabilir: Maden uygulamaları, Laubscher (1977, 1984); kazılabilirlik, Weaver (1975); sert kaya madenciliği (hard rock mining), Kenderski ve diğerleri (1983); kömür madenciliği, Unal (1983), Newman ve Bieniawski (1986); Baraj temelleri Serafim ve Pereira (1983); tünel çalışmaları, Gonzalez de vallejo (1983); yamaç stabilitesi, Romana (1985) ve Hint kömür madenleri (Venkateswarlu, 1986) gibi önemli uygulamalardır (Bieniawski, 1989). Bu uygulamalarla sisteme yeni ilaveler yapılmış ve bu değişikliklerden sonra 1989 yılında yöntem son şekline ulaşmıştır (Bieniawski, 1989).

RMR Sistemi, kaya kütlelerinin mühendislik amaçları için sınıflandırılmasına yönelik puanlama sistemidir.

RMR sistemine göre, kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında aşağıdaki parametreler kullanılmaktadır:

- 1.Kayacın nokta yük dayanım indeksi veya tek eksenli basınç dayanımı
- 2.Kaya kalitesi özelliği (RQD)
- 3.Süreksizlik ara uzaklığı
- 4.Süreksizliklerin durumu
- 5.Yeraltı suyu şartları
- 6.Süreksizliklerin yönelimi

Sistemde bu 6 parametreye ait puan değerleri de yer almakta ve parametrelere verilen puanların toplamına göre kayalar sınıflandırılmaktadır (Tablo 20).

Gümüşhane yerleşim alanı kayaları RMR sistemine göre sınıflandırılırken, kaya kütlelerinin farklı ayrışma derecelerini belirleyecek ve yerleşim alanının hemen hemen tamamını kapsayarak ayrışma bölgelerinin de özelliklerini ortaya çıkartacak şekilde as alanlar belirlenmiştir. Her istasyon noktasında belirlenen şevlerde, 36m uzunluğundaki şerit metre çekilerek çizgisel hat boyunca ölçümler yapılmıştır.

Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan kaya birimleri (granit, aglomera ve kireçtaşı)'nde, RMR sisteminin bahsedilen 6 parametresi, her ayrışma bölgesinde ve kütlenin ayrışma miktarının dereceli geçişini belirleyen ayrışma profillerinde arazi gözlemleri, ölçümleri ve laboratuvar deneyleri sonucunda belirlenmiş ve bu parametreler puanlandırılarak kaya kütleleri sınıflandırılmıştır.

Birinci önemli parametre olan tek eksenli basınç dayanımı Granitik kayalarda az, orta, yüksek ve tamamen ayrılmış; aglomeralarda, az, orta ve yüksek derecede ayrılmış;

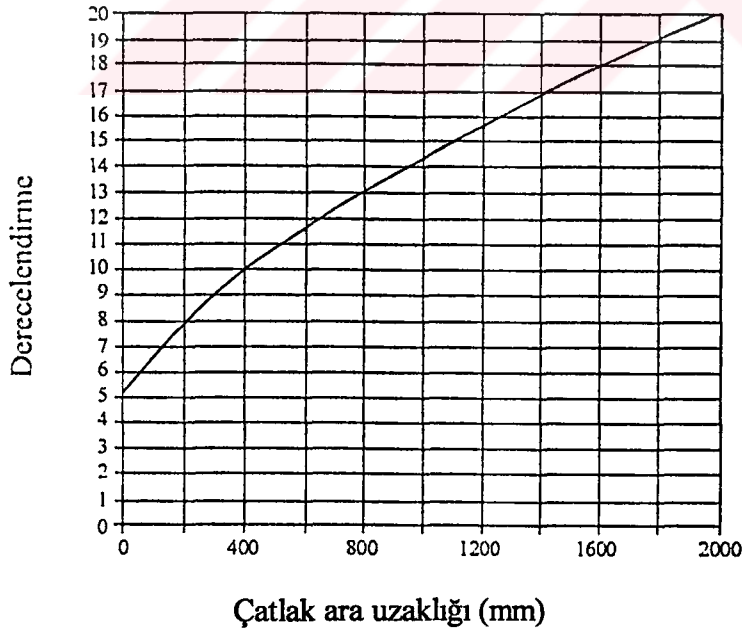
kireçtaşlarında ise taze kaya kütlelerinden alınan karotlar üzerinde yapılan laboratuvar deneyleriyle belirlenmiştir. Karot alınması mümkün olmayan şartlarda ise nokta yük deneyinden faydalanılmıştır.

İkinci parametre olan RQD değerleri, arazide her istasyonda şerit metre ile yapılan ölçümler neticesinde metredeki çatlak sayısı λ belirlenerek bulunmuştur.

Süreksizlik arası uzaklığı ve süreksizliklerin durumunu içeren üçüncü ve dördüncü parametreler yerleşim alanı ve çevresinde seçilen istasyon noktalarında yapılan detaylı ölçümler ile belirlenmiştir.

Bieniawski (1976) tarafından verilen jeomekanik kaya sınıflamasında tek eksenli basınç dayanımı, RQD ve süreksizlik ara uzaklıklarının belirli aralıkları için yapılan puanlaması bir değer ile temsil edilmiştir. Bieniawski (1989) yılında puanlamaya yeni bir ilave yaparak bu durumu düzeltilmiş ve süreksizlik ara uzaklığı- puanlama tek eksenli basınç direnci-puanlama, ve RQD-puanlama arasındaki ilişkileri fonksiyonel olarak tanımlanmış ve grafik olarak sunmuştur (Şekil 62 ve 63).

RMR Siteminin 5. önemli parametresi olan yer altı suyu şartları her bölgeye ait istasyonlarda ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yağmur ve kar sularının çok çatlaklı kaya kütlelerinden süzülerek süreksizlik yüzeylerini nemli hale getirebileceği olasılığı göz önüne alınarak, çok çatlaklı kaya kütlelerindeki etütlerde nemli koşul kabul edilmiştir.



Şekil 62. Jeomekanik Sınıflama Sisteminde süreksizlik ara uzaklığı değerleri için puan belirleme abağı, (Bieniawski, 1989'dan).

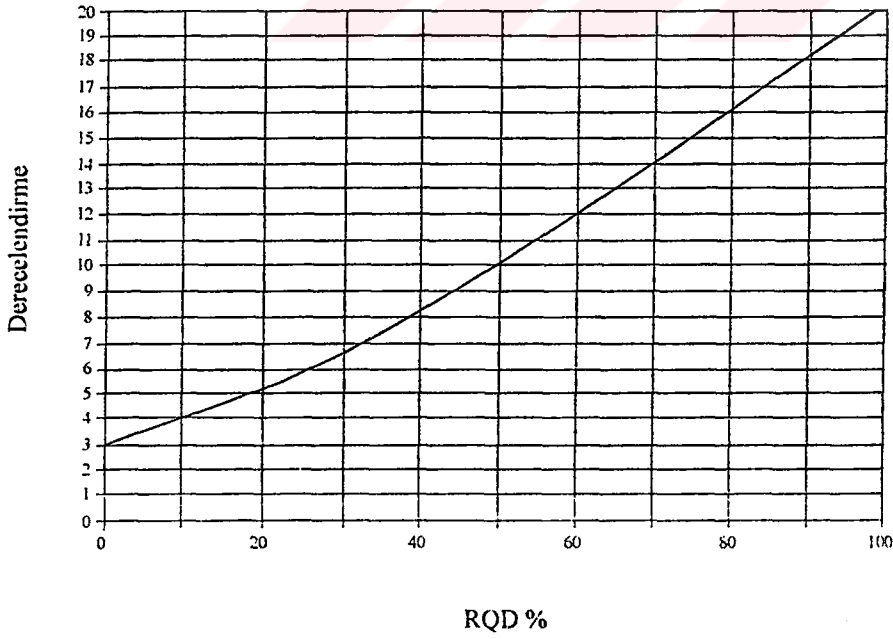
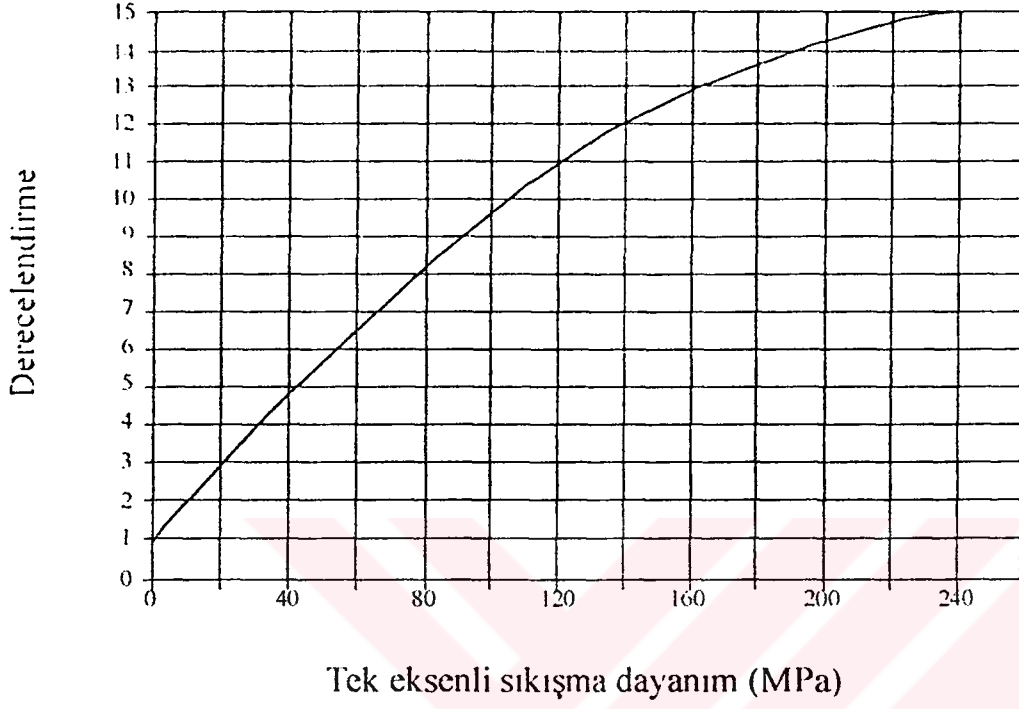
Son parametre olan süreksizlik yöneliminin etkisi tünel, maden, yamaç veya temel gibi mühendislik uygulamalarına göre değişmektedir. Süreksizlik yönelim parametrelerinin değeri nicelik değerleri vermemekte ancak puanların düzeltilmesini yönlendirmektedir. Mühendislik yapılarının doğrultularıyla süreksizlik doğrultu ve eğim yönleri arasındaki ilişkiye göre olan bu düzeltme, RMR sisteminin uygulanmasında önemli sorun oluşturmaktadır. Bieniawski (1989) tarafından RMR'a göre verilen sınıflandırmada tünellerdeki düzeltme için detay verilmesine rağmen temel ve şevler için aynı detay ilişkiler verilmemiştir. Fakat temel ve şevlerin de tünel gibi düşünülüp süreksizlik doğrultu ve eğim yönü ile şev doğrultusunun ilişkilendirilerek düzeltme yapılması öngörülmüştür. Düzeltmeler bu görüş doğrultusunda yapılarak, az ve orta derecede ayrılmış kaya kütlelerinin temel olması durumunda -2, yüksek derecede ayrılmış kaya kütlelerinin temel olması durumunda ise -7 düzeltme puanı uygulanmıştır. Gerek ayrışma profillerinde, gerekse ayrışma bölgelerinde RMR parametreleri belirlenerek Tablo 22 ile Şekil 62 ve Şekil 63' de verilen grafikler kullanılarak puanlandırılmış ve puanların toplamı neticesinde belirlenen RMR değerleri ve kaya sınıfları Tablo 23-27 'de sunulmuştur.

3.6. Yerleşim Alanı Kayaçlarının Kazılabilirliği

Kent jeolojisi parametrelerinden bir diğeri de, yerleşim alanındaki kayaçların kazılabilirliğidir. Çünkü, yeraltında ya da üstünde yapılacak her türlü yapı türünde küçük veya büyük hacimli kazılar yapılır. Bu sebeple, kazılacak kayaçların türü ve mühendislik özelliklerinin yanında kazılabilme derecelerinin de bilinmesi gerekir. Kazı ortamının iyi bilinmesi ve kazı makinalarının seçimi, kazı esnasında karşılaşılabilecek problemleri ve maliyeti minimuma indirecektir. Bu nedenle yerleşim alanındaki kayaçların kazılabilirlik dereceleri, hem jeofizik yöntemle (sismik kırılma yöntemi) hem de jeomekanik parametrelerle değerlendirilmiştir.

3.6.1. Yerleşim Alanı Kayaçlarının Kazılabilirliğinin Sismik Kırılma Yöntemiyle Belirlenmesi

Kazılabilirlik, toprak ve kaya zeminlerin çeşitli tip ve güçteki kazı makinaları ile sökülebilmeye özelliğidir. Bu özellik, zeminin dokusu, özgül ağırlığı, su içeriği, tabakalanma durumu, ayrışma derecesi, kimyasal bileşimi, çatlak sıklığı, çimentolanma derecesi, v.b. parametrelere bağlıdır.



Şekil 63. Jeomekanik sınıflama sisteminde tek eksenli sıkışma dayanımı ve RQD için puan belirleme abakları (Bieniawski, 1989).

Tablo 22. Jeomekanik Sınıflama (RMR Sistemi) (Bieniawski, 1989).

A. SINIFLAMA PARAMETRELERİ VE DERECELERİ

	Sağlam kayacın Dayanımı	Nokta yük dayanım indeksi	> 10 MPa	4-10 Mpa	2-4 MPa	1-2 MPa	Düşük aralıklar için tek eksenli test		
		Tek eksenli basınç dayanım	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
1	Derecelendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Kayaç kalitesi özelliği RQD		%90-%100	%75-%90	%50-%75	%25-%50	<%25		
2	Derecelendirme		20	17	13	8	3		
3	Süreksizlik aralığı		>2m	0,6-2m	200-600 mm	60-200 mm	<60mm		
3	Derecelendirme		20	15	10	8	5		
4	Süreksizliklerin durumu		Çok kaba yüzeyler sürekli değil, ayrılma yok, sert eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler, Ayrılma<1mm Sert Eklem yüzeyleri	Az kaba yüzeyler Ayrılma<1mm. Yumuşak eklem yüzeyleri	Sürtünme izli yüzeyler veya dolgusu <5mm veya 1-5mm açık eklemeler, sürekli eklemeler	Yumuşak fay dolgusu, >5mm kalınlıkta veya açık eklemeler, >5mm devamlı süreksizlikler.		
4	Derecelendirme		30	25	20	10	0		
5	Yer altı suyu	Tünelin 10. m'lik kısmından gelen	Yok	10litre/dak.	<25 litre/dak.	25-125 litre/dak.	>125 litre/dak.		
		Oran							
	Eklemden su basıncı	0	0-1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5			
	Ana asal gerilme								
Genel koşullar		Tamamen kuru	Nemli	Islak	Damlama	Su akışı			
5	Derecelendirme		15	10	7	4	0		

B. EKLEM YÖNELEMİNE GÖRE DÜZELTME

Eklemelerin doğrultu ve eğim yönelimi		Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil
Derecelendirme	Tünel	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Şevler	0	-2	-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←81	80←61	60←41	40←21	<20

D. TÜNELDE EKLEM EĞİM VE EĞİM YÖNÜNÜN ETKİSİ

Doğrultu tünel eksenine dik				Doğrultu tünel eksenine paralel		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 20°
Eğim yönünde ilerleme		Eğime dik yönde ilerleme				
Eğim 45°-90°	Eğim 20-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Hiç uygun değil	Orta	Orta

Tablo 23-27 incelendiğinde kaya kütlelerinin ayrışma derecesi arttıkça RMR puanlarının azaldığı gözlenmektedir.

Tablo 23. Aglomera kaya kütlelerinin ayrışma profillerinde (farklı ayrışma derecelerinde) belirlenen RMR puanları ortalamaları ve değişim aralıkları ile kaya sınıfları

Kaya Türü	Kaya kütlesi ayrışma derecesi	RMR Puanı		Kaya Sınıfı
		max-min	art ort	
Aglomera	Az ayrılmış	62-55	58,9	İyi-Orta kaya
	Orta derecede ayrılmış	59-44	51,3	Orta kaya
	Yüksek Derecede ayrılmış	52-31	44,88	Orta -Zayıf kaya

Tablo 24. Aglomeraların ayrışma bölgelerine göre RMR puanlarının ortalamaları ve değişim aralıkları ile kaya sınıfları

Kaya türü	Ayrışma bölgesi	RMR puanı		Kaya sınıfı
		Maks.-Min.	Art. Ort.	
Aglomera	5	62,05-40,94	51,26	İyi-Orta kaya
	6	53,67-39,41	46,83	Orta -Zayıf kaya
	7	46,41-31,12	41,15	Orta -Zayıf kaya

Tablo 25. Granitik kayaç kütlelerinin ayrışma profillerinde belirlenen RMR puanları ortalamaları ve değişim aralıkları ile kaya sınıfları.

Kaya Türü	Kaya kütlesi ayrışma derecesi	RMR Puanı		Kaya Sınıfı
		max-min	art ort	
Granit	Ayrılmamış	63,34	63,34	İyi kaya
	Orta derece ayrılmış.	61-39,58	53,36	İyi-orta kaya
	Yüksek derece ayrılmış.	52-35,07	45,76	Orta -zayıf kaya
	Tamamen ayrılmış.	38,4-18,89	33	Zayıf -çok zayıf kaya

Tablo 26. Granitik kayaçların farklı ayrışma bölgelerindeki istasyonlarda belirlenen RMR puanlarının değişim aralıkları ve ortalamaları ile kaya sınıfları

Kaya Türü	Ayrışma Bölgesi	RMR puanları		Kaya Sınıfı
		Maks.-min.	Ortalama	
Granit	1	63,34-55,13	59,32	İyi-orta kaya
	2	57,78-35,07	48,98	Orta –zayıf kaya
	3	49,64-36,62	43,56	Orta –zayıf kaya
	4	44,6-18,89	34,17	Orta –zayıf kaya

Tablo 27. Yerleşim alanındaki kireçtaşlarına ait RMR puanları ve kaya sınıfı.

Kaya Türü	Kaya kütlesi ayrışma Derecesi	Ayrışma Bölgesi	RMR Puanı		Kaya Sınıfı
			max-min	art ort	
Kireçtaşı	Taze ve az ayrış.	-	69,4-58	64,46	İyi-orta kaya

Toprak ve kaya zeminlerin kazılabilirliğinde ve kazıda kullanılacak makine sınıflandırmasında delinebilme indisi, ses iletme niteliği, v.b. gibi ölçütlerden faydalanılır.

Yerleşim alanı kayaçlarının kazılabilirlik düzeylerinin belirlenebilmesi için sismik P dalgası hızlarından yararlanılmıştır. P dalga hızları hassas bir şekilde arazide sekiz profil hattında sismik kırılma yöntemiyle tespit edilmiştir.

Sınıflamada kolaylık sağlanması amacıyla, sökülebilirlik derecelerinin ve kazı makinelerinin çeşitlerinin tanımları Tablo 28’ de verilmiştir.

Sismik kırılma yönteminin uygulanışı Bölüm 3.9.2’ de anlatıldığı gibi gerçekleştirilmiştir.

Elastik hız değerlerinden yararlanarak EİE-078’ de verilen sökülebilirlik dereceleri sınıflaması yardımıyla yerleşim alanındaki granitik kayaçların ve aglomeraların farklı ayrışma derecelerindeki kütleleri ile yamaç molozlarının ne tür sökücü araçlarla ekonomik olarak kaldırılacağı belirlenmiştir Ayrıca kazı makineleriyle sökülemeyecek ve patlayıcı madde kullanımının zorunlu olduğu kaya grupları tespit edilmiştir (Tablo 29).

Caterpillar firması tarafından zeminlerin dalga hızlarına ve değişik güçteki sökücü makinaların performanslarına göre zeminlerin sökülebilirliği değerlendirilmiş ve D7F, D8H, D9 ve D10 Ripperlerine göre sökülebilirlik diyagramları hazırlanmıştır. Bu

diyagramlara göre Gümüşhane yerleşim alanı zeminin sökülebilirlik durumu incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 30'da verilmiştir.

Ayrıca kazma kürekle kazı, traktör kazıyıcı ile kazı ve değişik kepçelerin özelliklerine göre farklı zeminlerde yapılan kazılarda, zeminin elastik hızına göre davranışı incelenerek farklı tipteki kazılabilirlik araçlarına göre kazılabilirlik çizelgesi oluşturulmuştur, (EİE-078). Kent zeminini oluşturan birimler bu sınıflamaya göre değerlendirilmiştir (Tablo 31).

Tablo 28. Zeminin sökülebilirlik derecesi ve kazıda kullanılacak makinaların tanımları

Sökülebilirlik Derecesi Tanımları	Kazı Makineleri	Sökü Makineleri
Sökülebilirlik: Toprak ve kaya zeminlerin çeşitli tip ve güçteki kazı makineleri ile sökülebilmek özelliğidir. Bu özellik zemin ve kayacın dokusu, özgül ağırlığı, su içeriği, tabakalanma durumu, ayrışma derecesi, kimyasal bileşimi, çatlak sıklığı, çimentolanma derecesi vb parametrelere bağlıdır.	Çeşitli güç ve tipte üretilmiş ağır iş makineleridir. Bunlar çene, ters kepçeli, kovalı kazı makinesi, grayderler, trencerler, loaderler, skreyperler, buldozerler vb. dir.	Ayrışmaya uğramış veya zayıf ve gevşek yapıdaki kayaların sökülmesinde kullanılan araçlardır. Kayanın durumuna göre seçilen sökücü araç kayayı parçalama işlemi arkasına takılan ayarlanabilir uzunluktaki çengelleri ile gerçekleştirmektedir.
Yarı Sökülebilirlik: Toprak ve kaya zeminlerin sökü araçları ile sökülebilen ve ancak kompresörleme veya patlayıcı madde ile parçalanma yolu ile yerinden kaldırılabilen sert, sıkı, sağlam ve kompakt kütleler arasında kalan yarı ayrılmış-yarı sağlam nitelikteki kısmın sökülebilmek özelliğidir.		
Sökülmezlik: toprak ve kaya zeminlerin her güçteki ve tipteki kazı makineleri ile sökülemeyip patlayıcı madde kullanımının zorunlu olduğu kısımların sınırınıdır.		

3.6.2. Yerleşim Alanı Kayaçlarının Kazılabilirliğini Jeomekanik Parametrelerle Belirlenmesi

İlk kazılabilirlik indeksi, kaya kütle sınıflamaları ile hesaplanmıştır. Caterpillar tipi, bir aracın içine yerleştirilen traktör sökücülerden yararlanarak kazı durumunu belirleyebilmek için bir kılavuz görevi yapan sökülebilirlik puan kartı Weaver(1975), tarafından tanımlanmıştır. Weaver (1975), RMR sistemi içindeki iki standart parametre olan kayanın direnci ve RQD değeri yerine sismik hızı, parametre olarak seçmiştir (Bieniawski, 1989).

Weaver (1975) tarafından sismik hız değerleri ile düzenlenen kart Simith (1986) tarafından modifiye edilmiştir (Bieniawski, 1989). Daha sonra Singh (1986), açık maden işletmelerinde kaya sökülebilirliğinin (rippability) değerlendirilmesinde yalnızca sismik hız değerinin kullanılmasının yanıltıcı bir parametre olabileceğine dikkat çekmiş ve alternatif sökülebilirlik puan kartını sunmuştur. Bu puan kartı Türkiye ve İngiltere’de değişik durumlar için (farklı dirençteki kayalar için) test edilmiştir. Singh ve diğerleri (1987) ’de Kümü Madenlerinin seçiminde bu yaklaşımın uygulamasını kanıtlamışlardır (Bieniawski, 1989).

Çalışma alanı kayaçlarından granit, aglomera ve yerleşim alanında çok az yüzeyleyen kireçtaşları için Singh (1986) puan kartı kullanılarak kayaçlar kazılabilirlik açısından sınıflandırılmıştır (Tablo 32-34) (Bieniawski, 1989).

Kazılabilirliği, kazının kolaylığını ifade eden bir terim olarak tanımlayan Kristen (1982), sismik hızın, bir materyalin kazılabilirliği ile ilişkisinin genellikle düşük olduğunu belirtmiştir. Bir başka deyişle, kazı değerlendirmesinde sismik hızın tek başına yeterli olamayacağını savunan araştırmacı, doğal materyallerin kazılabilirliği için bir sınıflama sistemi hazırlamıştır. Bu sistemde jeomekanik parametrelerden yararlanılarak aşağıdaki eşitlik ile ifade edilen kazılabilirlik indeksi (N) tanımlanmıştır (Bieniawski, 1989).

$$N = Ms (RQD / J_n) J_s (J_r / J_a) \quad (15)$$

Burada Ms, kütle direnci sayısını göstermektedir. Eğer homojen, çatlaksız ve kuru ise malzemenin kazılabilirlik gücüne bağlıdır. Bu nedenle Ms, kayalarda tek eksenli basınç direnciden hesaplanır(Mpa), Denklemdaki diğer terimler; RQD, kaya kalitesi özelliğini, J_n;

Jr ve Ja, sırasıyla, çatlak takım sayısı, çatlak pürüzlülüğü ve çatlak alterasyon sayısını ve Js ise göreceli yer yapı sayısıdır. Sağlam materyal için Js=1'dir.

Tablo 29. Yerleşim alanı oluşturan birimlerin arazide belirlenen elastik dalga hızlarından yararlanarak göre sökülebilirlik açısından sınıflandırılması (EİE-078).

			Kayaçların çeşitli dalga hızlarında sökülebilirlik dereceleri sınıflaması.			
			Orta güçteki sökücü araçlar için:		Ağır güçteki sökücü araçlar için:	
Toprak ve kaya türü	Ayrışma derecesi	Sismik yöntemle yerinde tayin edilen V_p (m/sn)	Boyuna dalga hızı V_p (m/sn)	Sökülebilirlik derecesi:	Boyuna dalga hızı V_p (m/sn)	Sökülebilirlik derecesi:
Granit	Ayrışmamış	>2500	>2000	Sökülemez	2700-3000	Son derece zor
	Az ayrılmış	2500-2000			2300-2700	Çok zor
	Orta derecede ayrılmış	2000-1500	1500-2000	Zor sökülebilir ortam	1700-2300	Zor
	Yüksek derecede ayrılmış	1500-1000	1000-1500	Orta derecede sökülebilir ortam	1000-1700	Orta
	Tamamen ayrılmış	1000-500	500-1000	Kolay sökülebilir ortam	670-1000	Kolay
	Arena (kalıntı toprak)	500-250			350-670	Çok kolay
Aglomera	Orta derecede ayrılmış	2000-2250	>2000	Sökülemez	1700-2300	Zor
	Yüksek derecede ayrılmış	1000-1250	1000-1500	Orta derecede sökülebilir ortam	1000-1700	Orta
Yamaç molozu	Yamaç molozu	250-300	<500	Çok kolay sökülebilir ortam	350-670	Çok kolay

Çalışma alanında granitik kayalar, aglomera ve kireçtaşlarının, kütleli ayrışmasına ve haritadaki ayrışma bölgelerine göre kazılabilirlik indeks değerleri (N) hesaplanmış ve kayaların Kristen (1982) ye göre kazılabilirlik dereceleri değerlendirilmiştir (Tablo 35-39) (Bieniawski, 1989).

Tablo 32. Yerleşim alanındaki granitik kayaların kazılabilirlik değerlendirmesi.

Singh, 1986 kazılabilirlik sınıflaması			Granitik kayalar:		
Kazılabilirlik değerlendirilmesi	Tavsiye edilen dozer	Toplam puan	Toplam puan	Ayrışma bölgesi	Kaya kütlelerinin ayrışma derecesi
Kolay	Hafif işlevli	<30	14-42	4. Bölge	Tamamen ayrılmış
Orta	Orta işlevli	30-50	31-61	3. Bölge	Yüksek derecede ayrışma
Zor	Ağır işlevli	50-70	58-70	2. Bölge	Orta derecede ayrılmış
Çok zor	Çok ağır işlevli	70-90	70-96	1. Bölge	Az ayrılmış
Patlatma	-	>90			

Tablo 33. Yerleşim alanındaki aglomeraların kazılabilirlik değerlendirmesi

Singh (1986) kazılabilirlik sınıflaması			Aglomera			
Kazılabilirlik değerlendirilmesi	Tavsiye edilen dozer	Toplam puan	Toplam puan	Ayrışma bölgesi	Toplam puan	Kaya kütlelerinin ayrışma derecesi
Kolay	Hafif işlevli	<30	-	-	-	-
Orta	Orta işlevli	30-50	41-72	3. Bölge	41-67	Yüksek derecede ayrışma
Zor	Ağır işlevli	50-70	48-77	2. Bölge	52-82	Orta derecede ayrılmış
Çok zor	Çok ağır işlevli	70-90	70-96	1. Bölge	70-96	Az ayrılmış
Patlatma	-	>90				

Tablo 34. Yerleşim alanındaki kireçtaşlarının kazılabilirlik değerlendirmesi.

Singh (1986) kazılabilirlik sınıflaması			Kireçtaşları		
Kazılabilirlik değerlendirilmesi	Tavsiye edilen dozer	Toplam puan	Toplam puan	Ayrışma bölgesi	Kütlesel ayrışma derecesi
Kolay	Hafif işlevli	<30	-	-	-
Orta	Orta işlevli	30-50	-	-	-
Zor	Ağır işlevli	50-70	-	-	-
Çok zor	Çok ağır işlevli	70-90	73-100	Az Ayrışmış (tek bölge)	Az ayrışmış
Patlatma		>90			

Tablo 35. Granit kütlelerinin ayrışma profillerinde kazılabilirliğinin Kristen (1982) kazılabilirlik sınıflaması ile değerlendirilmesi

			Kristen (1982) Kazılabilirlik sınıflaması	
Kaya türü	Ayrışma profili	N, kazı indeks değeri	N, kazı indeks değeri	Kazılabilirlik derecesi
Granit	Az ayrışmış	1794-3189	1000-10000	Oldukça zor sökülür/Patlatma
	Orta derecede ayrışmış	140-297	100-1000	Çok zor sökülür
	Yüksek derecede ayrışmış	12-63	10-100	Zor sökülür
	Tamamen ayrışmış	0,7-4	1-10	Kolay sökülür

Tablo 36. Granitik kayalarda kazılabilirlik sınıflamasının ayrışma bölgelerine göre değerlendirilmesi.

			Kristen,(1982) Kazılabilirlik sınıflaması	
Kaya türü	Müh.jeo. haritasındaki ayrışma bölgeleri	N, kazı indeks değeri	N, kazı indeks değeri	Kazılabilirlik derecesi
Granit	1.Bölge	600-2126	1000-10000	Oldukça zor sökülür/Patlatma
			100-1000	Çok zor sökülür
	2. Bölge	120-326		
	3. Bölge	9-35	10-100	Zor sökülür
	4. Bölge	0,5-2	1-10	Kolay sökülür

Tablo 37. Aglomera kütlelerinin ayrışma profillerinde kazılabilirlik sınıflaması.

			Kristen (1982) Kazılabilirlik sınıflaması	
Kaya türü	Kaya kütlelerinin ayrışma derecesi	N, kazı indeks değeri	N, kazı indeks değeri	Kazılabilirlik derecesi
Aglomera	Az ayrılmış	522-578	100-1000	Çok zor sökülür
	Orta derecede ayrılmış	52-105	10-100	Zor sökülür
	Yüksek derecede ayrılmış	3-16	1-10	Kolay sökülür

Tablo 38. Aglomeralarda bölgesel ayrışma derecesinde kazılabilirlik sınıflaması.

			Kristen (1982) Kazılabilirlik sınıflaması	
Kaya türü	Haritadaki ayrışma bölgeleri	N, kazı indeks değeri	N, kazı indeks değeri	Kazılabilirlik derecesi
Aglomera	5. Bölge	280-584	100-1000	Çok zor sökülür
	6. Bölge	29-78	10-100	Zor sökülür
	7. Bölge	3-10	1-10	Kolay sökülür

Tablo 39. Kireçtaşı kütlelerinin ayrışma profillerinde kazılabilirlik sınıflaması.

			Kristen (1982) Kazılabilirlik sınıflaması	
Kaya türü	Kaya kütlelerinin ayrışma derecesi	N, kazı indeks değeri	N, kazı indeks değeri	Kazılabilirlik derecesi
Kireçtaşı	Taze kaya kütleleri	803-3959	1000-10000	Oldukça zor sökülür/Patlatma
			100-1000	Çok zor sökülür

İnceleme alanındaki granit, aglomera ve kireçtaşında belirlenen ayrışma profilleri ve ayrışma bölgelerinin, Abdullatif ve Cruden (1983)'in RMR puanlarına göre önerdikleri kazı sınıflamasındaki yerleri Tablo 40-42'de verilmiştir.

Tablo 40. RMR puanlarına göre yerleşim alanındaki granitik kayaların kazılabilirlik değerlendirmesi.

Abdullatif ve Cruden (1983) kazılabilirlik sınıflaması		Granitik kayaların ayrışma profilleri ayrışma bölgelerine ait RMR puanları			
Kazı sınıfı	RMR puanı	RMR puanı	Kaya kütleinin ayrışma derecesi	RMR puanı	Ayrışma Bölgesi
Sivri uçlu bir şeyle ya da parmakla kazılabilir kalıntı toprak	0-30	19-38	Tamamen ayrışmış	18-44	4. Bölge
Bir araç yardımıyla sökülebilir kaya (ripping)	30-60	35-52	Yüksek derecede ayrışmış	36-49	3. Bölge
				35-58	2. Bölge
		39-61	Orta derecede ayrışmış	55-63	1. Bölge
Patlatma (Blasting)	60-100	63	Az ayrışmış		

Tablo 41. RMR puanlarına göre yerleşim alanındaki aglomeraların kazılabilirlik değerlendirmesi.

Abdullatif ve Cruden (1983) kazılabilirlik sınıflaması		Aglomeralara ait ayrışma profilleri ve ayrışma bölgelerine göre RMR puanları			
Kazı sınıfı	RMR puanı	RMR puanı	Kütlesel ayrışma derecesi	RMR puanı	Ayrışma Bölgesi
Sivri uçlu bir şeyle ya da parmakla kazılabilir kalıntı toprak (digging)	0-30	-	Tamamen ayrışmış	-	-
Bir araç yardımıyla sökülebilir kaya (ripping)	30-60	31-51	Yüksek derecede ayrışmış	31-46	7. Bölge
		43-59	Orta derecede ayrışmış	39-53	6. Bölge
		55-62	Az ayrışmış	40-62	
Patlatma (Blasting)	60-100				5. Bölge

Tablo 42. RMR puanlarına göre yerleşim alanındaki kireçtaşlarının kazılabilirlik Değerlendirmesi.

Abdullatif ve Cruden (1983) kazılabilirlik sınıflaması		Kireçtaşlarının RMR puanları			
Kazı sınıfı	RMR puanı	RMR puanı	Kaya kütlelerinin ayrışma derecesi	RMR puanı	Ayrışma Bölgesi
Sivri uçlu bir şeyle ya da parmakla kazılabilir kalıntı toprak (digging)	0-30	-	Yok	-	Yok
Bir araç yardımıyla sökülebilen kaya (ripping)	30-60	-	Yok	-	Yok
		58-69	Ayrışmamış taze kaya	58-69	
Patlatma (Blasting)	60-100				9

Çalışma alanı kayaçlarının jeomekanik ve sismik yöntemle belirlenen kazı sınıflamaları incelendiğinde sonuçların birbirini destekler nitelikte oldukları görülmektedir.

Sınıflandırmalarda sismik ve farklı jeomekanik parametrelerin kullanılması, kaya ve toprak zemin özelliklerinin daha detaylı ortaya çıkarılmasını sağlamıştır. İlgili Tablolarda görülen kazı sınıflamalarından elde edilen sonuçların, kayaçların arazideki litolojik ve kazı özellikleri ile uyumlu oldukları gözlenmiştir.

Arazi incelemelerinde granitlerin az ve orta derecede ayrılmış kısımlarında açılan yol şevlerinde sökülmenin çok zor olduğu ve yer yer az ayrılmış kütlelerde patlatma yapıldığı, yüksek derece ve tamamen ayrılmış granit kütlelerinde ise iş makinelerinin yeterli olduğu gözlenmiştir. Alt yapı çalışmaları nedeniyle yol boyunca yapılan kazılarda orta derece ayrılmış granit kütlelerini sökücü, kırıcı araçlarla kırmanın oldukça güç olmasına rağmen patlatmaya ihtiyaç duyulmadığı gözlenmiştir (Şekil 64). Bunun yanında tamamen ayrılmış granitik kütle ve arenalarda aynı sökücü araç ile (taş kırıcı) kazı işlemleri çok daha hızlı gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında, Hasanbey Mahallesi' ndeki aglomeralarda su borusu döşenmesi için 1,10 m derinliğinde yapılan kazı çalışması izlenmiştir (Şekil 65).

Az ayrılmış aglomera kütlelerinde 30 ton kapasiteli Samsung marka taş kırıcı araçla özellikle bağlayıcı malzemeye oranla daha sağlam olan aglomera çakıllarının oldukça zor kırıldığı gözlenmiştir. 70 cm derinlik, 1m genişlik ve 10 m uzunluktaki bir hacim için kırma işlemi ancak bir günde tamamlanabilmiştir. Buna rağmen patlayıcı maddeye ihtiyaç duyulmamıştır.

Aynı tip kırıcı araç, orta derecede ayrılmış kütleyi kırmakta zorlanırken, yüksek derece ayrılmış kütleyi oldukça kolay kırmıştır. Tamamen ayrılmış kütleler ise jeolog çekici ile çok kolay kazılabilmektedir. Az ayrılmış aglomera kütlesi kırılırken direnmesine rağmen kırıldıktan sonra çok kolay ufalanarak dağılmaktadır.

3.7. Hidrojeoloji

3.7.1. Su Kaynakları

Bölgenin en önemli akarsuyu olan Harşit Çayı'nın debisi 3,20-192 m³/sn arasında değişmektedir (İller Bankası, 2000).

Harşit Çayı'na dökülen yan dereler ise Gümüşhane ili yerleşim alanından membaya doğru Işık, Pirahmet, Kabaköy, Akgedik, Arzular, Mansaba doğru ise Nivena, Körüm, Gümüştüğ, Budak, Manastır, Kürtün, Hain, Göçük ve Gavraz Dereleri' dir.

Gümüşhane il sınırları içerisinde yer alan çok sayıda tatlı su ve mineralli su kaynakları bulunmaktadır. Ancak tatlı su kaynaklarının çoğu çok küçük debilidir ve bir çoğu yaz mevsiminde kurumaktadır. Mineralli su kaynaklarından Budak, Tekkeköy, Akgedik, Yıldız, İnkılap, Yeşildere, Güvercinlik kaynakları incelenerek, kaynakların debi, sıcaklık ölçümleri ile, fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktiflik ve iz element analizleri yapılmıştır (Gültekin, 1998). Mineralli su kaynaklarının debileri 0,011 ile 1,5 lt/sn arasında, sıcaklıkları ise 9-17°C arasında değişmektedir. Mineralli su kaynakları radyoaktivite ve iz element içerikleri açısından TS 9130 Maden Suyu İçilebilir Standardı'na göre içmeye uygun değildir (Gültekin, 1998).



Şekil 64. Granitlerde alt yapı çalışmaları amacıyla yapılan kazılar (Yer: Emirler Mah).



Şekil 65. Aglomeralarda su borusu döşenmesi amacıyla yapılan kazılar (Yer: Hasanbey Mah).

1356 m kotundaki Halgent Kaynağı Gümüşhane şehri içme suyunu karşılamak üzere İller Bankası tarafından şehir şebekesine bağlanmıştır (İller Bankası, 1993).

Harşit Çayı alüvyonlarında 2000 yılı itibarıyla üç adet keson kuyu bulunmaktadır. Bu kuyulara ait bilgiler Tablo 43' de verilmiştir.

Tablo 43. Harşit Çayı alüvyonlarındaki keson kuyulara ait bilgiler (İller Bankası, 2000).

Kuyu No	Statik su seviyesi (m)	Dinamik su seviyesi (m)	Derinlik (m)	Debisi (lt/sn)
K1	1,20	3,90	7,70	50
K2	3,20	5,00	7,00	50
K3	3,30	5,00	8,25	50

Bölgede yüzeylenen Berdiga Kireçtaşı, Gümüşhane Graniti ve bazik volkanik kayalar yeraltı suyu yönünden fakirdir. Tektonik hareketler sonucu çok kırıklı ve çatlaklı yapı kazanmış oldukları için yağışla gelen suları sızıntı kaynakları şeklinde boşaltmaktadırlar.

Yörede akifer özelliğindeki tek birim Harşit Çayı alüvyonudur. Bloktan, kil boyutuna kadar değişen elemanlardan oluşan alüvyon genelde çok az killi kaba daneli kum ve çakıllardan meydana gelmiştir. Alüvyon içerisindeki çakıllar genellikle yuvarlak ve yassıdır. Alüvyon, kum, çakıl, az silt ve seyrek küçük blokların yer yer dereceli ve yer yer ise tamamen karışık olduğu heterojen bir karaktere sahip sıkı-çok sıkı formasyondur. İnce çakıl ve kumun hakim olduğu formasyonda daneler genelde kötü, yer yer ise iyi derecelenmiştir.

DSİ tarafından açılan sondaj kuyusundan alüvyonun kalınlığı 24 m olarak belirlenmiştir. Akifer özelliğindeki alüvyonu besleyen kaynak ise Harşit Çayı'dır.

Gümüşhane ili merkez yerleşim alanı içme suyu 1970'li yıllarda İmar ve İskan Bakanlığı'nca Halgent Kaynağı ve Harşit Çayı alüvyonundaki bir keson kuyudan sağlanmış, ancak artan nüfus ve yapılaşmanın Harşit Çayının her iki kıyısında yer alması nedeniyle yeni kaynaklara gerek duyulmuştur. Bu amaçla, İller Bankası tarafından 50 lt/ sn debili iki keson kuyu daha hizmete sunulmuştur. Ancak DSİ'nin dere ıslah çalışmaları nedeniyle yeni açılan bu iki kuyuda su seviyesi düşmüştür. Bu düşüşü önlemek için

kuyuların bulunduğu alan yapay olarak beslenmektedir. Bütün bu çözümler şehrin içme suyunu karşılamada 2000'li yıllarda yetersiz kalmaktadır. Gelecek yıllardaki nüfus artışına göre şehrin içme suyu gereksinimi Tablo 44' de verilmiştir.

Tablo 44. Gümüşhane ilinin nüfusa ve yıllara göre içme suyu gereksinimi

Yıllar	2000	2010	2020	2030	2035
Nüfus	34960	46984	63143	84859	98375
İçme suyu gereksinimi (lt/sn)	55	71,75	130,75	173,50	200

Halen şehrin içme suyu ihtiyacını karşılamak amacıyla 3 adet keson kuyu ve Halgent kaynağından toplam 85 lt/sn su alınabilmektedir. Bu değer şehrin içme suyunu karşılamada önümüzdeki 30 yıl için yetersiz kalacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, İller Bankası tarafından acilen 4. bir keson kuyunun açılması geçici bir çözüm olarak önerilmiş, 2035 yılı için belirlenen 200 lt/sn'lik içme suyu gereksiniminin ise Arzular Deresi suyunun artırılarak karşılanması öngörülmüştür.

Gümüşhane ili merkez içme suyunu karşılayan Halgent Kaynağı ve Harşit Çayı alüvyonunda açılan keson kuyu sularının içilebilirlik açısından TS 266'ya uygun olduğu İller Bankası raporlarında belirtilmiştir.

3.7.2. Harşit Çayı Taşkın Debileri, Frekans Analizi ve Taşkın Sınırının Belirlenmesi

Gümüşhane ili yerleşim alanında Harşit Çayı eski alüvyonu üzerinde özellikle çok katlı binaların çoğunlukta olduğu yoğun yapılaşmalar gözlenmiştir. Bu nedenle taşkın alan sınırlarının belirlenmesi gereği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla Harşit Çayı'nın 26 yıllık taşkın debi değerleri kullanılarak, Gumbel dağılımı yardımıyla olası taşkın debileri ve geri dönüşüm periyotları hesaplanmıştır. Ayrıca taşkın alan sınırları belirlenirken emniyetli tarafta kalmak açısından 150 yıllık geri dönüşüm periyoduna sahip ve Harşit Çayı'na ait en büyük debi değeri olan 629 m³/sn baz alınmıştır (Tablo 45).

Tablo 45. Harşit Çayı 22-09 no'lu Torul Akım Gözlem İstasyonuna ait yıllık en yüksek debi değerleri.

Gözlem Yılları	En Büyük Debi (m ³ /sn)
1967	125
1968	320
1969	145
1970	81
1971	120
1972	96
1973	49
1974	79
1975	61
1976	100
1977	56
1978	240
1979	130
1980	200
1981	96
1982	140
1983	120
1984	110
1985	120
1986	110
1987	200
1988	180
1989	125
1990	629
1994	105
1998	136
1999	165

3.7.2.1. Harşit Çayı Taşkın Frekans Analizi

Taşkın debisi bir yıldaki günlük debiler arasında en büyük olanıdır. Bu değer yıldan yıla büyük değişimler gösterebilen bir rasgele değişkendir. Teorideki kabuller tam olarak gerçekleşmemekle birlikte, hidrolojide taşkın debileri için en çok kullanılan olasılık dağılımı Gumbel Dağılımıdır (Bayazit,1987). Harşit Çayı'nda taşkın olma olasılıkları bu dağılıma göre hesaplanmıştır. Buna göre Harşit Çayı'na ait 10, 30, 50 ve 100 yıllık taşkın debileri ve gelecek 10, 20 ve 50 yılda en az bir kere taşkın olma olasılıkları Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. Harşit Çayı'na ait 10, 30, 50 ve 100 yıllık taşkın debileri ve gelecek 10, 20 ve 50 yılda en az bir kere taşkın olma olasılıkları.

T (yıl)	10	30	50	100
Taşkın Debisi (m ³ /yıl)	355	465	510	582
Gelecek 10 yılda en az bir kere taşkın meydana gelme olasılığı	0,65	0,29	0,18	0,095
Gelecek 20 yılda en az bir kere taşkın meydana gelme olasılığı	0,88	0,49	0,33	0,18
Gelecek 50 yılda en az bir kere meydana gelme olasılığı	0,99	0,81	0,64	0,39

3.7.2.2. Harşit Çayı'nın Taşkın Sınırlarının Belirlenmesi

Harşit Çayında 100 yıllık taşkın debisi Tablo 46' da belirtildiği gibi $582 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir. Ancak, Tablo 45 incelendiğinde Harşit Çayı'na ait en büyük debi değeri 1990 yılında $629 \text{ m}^3/\text{sn}$ ' dir. Bu değerin tekrarlama süresi ise yaklaşık 150 yıl olarak hesaplanmıştır.

Harşit Çayı üzerinde $629 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik debinin ölçüldüğü Akım Gözleme İstasyonu (AGİ) Gümüşhane il merkezinin yaklaşık 26 km akış aşağısında bulunmaktadır. Gümüşhane ili yerleşim merkezine yakın bir başka değer ise 1974 taşkını meydana getiren debi değeridir ve taşkın izlerinden $270 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanmıştır (Çoruhlu ve Çınar, 1996). $270 \text{ m}^3/\text{sn}$ lik debi değerinin 10 yıllık taşkın debisinden daha küçük olması nedeniyle, taşkın sınırlarını belirlerken emniyet açısından 150 yıllık taşkın debisi olan $629 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik taşkın debisine karşılık gelen yükseklik, anahtar eğri yardımıyla bulunmuş ve bu yüksekliğe karşılık gelen kesit alanı Torul AGİ' nin bulunduğu noktada belirlenmiştir.

Gümüşhane ili yerleşim alanı içerisinde kalan Harşit Çayı yatağından değişik aralıklarla çok sayıda kesit alınmış ve Torul AGİ noktasındaki kesit alanına eşit olan su yükseklikleri bu kesitler üzerinde işaretlenmiştir. Bu yükseklikler Harşit Çayı yatağında 1/10000 ölçekli haritaya işaretlenmiş ve işaretlenen noktalar yatak boyunca birleştirilerek Gümüşhane Merkez yerleşim alanından geçen Harşit Çayı'nın yerleşim alanındaki 150 yıllık taşkın debisine karşılık gelen taşkın sınırları belirlenmiştir (Ek 3).

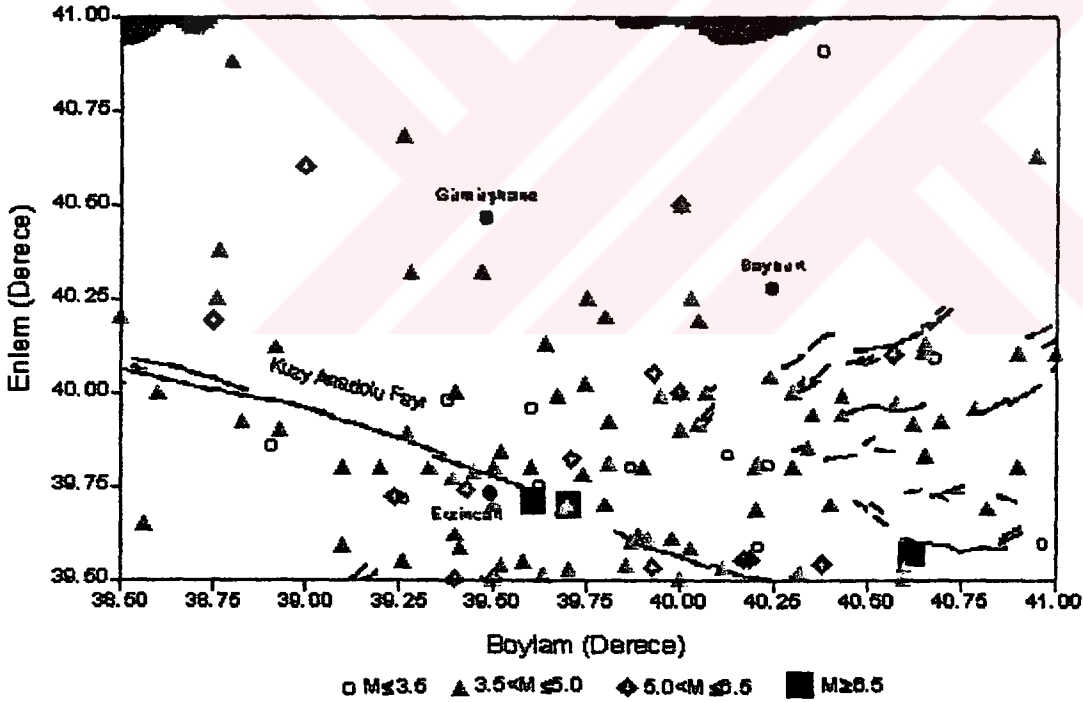
3.8. Gümüşhane Yerleşim Alanı ve Çevresinin Depremselliği

Kent yerleşim alanlarında, özellikle sismik aktivitesi yüksek olan bölgelerde sismik risk çalışması yapılması, insan hayatını doğrudan etkileyen ve maddi ve manevi bedeli ağır bir parametre olduğundan son derece önemlidir. Bu nedenle sismik aktivitenin derecesi, depremlerin tekrar oluşması ve dönüş periyotlarının tespit edilmesi gerekmektedir.

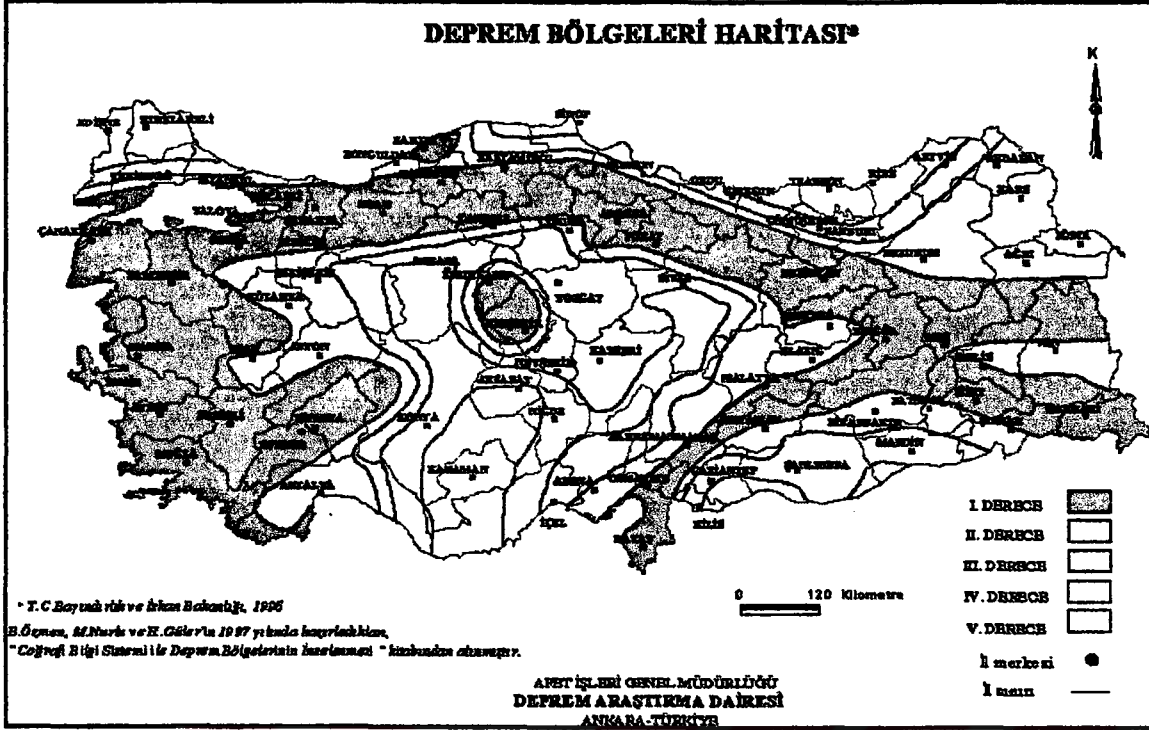
Deprem oluşumlarının ve dönüş periyotlarının belirlenmesinde istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Geçmişte gözlenen ve kaydedilen deprem verileriyle, gelecekte oluşabilecek depremlerin oluşma olasılıkları da istatistik modellerle belirlenebilmektedir. Gümüşhane ve çevresini içine alan $39,5 - 41$ derece enlem ve $38,5 - 41$ derece boylamları arasında kalan bölgede 1900-2000 yılları arasında oluşan depremlerin, büyüklüklerine göre episantr dağılımı tektonik haritanın üzerine çizilmiştir (Şekil 66).

Gümüşhane yöresinde değişik türde pasif faylar bulunmaktadır. Bu fayların tarihsel ve aletsel dönemde herhangi bir aktivitesine rastlanmamıştır. İncelenen bölgenin sınırları içinde kalan alanda ise meydana gelen en büyük depremler 7.8 magnitünde 1939 Erzincan depremi, 6.8 magnitünde Karlıova ve 1992 Erzincan depremleridir. Bölgeyi etkileyecek en önemli tektonik yapı Kuzey Anadolu Fay hattı olup, Gümüşhane şehrine olan mesafesi 80 km civarındadır. Bu nedenle şehrin depremselliği ağırlıklı olarak KAF zonunun aktivitesi ve Gümüşhane'ye olan etkisi yönünden incelenmiştir.

Şekil 67'de T.C. Bayındırlık Bakanlığı Deprem Araştırma Merkezi tarafından hazırlanmış olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası verilmiştir. Harita geçmişte oluşan depremler göz önüne alınarak hazırlanmıştır ve gelecekte deprem potansiyeli yüksek olan bölgeleri göstermektedir. Bu haritada Türkiye deprem riski açısından 4 bölgeye ayrılmıştır. Haritada Gümüşhane'nin III. derece deprem kuşağı üzerinde yer aldığı gözlenmektedir. Şehre en yakın I. Derece deprem kuşağı güneyindeki Erzincan şehri içine alan kuşaktır.



Şekil 66. Gümüşhane ve çevresinin tektoniği ve sismisitesi.



Şekil 67. Türkiye deprem bölgeleri haritası (T.C. Bayındırlık Bakanlığı Deprem Araştırma Merkezi' nden alınmıştır).

3.8.1. Magnitüd Frekans Bağıntısı

Bir bölgenin deprem aktivitesini incelemek için yaygın olarak Gutenberg-Richter ilişkisi olarak bilinen magnitüd-frekans bağıntıları kullanılmaktadır. Depremlerin oluş sayıları incelendiğinde, magnitüdün bir fonksiyonu olarak doğrusal bir ilişki elde edilmektedir. Gutenberg-Richter (1954) tarafından verilen bu ilişki

$$\text{Log}N=a-bM \quad (28)$$

şekindedir. Burada;

N: magnitüdü M ve daha büyük olan depremlerin kümülatif sayısı

a: İnceleme alanının genişliğine, gözlem dönemine ve deprem etkinliğinin düzeyine bağlı olarak değişen sismotektonik katsayı

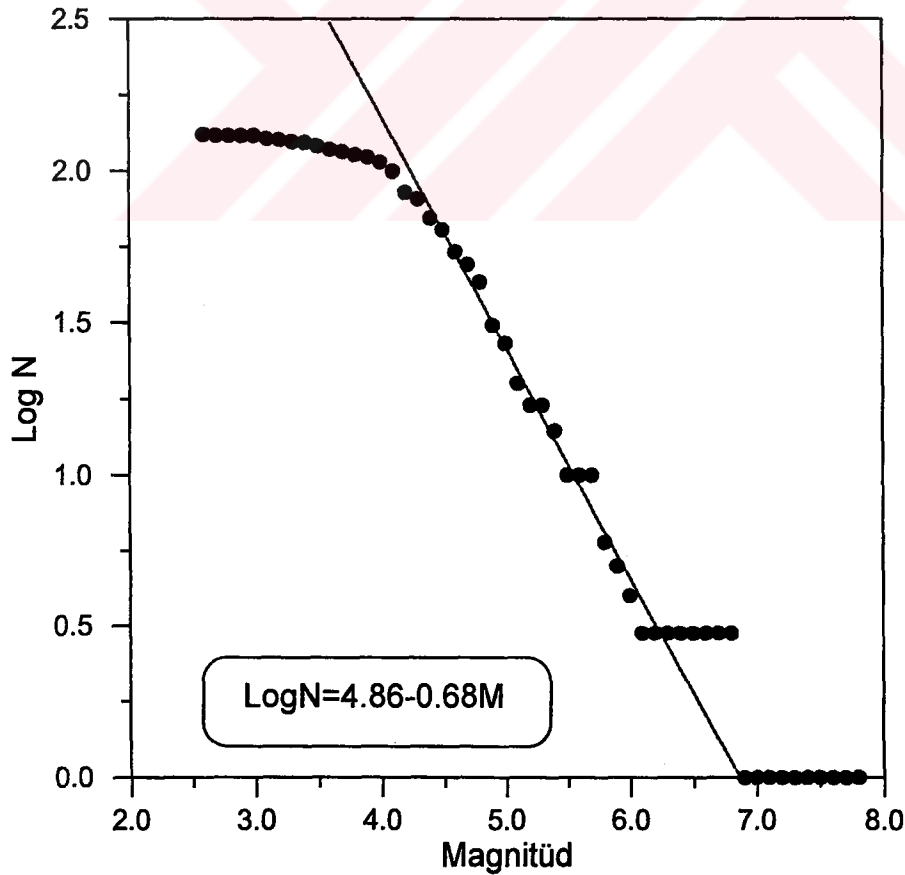
b: Deprem oluşumunun fiziği ile doğrudan ilişkili sismotektonik katsayıyı göstermektedir.

b katsayısı, deprem istatistik analizlerinde önemli yer tutmaktadır. Hesaplanan 'b' değerleri, kullanılan verilere, yöntemlere depremlerin normal ve kümülatif frekanslarına bağlı olarak değişmektedir.

Gümüşhane ve çevresi için magnitüd frekans bağıntısının belirlenmesinde, KAF zonunda 1900-2000 yılları arasında meydana gelen ve $M > 4,5$ olan tüm depremler kullanılmıştır. Bu depremlere ait veriler United States Geological Survey-National Earthquake Information Center (USGS-NEIC) tarafından hazırlanmış olan 'Global Hypocenter Data Base' kompakt diskinden (CD ROM), (M.Ö 2100-MS 1993), IRIS tarafından hazırlanan internette kullanıcıya açık olan dosyalardan ve Kandilli Rasathanesi kataloglarından alınmış ve seçilen bölge için 133 adet deprem verisi kullanılmıştır. Magnitüd-frekans ilişkisini belirleyen a ve b parametreleri en küçük kareler yöntemiyle $a=4,86$, $b=0,68$ olarak hesaplanmış ve Magnitüd-Frekans bağıntısı;

$$\text{Log}N=4,86-0,68M$$

olarak elde edilmiştir (Şekil 68).

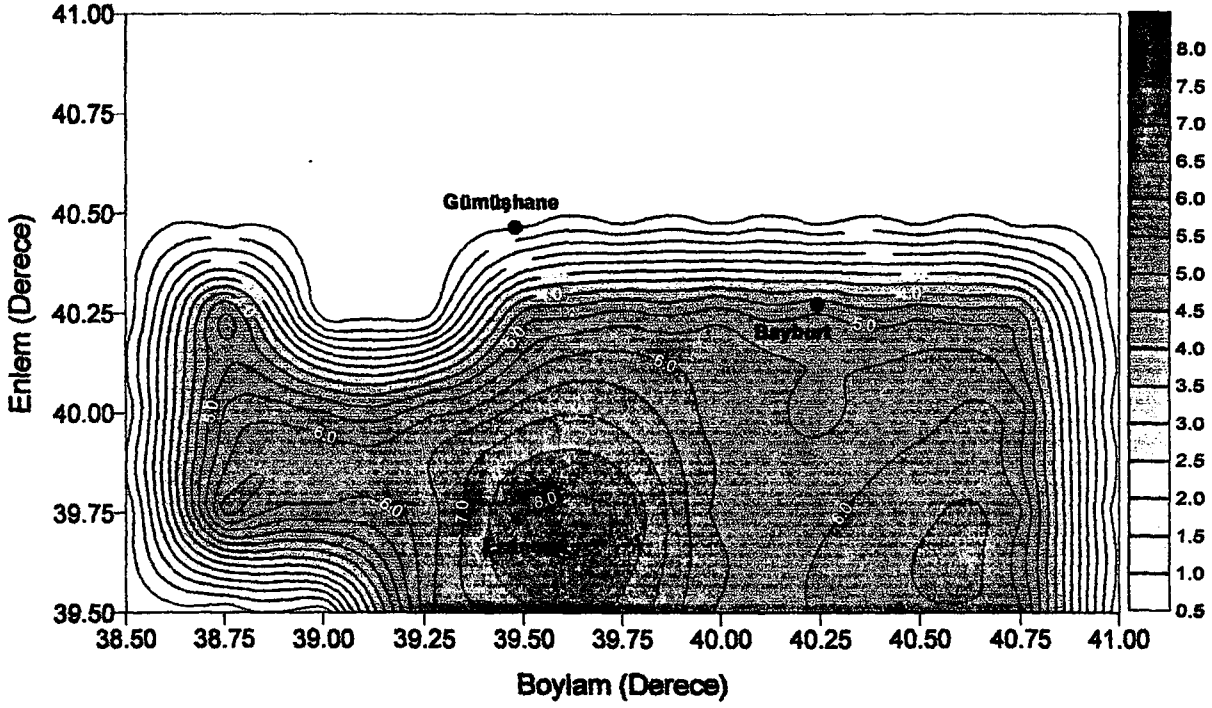


Şekil 68. Seçilen bölgenin magnitüd-frekans ilişkisi.

Şekil 68'deki magnitüd-frekans ilişkisi incelendiğinde magnitüdü $\leq 4,5$ ve magnitüdü ≥ 6 olan depremler en küçük kareler yöntemiyle belirlenen $\text{Log}N=4,86-0,68M$ doğrusundan önemli sapmalar göstermektedir. Bu sapmanın nedeni belirli bir magnitüd sınırının altındaki verilerin eksik olması ve yine belirli bir magnitüd değerinin üzerinde magnitüd artarken deprem sayısının azalmasındandır. Dolayısıyla gözlem değerleri doğrusallık göstermemektedir. Bu nedenle doğru 4,5-6,0 magnitüd aralığı için hesaplanmıştır. Grafikte maksimum magnitüd 7,8 olup, 1939 Erzincan depremine karşılık gelmektedir.

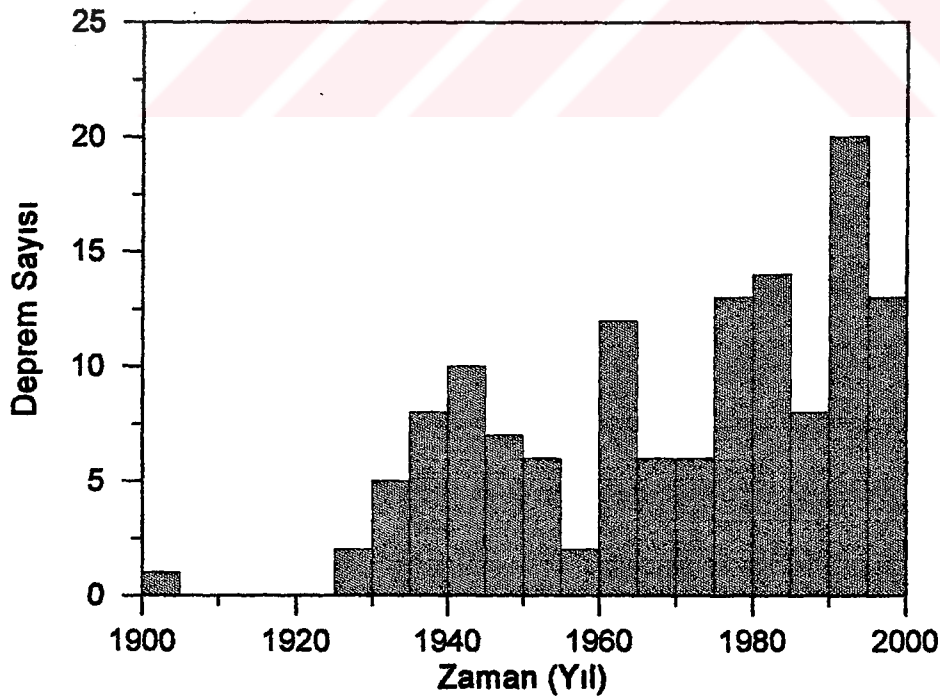
a ve b katsayıları ile a/b oranı sismik etkinliğin belirlenmesinde birer kriter olarak kullanılırlar. Bir depremin önceki ve sonraki gerilme değerleri arasındaki değişimi gerilme azalımı (stress drop) olarak adlandırılır. Gerilme azalımının yüksek olduğu bölgeler depremin yıkıcılık potansiyeli bakımından en yüksek olduğu bölgelerdir. b katsayısı değerinin azalması, incelenen alanda büyük gerilme düşümüne işaret ederken, b katsayısı değerinin artması bölgedeki gerilme düşümünün az olduğuna işaret etmektedir. Fakat bazen bu durumun tersi de söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle a ve b katsayılarının tek başlarına sismisiteyi yeterince yansıtmadığı, a/b oranının ise a ve b katsayılarına göre sismisiteyi daha iyi yansıttığı belirlenmiştir (Yılmaztürk ve diğ., 1998). Seçilen bölgede a/b oranı=7,14 olarak belirlenirken, KAF hattı için Bayrak (2000) tarafından magnitüd-frekans bağıntısı $\text{Log}N=5,47-0,6M$, a/b oranı ise 9,2 olarak bulunmuştur. KAF'ı üzerindeki a/b oranının seçilen bölgeye oranla daha yüksek çıkması sismisitenin KAF üzerinde çok daha yoğun olduğuna işaret etmektedir. Bu yaklaşımlar doğrultusunda a/b değerlerinin sismik bölgelere göre değişiminin belirlenmesi amacıyla, 0,25x0,25 grid aralığı için hesaplanan a/b değerlerinin dağılımını veren kontur haritası hazırlanmıştır (Şekil 69).

Şekil 69'da a/b kontur haritası incelendiğinde a/b değerinin KAF hattının geçtiği Erzincan bölgesinde maksimuma ulaştığı, Gümüşhane ve çevresine yaklaştıkça ise azaldığı gözlenmiştir. Yüksek gerilme düşümünün ve büyük magnitüd değerlerinin gözlendiği KAF sismik açıdan son derece önemlidir. Çünkü, yüksek gerilme düşümüne sahip KAF hattı boyunca ani gerilme boşalımı söz konusudur. Bu durum KAF zonunda sismik bakımdan son derece aktif ve değişik odak derinliğine sahip depremlerin etkin olduğunu gösterir. a/b değerinin Gümüşhane iline doğru azalması bu bölgede sismik aktivitenin önemli ölçüde azaldığının bir göstergesidir.



Şekil 69. Gümüşhane ve çevresinin a/b kontur haritası.

Bölgedeki deprem etkinliğini belirlemek amacıyla depremlerin zaman içindeki dağılımları incelenerek, bölgede yıllara ve deprem büyüklüklerine göre deprem sayılarının grafiği hazırlanmıştır (Şekil 70-71).

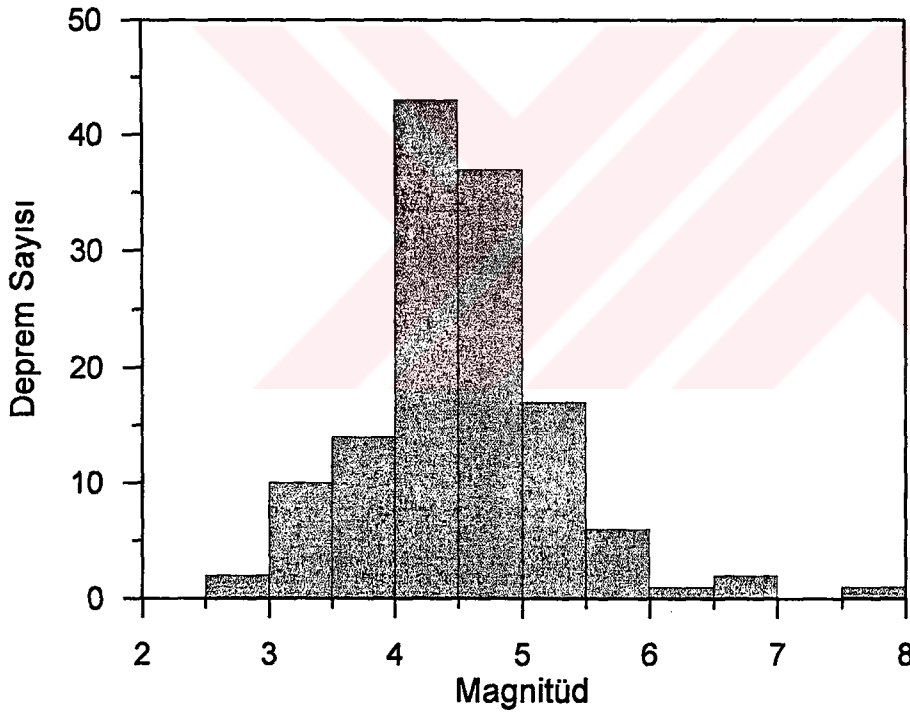


Şekil 70. Gümüşhane ve çevresinde 20. yüzyılda oluşan depremlerin zamana göre değişimi.

Şekil 70 ve 71 incelendiğinde bölgede gözlenen deprem sayısının 1960'dan sonra arttığı ve oluşan depremlerin genellikle 3-6 magnitüd aralığında yer aldığı gözlenmektedir. Magnitüdü 6 dan büyük olan deprem sadece birkaç tanedir.

3.8.2. Gümüşhane ve Çevresini Kapsayan Bölgede Poisson Modeli Yardımıyla Deprem Riski ve Geri Dönüş periyotlarının Belirlenmesi

Bir bölgede oluşan depremler ve bu depremler için belirlenen Magnitüd-Frekans bağıntıları göz önüne alınarak, geri dönüş periyotları ve sismik risk parametreleri istatistiksel yöntemlerle hesaplanabilmektedir. Geri dönüş periyodu herhangi bir büyüklükteki depremin kaç yıl sonra tekrarlanabileceğini, sismik risk ise magnitüd değeri belli bir depremin istenen bir zaman aralığında oluşma olasılığını göstermektedir.



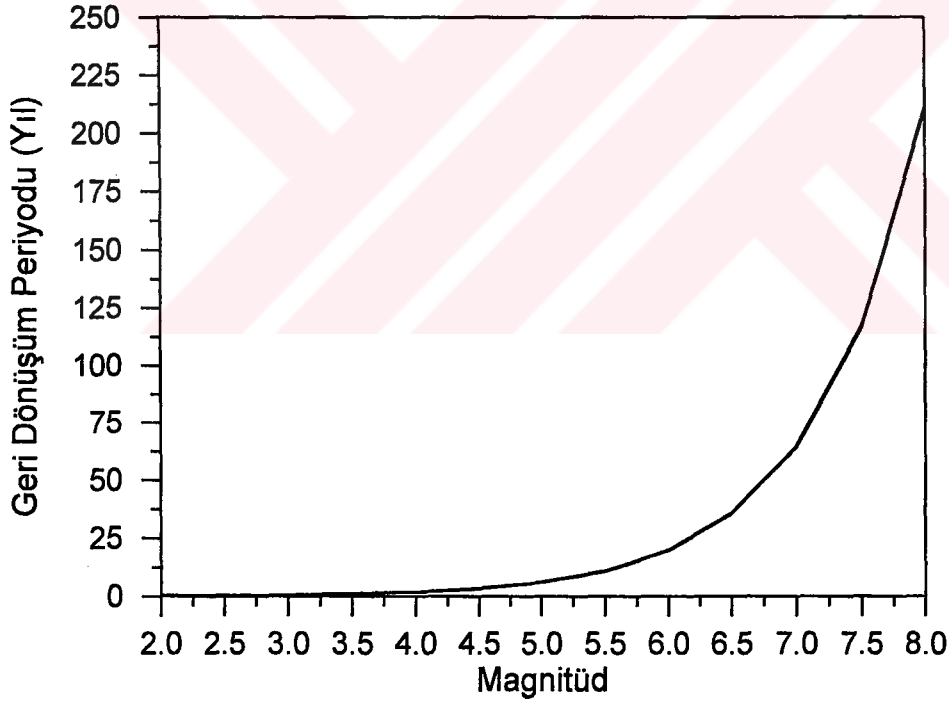
Şekil 71. Gümüşhane ve çevresinde deprem büyüklüklerinin sayısal dağılımı

Gümüşhane ve çevresini seçilen bölge için magnitüd-frekans ilişkisi ve a ve b sismotektonik parametreleri kullanılarak bölgede oluşan 8 büyüklüğündeki deprem göz önüne alınarak, poisson modeli yardımıyla bölgede 1900-2000 yılları arasında oluşan depremlerin geri dönüş periyotları ve sismik risk değerleri hesaplanmıştır. Depremlerin magnitüd değerleriyle geri dönüş periyotları arasındaki ilişki Şekil 72' de gösterilmiştir.

Şekil 72 incelendiğinde magnitüdün artışıyla geri dönüş periyotlarının da üstel olarak arttığı gözlenmektedir. Seçilen bölgede, herhangi bir büyüklükteki bir depremin kaç yılda bir oluşabileceği bu ilişki yardımıyla belirlenebilmektedir. Örneğin 6 magnitüdü bir depremin geri dönüş periyodu 20 yıl civarındadır (Şekil 72). Bu grafikteki değerlerin 0.5 magnitüd aralığı için geri dönüş periyotları Tablo 47’ de verilmiştir.

Bölge için hesaplanan sismik risk değerleri ise 0,5 magnitüd ve 10 yıllık zaman aralıklarına karşılık gelen yüzde risk değerleri olarak Tablo 48’ de verilmiştir. Onar yıllık periyodik zaman aralığında belirli bir magnitüd değerindeki depremlerin oluşma riski yüzde olarak Şekil 73’ te verilmiştir..

Şekil 73 ve Tablo 48 incelendiğinde zaman ve deprem büyüklüklerinin artmasıyla depremlerin oluşma olasılığının düştüğü gözlenmektedir. Bölgede 3 magnitüdü depremin 10 yıl ile 100 yıl arasında oluşma olasılığı %100 iken, 8 büyüklüğünde bir depremin 10 yıl içinde oluşma olasılığı.% 4,6 dır.



Şekil 72. Gümüşhane ve çevresinde oluşan depremlerin geri dönüş periyotları.

Şekil 72 ve Tablo 47’ de bölgede oluşan depremlerin geri dönüş periyotları irdelendiğinde ise bölgede gözlenen en büyük deprem 8 magnitünde olduğu ve böyle bir depremin istatistiksel olarak 210,77 yılda bir tekrarlanabileceği görülmektedir. Depremlerin magnitüd değerleri artarken geri dönüş periyotlarının yükseldiği, oluşma olasılıklarının ise

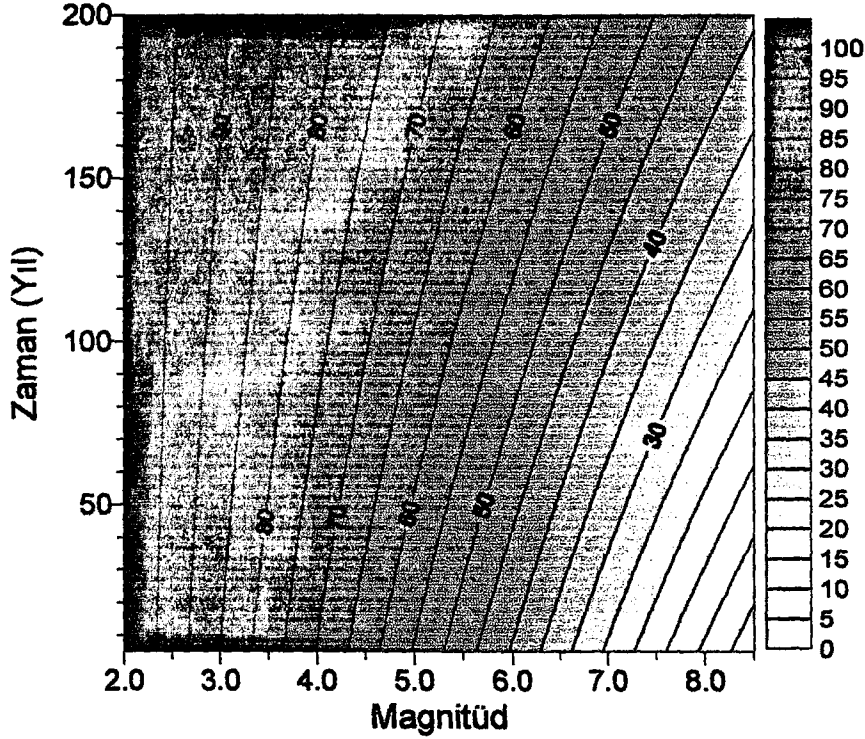
düştüğü Şekil 72 ve 73' deki grafiklerden izlenmektedir. Değerlendirilen bölgede 8 magnitündeki bir depremin 100 yıl içinde oluşma olasılığı %37,8 iken 20 yıl içinde oluşma olasılığı % 9.1'dir.

Tablo 47. Gümüşhane Kenti ve çevresi için hesaplanan deprem geri dönüş periyotları.

Magnitüd	Geri Dönüş Periyodu
3,0	0,56
3,5	1
4,0	1,83
4,5	3,31
5,0	5,99
5,5	10,83
6,0	19,61
6,5	35,51
7,0	64,29
7,5	116,41
8,0	210,77

Tablo 48. Gümüşhane ve çevresini etkileyebilecek depremler ve hesaplanan risk değerleri.

Yıl / Magnitüd	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
3,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3,5	99,9	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4,0	99,6	99,9	100	100	100	100	100	100	100	100
4,5	95,2	99,8	99,9	100	100	100	100	100	100	100
5,0	81,2	96,5	99,4	99,8	99,9	100	100	100	100	100
5,5	60,3	84,3	93,7	97,5	99,0	99,6	99,8	99,9	100	100
6,0	39,9	63,9	78,3	86,9	92,2	95,3	97,2	98,7	99,9	100
6,5	24,5	43,1	57,1	67,6	75,5	81,5	86,1	89,5	92,1	94,1
7,0	14,4	26,7	37,3	46,3	54,1	60,7	66,3	71,2	75,4	78,9
7,5	8,2	15,8	22,7	29,1	34,9	40,3	45,2	49,7	53,8	57,6
8,0	4,6	9,1	13,3	17,3	21,2	24,8	28,3	31,6	34,8	37,8



Şekil 73. Değişik zaman ve magnitüd aralıkları için Gümüşhane ve civarında depremlerin oluşma riski.

3.9. Gümüşhane Yerleşim Alanını Oluşturan Birimlerin Dinamik Davranışlarının İncelenmesi

3.9.1. Yatay Yer İvme Değerlerinin Hesaplanması ve Değerlendirilmesi

Son yüzyıldan beri, deprem açısından Türkiye'nin aktif bir dönem geçirdiği bilinmektedir. Bu nedenle inşaat projelerinde deprem dalgalarının özellikle yatay bileşeninin oluşturacağı hasara karşı gerekli önlemler alınmalıdır (Dilek ve diğ., 2000).

Gümüşhane ilinin özellikle Harşit Çayı boyunca uzanan eski alüvyonlar üzerinde kurulan bazı mahallelerinde çok katlı yapılaşmanın olması, ayrıca aktif sismisiteye sahip KAF zonunun bu bölgeye 80 km civarında uzaklıkta bulunması, bu fay hattının hareketi sonucunda bölgeye yakın bir yerdeki şiddetli bir depremin şehirde meydana getireceği hasarın ortaya konması gereğini doğurmaktadır.

Deprem olduğunda nerelerin hangi oranda etkileneceği ve hangi önlemlerin alınması gerektiği mevcut verilerin değerlendirmesi ile belirlenip buna uygun deprem senaryosu üretilmiş ve şehre yaklaşık 80 km uzaklıktaki KAF zonunda oluşabilecek yıkıcı bir depremin bölgeyi nasıl etkileyeceği belirlenmiştir. 17 Ağustos 1999 Gölcük depreminde, deprem odağına 100 km mesafede bulunan Avcılar'da büyük hasar meydana

gelmiştir. Bu nedenle KAF'nın Gümüşhane'de oluşturabileceği hasarın bilinmesi bölge insanı için önem arz etmektedir. Deprem senaryolarının üretilmesinde ve dolayısıyla maksimum yatay yer ivmesi değerlerinin hesaplanmasında dünyada Ambraseys (1995) , Ansal (1997), Hasgür (1996), Hu, Liv, Dong (1997) gibi bir çok araştırmacıların önerdiği değişik yaklaşımlar ve modeller mevcuttur (Arıoğlu ve diğerleri, 2000). Risk analizinde yer hareketinin ivme, hız veya yer değiştirme değeri kullanılabilir. Bu çalışmada deprem dalgalarının neden olduğu ivme değeri kullanılmıştır. Deprem dalgalarının yapılar üzerindeki etkilerini denetleyen temel bir büyüklük olan ve deprem sırasında yapıya etkileyen sismik yatay kuvvetin büyüklüğünü doğrudan etkileyen ivme ($F=m.a$) bölgenin deprem odağından uzaklığına, depremin büyüklüğüne, depremin derinliğine ve deprem dalgalarının geçtiği ortamın jeomekanik özelliklerine (Kaya ve toprak ortamın türü, ayrışma derecesi, çatlak yoğunluğu taşıma gücü düşük zeminin katman kalınlığı vb.) bağlıdır. Bu sebeple zemin cinsi ve jeolojik faktörler yatay ivme büyüklüğünün belirlenmesinde büyük rol oynamaktadır.

KAF hattı üzerinde bulunan Erzincan ve çevresinde olabilecek olan 8 büyüklüğündeki bir depremin Gümüşhane'ye etkisinin ne olacağı üzerine bir senaryo üretilmiş ve bu senaryo için inceleme alanını oluşturan birimlerin s-dalga hızları yerinde ölçülerek maksimum yatay yer ivmesi Ambraseys (1997) tarafından önerilen aşağıdaki yaklaşımla bulunmuştur (Arıoğlu ve diğ.,2000).

$$\text{Log}(ah) = -1,05 + 0,245 M_s - 0,001 r - 0,786 \text{Log}(r) - 0,15 \text{Log}(V) \quad (29)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada;

ah: yatay ivme (cm/sn^2)

M_s : depremin yüzey dalgası büyüklüğü (magnitüd)

r: bölgenin depremin odağından olan uzaklığı (km)

V: kayma dalga hızı (m/sn)

olarak verilmiştir. Ayrıca faydan uzaklaştıkça yer ivmesinin maksimum yatay bileşen değerinin azalmakta olduğu yukarıdaki bağıntıdan görülmektedir.

Deprem belirsizlikler içeren bir konu olduğundan Gümüşhane kenti deprem risk analizinde maksimum yer ivmesi büyüklüğü beklenen ortalama değer (formülden bulunan değer)+ standart sapma aralığı ile belirlenmiştir. Sismik yatay kuvvetin değeri ivme değeriyle doğru orantılı olarak değişmektedir. Sağlam zeminde inşa edilen yapıların maruz kalacağı sismik yatay kuvvetin değeri düşerken, çok zayıf zemin koşullarındaki yapıların

maruz kalacağı sismik yatay kuvvetin değeri büyük ölçüde artmaktadır. Bu durum, yapı hasarlarına yol açan önemli faktörler arasında zemin türü ve taşıma kapasitesinin geldiği sonucunu doğururken, aynı zamanda zayıf zeminlerde düşük ivme ve düşük sismik yatay kuvvet, sağlam zeminlerde yüksek ivme ve yüksek sismik yatay kuvvet değerlerinin beklendiğini göstermektedir.

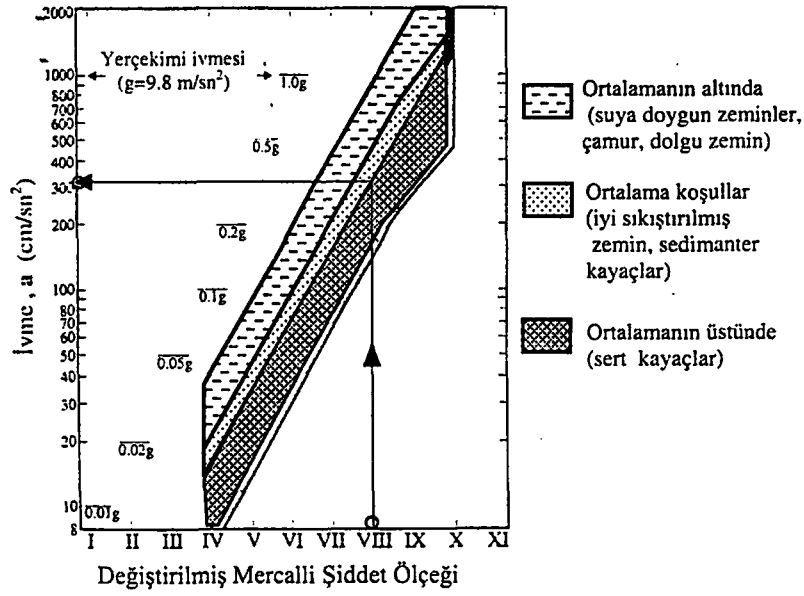
Bu model yardımıyla Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan birimler için en büyük ivme değerleri hesaplandığında bu sonuç doğrulanmakta ve ayrışmamış sağlam kayadan , tamamen ayrışmış kayaya ve kalıntı toprağa doğru zeminlerin ivme değerlerinin arttığı görülmektedir (Tablo 49). Ayrıca Mercalli şiddet ölçeği kullanılarak, ivme değerleri gözlemsel şiddet değerlerine çevrilmiştir. Pinter (1996) tarafından verilen değiştirilmiş Mercalli şiddet ölçeğinde zemin türüne göre maksimum yer ivmesi büyüklüğünün değişimi Şekil 74' de verilmiştir (Arioğlu ve diğ., 2000). Şekilden, belirli bir deprem şiddetinde I maks, sağlam kayadan, taşıma gücü daha düşük zeminlere (suya doymun zeminler, bataklık, dolgu vb. zeminler) geçilmesi durumunda maksimum yer ivmesi belirgin ölçüde arttığı görülmektedir. Bu durum çok zayıf zemin koşullarında yapının maruz kalacağı sismik yatay kuvvetin büyüklüğünün önemli derecede arttığını göstermektedir.

Tablo 49 incelendiğinde, ayrışmamış, az ve orta derecede ayrışmış granitik kayalar ile az ayrışmış aglomerada deprem şiddeti 4 olurken, tamamen ayrışmış granitte şiddet değeri 5'e, tamamen ayrışmış aglomera, kalıntı toprak ve yamaç molozlarında ise daha da artarak 6'ya ulaşmıştır. Bu durum sağlam ve ayrışmamış zeminden, zayıf ve ayrışmış zemine doğru ivme artışını dolayısıyla şiddet artışını ifade etmektedir.

Ayrıca poisson olasılık yöntemi kullanılarak Gümüşhane merkez için 100 yıllık bir periyotta meydana gelmiş magnitudü 4'den büyük depremleri işleme koymak suretiyle, belirli ekonomik yapı ömürleri içerisindeki "Maksimum yatay yer ivmesi değerleri" bulunmuştur (Tablo 50-51).

Tablo 51 incelendiğinde poisson olasılık yöntemine göre 100 yıllık bir yapı ömrü için %1 ile %20 aşılma olasılığı ile maksimum yatay yer ivme değerlerinin 0,47 – 0,19 g arasında değiştiği gözlenmektedir.

Zeminlerin yer ivme (a_0), şiddet (I_0), zemin hakim titreşim periyodu (T), gibi özellikleri ile diri kırık içerip içermediği yönündeki tektonik yapıları dikkate alınarak Türkiye deprem bölgeleri açısından gruplandırılmıştır (Ercan, 2000). Bu grupların içerdiği özellik ve sismik parametreler açısından kıyaslandığında Gümüşhane Kenti'nin 3. derece deprem bölgesinde yer aldığı görülmektedir (Tablo 52).



Şekil 74. Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeğinde zemin türüne göre maksimum yer ivmesi büyüklüğünün değişimi (Pinter, 1996).

Tablo 49. Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan birimlerin maksimum yatay ivme değerleri ve deprem şiddetleri.

Zemin türü	Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan birimlerin sismik ölçümle arazide belirlenen enine ve boyuna dalga hızlarının sınıflaması			Maksimum yatay yer ivmesi	Deprem Şiddeti
	Ayrışma derecesi	V_p (m/sn)	V_s (m/sn)	(a_h) (cm/sn^2)	I (MSK)
Granit	ayrışmamış	>2500	>1500	>68,2	4
	az ayrışmış	2500-2000	1500-1200	68,2-70,4	4
	Orta derece ayrışmış	2000-1500	1200-900	70,4-73,6	4
	yüksek derece ayrışmış	1500-1000	900-600	73,6-78,2	4-5
	tamamen ayrışmış	1000-500	600-300	78,2-86,7	5
	Arena (kalıntı toprak)	500-250	<300	<86,7	>5
	Aglomera	az ayrışmış	2250-2100	1200-1100	70,4-71,4
Orta derece ayrışmış		-	-		
yüksek derece ayrışmış		-	-		
tamamen ayrışmış		1100-1000	450-150	81,6-96,2	5-6
Kalıntı toprak		450-300	150-100	96,2-102,3	6
Alüvyon		1200-750	550-300	83,78-91,75	5
Yamaç molozu		700-250	250-150	94,29-101,8	7

Tablo 50. Gümüşhane Merkezde belirli "Maksimum Yatay Yer İvmesi" değerlerinin belirli ekonomik ömürler içerisindeki aşılma olasılıkları.

Maksimum Yatay Yer İvmesi		Yapı Ekonomik Ömür (Yıl)				
cm/sn ²	% g	1	50	100	200	1000
		Aşılma Olasılığı %				
10	0,01	35,26	100	100	100	100
50	0,05	2,48	71,46	91,86	99,34	100
100	0,10	0,73	30,52	51,73	76,70	99,93
150	0,15	0,34	15,76	29,03	49,63	96,76
200	0,20	0,19	9,12	17,40	31,78	85,22
250	0,25	0,11	5,55	10,80	20,43	68,11
300	0,30	0,07	3,39	6,66	12,87	49,78
400	0,40	0,02	0,79	1,57	3,12	14,64
500	0,50	0,007	0,35	0,70	1,38	6,75
1000	1,00	0,001	0,07	0,14	0,28	1,38

Tablo 51. Gümüşhane merkezde çeşitli ekonomik ömürler içerisindeki çeşitli olasılıklarla beklenen maksimum yatay yer ivmesi değerleri.

Aşılma Olasılığı %	Yapı Ekonomik Ömür (Yıl)									
	1		50		100		200		1000	
Maksimum Yatay Yer İvmesi (cm/sn ²) - (% g)										
1	92,2	0,09	391,8	0,40	465,2	0,47	674,5	0,69	1000	1,02
2	63,6	0,06	353,3	0,36	391,5	0,40	464,6	0,47	942,4	0,96
3	49,4	0,05	314,8	0,32	371,9	0,38	406,7	0,41	849,3	0,87
4	48,1	0,05	285,8	0,29	352,2	0,36	390,9	0,40	756,1	0,77
5	46,9	0,05	262,8	0,27	332,6	0,34	380,7	0,39	662,9	0,68
10	40,8	0,04	193,3	0,20	259,7	0,26	329,4	0,34	458,8	0,47
20	28,6	0,03	135,6	0,14	188,8	0,19	252,9	0,26	384,7	0,39

Tablo 52. Türkiye'nin deprem tehlikelerine göre bölgelendirilmesinde Gümüşhane'nin yeri ve sismik parametrelerinin karşılaştırılması.

Türkiye'nin deprem tehlikesine göre bölgelendirilmesi (Ercan, 2000).	Gümüşhane Şehri'nin Türkiye Deprem Bölgelendirilmesindeki Yeri ve Sismisite Özellikleri
<p>1. Derece Deprem Bölgesi: Deprem büyüklüğü $M_s= 5-8$, yer ivmesi $a_0 =0,4-0,6$ g, şiddet $I_0= X-XI$, etki alanı 150-250 km. Diri kırıkların geçtiği kuşaklardır. Yapılaşma sakıncalıdır. Çok ayrıntılı yer araştırması (jeofizik, jeoloji, jeoteknik, jeomekanik, jeomorfoloji) istenir.</p>	-
<p>1. Derece Deprem Bölgesinde Oldukça Yüksek Deprem Çekinceli Özel Yerler: Gevşek sulu tortullar. Deprem büyüklüğü $M_s=7-8$, yer ivmesi $a_0=0,6-1,5$ g, şiddet $I_0= XI- XII$, yer salınım periyodu $T=0,2-3$sn. Çok katlı yapılarda ağır yıkım, göçme ve oturma, taşıyamama, sıvılaşma ile yan yatma, devrilme. Yapılaşma sakıncalı ve yasak alanlar. Çok ayrıntılı yer araştırması gerektirir.</p>	-
<p>2. Derece Deprem Bölgesi: Deprem büyüklüğü $M<5$ ve sarsıntı etki kuşağı içindedir.. Yer ivmesi $a_0 = 0,2-0,4$ g, şiddet $I_0=7-9$. Önemsiz diri fay mevcut ya da hiç yok . Sınırlı yapılaşmaya açılabilir. Ayrıntılı yer araştırması gerektirir.</p>	-
<p>2. Derece Deprem Bölgesinde Yüksek Deprem Çekinceli Özel Yerler:Gevşek sulu tortullar. Depremden çok etkilenen alanlar. Deprem büyüklüğü $M<5$, yer ivmesi $a_0 =0,2-0,4$ g, şiddet $I_0=7-9$, orta yüksek yer salınım dönemselliği $T=0,1-2,5$ sn. Orta yüksek katlı yapılarda küçük-orta yanıl deprem itkisi, sıvılaşmalarla yan yatmalar. Ayrıntılı yer araştırması sonucu çok sınırlı yapılaşmaya açılabilir.</p>	-
<p>3.Derece Deprem Bölgesi: Diri kırık yer almaz. Sarsıntılar suskun ve yarı suskun, yerin sarsıntıyı söndürme özelliği yüksek. Deprem büyüklüğü $M<4$, yer ivmesi $a_0 =0,01-0,2$ g, az orta ayrıntıda yer</p>	<p>3.Derece Deprem Bölgesi: Tarihsel ve aletsel dönemde faylarda herhangi bir aktiviteye rastlanmamıştır. Yer araştırması yapıldı, mevcut yapılaşmanın dışındaki bölgelerde de yapılaşmaya</p>

araştırması sonucu yapılaşmaya açılabilir.	açılacak alan Granitik kayalar ve aglomeralardan oluşmaktadır.Yer ivmeleri sırasıyla; $a_0=0,68-0,86$, $a_0=0,7-1$ g, şiddet $I_0=4 - 5$, salınım periyotları ise , $T=0,06-0,8$, $T=0,08-1$ olarak bulunmuştur.
3.Derece Deprem Bölgesinde Az Orta Deprem Çekinceli Özel Yerler: Gevşek, sulu/kuru tortul alanlar. Uzak etkilenme alanı. Deprem büyüklüğü $M=1-4$, yer ivmesi $a_0 =0,1-0,2$ g, şiddet $I_0=5-8$, küçük orta salınım dönemselliği $T=0,05-1,0$ sn. Orta yüksek katlı yapılarda küçük-orta salınım dönemselliği $T=0,05-1,0$ sn. Orta yüksek katlı yapılarda küçük-orta yanal deprem etkisi, yer yer oturmalar, sınırlı taşıma gücü beklenir. Ayrıntılı yer araştırmaları sonucu seyrek ve az katlı yapılaşabilir.	3.Derece Deprem Bölgesinde Az Orta Deprem Çekinceli Özel Yerler ,Yamaç molozu, alüvyon ve kalıntı topraklardan oluşmaktadır. Yamaç molozu: $a_0=0,94-0,1$ g, $I_0=7$, $T=0,4-0,7$ sn, $q_u=3,4-0,2$ kg/cm ² Kalıntı toprak: $a_0=0,8-1,0$ g, $I_0=6$, $T=0,6-1,0$ sn, $q_u=0,6-0,7$ kg/cm ² Alüvyon: $a_0=0,84-0,92$ g, $I_0=6-7$, $T=0,18-0,33$ sn, $q_u=1,63-13,34$ kg/cm ² Ayrıntılı yer araştırmaları sonucu seyrek ve az katlı

3.9.2. Yerleşim Alanını Oluşturan Birimlerin Zemin Büyütme Değerleri

Bir zemin kesitinde yer alan tabakaların dinamik özelliklerine bağlı olarak farklılık gösteren yerel zemin koşulları, depremlerde gözlenen hasar dağılımını da etkilemektedir. Bu yüzden depreme dayanıklı yapı, tasarımında zemin hakim periyotları (Bölüm 3.9.2) ve zemin büyütmesi gibi dinamik davranış özelliklerinin bilinmesi gereği vardır.

Bir zemin tabakası üzerindeki yapı depremin büyüklüğünü Akım (zemin büyütme katsayısı) Deprem büyüklüğü) olarak hisseder ve magnitud değeri yüksek depremlerde bina zarar görür.

Sismik Kırılma Yöntemiyle V_s hızlarının derinlikle değişimi belirlenmiş ve daha sonra zemin hakim titreşim periyodu (Bkz 3.9.2.) ve yerel zemin koşullarından kaynaklanan zemin büyütme katsayıları hesaplanmıştır.

V_s değerlerinden yararlanarak zemin büyütmesi ak, değerlerinin hesaplanması için, Midorikawa (1987) tarafından önerilen aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır.

$$A_k = 68 V_s^{-0,6} \quad (V_s < 1100 \text{ m/sn})$$

$$A_k = 1.0 \quad (V_s > 1100 \text{ m/sn}) \quad (30)$$

Ayrıca, zemin büyütmesi değerlerinden yararlanarak Hasar Oranı aşağıdaki eşitlikle tahmin edilebilir (İyisan ve diğ., 1997; Arıoğlu ve diğ., 2000)

$$HO = 0,157 A_k - 0,0293 \quad (31)$$

HO: hasar oranı

A_k : Deprem büyütme katsayısı

İnceleme alanını oluşturan birimlerin farklı ayrışma profillerinde enine elastik dalgaların kaya kütlelerini kat etme zamanlarından enine dalga hızları (V_s) hesaplanarak Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan birimlerin zemin büyütme katsayıları A_k ve olası deprem hasarları belirlenmiştir (Tablo 53).

3.10. Gümüşhane Yerleşim Alanındaki Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi

Yerleşim alanını oluşturan kaya birimlerin mühendislik özellikleri Hoek-Brown ampirik yaklaşımıyla ve jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yöntemi ile belirlenmiştir.

3.10.1. Yerleşim Alanındaki Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özelliklerinin Hoek-Brown Ampirik Yaklaşımıyla Belirlenmesi

Kaya zeminler temel olma açısından irdelendiğinde toprak zemine oranla çok daha büyük kütle dayanımına sahiptir. Ancak bu durum kaya ortamın taze, masif ve çatlaksız olduğu zaman söz konusudur. Kaya kütlelerinin ayrışma derecesi arttıkça ve süreksizlik sıklığı yoğunlaştıkça kırılma direnci düşer. Bu nedenle kaya malzemesinin laboratuarda tespit edilen basınç dayanımı değeri doğal ortamdaki kaya kütlelerinin gerçek dayanımını yansıtmaz. Arazi deneyleri ise oldukça masraflı ve zaman alıcı olmasına rağmen yeterince büyük kaya kütlelerine uygulanamaz.

Kaya kütle dayanımının laboratuvar ve arazi deneyleriyle yeterince yansıtılamaması özellikle büyük mühendislik projelerinde önemli mühendislik problemleri oluşmasına sebebiyet verecektir. Bu problem 1980 yılında Hoek ve Brown tarafından yayınlanan ve kendi adlarını taşıyan Hoek ve Brown Kırılma Kriteriyle çözülmeye çalışılmıştır. Ancak kriterin çatlaklı kaya kütlelerine uygulanmasında zaman içerisinde bazı güçlükler ortaya çıkmıştır. Bu nedenle kriter yayınlandığı yıldan sonra gerek Hoek, gerek Hoek ve Brown ve gerekse Hoek ve diğerleri tarafından, bir çok kez modifiye edilerek 1997 yılında son versiyonu yayınlanmıştır. Kriter 1994 yılına kadar Bieniawski (1976 ve 1989) tarafından

geliştirilen kaya kütlesi sınıflama puanı (Rock Mass Rating – RMR) değerini esas almıştır. 1994 yılında Hoek Kriterde RMR 'ın yerine , RMR değerinden yararlanılarak belirlenen jeolojik dayanım indeksi (geological strength index-GSI) değerini kullanmıştır. Daha sonra GSI değeri Hoek ve Brown 1997 tarafından hazırlanan ve yalnızca kaya kütlesinin arazide görsel olarak tanımlanmasına dayalı bir GSI sınıflama abağı kullanılarak belirlenmeye başlanmıştır.

Tablo 53. Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan birimlerin zemin büyütme değerleri ve muhtemel oluşturacağı hasarlar.

Zemin türü	Gümüşhane yerleşim alanını oluşturan birimlerin sismik ölçümle arazide belirlenen enine ve boyuna dalga hızlarının ayrışma profillerinde ayrıtılan kütleli ayrışma derecesine göre sınıflaması	Zemin büyütme faktörü	Hasar %	
Granit	Ayrışma derecesi	Vs(m/sn)	Ak	HO
	ayrışmamış	>1500	1	<13
	az ayrışmış	1500-1200	1	13
	Orta derece ayrışmış	1200-900	1-1,15	13-15
	yüksek derece ayrışmış	900-600	1,15-1,46	15-20
	tamamen ayrışmış	600-300	1,46-2,22	20-32
	arena (kalıntı toprak)	<300	>2,22	>32
Alüvyon	az ayrışmış	1200-1100	1	13
	Orta derece ayrışmış	-		
	yüksek derece ayrışmış	-		
	tamamen ayrışmış	450-150	1,74-3,36	24-50
	Kalıntı toprak	150-100	3,36-4,29	50-64
Alüvyon	550-300	1,63-2,02	23-29	
Yamaç molozu	250-150	1,33-2,48	18-36	

Hoek-Brown Kriterine göre çatlaklı kaya kütlesinin dayanım ifadesi

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} (mb \cdot \sigma'_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (32)$$

şeklindedir. Burada;

σ'_1 : max efektif asal gerilme

σ'_3 : min efektif asal gerilme

σ_{ci} : Kaya malzemesinin tek eksenli basınç direnci

m_b : Kaya kütle sabiti (Kaya kütlelerine ait ampirik büyüklük)

$$m_b = m_i \cdot \exp(GSI-100/28) \quad (33)$$

m_i , küçük boyutlu laboratuvar örneklerinin üç eksenli basınç deneylerinden belirlenen, büyük ölçüde kayaç litolojisine bağlı ampirik faktör (Tablo 54).

GSI: Jeolojik dayanım indeksi (Geological Strength Index).

S: Kaya kütlelerinin GSI'ye bağlı ampirik büyüklüğü

GSI>25 ise

$$S = \exp[(GSI-100)/9] \quad (34)$$

a=0.5 olarak sabit bir değer alınır.

GSI<25 ise

S=0

$$a = 0,65 - (GSI/200) \quad (35)$$

formülünden bulunur.

a: Kaya kütlelerinin jeomekanik büyüklüklerine bağlı ampirik büyüklük.

Sönmez ve Ulusay (1999), GSI değerinin kaya kütlelerinin görünümüne ve tanımlanmasına göre belirlendiğini ve bu uygulamanın subjektif bir değerlendirmeye yol açtığını ayrıca kriterin 1997 deki son versiyonunda örselenmiş ve örselenmemiş kaya kütlelerinin mühendislik parametrelerinin belirlenmesine yönelik bir kılavuzun mevcut olmadığını belirtip son versiyonun desteklediği herhangi bir araştırmanın bulunmayışını da göz önüne alarak bu belirsizliklerin giderilmesi için GSI değerlerinin hesaplanmasına ilişkin değişiklik önerilerinde bulunmuşlardır. GSI değerinin daha gerçekçi bir şekilde ve kolaylıkla tayin edilebilmesi için bu değerın kaya kütle parametrelerine bağlı olarak hesaplanması gerektiğini vurgulayarak ilgili puanlama parametrelerini sunmuşlardır.

Tablo 54. Kayaç litolojisine bağlı ampirik faktör mi değerleri (Hoek ve Brown,1997).

Kaya tipi	Sınıf	Grup	Tekstür			
			İri taneli	Orta	İnce taneli	Çok ince taneli
Sedimanter	Kırıntılı	-	Konglomera (22)	Kumtaşı 19	Silttaşı 9	Kıltaşı 4
	Kırıntılı değil	Organik	-	(18)	-Greywacke-	
			-	7	-Tebeşir-	
				(8-21)	-Kömür-	
	Karbonatlı	Breş (20)	Sparitik kireçtaşı (10)	Mikritik kireçtaşı 8		
	Kimyasal	-	Jips	Anhidrit		
Metamorfik	Foliasyonsuz	-	Mermer 9	Hornfels (19)	Kuvarsit 24	
	Hafif foliasyonlu	-	Migmatit (30)	Amfibolit 25-31	Milonit (6)	
	Foliasyonlu	-	Gnays 33	Şist 4-8	Fillit (10)	Sleyt 9
Mağmatik	Açık	-	Granit 33 Granodiyorit (30) Diyorit (28)	-	Riyolit (16) Dasit (17) Andezit 19	Obsidien (19)
	Koyu	-	Gabro 27 Norit 22	Dolerit (19)-	Bazalt (17)	
	Proklastikler	-	Aglomera (20)	Breş (18)	Tüf (15)	

Hoek, 1998 yılında daha önceki çalışmalarına ek olarak, GSI sınıflama sistemine foliasyonlu ve lamina içeren , ancak bloklu bir yapı göstermeyen makaslanmış zayıf kayaçları 5. Grup bir kaya kütleli olarak önermiştir.

Sönmez ve Ulusay (1999), GSI değerindeki küçük bir değişimin, kaya kütleli dayanımını doğrudan etkilediğini belirterek Hoek ve Brown, 1997 tarafından verilen abaktaki süreksizlik yüzeyi koşulunun ve kaya kütle yapısının ölçülebilir veya tanımlanabilir parametrelerini esas alarak daha duyarlı bir şekilde belirlenmesini sağlamak amacıyla, yeni bir puanlama sistemine geçilmesi gerektiğini ortaya koymuş ve bu görüş doğrultusunda “Yapısal Özellik Puanı (SR) ve Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR)” olarak tanımlanan iki parametrenin sisteme dahil edilmesini önermiştir.

Güncel GSI abağında süreksizlik yüzeylerinin durumu; süreksizliklerin dolgu, bozunma ve pürüzlülük özelliklerine bağlı olarak beş gruba ayrılmıştır. Araştırmacılar tarafından geliştirilen GSI abağında ise, süreksizlik yüzey koşulunun tanımlanması amacıyla RMR Sınıflama Sistemi'nin dolgu, bozunma ve pürüzlülük ile ilgili olarak önerdiği tanımlama ve puanlamaları (Bieniawski,1989) kullanarak elde edilen 0 ile 18 arasında değişen Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanları (SCR) kullanılmıştır. Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı,

$$SCR = R_r + R_w + R_f \quad (36)$$

ifadesinde izlendiği gibi pürüzlülük, bozunma ve dolgu puanlarının toplamı şeklindedir. Bu puanlama Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından modifiye edilmiş GSI abağının sağ üst köşesindeki tablo kullanılarak belirlenmektedir (Şekil 75).

Blok boyutu, kaya kütle yapısının tanımlanmasında önemli bir parametre olarak rol oynar. Süreksizliklerin sayısı, ara uzaklığı ve devamlılığı ise blok boyutunu ve şeklini denetleyen parametredir. Bu sebeple, Sönmez ve Ulusay (1999) GSI'ın hesaplanmasında kullanılan girdi parametrelerinin sayısının azaltılarak pratiklik sağlanması açısından hem süreksizlik aralığını, hem de süreksizlik sayısını birlikte ifade eden hacimsal eklem sayısı (J_v)'nı kullanarak Yapısal Özellik Puanı (SR)'nı belirlemiştir.

Araştırmada, J_v parametresi için gereken sınır değerler için ISRM (1981) tarafından önerilen aralıklar Tablo 55 esas alınarak Yapısal Özellik Puanı (SR) GSI sistemine uyarlanmıştır. Bu yeni GSI abağında, Yapısal Özellik Puanı (SR) , hesaplanan J_v değeri için abağın sol üst köşesindeki grafikten tayin edilmektedir (Şekil 75).

Tablo 55. Blok boyutu tanımlamaları ve J_v parametresi için ISRM (1981) ve Ulusay (1999) tarafından önerilen aralıklar.

ISRM (1981)'in tanımları	J_v (eklem/ m^3)	GSI için Ulusay (1999) tarafından önerilen tanımlar.
Çok büyük bloklar	<1	Bloklu (B)
Büyük bloklar	1-3	
Orta boyutlu bloklar	3-10	Çok bloklu
Küçük bloklar	10-30	Bloklu/Örselenmiş (B/O)
Çok küçük bloklar	30-60	Parçalanmış
Parçalanmış/ufalanmış	>60	

Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanları (SCR) ve Yapısal Özellik Puanları (SR) yukarıda anlatılan şekilde belirlendikten sonra bu puanların kesiştirilmesiyle elde edilen noktanın abaktan okunan değeri GSI puanını vermektedir (Şekil 75).

Gümüşhane yerleşim alanı kayaçlarının kaya kütle dayanımı Hoek ve Brown Kriterinin 1997 yılındaki son versiyonu kullanılarak bulunmuştur. Bu kriterde mevcut olan GSI (geological strength index) değerinin belirlenmesi ise Sönmez ve Ulusay (1999), tarafından önerilen yöntemle göre, Şekil 75' deki abak kullanılarak tespit edilmiştir.

GSI değerlerinin, kayaçların kütleli ayrışmasına ve haritada ayırtılan ayrışma bölgelerine göre hesaplanan ortalamaları Tablo 56-60' da verilmiştir. Tablolar incelendiğinde GSI puanlarının ayrışmanın artışıyla azaldığı gözlenmektedir.

Granit, aglomera ve kireçtaşlarının belirlenen GSI değerleri kullanılarak Şekil 76' daki diyagramlardan kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri bulunmuştur.

Yerleşim alanını oluşturan granitik kayaçlar aglomeralar ve kireçtaşlarının, kaya kütle dayanımı,

$$\sigma_{cm} = 2.C_i \cdot \cos \phi / 1 - \sin \phi_i \quad (37)$$

formülüyle hesaplanmıştır (Hoek ve Brown, 1997)

σ_{cm} : Kaya kütlelerinin yerinde basınç dayanımı.

C_i : Kaya kütlelerinin yerinde kohezyonu

ϕ_i : Kaya kütlelerinin içsel sürtünme açısı

Yerleşim alanını oluşturan kaya birimlerinin çekme gerilmeleri ,

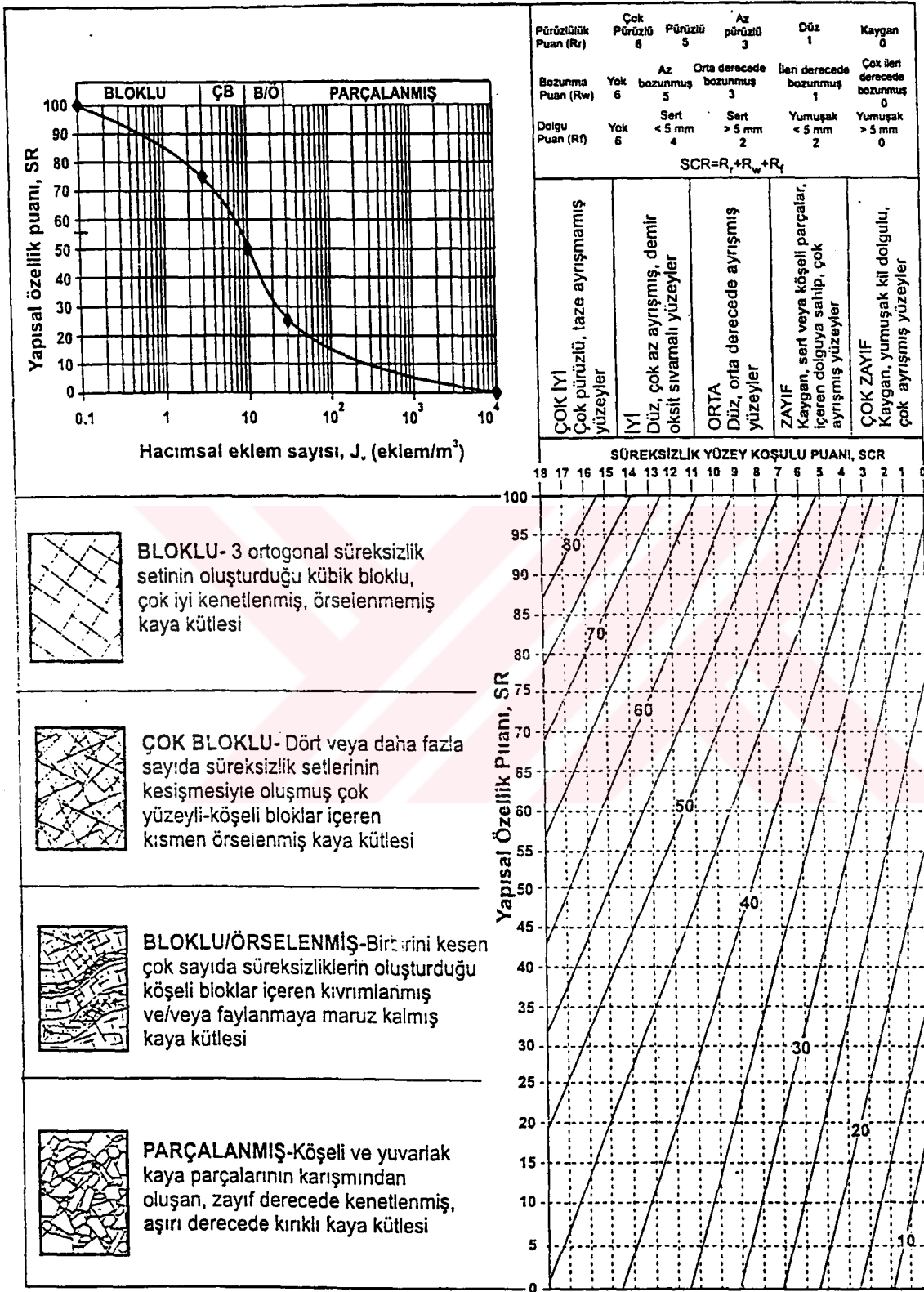
$$\sigma_{im} = \frac{\sigma_{ci}}{2} \left(m_b - \sqrt{m_b^2 + 4s} \right) \quad (38)$$

formülüyle hesaplanmıştır (Hoek ve Brown, 1997).

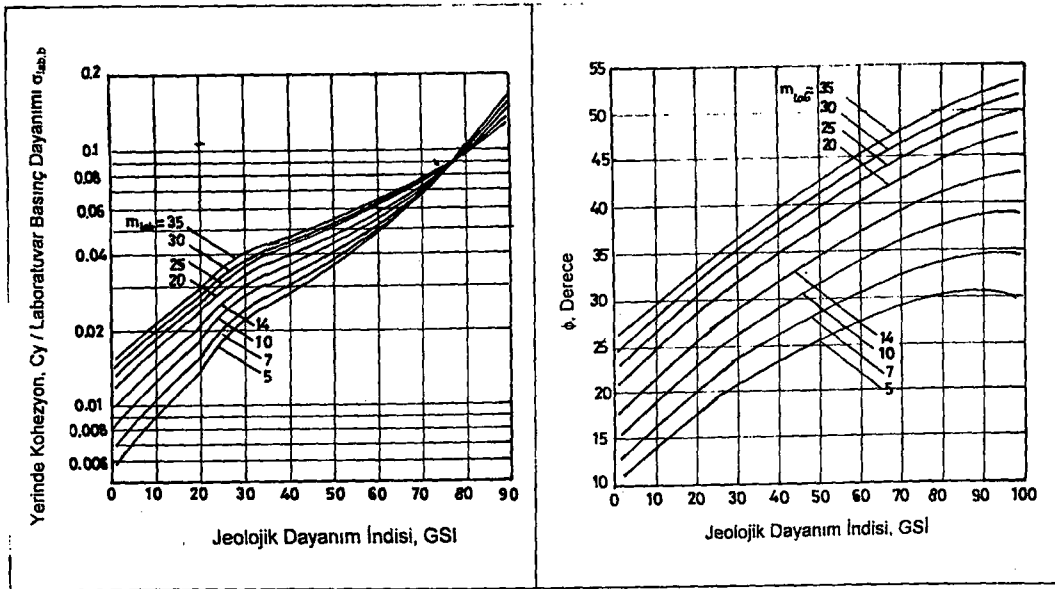
Elastisite Modülü ise,

$$E_m = \sqrt{\sigma_{ci} / 100} \cdot 10^{(GSI-10)/40} \quad (39)$$

formülünden belirlenmiştir (Hoek ve Brown, 1997).



Şekil 75. Modifiye edilmiş GSI sınıflama sistemi (Sönmez ve Ulusay, 1999).



Şekil 76. $C_y/\sigma_{ci}=f(GSI, m_i)$ ve $\phi=f(GSI, m_i)$ değişimleri (Hoek-Brown,1998)

Hesaplamalarda Hoek ve Brown (1997) tarafından verilen bilgisayar programı kullanılmıştır.

Çalışma alanındaki kaya birimlerin kaya kütle basınç ve çekme dayanımları, elastisite modülü, kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin ayrışma profillerinde ve haritada ayrırtlanan ayrışma bölgelerindeki göre ortalamaları Tablo 56-60' da verilmiştir.

Tablo 56. Granitik kaya kütlelerinin ayrışma profillerinde belirlenen mühendislik özellikleri.

Kaya türü	Kaya Kütlelerinin Ayrışma Derecesi	İstatistiksel değerler	GSI puanı	Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı σ_c (kg/cm ²)	Çekme dayanımı σ_{tm} (kg/cm ²)	Kaya kütle basınç dayanımı σ_{cm} (kg/cm ²)	Kohezyon, C (kg/cm ²)	İçsel Sürtünme açısı, ϕ	Elastisite Modülü, E (kg/cm ²)
Granit	Az ayrılmış	max	60	598	-1,17	168,66	37,21	42,39	17782,8
		min	47	472	-0,35	97,39	23,32	38,82	8414,0
		ortalama	52	499	-0,53	115,57	26,81	40,22	11220,2
	Orta derecede ayrılmış	max	51,0	496	-0,005	91,59	22,6	39,94	10593
		min	23,0	226	-0,310	29,93	8,2	30,47	1728
		ortalama	35,1	329	-0,110	52,66	13,5	35,32	4564
	Yüksek derecede ayrılmış	max	49,0	444	-0,003	73,21	17,6	39,90	9441
		min	18,0	151	-0,290	16,12	4,5	30,06	1778
		ortalama	29,9	267	-0,060	38,00	10,0	34,03	3415
	Tamamen ayrılmış	max	19,0	158	-0,002	17,07	4,7	32,16	2239
min		17,0	58	-0,005	5,05	1,5	29,50	1242	
ortalama		17,9	108	-0,004	10,16	2,9	30,51	1664	

Tablo 57. Aglomera kütlelerinin ayrışma profillerinde belirlenen mühendislik özellikleri.

Kaya Türü	Kaya Kütlelerinin Ayrışma Derecesi	İstatistiksel değerler	GSI puanı	Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı σ_c (kg/cm ²)	Çekme dayanımı, σ_{tm} (kg/cm ²)	Kaya kütle basınç dayanımı σ_{cm} (kg/cm ²)	Kohezyon, C (kg/cm ²)	İçsel Sürtünme açısı, ϕ	Elastisite Modülü, E (kg/cm ²)
Aglomera	Az ayrılmış	max	54,00	447	-0,280	87,30	21,38	37,8	12589
		min	41,00	272	-0,710	48,71	12,44	34,2	5957
		Ort.	47,33	377	-0,427	68,60	17,43	36,0	8987
	Orta derecede ayrılmış	max	49,00	437	-0,005	59,34	14,98	36,4	9441
		min	24,00	233	-0,380	22,06	6,46	29,3	2239
		Ort.	35,25	296	-0,137	40,82	11,13	32,6	4591
	Yüksek derecede ayrılmış	max	36,00	326	-0,005	40,17	11,35	32,8	4467
		min	21,00	129	-0,090	11,03	3,27	28,1	1884
		Ort.	28,87	218	-0,051	25,18	7,13	30,7	3060

Tablo 58. Kireçtaşı kütlelerinin mühendislik özellikleri.

Kaya Türü	Kaya Kütlelerinin Ayrışma Derecesi	İstatistiksel değerler	GSI puanı	Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı σ_c (kg/cm ²)	Çekme dayanımı, σ_{tm} (kg/cm ²)	Kaya kütle basınç dayanımı σ_{cm} (kg/cm ²)	Kohezyon, C (kg/cm ²)	İçsel Sürtünme açısı, ϕ	Elastisite Modülü, E (kg/cm ²)
Kireçtaşı	Taze kaya kütlesi	max	63	702	-0,96	122,11	33,59	33,6	21135
		min	46	291	-3,41	60,54	16,69	29,5	7943
		Ort.	55	527,5	-2,08	89,27	24,84	31,6	14028

Kaya kütlelerinin ayrışma derecesi arttıkça çekme dayanım değerlerinin de düştüğü gözlenmektedir. Kaya kütlelerinin dayanımının ayrışma derecesinin artışıyla olan değişim hızı, kaya malzemesinin dayanımının ayrışma derecesinin artışıyla olan değişim hızından daha fazladır. Bu durum kütle ölçeğinde kaya ortamdaki süreksizlik yoğunluğunun artışı ve bu süreksizliklerin ayrışmayı kolaylaştırıcı yönde rol oynamasındandır.

Ayrılmamış kaya kütlelerinde elastisite modülü, sağlam kaya malzemesinin elastisite modülüne yakın değerdedir. Kaya kütlesi ve kaya malzemesinin elastisite modülleri arasındaki fark ayrışmayla birlikte artmaktadır. Bu durum kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerinin değişiminde de kendini göstermiştir.

Tablo 59. Granitik kaya kütlelerinin mühendislik jeolojisi haritasında ayrıtılan ayrışma bölgelerine göre belirlenen mühendislik özellikleri.

Kaya Türü	Ayrışma Bölgesi	İstatistiksel değerler	GSI puanı	Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı σ_c (kg/cm ²)	Çekme dayanımı, σ_{tm} (kg/cm ²)	Kaya kütle basınç dayanımı σ_{cm} (kg/cm ²)	Kohezyon, C (kg/cm ²)	İçsel Sürtünme açısı, ϕ	Elastisite Modülü, E (kg/cm ²)
Granit	1	max	60,0	598	-1,17	168,66	37,21	42,39	17782,8
		min	34,0	256	-1,990	42,47	10,83	35,1	3981
		Ort.	45,2	391,5	-0,478	86,89	20,31	38,2	9641
	2	max	49,0	444	-0,004	73,21	18,02	39,9	9441
		min	21,0	158	-0,290	16,12	4,50	30,5	1728
		ortala ma	32,2	313,4	-0,083	47,02	12,26	34,7	3857
	3	max	38,0	272	-0,003	28,83	7,99	36,2	5012
		min	17,0	107	-0,060	9,00	2,63	29,5	1496
		ortala ma	24,5	170,4	-0,017	20,02	5,46	32,4	2558
	4	max	26,0	183	-0,005	21,56	6,15	30,1	2512
		min	18,5	58	-0,040	5,05	1,45	30,1	1242
		ortala ma	22,3	120,5	-0,023	13,31	3,80	30,1	1877

Tablo 60. Aglomera kaya kütlelerinin mühendislik jeolojisi haritasında ayrıtılan ayrışma bölgelerine göre belirlenen mühendislik özellikleri.

Kaya Türü	Ayrışma bölgesi	İstatistiksel değerler	GSI puanı	Kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı σ_c (kg/cm ²)	Çekme dayanımı, σ_{tm} (kg/cm ²)	Kaya kütle basınç dayanımı σ_{cm} (kg/cm ²)	Kohezyon, C (kg/cm ²)	İçsel Sürtünme açısı, ϕ	Elastisite Modülü, E (kg/cm ²)
Aglomera	5	max	54	447	-0,005	87,30	21,38	37,8	12589
		min	21	163	-0,710	14,72	4,34	28,1	1884
		Ort.	35,2	295,6	-0,161	41,64	11,22	32,5	4869
	6	max	36	326	-0,005	40,17	11,35	32,2	3981
		min	24	129	-0,100	11,03	3,27	28,7	2054
		Ort.	32,7	249,9	-0,123	33,64	9,14	31,8	4283
	7	max	34	214	-0,005	27,21	7,62	32,8	4467
		min	22,5	152	-0,070	17,07	5,00	29,3	2239
		Ort.	30,5	184,7	-0,048	21,85	6,14	31,2	3384

Tablolar incelendiğinde kaya kütlelerinde gözlenen ayrışma derecelerinin artışıyla kütlelerin dayanımında önemli azalmaların olduğu gözlenmektedir. Az ayrılmış Granitik

bir kaya kütlesinin dayanımı ortalama 116 kg/cm^2 iken ayrışmanın ilerlemesi ve tamamen ayrışmış kaya kütlesine dönüşmesiyle bu değer 10 kg/cm^2 'ye düşerek yaklaşık 12 kat birden azalmıştır.

3.10.2. Yerleşim Alanındaki Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özelliklerinin Sismik Kırılma Yöntemiyle Belirlenmesi

Zemin özellikleri yeterince belirlenmeden inşa edilen mühendislik yapılarında ve bazı binalarda kaymalar, farklı oturmalar ve çatlamlar gibi sorunlar meydana gelmektedir. Bu, zeminin litolojik, yapısal ve mühendislik özelliklerinin doğru şekilde belirlenemediğine ve yapı ile zemin özellikleri arasındaki bağın kurulamadığına işaret etmektedir. Başka bir deyişle, bu olayların meydana gelme sebebi, jeoloji, jeofizik ve inşaat mühendisleri arasındaki proje diyalogunun gereği gibi sağlanamadığının bir göstergesidir.

Zeminin mühendislik özelliklerini belirlemek için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi araziden alınan örnekler üzerinde laboratuvarda gerçekleştirilen deneylere dayanır. Ancak, laboratuvara getirilen örneklerin zemin ortamını tümüyle temsil etmediği ve bu nedenle sadece laboratuvar deneyleriyle zeminin mühendislik özellikleri hakkında yeterince sağlıklı bilgi edinilemeyeceği bilinmektedir. Zemin (toprak ve kaya) ortamının mühendislik özelliklerini belirlemek için bir diğer yol jeoteknik ve jeofizik yöntemlerle yerinde (in-situ) yapılan deneylerdir. Ancak, mekanik ve elastik özellikleri belirlemeye yönelik deney ekipmanını sağlamada ki zorluk, deneylerin ekonomik olmaması ve belirli bir standarda dayanmaması nedeniyle bu tür deneyler yapılamamıştır. Laboratuvar ve arazi deneylerinin bu olumsuzlukları nedeniyle, araştırmacılar ampirik yöntemler geliştirmişlerdir.

Kaya temellerin taşıma gücünün tespitinde değişik yaklaşımlar mevcuttur. Eskiden beri kullanılan gelen taşıma gücü bağıntılarında tabaka kalınlığı, yer altı su seviyesi, fay, çatlak ve kırık gibi yapısal özelliklerin bulunup bulunmadığı dikkate alınmamaktadır (Önalp, 1982). Son yıllarda bu soruna çözüm getirmek amacıyla değişik yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmiştir (Hoek -Brown, 1997).

Yine son zamanlarda jeoteknik mühendisliği literatüründe zemin taşıma gücü ve zemin oturmalarının belirlenmesinde, elastik özelliklerden faydalanılmaktadır. Literatürde temeli taşıyan elastik ortamın homojen izotrop ve yarı sonsuz olduğu kabul edilmektedir.

Genelde toprak zeminin davranışı elastik özellikteki kaya zemininkinden farklıdır. Ancak, küçük deformasyonlar için toprak zeminde makul bir yaklaşımla elastik zemin gibi kabul edilebilmektedir. Esasen dinamik yöntemlerden olan sismik yöntemlerin uygulanmasında tüm zeminler için aynı kabul yapılmakta olduğu ve sismik titreşimlerin küçük genlikli olup küçük deformasyonlar yarattığı bilinmektedir (Keçeli,1990).

Bu çalışmada, yerinde yapılan basit mekanik deneyler ve ölçümlerle yüzeyde görülebilen mostralarda incelemeler yapılarak Hoek –Brown (1997) kriterine göre mühendislik parametreleri bulunmuştur. Ayrıca jeolojik etütlerden elde edilen yeryüzü haritalarının ve zemin özelliklerinin derinliğe doğru değişimlerini izlemek, bu birimlerin mühendislik özelliklerini ortaya koymak ve jeolojik etüt verileriyle elde edilen sonuçları karşılaştırmak amacıyla jeofizik yöntemlerden sismik kırılma yönteminden yararlanılmıştır.

3.10.2.1. İnceleme alanında sismik kırılma yönteminin uygulanışı

Elastik dalgaların yayılım hızlarının incelenmesiyle toprak ve kaya zemin özelliklerinin belirlenmesi değişik şekillerde gerçekleştirilir. Sismik yöntemde malzemede hareket hızı doğrudan ölçülerek tanımlama yapılır. Arazide en uygun ölçüm sondaj kuyuları arasında yapılandır (Önalp, 1982). Ancak jeoteknik incelemelerde pratik ve yaygın olarak kullanılan, yüzeyde darbe ya da patlatma ile oluşturulmuş titreşimlerin değişik tabakalardan geçişi esnasında kırılma zamanının ölçülmesine dayanan sismik kırılma yöntemidir. Ses dalgalarının homojen elastik ortamda hareketi teorisinden geliştirilmiş olan bu yöntem jeofizik yöntemler arasında en gelişmişidir. Sismik kırılma yöntemi , zeminin; altındaki ana kayacın derinliği, yoğunluğu, E modülü, taşıma gücü, oturma miktarı gibi değerlerinin belirlenmesinde zaman ve ekonomiden tasarruf sağlayarak büyük kolaylık sunmaktadır.

Sismik kırılma ölçülerinin alınmasında EG&G Geometrics marka ES-1225 model ABD yapımı araştırma sismografi kullanılmıştır . p dalgalarını (boyuna dalga) üretmek için enerji kaynağı olarak zemin üzerine yerleştirilmiş çelik levhaya balyozla vurulmuştur. s dalgalarını (enine) üretebilmek için ise 25x10x150cm boyutlarındaki bir kalas, uzunluğu zemine 15-20cm derinlikte, alıcıların (jeofon) serim doğrultusuna dik ve ortalayacak şekilde gömülmüş ve balyozla kalasa yan yüzeylerinden vurulmuştur (Şekil 77).

Kullanılan alet 12 kanallı olup 255 kez yığma yapabilme kapasitesine sahiptir. P dalgalarını algılayabilmek için düşey bileşen alıcılar (jeofonlar), S dalgalarını algılayabilmek için ise yatay bileşen alıcılar (jeofonlar) kullanılmıştır. Çalışma alanının yerleşim alanı içinde olması ve topoğrafyanın müsaade etmemesinden dolayı fazla açılma sağlanamamıştır ve profil uzunluğu tüm serimler için ortalama 36m olarak alınmıştır.

Sismik ölçümler yerleşim alanını kaplayan ve daha önce belirlenen değişik ayrışma zonlarındaki granitik kayalar ve bazik volkanik proklastikler ile yamaç molozları üzerinde yapılmıştır.



Şekil 77. İnceleme alanında sismik kırılma yönteminin uygulanışı (Yer: Emirler Mah.)

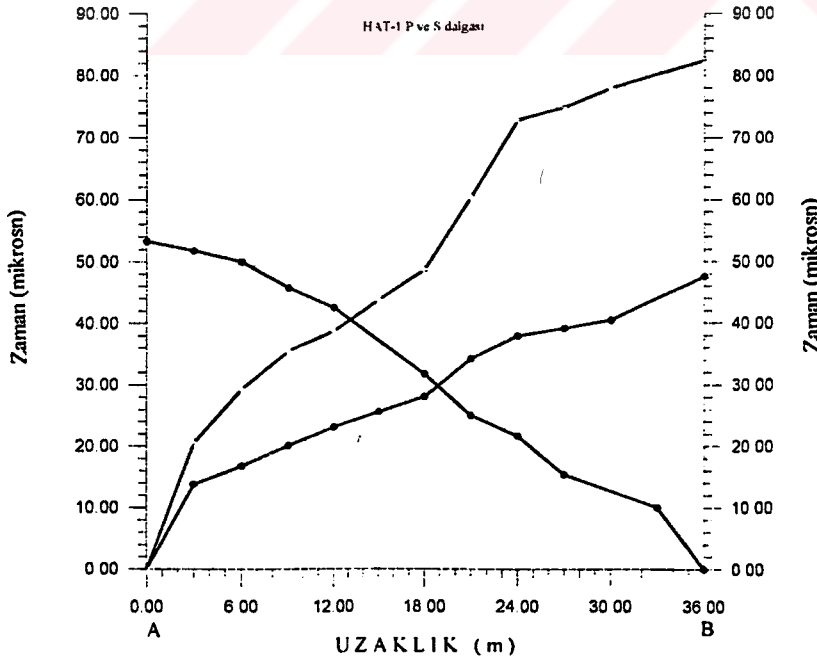
3.10.2.2. Yerleşim Alanı Kaya Kütlelerinin Elastik Dalga Hızları ve Kalınlıklarının Sismik Kırılma Yöntemiyle Belirlenmesi

Sismik yöntemde, sismik dalgaların yayılma hızının farklı nitelikteki toprak ve kayalarda ve hatta değişik ayrışma derecelerindeki kayalarda farklı olması ve bu dalgaların bu tabakaların sınırlarında kırılmasından yararlanılmaktadır.

Yapılan çalışmada zemine yollanan dalgalar jeofonlar (Hassas titreşim alıcı) ile algılanmış ve sismograf (çok hassas zaman –titreşim kayıt cihazı) ile kaydedilmiştir.

Granitlerde (Arena, tamamen ayrılmış, yüksek derecede ayrılmış, orta derecede ayrılmış, az ayrılmış ve ayrılmamış olmak üzere 5 değişik zonda), aglomeralarda, yamaç molozlarında ve alüvyonlarda atılan profillerde kırılma dalgaları varış zamanları okunarak zaman-uzaklık grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 78). Elde edilen grafikler eğik çok tabakalı ortam yaklaşımına göre değerlendirilerek yeraltındaki farklı litolojiye ve ayrışma derecesine sahip tabakaların derinlikleri ve elastik dalga hızları hesaplanmıştır. Daha sonra bu hızlar kullanılarak fiziksel ve elastik parametreler ile taşıma gücü ve oturma miktarları hesaplanmıştır.

Çalışma alanındaki granitik kayalar ve aglomeraların arazide sismik yöntemle belirlenen enine ve boyuna elastik dalga hızlarının farklı kütleli ayrışma derecesindeki (ayrışma profillerinden) ölçümlerinden yararlanarak elastik dalga hızı ayrışma derecesine göre sınıflandırılmıştır (Tablo 61). Ayrışma miktarının artışıyla dalga hızlarının azalması Tablo 61' den izlenmektedir. Ayrıca, inceleme alanındaki kayaların elastik dalga hızlarının derinlikle arttığı anlaşılmaktadır (Şekil 79-86). Elastik dalga hızının derinliğe bağlı olarak artması, ölçüm yapılan kayalardaki yüzeysel ayrışmanın doğal sonucu olarak ayrışmanın yüzeyden derine doğru azalmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 78. 1 nolu profile ait zaman-uzaklık grafiği (P ve S dalgalarının belirlenmesi).

Tablo 61. Ayrışma Profillerinde boyuna ve enine elastik dalga hızlarının değerleri.

Zemin türü	Gümüşhane yerleşim alanında seçilen ayrışma profillerinde sismik kırılma yöntemiyle belirlenen boyuna ve enine dalga hızları		
Granit	Ayrışma derecesi	Vp(m/sn)	Vs(m/sn)
	ayrışmamış	>2500	>1500
	az ayrışmış	2500-2000	1500-1200
	orta derece ayrışmış	2000-1500	1200-900
	Yüksek derece ayrışmış	1500-1000	900-600
	tamamen ayrışmış	1000-500	600-300
	arena (kalıntı toprak)	500-250	<300
Aglomera	az ayrışmış	2250-2100	1200-1100
	orta derece ayrışmış	-	-
	yüksek derece ayrışmış	-	-
	tamamen ayrışmış	1100-1000	450-150
	Kalıntı toprak	450-300	150-100
Yamaç molozu	700-250	250-150	
Alüvyon	1200-750	550-300	

Yerleşim alanı kayaçları arazide litoloji ve ayrışma yönünden incelendiğinde bazik proklastik kayaç kütlelerinin ayrışma durumunun dereceli geçişini belirleyebilmek granite nazaran oldukça güç olmuştur. Aglomera kütlelerinde yüzeysel inceleme bazında ayrışma dereceleri (az, orta, yüksek, tamamen) ayırtıldığı halde, jeolog çekiciyle kazmak suretiyle kütle içinde derine doğru ilerlendiğinde yüzeyden itibaren çok ayrışmış malzemenin temizlenmesiyle birden bire az-orta ayrışmış denebilecek düzeyde daha sağlam malzemeye geçildiği gözlenmiştir. Tablo 61 incelendiğinde bu gözlemin sismik verilerle de uyumlu olduğu görülmektedir. Aglomeraların derine doğru ayrışma değişiminde dereceli geçiş sınırlarının girift halde ve net olmadığı ve orta ve yüksek derecede ayrışmış zonun kalınlığının da çok küçük olduğu şeklinde yorumlamak gerçekçi bir yaklaşımdır.

Bazaltik kayalarda ayrışma etkilerinin kayaç içine nüfuz etmesi, granitik kayalara göre oldukça yavaştır. Çünkü granitik kayalarda ayrışma etkileri süreksizlikler boyunca kütle içine nüfuz ettiğinden ayrışma dereceli olarak gelişmektedir. Bazaltik kayaların ayrışmaya karşı dirençleri granitik kayalara göre daha az ancak ayrışma etkilerinin kayaç içerisine etkimesi daha yavaştır (süreksizlik yoğunluğunun az olması nedeniyle). Bu nedenle bazik proklastikler yüzeyde kolayca ayrışmakta, ancak ayrışma derine doğru oldukça azalmaktadır. Bu proklastikler de yüzeyden itibaren 0,5-3 metrelik tamamen ayrılmış zondan sonra az ayrılmış zona geçilmektedir.

Sismik hızlar kayaçların mekanik özelliklerini yansıttığından genel olarak, V_p dalga hızının 1000 m/sn den küçük değerleri zayıf sağlamlıkta zemin türüne, V_p dalga hızının 1000 m/sn ile 2500 m/sn arasındaki değerler orta sağlamlıkta zemin türüne ve V_p dalga hızının 2500 m/sn den büyük değerleri ise sağlam zemin türüne tekabül eder.(Türker ve diğ., 1991)

Gümüşhane kent zeminini oluşturan birimlerin, elastik dalga hızlarına göre zemin sağlamlıkları Tablo 62' de verilmiştir. Tablo 62 incelendiğinde ayrılmamış granitik kayaların dalga hızı sağlam zemine, az orta ve yüksek derece ayrılmış granitlerin dalga hızları orta sağlamlıkta zemine, tamamen ayrılmış granitlerin ve arenaların dalga hızları ise zayıf sağlamlıkta zemine tekabül ettiği görülmektedir. Aglomeralarda, az ayrılmış kütle orta sağlamlıkta zemine, tamamen ayrılmış kütle ise zayıf sağlamlıkta zemine işaret etmektedir. Yamaç molozları ise zayıf sağlamlıkta zemini göstermektedir.

Laboratuvarda ve arazide belirlenen elastik dalga hızlarından yararlanarak kırık indeksi ($V_{\text{parazi}} / V_{\text{plab.}}$) değerleri bulunmuştur (EİE-065). Bu indekse göre çalışma alanındaki granitik kayalar ile aglomeraların kalite sınıflaması yapılmıştır (Tablo 63). Tablo 63 'de değişik ayrışma derecelerindeki kalite sınıflamaları incelendiğinde ayrışmanın azalmasıyla kalitenin arttığı görülmektedir.

Zaman-uzaklık grafiklerindeki doğruların eğiminden dalga yayılma hızları ve eğrinin kırıklık noktası B nin başlangıca olan mesafesi d' den yararlanarak ise tabaka kalınlığı (Şekil 78) (litolojik birimin ya da ayrışma zonunun değiştiği derinlik), yatay iki tabakalı durum için;

$$D=d/2\sqrt{(V_2-V_1)/(V_2+V_1)} \quad (40)$$

formülünden hesaplanmıştır.

D: litolojik birimin kalınlığı

V_1 : Birinci ortamın boyuna dalga hızı, V_p (m/sn)

V_2 : İkinci ortamın boyuna dalga hızı, V_p (m/sn)

d: Zaman uzaklık grafiklerinde çizilen doğruların eğimlerinin değiştiği noktaların orjine olan uzaklıkları (Şekil 68).

Sismik kırılma yönteminde elde edilen profillerdeki birimlere ait kalınlık değerleri

Şekil 79-86'da verilmiştir.

Tablo 62. Kent zeminini oluşturan birimlerin ayrışma profillerinde ki dalga hızları ve bu hızlara göre zemin sağlamlığı sınıflaması

Boyuna (V_p) dalga hızına göre zemin sağlamlığı sınıflaması (Türker ve diğerleri, jeofizik 1991)		Zemin türü					
		Granit		Aglomera		Yamaç molozu	Alüvyon
Zemin sağlamlık sınıfı	V_p (m/sn)	Ayrışma derecesi	V_p (m/sn)	Ayrışma derecesi	V_p (m/sn)		
Sağlam zemin	>2500	ayrışmamış	>2500	ayrışmamış	-		
orta sağlamlıkta zemin	2500-1000	az ayrılmış	2500-2000	az ayrılmış	2250-2100		
		orta derece ayrılmış	2000-1500	orta derece ayrılmış	-		
		yüksek derece ayrılmış	1500-1000	yüksek derece ayrılmış	-		
zayıf sağlamlıkta zemin	<1000	tamamen ayrılmış	1000-500	tamamen ayrılmış	1100-1000		1200-750
		arena (kalıntı toprak)	500-250	Kalıntı toprak	(450-300)	250-300	

Tablo 63. Granitik kayaç ve aglomeraların kırık indeksi kalite sınıflamasına göre değerlendirilmesi

Kırık indeksi kalite sınıflaması		Granit		Aglomera	
Tanımlama	V_p_{arazi} / V_p_{lab}	Kütlesel ayrışma derecesi	V_p_{arazi} / V_p_{lab}	Kütlesel ayrışma derecesi	V_p_{arazi} / V_p_{lab}
Çok iyi	0,8-1	Ayrışmamış	0,840	Ayrışmamış	-
İyi	0,8-0,6	Az ayrışmış	0,722-0,667	Az ayrışmış	0,625-0,690
Orta	0,6-0,4	Orta derecede ayrışmış	0,593	Orta derecede ayrışmış	-
		Yüksek derecede ayrışmış	0,521-0,489	Yüksek derecede ayrışmış	-
Zayıf	0,4-0,2	Tamamen ayrışmış	0,366	Tamamen ayrışmış	0,377-0,350
Çok zayıf	0,2-0	Arena (Kalıntı toprak)	-	Kalıntı toprak	-

3.10.2.3. Gümüşhane Kent Zeminini Oluşturan Birimlerin Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi

Sismik dalga hızlarından yararlanarak yoğunluk, poisson oranı, dinamik kayma (shear) modülü, dinamik elastisite (young) modülü, zemin hakim titreşim periyodu ve taşıma gücü değişik yöntem ve bağıntılarla hesaplanmıştır.

Sismik ölçümleri yapılan profillerde toprak ve kaya zeminlerin yoğunluğu (Telford ve diğ., 1993) tarafından verilen aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır (Tablo 64).

$$\rho = 1,6 + 0,2 V_p \text{ (km/sn)} \quad (\text{Derinlik kayaçları için}) \quad (41)$$

$$\rho = 0,31 V_p^{0,25} \text{ (km/sn)} \quad (\text{Yüzey kayaçları ve sedimander ortamlar için}) \quad (42)$$

Tablo 64 incelendiğinde ayrışma miktarının artışıyla yoğunluk derecesinin azaldığı görülmektedir. Bilindiği gibi elastisite modülü (Young modülü), aynı zamanda zeminin sağlamlığının bir ifadesidir. Granitik kayalarda ayrışma derecesinin artışıyla elastisite modülünün azaldığı gözlenmektedir (Tablo 64).

Çalışma alanı kayaların dinamik kayma modülü μ , (Telford ve diğ., 1993),

$$\mu = V_s^2 \cdot \rho \quad (43)$$

V_s , enine dalga hızı (cm/sn) ve ρ ise yoğunluktur (gr/cm^3).

Dinamik kayma modülünün ayrışmanın artışıyla azalması, kesme direnci parametrelerinin de ayrışmayla azaldığının bir ifadesidir (Tablo 64).

Tablo 64. Gümüşhane kent zeminini oluşturan birimlerin fiziksel ve elastik parametre değerleri

Gümüşhane kent zeminini oluşturan birimlerin mühendislik parametre değerlerinin değişimi							
Zemin türü	Kaya kütlelerinin ayrışma derecesi	Boyuna dalga hızı V_p (m/sn)	Enine dalga hızı V_s (m/sn)	Yoğunluk ρ (gr/cm^3)	Poisson oranı σ	Kayma modülü μ (kg/cm^2)	Elastisite modülü E (kg/cm^2)
Granit	Ayrışmamış	2824-2400	1700-1200	2,16-2,08	0,27	62562-29952	152131-9872
	Az ayrışmış	2400-2150	1200-1000	2,08-2,03	0,27	29952-20300	79872-55296
	Orta derecede ayrışmış	1858-1700	1034-950	1,97-1,94	0,27	21079-17509	53780-44575
	Yüksek derecede ayrışmış	1371-1286	888-770	1,87-1,86	0,27	14779-11011	33655-26880
	Tamamen ayrışmış	954-769	554-350	1,79-1,75	0,30	5496-2148	13692-5884
	Arena (Kalıntı toprak)	402-390	176-125	1,68	0,34	521-262	1438-757
Aglomera	Az ayrışmış	2250-2100	1200-1100	2,05-2,02	0,31	29520-24442	76825-64084
	Tamamen ayrışmış	1100-1000	450-150	1,82-1,80	0,44	3686-405	10316-1206
	Kalıntı toprak	480-300	170-100	1,70-1,66	0,44	490-166	1400-477
Yamaç molozu	700-261	240-146	1,74-1,65	0,35	1002-352	2873-896	
Alüvyon	1200-750	550-300	1,84-1,75	0,36	5294-1656	9722-4858	

Mühendislik yapısı ve büyük bina projelerinde temel kayasının elastisite modülünün bilinmesi zorunludur. Arazide inceleme alanındaki kayaçlar üzerinde uygulanan sismik yöntemin profil hatlarından kaya örnekleri alınarak laboratuara getirilmiş ve sonik yöntemle elastik dalga hızları bulunmuş ve bu hızlardan yararlanarak yerleşim alanındaki kayaçların laboratuvar (sonik yöntemle) ve arazideki dinamik elastisite modülleri (sismik yöntemle) hesaplanmıştır. Sismik verilerden yararlanarak dinamik elastisite modülünün hesaplanmasında aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır (Telford ve diğ., 1993)

$$E = 2\mu(1 + \sigma) \quad (44)$$

μ : kayma modülü (kg/cm²)

σ : Poisson oranı

Tablo 64 incelendiğinde dinamik elastisite modülü değerinin ayrışma derecesinin artışıyla azaldığı görülmektedir.

Onodera (1963) kayaçların laboratuvarında ve arazide (insitu) saptanan dinamik elastisite modülünden yararlanarak temel kayaçlarının sağlamlık katsayılarını saptamış ve kayaçları buna göre sınıflandırmış ve aşağıdaki bağıntıyı önermiştir (Tarhan, 1989).

Sağlamlık katsayısı $= E_{d \text{ arazi}} / E_{d \text{ lab}}$, arazide saptanan dinamik elastisite modülü/laboratuvarında saptanan dinamik elastisite modülü.

Gümüşhane yerleşim alanı kayaçlarının sağlamlık katsayısı değerleri hesaplanarak sağlamlık derecesine göre sınıflandırılmıştır (Tablo 65).

Granitik kayaçlarda ultrasonik ve sismik kırılma yöntemiyle belirlenen elastik hız değerlerinin ve dinamik elastisite modülü değerlerinin düşük çıkması, Gümüşhane Granitlerinin çok kırıklı olması ve dinamik yöntemlerde oluşan deformasyonun statik yöntemlere göre çok düşük olması sebebiyledir.

Kent zeminin oluşturan birimlerin poisson oranı sismik kırılma yöntemiyle elde edilen hız değerlerinden yararlanılarak bulunmuştur (Tablo 64). Hesaplamalarda aşağıda verilen bağıntı kullanılmıştır (Telford ve diğ., 1993).

$$\sigma = (V_s^2 - 0,5V_p^2) / (V_s^2 - V_p^2) \quad (45)$$

Tablo 65. Granit ve aglomeraların sağlamlık katsayısına göre değerlendirilmesi.

Sağlamlık katsayısına göre kayaç sınıflaması, Onedera (1963)			Granit		Aglomera	
Kayaç sınıfı	Sağlamlık derecesi	Sağlamlık katsayısı	Kaya kütleinin ayrışma derecesi	Sağlamlık katsayısı	Kaya kütleinin ayrışma derecesi	Sağlamlık katsayısı Edarazi/Edlab
A	Fevkalade iyi	>0,75	-	-	Ayrışmamış	-
B	İyi	0,75-0,50	Ayrışmamış	0,594	Az ayrışmış	0,620-0,490
C	Elverişli	0,50-0,35	Az ayrış	0,383-0,4		
D	Elverişsiz	0,35-0,20	Orta derecede ayrışmış	0,323	Yüksek derecede ayrışmış	-
			Yüksek derecede ayrışmış	0,280-0,292	Tamamen ayrışmış	0,320-0,190
E	kötü	<0,20	Tamamen ayrışmış	0,110		

Zemin hakim titreşim periyodu özellikle inşaat mühendisleri için önemli bir parametredir. Depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde zemin hakim titreşim periyodunun bilinmesi gereği vardır (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1997) ve binanın titreşim periyodunun zeminin titreşim periyodundan farklı olması istenir. Eşit olması halinde ise rezonans meydana gelir (Arıoğlu ve diğ., 2000) ve bu özellikle deprem bölgelerinde istenmeyen bir durumdur ve deprem anında yıkıma sebebiyet verir.

Titreşim periyodu, T;

$$T = 4 H / V_s \quad (46)$$

formülünden hesaplanmıştır. Yeryüzüne konan yüklerin üçte bir değer aldığı aktif derinlikler (0-50) metreler arasına düşmesinden dolayı, pratikte mühendislik yapıları için (0-50) metreler arası dikkate alınır. Bu sebeple zemin hakim titreşim periyodu H=10m ve H=25m derinlikler için hesaplanmıştır (Tablo 66).

Tablo 66 incelendiğinde titreşim periyodunun ayrışmayla birlikte arttığı gözlenmektedir. Buda depreme karşı dayanıklılığın sert ve sağlam zeminde yüksek iken, yumuşak, ayrışmış ve zayıf zeminde düşük olduğunun bir ifadesidir. Tablo 63 ile Tablo 65 karşılaştırıldığında

zeminin elastik dalga hızları azalırken, zemin hakim titreşim periyotlarının arttığı gözlenmektedir.

Tablo 66. Gümüşhane kent zemininin, zemin hakim titreşim periyodu değerleri.

Gümüşhane kent zeminini oluşturan birimlerin zemin hakim titreşim periyotları			
	Kütleli ayrışma derecesi	Zemin hakim titreşim periyodu T (sn)	
		H=10m için	H=25m için
Granit	Ayrılmamış	0,024-0,033	0,059-0,083
	Az ayrılmış	0,033-0,040	0,083-0,100
	Orta derecede ayrılmış	0,039-0,042	0,097-0,105
	Yüksek derecede ayrılmış	0,045-0,052	0,113-0,130
	Tamamen ayrılmış	0,072-0,114	0,181-0,286
	Arena (Kalıntı toprak)	0,320-0,227	0,568-0,800
	Aglomera	Az ayrılmış	0,033-0,036
Tamamen ayrılmış		0,089-0,267	0,222-0,667
Kalıntı toprak		0,235-0,400	0,588-1
Yamaç molozu		0,167-0,274	0,417-0,685
Alüvyon		0,07-0,130	0,180-0,330

3.10.2.4. Gümüşhane kent zemininin taşıma gücü değerlerinin belirlenmesi

Literatürde sismik dalga hızlarından yararlanarak taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesinin hesaplanmasına yönelik geliştirilmiş değişik yöntem ve formüller mevcuttur .

Türker ve Keçeli (1991), sismik yöntemle taşıma gücünü veren bağıntıları geliştirirken Terzaghi'nin deneysel olarak elde ettiği statik taşıma gücü genel formülünden yola çıkmışlardır. Yazarlar, zeminin taşıma gücünün, sismik yöntemle elde edilen elastik dalga hızı ve titreşim periyodundan dalga hızlarından yararlanarak bulunabileceğini belirtmekte ve bunun için aşağıda verilen bağıntıları önermektedirler:

$$q_u = \rho V_p T / 40$$

(47)

q_u : zemin taşıma gücü (kg/cm^2)

ρ : yoğunluk (gr/cm^3)

V_p : boyuna dalga hızı (m/sn)

T: zemin hakim titreşim periyodu (sn)

OYO firması tarafından geliştirilen ve Japonya' daki zemin etütlerinde geniş ölçüde kullanılan zemin taşıma gücü anlamındaki serbest basınç direnci q_u ile V_s arasındaki deneysel bağıntı aşağıda verilmiştir (Imai, 1976; Keçeli, 1990).

$$V_s = 137 q_u^{0.47} \quad (48)$$

buradan taşıma gücü,

$$q_u = e^{[\ln(V_s/137)]/0.47} \quad (49)$$

olarak bulunur. Bu bağıntı 81 adet arazi veri seti kullanılarak geliştirilmiştir. Burada, V_s , enine dalga hızını (km/sn), q_u ise taşıma gücünü (kg/cm^2) göstermektedir.

Imai (1976) ayrıca V_p boyuna sismik dalga hızı ile q_u serbest basınç direnci (taşıma gücü) arasında

$$q_u = 10 V_p^3 \quad (50)$$

bağıntısını geliştirmiştir (Keçeli, 1990). Bu çalışmada, jeofizikçiler tarafından da daha yaygın olarak kabul görmüş, Imai (1976) tarafından önerilen formüller kullanılmıştır. Arazide sismik yöntemin uygulanışı esnasında arazi şartlarından dolayı boyuna dalgalar enine dalgalara göre daha kolay ve daha çok sayıda elde edilmiştir. Bu nedenle, hesaplamalarda Imai formüllerinden $q_u = 10 V_p^3$ bağıntısı tercih edilmiştir.

Granit ve aglomera kütlelerinin ayrışma profillerinde, sismik yöntemle belirlenen taşıma gücü değerleri ile kayanın yerinde dayanımın veren Hoek-Brown kriteri ile belirlenen kütle dayanım gücü değerlerinin karşılaştırılması Tablo 67' de verilmiştir.

Tablo 67. Gümüşhane kent zeminini oluşturan birimlerin taşıma gücü değerleri

Gümüşhane kent zemininde Ayrışma profillerinde taşıma gücü değerlerinin değişimi			
Zemin türü	Ayrışma derecesi	q_u (kg/cm ²)(IMAI,1976), Sismik etüt	σ_{mass} ,Kütle dayanımı(kg/cm ²)(Hoek- Brown, 1998),Jeoteknik etüt
Granit	ayrışmamış	>138	-
	az ayrılmış	138-99	>90
	orta derece ayrılmış	64-49	92-30
	yüksek derece ayrılmış	26-21	73-16
	tamamen ayrılmış	9-5	17-5
	arena (kalıntı toprak)	3.4-0.6	-
Aglomera	az ayrılmış	114-93	87-49
	orta derece ayrılmış	-	59-22
	yüksek derece ayrılmış	-	40-25
	tamamen ayrılmış	13-10	-
	Kalıntı toprak	1.13	-
Yamaç molozu		0.25-0.18	-
Alüvyon		17.3-4.2	-

Tablo 66 incelendiğinde kayalardaki ayrışma derecesinin artmasıyla taşıma gücünün azaldığı gözlenmektedir. Ayrıca sismik yöntemle belirlenen taşıma gücü değerleri ile Hoek- Brown kriteriyle hesaplanan kayanın yerinde dayanım değerlerinin birbirini desteklediği gözlenmiştir. Dinamik yöntemle bulunan taşıma gücü değerlerinin genellikle, kütleli jeomekanik yerinde dayanım değerlerinin içerisinde kaldığı görülmektedir.

Derinlik (metre)	Litoloji	Elastik Parametreler ve Taşıma Gücü			
1.35	Yamaç Molozu	$V_p=261$ m/sn $V_s=146$ m/sn	$\rho=1.65$ (gr/cm ³)	$q_u=0.18$ (kg/cm ²)	$\mu=352$ (kg/cm ²) $E=896$ (kg/cm ²)
	Liyas yaşlı volkano- tortul seri	$V_p=1084$ m/sn $V_s=413$ m/sn	$\rho=1.82$ (gr/cm ³)	$q_u=12.74$ (kg/cm ²)	$\mu=3098$ (kg/cm ²) $E=8770$ (kg/cm ²)
4.69	Az ayrılmış granitik kayaç	$V_p=2400$ m/sn $V_s=1200$ m/sn	$\rho=2.08$ (gr/cm ³)	$q_u=138$ (kg/cm ²)	$\mu=29952$ (kg/cm ²) $E=79872$ (kg/cm ²)

Şekil 79. 1. profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerinin değerlerinin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçüm Yeri : Fındıklı Tepe,Ek 2).

Derinlik (metre)	Litoloji	Elastik Parametreler ve Taşıma Gücü				
0.78	Yamaç Molozu	$V_p=292.5\text{ m/sn}$ $V_s=146\text{ m/sn}$	$\rho=1.66$ (gr/cm^3)	$q_u=0.25$ (kg/cm^2)	$\mu=354$ (kg/cm^2) $E=943$ (kg/cm^2)	
	Liyas yaşlı volkanotortul seri	$V_p=814\text{ m/sn}$ $V_s=413\text{ m/sn}$	$\rho=1.76$ (gr/cm^3)	$q_u=5.40$ (kg/cm^2)	$\mu=3006$ (kg/cm^2) $E=7978$ (kg/cm^2)	
7.40	Az ayrıışmış granitik kayaç	$V_p=2150\text{ m/sn}$ $V_s=1200\text{ m/sn}$	$\rho=2.03$ (gr/cm^3)	$q_u=99.4$ (kg/cm^2)	$\mu=29232$ (kg/cm^2) $E=74469$ (kg/cm^2)	

Şekil 80. 2. profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerinin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçüm Yeri : Fındıklı Tepe, Ek 2).

Derinlik (metre)	Litoloji	Elastik Parametreler ve Taşıma Gücü				
1.40	Arena	$V_p=700\text{ m/sn}$ $V_s=240\text{ m/sn}$	$\rho=1.74$ (gr/cm^3)	$q_u=3.43$ (kg/cm^2)	$\mu=1002$ (kg/cm^2) $E=2873$ (kg/cm^2)	
	Yüksek derecede ayrıışmış granitik kayaç kütleli	$V_p=1286\text{ m/sn}$ $V_s=770\text{ m/sn}$	$\rho=1.86$ (gr/cm^3)	$q_u=21.27$ (kg/cm^2)	$\mu=11011$ (kg/cm^2) $E=26800$ (kg/cm^2)	

Şekil 81. 3. Profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrenin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri : Eskibağlar Vadisi, Ek-2).

Derinlik (metre)	Litoloji	Elastik Parametreler ve Taşıma Gücü Değerleri				
1.07	Arena	$V_p=390\text{ m/sn}$ $V_s=176\text{ m/sn}$	$\rho=1.68$ (gr/cm^3)	$q_u=0.60$ (kg/cm^2)	$\mu=519$ (kg/cm^2) $E=1426$ (kg/cm^2)	
	Tamamen ayrıışmış granit	$V_p=954\text{ m/sn}$ $V_s=554\text{ m/sn}$	$\rho=1.80$ (gr/cm^3)	$q_u=8.68$ (kg/cm^2)	$\mu=5496$ (kg/cm^2) $E=13692$ (kg/cm^2)	

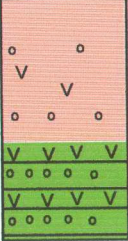
Şekil 82. 4. Profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrenin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri : İnönü Mahallesi, Ek 2).

Derinlik (metre)	Litoloji	Elastik Parametreler ve Taşıma gücü				
		0.56	Yol dolgusu	Vp=686 m/sn Vs=364m/sn	$\rho = 1.74$ (gr/cm ³)	q _u =3.24 (kg/cm ²)
5.68	Orta derecede ayrılmış granitik kayaç kütleli	Vp=1858 m/sn Vs=1034 m/sn	$\rho = 1.97$ (gr/cm ³)	q _u =64 (kg/cm ²)	$\mu = 21029$ (kg/cm ²) E=53780 (kg/cm ²)	
	Az ayrılmış granitik kayaç	Vp=2824 m/sn Vs=1700 m/sn	$\rho = 2.16$ (gr/cm ³)	q _u =225 (kg/cm ²)	$\mu = 62563$ (kg/cm ²) E=152131 (kg/cm ²)	



Şekil 83. 5. Profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametre değerlerinin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü veri Emirler Mah., Ek 2).

Derinlik (metre)	Litoloji	Elastik Parametreler ve Taşıma gücü				
		1.09	Kalıntı toprak	Vp=481 m/sn Vs=167m/sn	$\rho = 1.7$ (gr/cm ³)	q _u =1.13 (kg/cm ²)
3.25	Tamamen ayrılmış aglomera kütleli	Vp=1006 m/sn Vs=452 m/sn	$\rho = 1.8$ (gr/cm ³)	q _u =10.21 (kg/cm ²)	$\mu = 3680$ (kg/cm ²) E=10109 (kg/cm ²)	
	Taze ve az ayrılmış aglomera	Vp=2182 m/sn Vs=1200 m/sn	$\rho = 2.04$ (gr/cm ³)	q _u =108.9 (kg/cm ²)	$\mu = 29324$ (kg/cm ²) E=75258 (kg/cm ²)	

Şekil 84. 6. profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerinin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri: Topal Mahallesi, Ek 2).

Derinlik (metre)	Litoloji	Elastik Parametreler ve Taşıma Gücü Değerleri				
7.44		Tamamen ayrılmış aglomera kütleli	Vp=1050 m/sn Vs=350 m/sn	$\rho = 1.81$ (gr/cm ³)	q _u =11.6 (kg/cm ²)	$\mu = 636$ (kg/cm ²) E=1888 (kg/cm ²)
	Az ayrılmış aglomera kütleli	Vp=2250 m/sn Vs=1190 m/sn	$\rho = 2.05$ (gr/cm ³)	q _u =113.9 (kg/cm ²)	$\mu = 29030$ (kg/cm ²) E=75816 (kg/cm ²)	

Şekil 85. 7. profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerinin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçü Yeri Topal Mahallesi Ek 2).

Derinlik (metre)	Litoloji	Elastik Parametreler ve Taşıma Gücü Değerleri				
0.71		Arena	Vp=402 m/sn Vs=125 m/sn	$\rho = 1.68$ (gr/cm ³)	q _u =0.64 (kg/cm ²)	$\mu = 262$ (kg/cm ²) E=759 (kg/cm ²)
	Tamamen ayrılmış granit kaya kütleli	Vp=769 m/sn Vs=350 m/sn	$\rho = 1.75$ (gr/cm ³)	q _u =4.55 (kg/cm ²)	$\mu = 2148$ (kg/cm ²) E=5883 (kg/cm ²)	
2.87		Yüksek derecede ayrılmış granit kaya kütleli	Vp=1371 m/sn Vs=888 m/sn	$\rho = 1.87$ (gr/cm ³)	q _u =25.77 (kg/cm ²)	$\mu = 14779$ (kg/cm ²) E=33656 (kg/cm ²)

Şekil 86. 8. Profil hattında uygulanan sismik kırılma yöntemi sonucu belirlenen mühendislik parametrelerin yüzeyden derine doğru değişimi (Ölçüm Yeri: Çamlıköy yolu, Ek 2)

3.11. Gümüşhane Yerleşim Alanı Mühendislik Jeolojisi Haritaları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile (CBS) Analizi

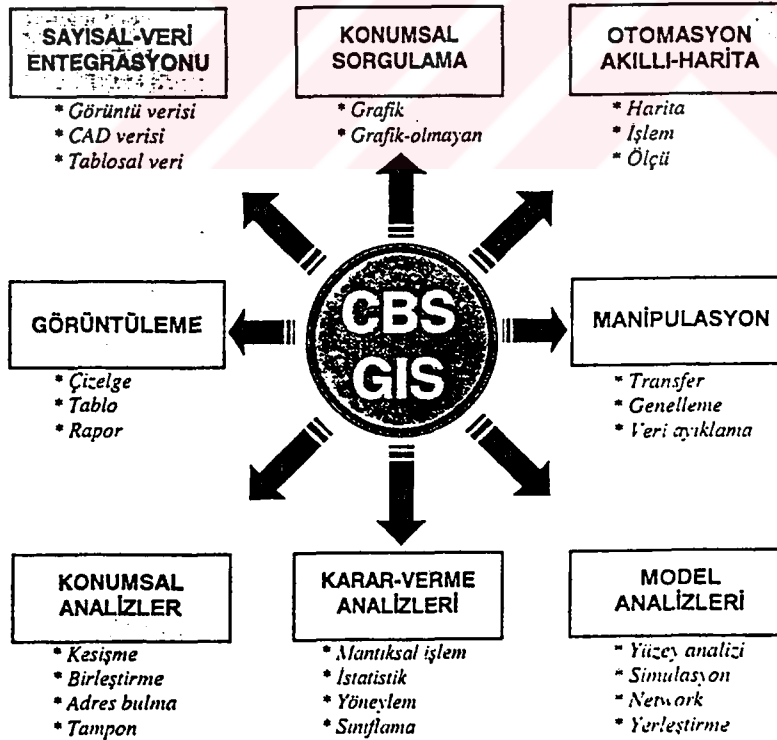
3.11.1. Coğrafi Bilgi Sistemi

Son 30 yıldır, coğrafyacılar ve değişik disiplinlerdeki bilim adamlarından oluşan bir grup araştırmacı, bilgisayar ortamında coğrafi verilerin depolanması ve değerlendirilmesi için bir sistem geliştirmektedirler (Kıncal, 1999).

Geographical Information Systems (GIS) veya ülkemizdeki adıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri olarak anılan bu sistem (CBS), grafik ve grafik olmayan veriler ile bütün içerisinde çalışan bilgi sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Yomralıoğlu, 1994).

Bir başka tanımla "CBS, belirli bir araç ile yeryüzüne ait verilerin toplanması, depolanması, sorgulanması, transfer ve görüntülenmesi işlevlerini yerine getiren araçların tümüdür" (Yomralıoğlu, 2000).

Şekil 87' de coğrafi bilgi sistemlerinin temel fonksiyonları şematik olarak özetlenmiştir.



Şekil 87. Coğrafi bilgi sistemlerinin temel fonksiyonları (Yomralıoğlu, 2000).

3.11.2. Yazılım ve Donanımlar

Donanım olarak Jeodezi ve Fotoğrametri Bölümü'nde bulunan sayısallaştırıcı (digitizer), Calcomp firmasının üretimi olan 2000 A serili digital DEC-5000/133 iş istasyonu (Workstation) ve PC bilgisayarlar kullanılmıştır. Sorgulama ve analiz için ArcInfo 7.0 ve Arcview 3.2 versiyonlarındaki paket programlar, sayısallaştırma aşamasında Autocad R14 yazılımı, analizde kullanılan haritalarının çizimlerinin düzenlenmesinde ise Freehand 9.0 paket programı kullanılmıştır.

3.11.3. CBS'nin Mühendislik Jeolojisi'ndeki Yeri ve Uygulamaları

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin bir çok disiplinde olduğu gibi Jeolojide özellikle Mühendislik Jeolojisindeki kullanım yoğunluğu gittikçe artmaktadır. Bunlar; stabilite ve heyelanlı sahalarda risk analizlerinin yapılması, deprem hasar dağılımları ve zemin, bina türü, topoğrafya gibi faktörlerle ilişkilendirilmesi, akarsu ve tsunamilerin oluşturduğu taşkınlar ve bu taşkınların etki alanlarının belirlenmesi, erozyon alanlarının belirlenmesi, endüstriyel atıkların ve çöp döküm alanlarının çevre kirlenmesine etkilerinin belirlenmesi, kentlerin arazi kullanım potansiyellerinin ortaya çıkarılması ve bu doğrultuda uygun yer seçimi, CBS ile hazırlanan üç boyutlu sayısal arazi modelleriyle tünel, köprü, yol ve alt yapı güzergahlarının seçiminde büyük kolaylıklar sağlaması ve bunların yanısıra sorgulama ve analizi sayesinde doğru ve hızlı karar verebilmeyi desteklemesi şeklinde sıralanabilir.

Orlic (1997), 3 boyutlu (3D) GIS'ni kullanarak arazi yüzeyinin geoteknik karakterine sayısal bir yaklaşım sunmuştur. Kent Jeolojisinde böyle bir sistemin uygulanmasının geniş bilgi yoğunluklarının depolanmasına ve daha aktif ve daha verimli kullanılmasını sağladığını belirtmiştir.

CBS'de 3 boyutlu sayısal arazi modeli ile sahanın topoğrafyasının tam olarak ortaya çıkarılması Hidrojeolojik araştırmalarda büyük önem taşımaktadır. Örneğin akifer niteliğindeki yapıların belirlenmesinde ve yeraltı suyunun akış yönü ve beslenme havzasının belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Albertson ve Hennington (1995), barajın durumundan kaynaklanan yeraltı su seviyesindeki değişiklikleri değerlendirmek için GIS'in kullanılmasıyla ilgili bir yaklaşım sunmuşlardır.

Kent planlanmasında yer seçimini etkileyen topoğrafya, jeolojik yapı, hidrojeolojik koşullar, yapı malzemeleri, depremsellik gibi parametrelerin birbirleriyle ilişkilendirilmesini sağlar.

Dermentzopoulos ve Katsaridis (1997) GIS metodunu Kent Planlama amaçları için mühendislik jeolojisi verilerinin optimizasyonunda kullanmışlar ve bu modeli Piraeus Şehrine uygulamışlardır.

Gournellos ve diğ. (1997), GIS tekniğini jeolojik, jeomorfolojik ve çevre değişkenleri arasındaki kompleks bağıntıları araştırmak için kullanmışlardır.

Stournaras ve Alexopoulos (1997) ArcInfo yazılımında bir GIS sistemini Nea Kios ve Porto Heli' de kentsel gelişmenin kontrolünü araştırmak için kullanmışlardır. Mevcut litolojik , tektonik, jeomorfolojik, hidrojeolojik ve jeoteknik verileri sisteme dahil ederek bilhassa kentsel gelişme amaçları için tematik haritalar nazırlamışlardır.

Marinos ve diğ. (1997) yaptıkları çalışmada, Atina'nın Attika bölgesinde erozyona sebep olan jeolojik formasyonların zayıflığı değerlendirilmiş ve erozyon tehlikesi olan alanlar belirlenmiştir. Değişik tematik özelliklere sahip 3 grup harita kullanılmış ve bu grupların her biri;

- a) Litolojik ve hidrolitolojik bilgileri
- b) Hidrografik ağın karakteristiklerini
- c) Yamaç eğimlerini göstermektedir.

Araştırmacılar bu uygulamada GIS'ni kullanarak bütün bilgileri örtüştürüp bilgilerin tamamını kapsayan sonuç haritası elde etmişlerdir

Çağdaş kentleşmenin bir gereği olan akılcı bir kent planlaması, bu planlama içerisinde yer alacak olan bina, yol, köprü, sanayi tesisleri, su depoları, park yerleri, yeşil alanlar, atık depolama alanları...vb. değişik nitelikli yapılar için yapılacak uygun yer seçimini etkileyen, topoğrafya, jeolojik yapı, hidrojeolojik koşullar, iklim koşulları, yapı malzemeleri gibi jeolojik ve jeoteknik etmenlerin ayrı ayrı ve birlikte değerlendirilerek, öngörülen kent planlaması için gereksinim duyulacak bilimsel verilere dayalı saha kullanım haritalarının bilgisayar ve Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) teknikleri kullanılarak hazırlanmasını zorunlu kılar (Kasapoğlu, 1998).

CBS yardımıyla mühendislik jeolojisi haritaları hızlı bir şekilde üretilebilmekte ve sorgulanabilmektedir. CBS sadece yeni haritalar üretmekle kalmayıp aynı zamanda depolama görevini de üstlenmektedir. Sorgulama ve analiz sonucunda üretilen yeni haritaları istenilen ölçekte almayı mümkün kılmaktadır. Depolanan verilerin daha sonraki

yıllarda yapılan ek çalışmalarla bilgisayar ortamında korelasyonunu sağlamaktadır. Konuma dayalı olarak yapılan analizler, karar verme aşamasına önemli yönler vermektedir. Mühendislik jeolojisi haritalarının bilgisayar ortamında hazırlanması ve değişik amaçlar için sorgulanması yerleşim alanlarının gelişebileceği yönleri daha sağlıklı olarak belirlemesi açısından önemlidir.

Günümüzde CBS yazılımları ile mühendislik jeoloji haritalarının oluşturulması ve değişik amaçlar için analiz edilerek amaca uygun yeni haritaların türetilmesi giderek artmaktadır ve literatürde bu tip çalışmalara artık sıkça rastlanmaktadır. Ayday C., ve Ulusay, R., Ankara Kenti Kuzey -Orta Bölgesinin mühendislik jeolojisi haritasını CBS ile hazırlayıp değişik amaçlar için sorgulayarak yeni haritalar türetmişlerdir. Kıncal (1999) Coğrafi Bilgi Sistemlerinin jeolojideki bir uygulaması konulu yüksek lisans tezinde eğitim haritaları oluşturmuştur ve bu eğitim zonlanma haritaları ile jeoloji haritalarını çakıştırarak (overlay) değişik amaçlı sorgulama ve analiz neticesinde yeni haritalar üretmiştir.

Bir sahanın yerleşime uygunluk ve arazi kullanımı açısından değerlendirilmesinde jeoloji, mühendislik jeolojisi, topoğrafik ve eğitim zonlama haritalarının birlikte yorumlanması ve sorgulanması büyük önem taşımaktadır.

3.11.4. Veri Toplama İşlemi

3.11.4.1. Grafik veri Elde Edilmesi

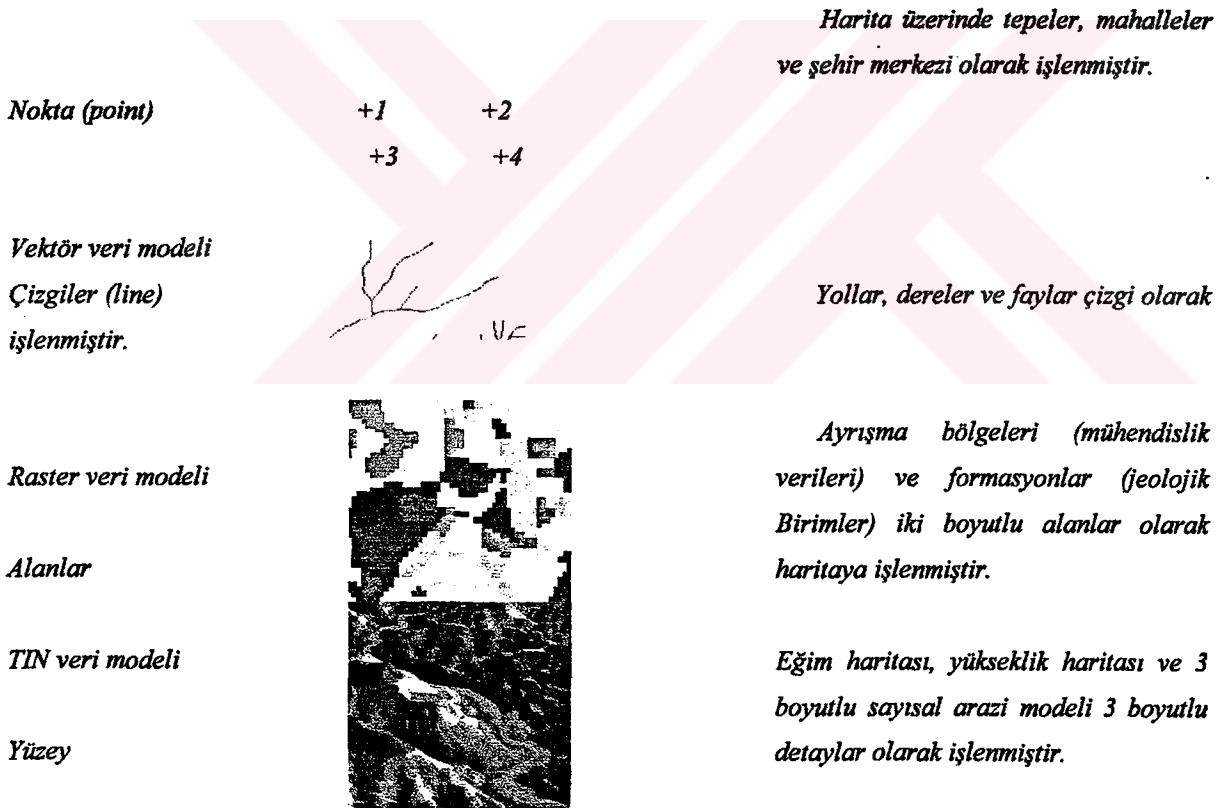
Grafik veriler (konumsal veriler) Coğrafi belli bir referansa göre yeri ve biçimi belirtilen koordinat ve piksel değerlerdir. Grafik veriler çeşitli kaynaklardan vektör ve raster formunda elde edilirler. Uygulama alanlarına ve mevcut veri kaynaklarına göre her iki grafik veri formu da kullanılabilir. Bir sayısallaştırıcıda yada fotogrametrik değerlendirme sistemlerde noktasal ve çizgisel olarak elde edilen grafik veriler vektör formundadır. CDD kameraları, uydu görüntüleri ve tarayıcılardan en küçük resim elemanlarının (piksel) büyüklüğü olarak elde edilen sayısal görüntüler raster formundadır (Reis, 1996). CBS’de vektör, raster (Hücre veri modeli) ve tin (Triangulated irregular net work) veri modeli olmak üzere 3 tip veri modeli vardır. Şekil 88’de vektör ve raster veri modellerinin şematik gösterimi sunulmaktadır.

Konumsal veriler, haritalara nokta (point), çizgi (line) poligon (polygon) ve hacimsel (3 boyutlu) veriler olarak işlenmiştir.

Bu çalışmada, 1/10000 ölçekli topoğrafik pafta, 1/10 000 ölçekli jeoloji haritası, 1/5000 ölçekli mühendislik jeoloji haritası ve 1/10 000 ölçekli taşkın haritası, haritalar üzerine işlenen kontrol noktalarıyla (Tic) birlikte sayısallaştırılmıştır. AutoCAD ortamında yapılan sayısallaştırma sırasında çizgi ve alan detaylar üzerinde düzeltme işlemi yapılmamış, düzeltme işlemi ArcInfo ortamında yapılmıştır.

Sayısallaştırma işlemi tamamlandıktan sonra Auto CAD ortamında oluşturulan dosyalar DXFOUT komutuyla DXF formatına dönüştürülerek Arc/info ortamına aktarılmıştır. Arc/info ortamında DXFARC komutuyla dosyalar ayrı ayrı açılarak katmanlar oluşturulmuştur.

Bu katmanlar üzerinde "clean" ve " build" komutlarıyla topoloji kurulmuştur. Sayısallaştırma haritaları topoloji oluştuktan sonra Arc/Info programının ArcEdit modülünde düzeltilmiştir. Bu işlemlerden sonra Şekil 89' daki katmanlar elde edilmiştir.



Şekil 88: Vektör ve raster veri modellerinin şematik olarak gösterimi

3.11.4.1.1. Topoğrafya

Topoğrafik paftadaki eş yükseklik eğrilerinin autoCad ortamında sayısallaştırılıp CBS ile grafik olarak işlenip analiz edilmesiyle şehrin morfolojisini ortaya çıkaran farklı

katmanlar (eğim zonlama, eş yükseklik zonlama, bakı haritaları ve üç boyutlu sayısal arazi modeli) elde edilmiştir. Bu katmanlar şehir planlama açısından önem arz etmektedir.

Topoğrafya, kent yerleşim alanlarında, planlama açısından yapı ve alt yapı maliyetini etkilemesi, yerleşmede bazı teknik alt yapı sorunları doğurması, jeoteknik açıdan stabilite problemleri oluşturmasıyla önemlidir. Ayrıca doğal hava hareketlerini değiştirip mikroklima yaratmasıyla topoğrafya önem kazanmaktadır.

Yerleşim alanlarının planlanmasında literatürde eğime göre yapılan sınıflamaların uygulanabilirliğini bölgenin özel jeomorfolojik, topoğrafik ve hatta jeoteknik koşulları etkilemekte ve yönlendirmektedir.

Bir kentin veya bölgenin planlama açısından eğime göre zonlaması yapılırken literatürde farklı yaklaşımlar kullanılmıştır.

Simpson (1984), eğime göre sınıflamayı inşaat maliyetini baz alarak yapmış ve %9-17 eğimli arazide inşa edilecek yapıda %10 oranında bir maliyet artışı olacağını, %17-33 eğimli arazide ek maliyetin %11-15 arasında değişeceğini, eğimi %33'den büyük alanlarda ise %25-40 arasında bir maliyet artışı olacağını belirtmiştir.

Chapin (1976) ise planlamada %5 eğimli alanları maliyet için 1. sınıf, %10-15 eğimli alanları 2. sınıf alanlar olarak belirterek bunun üstündeki eğimleri ekonomiklik sınırı ile ayırmış ve %15 eğimli alanlara alt ekonomiklik, % 15 ve üstü eğimli alanlara ise marjinal ekonomiklik sınırı vermiştir.

Demek (1972), yerleşim alanlarını eğim kategorilerine göre gruplayarak 9 ayrı eğim sınıfı ayırmış sırasıyla 0-0° 30' eğimli alanları düzlemsel; 0-30'-2°, tatlı eğimli ; 2-5°, az eğimli; 5-15 °, çok eğimli; 15-35°, sarp; 25-35° çok sarp; 35-55 °, dike yakın eğimli; 55-90 °, dik eğimli ve >90 ° eğimli alanları devrik olarak tanımlamıştır. % 1'den % 25'e kadar değişen eğimli alanları ise planlama açısından detaylı sınıflamıştır.

Lynch (1974) ise konut yerleşimi açısından % 20'den az eğimli arazilerin sorun yaratmayacağı; % 21-30 eğimli arazilerde atık suyun uzaklaştırılması ve temiz su temini gibi konularda çözülebilir teknik sorunlar çıkabileceğini ve arazide setleme, teraslama gibi düzenlemeler gerektiğini; %31-40 eğimli arazilerde mimari tasarım ve çevre düzeyinde özel çözümlerle (set evler, teras evler, yapı içinde kot farkı oluşturma, vb.) arazinin kullanılabilirliğini ancak teknik alt yapı maliyetinin çok yüksek olacağını; % 41 den büyük eğimli arazilerin ekonomik olarak yerleşmeye uygun olmadığını, hem alt yapı hemde yapı inşa maliyetinin yüksek olacağını, %50-65 eğimli arazilerde ise ciddi heyelan sorunu yaşanacağını belirtmiştir.

Literatürdeki çalışmaların görüldüğü gibi planlama ve maliyet açısından eğim % 20'lere en çok % 40 lara kadar sınıflanabilmektedir. Ancak Karadeniz Bölgesinin engebeli topoğrafyası dolayısıyla düşük dereceli eğimler ancak vadi tabanları ve tepe düzlüklerinde mevcuttur. Yamaçlar genellikle sarp ve diktir. Düşük eğimli arazinin miktar olarak yetersizliği, bölge insanını dik yamaçlara yerleşmeye zorlamıştır. Durum bölgenin Gümüşhane kentinde de aynıdır. Bu sebeple kentin topoğrafyasına en yaklaşık sınıflama olan Linch (1974)'ün sınıflaması esas alınarak bu yaklaşım özel morfolojik koşullara göre zenginleştirilmiş ve jeoteknik araştırmalarla zorunlu koşullarda yerleşilebilir alanlar sınıflanmaya eklenmiştir (Ek 3).

Yerleşilecek arazinin eğim analizlerinin yapılması, o alan üzerinde yerleşecek kentsel fonksiyonların konumlanışında önemli bir etkidir (Sancar 2000). Ayrıca yerleşilecek arazinin eğim analizlerinin yapılması arazinin işlevlere dağıtılmasına, yapılanma yoğunluğuna, ulaşım ağı şemasına, kent görünümüne (townscape) yani yapılaşmanın üçüncü boyutuna ilişkin kararlarla yakından ilgilidir (Aydemir 2000). Eğimli arazide, rüzgar hızı eğim derecesine bağlı bir değişkendir. Yamaç yukarı esen rüzgarın hızı, % 6-20 eğimli arazide, düz araziye göre % 50-60 oranından daha fazla iken, yamaç aşağı esen rüzgar hızı % 6-20 eğimli arazide düz araziye göre % 10-30 oranında daha azdır (Simpson, 1984). Bu sebeple yamaca yapılacak inşaatlarda, rüzgarın yapı ve çevresinde yarattığı olumsuz etkileri azaltması yönünden eğim analizlerinin yapılması gereği doğmaktadır. Sıralanan bu etkenler çerçevesinde Gümüşhane kent alanının eğim analizleri CBS ile yapılarak eğim zonlama haritası oluşturulmuştur (Ek 3).

Eğimli arazilerde yamacın üst ve alt kotları arasındaki ısı farkı ısınan havanın gün boyu yamaç yukarı hareketini sağlarken soğuk havanın ise yamaç aşağı hareketini sağlamaktadır. Gece soğuyan ve yoğunluğu artan hava, yamaçlardan aşağıya gittikçe artan bir hızla akar ve bu hava akıntısı serin ve bağıl nemi yüksek havayı vadi tabanına biriktirir (Özdeniz, 1984). Vadide doğal ya da yapay engellerden oluşan bir çanak bulunması durumunda vadi tabanında biriken soğuk hava tabanda uzun süre hareketsiz kalır sis ve duman çökmesine neden olur (Aydemir, 2000). Çanakta yoğun yapılaşmaların olması rüzgar hareketini engelleyeceğinden Gümüşhane gibi benzer morfolojik özellikler gösteren ve yapılaşmanın vadi tabanında yoğunlaştığı kentlerde, rüzgar hareketinin engellenmesi çevre sorunlarının artmasına sebep olmaktadır. Şehirde vadideki yapılaşma yoğunluğunun artışı kentin içinde yer aldığı çanağın taşıma kapasitesini aşacak ve doğal havalanma kanallarını kapatarak zaten mevcut olan hava kirliliğini had safhaya

ulaştıracaktır. Ayrıca soğuk rüzgarın önündeki doğal ya da yapay engeller baraj etkisi yaparak soğuk bölgelerin oluşmasına neden olacaktır. Eğim ve yükseklik farkı arazinin tepe, düzlük ve şev gibi yüzey şekillerinden kaynaklanmaktadır. Yükseklik kuşakları (arazinin en yüksek noktası ile en alçak noktası arasındaki yükseklik farkı) arazinin özelliklerine göre belirlenebilir. Planlama açısından yerleşimin genellikle 100 m lik kuşaklar şeklinde düzenlenmesindeki amaç iklimsel nedenlere bağlanmaktadır (Yaşlıca, 1986). Atmosfer ısı her 100 m'de 1 fahrenheit azalmaktadır (Sancar 2000). Saha kullanımı açısından Gümüşhane kentinin yukarıda sıralanan bu mikroklimatik özelliklerinin daha net ortaya çıkarılması amacıyla CBS ile eşyükseklik zonlama haritası yapılmıştır (Ek 4).

Eğimli arazide radyasyon etkisi ve güneşlenme düz araziden farklıdır. Güney ve ara yönlerine bakan yamaçlar düz araziye göre daha çok radyasyona maruz kalırlar. Kuzey ve ara yönlerine bakan yamaçlarda ise durum tam tersidir. Cisimlerin gölge boyları da kuzey yamaçlarında yapılar arası açıklıkların genişlemesini, dolayısıyla düz araziye ve güney yamaçlarına göreli daha az yoğun yapılaşmasını gerektirir (Aydemir 2000). Bu sebeplerle planlamada yerleşim yerinin daha sağlıklı belirlenmesi amacıyla Gümüşhane kentinin bakı haritası CBS yardımıyla oluşturulmuştur (Ek 5).

3.11.4.2. Grafik Olmayan Verilerin Elde Edilmesi

Grafik bilgilerle ilgili düzeltme ve topoloji işlemleri sona erdikten ve katmanlar oluşturulduktan sonra grafik olmayan (öznitelik bilgileri) veriler ArcView ortamında girilmiştir.

Arc/info programı topoloji kurulmasından sonra otomatik olarak sözel ve sayısal bilgilerin girilerek grafik verilerle ilişkilendirilebilmesini sağlayan detay öz nitelik tablosunu (Feature Attribute Table) oluşturur. Alan, çizgi ve nokta detaylara göre öz nitelik tablosu farklı özelliktedir ve PAT (Polygon Attribute Table), AAT (Arc Attribute Table), PAT (Point Attribute Table) isimleriyle birbirlerinden ayrılır. Tepe ve yer adları verileri PAT (point) tablolara nokta detaylara ait öz nitelik bilgileri olarak girilmiştir. Dere ve yol gibi çizgisel detaylara ilişkin veriler AAT tablolarına işlenmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarında elde edilen mühendislik jeolojisi verileri (kütle dayanımı, taşıma gücü, ayrışma durumu) ve puanları ise sayısal ve sözel olarak PAT (polygon) tablolarına girilmiştir.

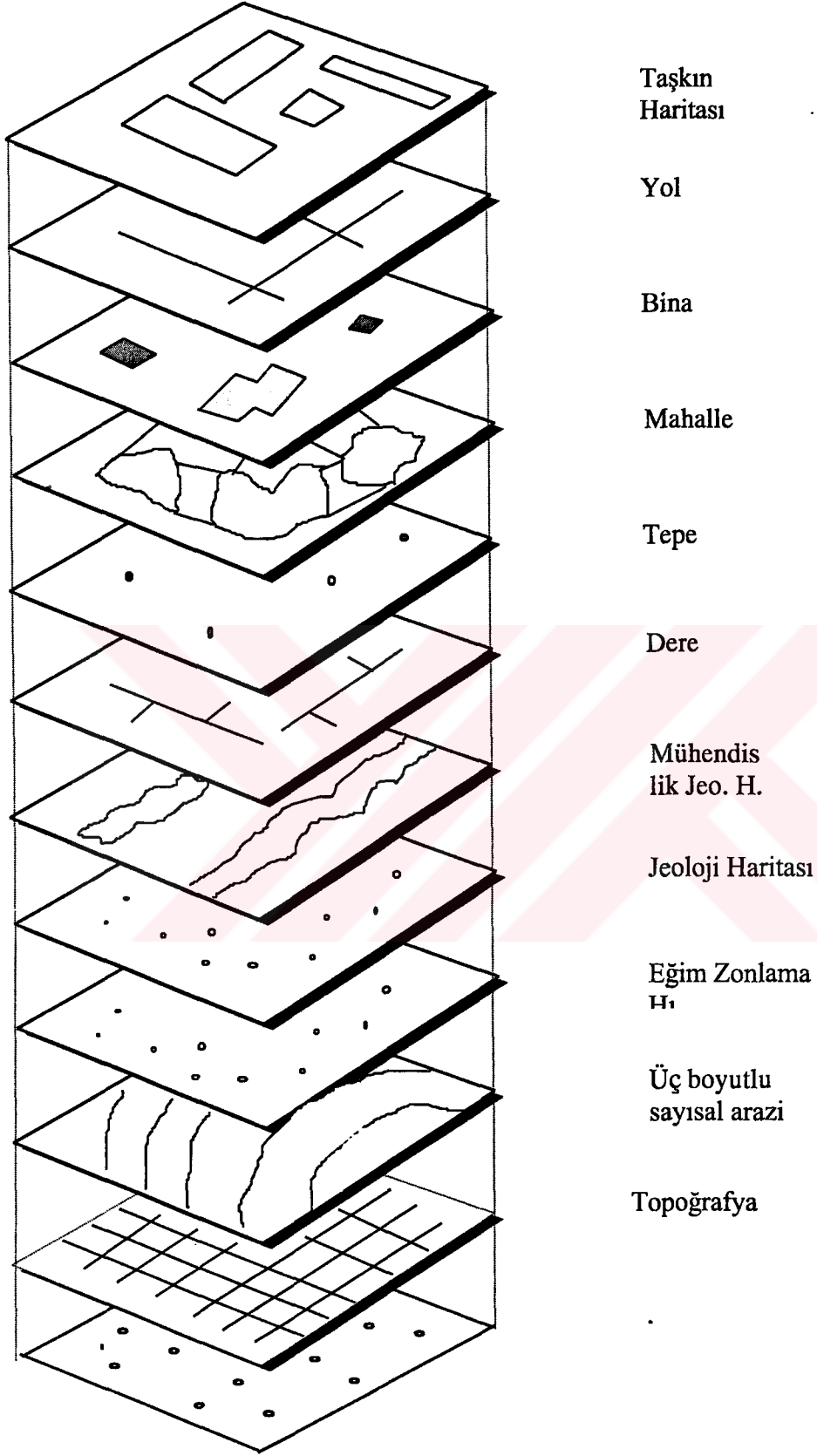
3.11.5. Çalışma alanında Sorgulama ve Yerleşime Uygunluk Analizi

Genel jeoloji ve Mühendislik jeolojisi haritaları arazi deney ve gözlemleri ve laboratuvar çalışmaları sonucunda hazırlanarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Taşkın haritası ise Bölüm 3.7'de belirtilen yöntemle hazırlanmıştır. Eğim (EK-3), eş yükseklik (EK-4) ve 3 boyutlu sayısal arazi modeli (EK-6) ise topoğrafik haritalardan direkt CBS yazılımları kullanılarak hazırlanmıştır. Bu haritalardan mühendislik jeolojisi , eğim ve taşkın haritaları kullanılarak CBS yazılımları ile Gümüşhane Kenti ve çevresinin yerleşime uygunluk haritası hazırlanmıştır (EK-7).

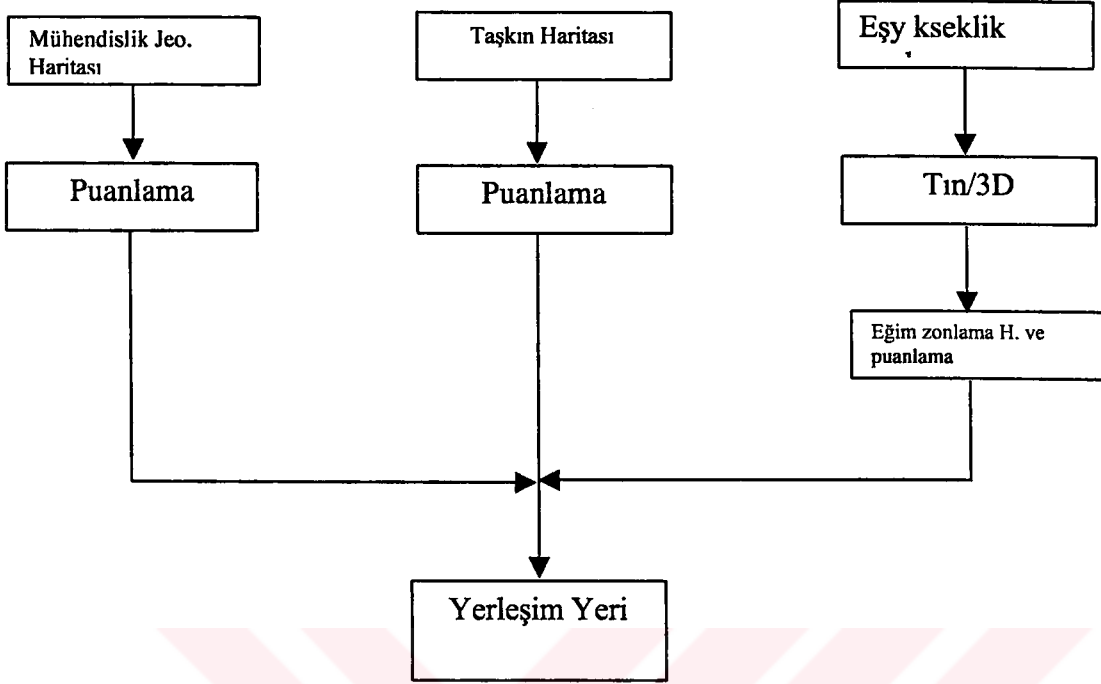
Bu işlemler aşağıda adım adım özetlenmiştir. Harita üretme amacıyla, veri tabanındaki seçili bileşenler, yeni türetilmiş katmanlarla birleştirilmiştir. Yani sayısal (dijital) kot verisi alınarak eğim değerine dönüştürülmüş ve eğim haritası oluşturulmuştur. Bu yeni harita veri tabanının gelişimine yeni bir katkı olmuştur. Eğim değerleri yerleşime uygunluk açısından sınıflandırılmış ve bu sınıflamaya göre eğim haritası bölgeleştirilmiştir. (EK-3). Yine kot değerlerinden yararlanarak Arc View yazılımında kentin 3 boyutlu sayısal arazi modeli (EK-6) ve eş yükseklik zonlama haritası oluşturulmuştur (EK-4). Ayrıca taşkın, eğim ve mühendislik jeolojisi haritaları Union komutuyla çakıştırılarak (Overlay) Gümüşhane Kentinin Yerleşime Uygunluk Haritası hazırlanmıştır (EK-7), (Şekil 90).

Bu çakışma işleminden önce üç harita da kendi içinde bölgesel özelliklerine göre puanlanmıştır. Puanlamalar 5 üzerinden yapılmıştır. Örneğin, mühendislik jeolojisi haritasında, mühendislik özellikleri açısından en iyi bölge 5 puan alırken en kötü bölge 1 puan almıştır. Taşkın haritasında ise taşkın alan sınırları içerisinde kalan alan 0 puan olarak yapılaşmaya kapatılmıştır. Eğim haritasında ise eğimi % 65 den büyük olan alanlar 2 puan alırken % 0-5 eğimli alanlar 10, % 6-20 eğimli alanlar 8, % 20-30 eğimli alanlar 6, % 30-40 eğimli alanlar 5 puan almıştır. Eğimi % 40-50 olan alanlar 4 puan, eğimi % 50-65 olan alanlar ise 3 puan almıştır.

Bu üç haritadaki bölgelerin kendi içerisindeki puanlamaları yapıldıktan sonra çakıştırma işlemi yapılmış ve bu üç haritadaki çakışan bölgelerdeki puanlar birbirleriyle çarpıtılmıştır. Bu çarpma işlemi neticesinde en yüksek puan yerleşime en uygun alanları belirlerken puan azaldıkça yerleşime uygunluğun yeterliliği dereceli olarak azalmıştır. Bir başka anlatımla en yüksek puan alan poligonlardan başlayarak kademeli gelişebilir alanlar belirlenmiştir.



Şekil 89. Gümüşhane yerleşim alanının yerleşime uygunluğunun CBS ile değerlendirilmesinde kullanılan katmanlar.



Şekil 90. Yerleşime Uygunluk haritasının hazırlanmasında işlem akış diyagramı.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Gümüşhane kentinin jeolojik, jeofizik, jeoteknik, hidrojeolojik, kazılabilirlik, depremsellik ve topoğrafik yönden incelemeleri yapılarak yerleşime uygunluğu araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Gümüşhane yerleşim alanı ve çevresinin 1/10000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. İnceleme alanında ayırtılan litostratigrafi birimleri yaşlıdan gence doğru; Gümüşhane Graniti (Paleozoyik), Zimonköy Formasyonu (Liyas), Berdiga Formasyonu (Malm-Alt Kretase), Kerutdere Formasyonu (Üst Kretase), Alibaba Formasyonu (Eosen), Kaçkar Granitoyidi II (Geç Eosen), Alüvyon ve Yamaç Molozu (Kuvaterner) şeklinde sıralanmıştır.

2. Yerleşim alanında bulunan granitik kayaçlar, aglomera ve kireçtaşlarının jeolojik özellikleri, ayrışma durumları ve fizikomekanik özellikleri arazi ve laboratuvar deneyleriyle ayrı ayrı incelenmiştir. Granitik kayaçlar ve aglomeralar ayrışmaya göre bölgelendirilmiştir. Kireçtaşlarının tamamı taze kayaç kütlelerinden oluştuğundan tek bölge olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle kireçtaşlarında ayrışmaya yönelik herhangi bir bölgelendirme yapılmamıştır. Granitik kayaçlar ve aglomeralar ayrışma profillerinde az, orta, yüksek ve tamamen ayrışmış olarak 4 gruba ayrılmış, mekanik özellikleri ve davranışları buna göre incelenmiştir.

3. Ayrışma profillerinden alınan granitik kayaçların laboratuvarda belirlenen basınç dirençleri az ayrışmış granitik malzemede 599 kg/cm^2 , orta derecede ayrışmış granitik malzemede 474 kg/cm^2 , yüksek derecede ayrışmış granitik malzemede 303 kg/cm^2 , tamamen ayrışmış granitik malzemede 14 kg/cm^2 olarak saptanmıştır. Aglomeraların az ayrışmış kaya malzemesinde basınç dirençleri 572 kg/cm^2 , kireçtaşlarının ise 1575 kg/cm^2 olarak tesbit edilmiştir.

4. Gümüşhane yerleşim alanı kaya kütleleri jeomekanik sınıflama (RMR) sistemine göre sınıflandırılmıştır ve buna göre az ayrışmış granitik kaya kütlelerinin, iyi kaya; orta derecede ayrışmış kaya kütlelerinin iyi-orta kaya; yüksek derecede ayrışmış kaya kütlelerinin, orta-zayıf kaya; tamamen ayrışmış kaya kütlelerinin ise zayıf-çok zayıf kaya sınıfında yer

aldıkları tesbit edilmiştir. Az ayrıışmış aglomera kütlesinin, iyi-orta kaya; orta derece ayrıışmış aglomera kütlesinin orta kaya; yüksek derece ayrıışmış aglomera kütlesinin ise orta-zayıf kaya sınıfında yer aldıkları tesbit edilmiştir. Kireçtaşları iyi orta kaya sınıfında yer almaktadır.

5. Kazı ortamının iyi bilinmesi ve kazı makinalarının seçimi, kazı esnasında karşılaşılabilecek problemleri asgari düzeyde tutacaktır. Bu nedenle yerleşim alanı kayaçlarının kazılabilirlik derecesi hem sismik kırılma yöntemiyle hemde jeomekanik parametrelerle belirlenmiştir. Kazılabilirlik derecesi genellikle ağır güçteki sökücü araçlar için granitik kayaçlar ve aglomeralarda, az ayrıışmış kütlede, çok zor; orta derecede ayrıışmış kütlede, zor; yüksek derecede ayrıışmış kütlede, orta; tamamen ayrıışmış kütlede, kolay derecede sökülebilir ortam olarak tesbit edilmiştir. Çalışma alanındaki kireçtaşlarının ise kazılabilirlik açısından oldukça zor sökülebilir ortamları oluşturduğu belirlenmiştir.

6. Harşit Çayı taşkın frekans analizinde, taşkın debileri için en çok kullanılan olasılık dağılımı olan Gumbel dağılımı kullanılmıştır.

a) Harşit Çayı'nda 10, 30, 50 ve 100 yıllık taşkın debileri (355, 465, 510, 582 m³/sn) nin gelecek 50 yılda meydana gelme olasılıkları sırasıyla, % 99, %81, %64 ve %39 olarak hesaplanmıştır.

b) Harşit Çayına ait en büyük debi değeri 1990 yılında 629 m³/sn'dir. Bu değerin tekrarlama süresi ise 150 yıl olarak hesaplanmıştır. Taşkın sınırlarını belirlerken emniyet açısından bu değer kullanılmıştır.

7. Gümüşhane ve çevresi için magnitüd-frekans bağıntısının belirlenmesinde KAF zonunda 1900-2000 yılları arasında meydana gelen ve $M > 4.5$ olan tüm depremler kullanılarak,

a) magnitüd-frekans bağıntısı; $\log N = 4.86 - 0.68M$ olarak elde edilmiştir.

b) Poisson modeli yardımıyla 1900-2000 yılları arasında meydana gelen ve $M > 4.5$ olan tüm depremlerin sismik risk değerleri ve geri dönüş periyotları hesaplanmıştır.

c) Zaman ve deprem büyüklüklerinin artmasıyla depremlerin oluşma olasılığı azalmaktadır. Bölgede, 3 magnitüdü bir depremin 10 yıl ile 100 yıl arasında oluşma olasılığı %4.6'dır.

d) Bölgede gözlenen en büyük depremin 8 magnitünde olduğu ve böyle bir depremin istatistiksel olarak 210.77 yılda bir tekrarlanabileceği belirlenmiştir.

e) Depremlerin magnitud değerleri artarken geri dönüş periyotları yükselmekte, oluşma olasılıkları ise düşmektedir. Bölgede 8 magnitündeki bir depremin 100 yıl içinde oluşma olasılığı %37.8 ve 20 yıl içinde oluşma olasılığı ise %9.1'dir.

f) Aktif sismisiteye sahip KAF hattında oluşacak şiddetli bir depremin bölgede hangi birimleri ne oranda etkileyeceği ve hangi önlemlerin alınması gerektiği mevcut verilerin değerlendirilmesi ile belirlenip buna uygun deprem senaryosu üretilmiştir. Bu deprem senaryosu için inceleme alanını oluşturan birimlerin s-dalga hızları yerinde ölçülerek maksimum yatay yer ivme değerleri Ambraseys (1997) ampirik yaklaşımıyla bulunmuştur. Maksimum yatay yer ivme değerlerinin ayrışmamış sağlam kayadan, tamamen ayrışmış kayaya ve kalıntı toprağa gidildikçe arttığı gözlenmiştir.

g) Maksimum yatay yer ivme, granitik kayalarda, ayrışmamış kaya kütlelerinde $<68.2 \text{ cm/sn}^2$; az ayrışmış kaya kütlelerinde, $68.2-70.4 \text{ cm/sn}^2$; orta derecede ayrışmış kaya kütlelerinde, $70.4-73.6 \text{ cm/sn}^2$; yüksek derecede ayrışmış kaya kütlelerinde, $73.6-78.2 \text{ cm/sn}^2$ ve tamamen ayrışmış kaya kütlelerinde ise $>86.7 \text{ cm/sn}^2$ olarak hesaplanmıştır. Aglomeralardaki maksimum yatay yer ivme değerleri ise az ayrışmış kaya kütlelerinde, $70.4-71.4 \text{ cm/sn}^2$; tamamen ayrışmış kaya kütlelerinde, $81.6-96.2 \text{ cm/sn}^2$; kalıntı toprakta ise $96.2-10.43 \text{ cm/sn}^2$ olarak belirlenmiştir.

h) Bir zemin tabakası üzerindeki yapı, depremin büyüklüğünü $A_k \times M$ (Zemin büyütme katsayısı \times Deprem büyüklüğü) olarak hisseder ve bu faktörlerin büyük olması durumunda bina zarar görür. Zemin büyütme katsayısı, granitik kayalarda ayrışmamış ve az ayrışmış kütlede kütlede 1, orta derecede ayrışmış kütlede 1-1.15, yüksek derecede ayrışmış kütlede 1.15-1.46, tamamen ayrışmış kütlede 1.46-2.22, arenalarda >2.22 ; Aglomeralarda ise az ayrışmış kütlede 1, tamamen ayrışmış kütlede 1.74-3.36, kalıntı toprakta 3.36-4.29, yamaç molozlarında 1.33-2.48 olarak hesaplanmıştır. Harşit Çayı alüvyonlarında ise 2.02-1.63 olarak belirlenmiştir.

8. Çatlaklı kayaların doğal ortamdaki yerinde kütle dayanımları Hoek-Brown ampirik yaklaşımıyla belirlenmiştir. Buna göre granitik kayaların yerinde kütle dayanımı (σ_{mass}), az ayrışmış kütlede 116 kg/cm^2 orta derecede ayrışmış kütlede 53 kg/cm^2 , yüksek derecede ayrışmış kütlede 38 kg/cm^2 ve tamamen ayrışmış kütlede ise 10 kg/cm^2 olarak belirlenmiştir. Aglomeralarda az ayrışmış kaya kütlelerinin yerinde dayanımı 69 kg/cm^2 ,

orta derecede ayrılmış kütlelerinin dayanımı 41 kg/cm^2 , yüksek derecede ayrılmış kütlelerinin dayanımı ise 25 kg/cm^2 olarak belirlenmiştir. Kireçtaşlarının kütle dayanımları ise 89 kg/cm^2 olarak bulunmuştur.

9. Yerleşim alanını oluşturan birimlerin taşıma güçlerinin belirlenmesinde sismik kırılma yönteminden yararlanılmıştır. Arazide belirlenen 9 ayrı ayrışma profil hattında sismik etüt yapılmış ve buna göre ayrılmamış granitik kaya kütlelerinin taşıma gücü $>138 \text{ kg/cm}^2$, az ayrılmış granitik kaya kütlelerinin taşıma gücü $138-99 \text{ kg/cm}^2$, orta derecede ayrılmış granitik kaya kütlelerinin taşıma gücü $64-49 \text{ kg/cm}^2$, yüksek derecede ayrılmış granitik kaya kütlelerinin taşıma gücü $26-21 \text{ kg/cm}^2$, tamamen ayrılmış granitik kaya kütlelerinin taşıma gücü $8.7-4.6 \text{ kg/cm}^2$, arenaların ise $3.4-0.6 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir. Aglomeralarda taşıma gücü, az ayrılmış aglomera kütlelerinde $114-93 \text{ kg/cm}^2$, tamamen ayrılmış kütlede $13-10 \text{ kg/cm}^2$ ve kalıntı toprakta 1.1 kg/cm^2 olarak hesaplanmıştır. Yamaç molozlarında ise taşıma gücü $0.25-0.18 \text{ kg/cm}^2$ olarak belirlenmiştir.

10. Yerleşim alanı kayaların arazi ve labaratuvar deneyleriyle belirlenen jeolojik, jeofizik ve mekanik özellikleri ile ayrışma durumu incelenmiş ve kayalar ayrışmaya göre bölgelendirilerek $1/5000$ ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır.

11. Coğrafi bilgi sistemlerindeki yazılım ve donanımlar kullanılarak yerleşim alanının eğim zonlama, eş yükseklik ve bakı haritaları ile topoğrafyanın ortaya çıkarılması amacıyla üç boyutlu sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Ayrıca taşkın, mühendislik jeolojisi ve eğim zonlama haritaları bilgisayar ortamında çakıştırılarak (overlay) Gümüşhane kenti ve yakın çevresinin yerleşime uygunluk haritası elde edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

Alkaya, F., 1983, Kuzey Anadolu Alt Jura (Liyas) Phyllo Ceratidlerinin toksanomik revizyonu (II. Bölüm), TJK Bülteni, 26/1 65-72.

Ambraseys, N.N., 1997, Development and Application of Strong Ground Motions, Dördüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Koferansı, Ankara, Proceedings of the Symposium, 3-21.

Anon, 1981b, Rock and Soil Description and Classification for Engineering Geological Mapping, Bull. Int. Assoc. Engng. Geol, 24, 253-274.

Anon, 1981, Code of Practice for Site Investigations (BS5930). British Standards Institution, London.

Ağar, U., 1977, Demirözü (Bayburt) Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi, KTÜ Matbaası, Trabzon.

Albertson, P.E., Hennington, G.W., 1995, Groundwater analysis using a Geographic Information System Following finite-difference and -element techniques, Engineering Geology, 42, 167-173

Alp, D., 1972, Amasya yöresinin jeolojisi, İ.Ü. Monografileri, No: 22, İstanbul.

Anon, A., 1995, The Description and Classification of Weathered for Engineering Purposes (Geological Society Engineering Group Working, Party Report, Q. J. Engng Geol, 28, 207-242.

Arnoğlu, E., Arnoğlu, N., Yılmaz, A.O., Girgin, C., 2000, Deprem ve Kurtarma İlkeleri, Evrim Yayınevi, İstanbul.

Arnoğlu, E., Yılmaz, A.O., 2000, Çözümlü Problemlerle Yer altı Mühendislik Yapılarına Deprem Etkileri, TMMOB Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Genel Kurulu, İstanbul.

Aydemir, Ş., Aydemir, S., Ökten, N., Öksüz, A.M., Sancar, C., Özyaka, M., 1999, Kentsel Alanların Planlanması ve Tasarımı (Ders Notları), KTÜ, Trabzon.

Aydın, F., Karşı, O., Sadıklar, M.B., Bernhardt, H.J., 1997, The Mineralogy and Chemistry of Biotites in the Reversely Zoned Zigana Granitoid (NE-Turkey) and their Petrological Significance. European Journal of Mineralogy, 9, 34-43.

Barton, N., 1978, Suggested Methods for Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. International Society of Rock Mechanics Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. And Geomechanical Abstracts, 15, 319-368.

Barton, N., Choubey, V., 1977, The Shear Strength of Rock Joints in Theory and Practice, Rock Mech., 10, 1-54.

Barton, N., 1973, Review of a New Shear Strength Criterion for Rock Joints, Engng Geol., 7(4), 287-332.

Bayazıt, M., 1987, Hidroloji, İTÜ, İstanbul, 1987.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Baykal, F., 1949-52, Kelkit-Şiran Bölgesinde Jeolojik Araştırmalar. MTA Raporu, No. 2205, Ankara.

Bayrak, Y., Erduran, A., Yılmaztürk A., Türkiye'deki Farklı Sismotektonik Bölgelerin Sismisitesi, Ulusal Jeofizik Toplantısı, Kasım 2000, Ankara, Bildiriler Kitabı, 135-138.

Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering Rock Mass Classification, Wiley, Newyork.

Bieniawski, Z.T., 1973, Engineering classification of jointed rock masses, The Civil Engineering in S. Africa, 335-343.

Bieniawski, Z.T., 1975, The point-load test in geotechnical practice, Engineering Geol., 9, 1-11.

Baytekin, A., Uslu, A., 1974, Gümüşhane-Torul-Ayana-Kocadal-Altıntaşlar sahasının 1/10.000 ölçekli etüdü hakkında rapor, MTA Rapor no: 1208, Ankara.

Bektaş, O. ve Çapkinoğlu, Ş., 1997, Doğu Pontid Mağmatik Arkında (KD Türkiye) Neptünyen Dayklar ve Blok Tektoniği: Mesozoyik Havzaların Kinematığı ile İlgili Bulgular, Ç.Ü. 20. Eğitim Yılı Sempozyumu, Adana, Bildiriler Kitabı, Sayı 30, 451-461

Bektaş, O., Yılmaz, C., Taslı, K., Akdağ, K., Özgür, S., 1995, Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate Platform, NE Turkey, The formation of carbonate breccias

and turbidites as evidence of a drowned platform, *Giornale Di Geologia*, 57/1-2, 233-244.

Bektaş, O., Eyüboğlu Y., Maden, N., Özer, R., 2001, Three Axial deformation and formation of the Liassic rift basins in the Eastern Pontides (NE Turkey), Fourth International Turkish Geology Symposium, Adana, Abstracts, 125.

Bieniawski, Z.T., 1976, Rock Mass Classifications in Rock Engineering, Proceedings of the Symposium on Expolaration for Rock Engineering, Johannesburg, Proceedings of the Symposium, 97-106.

Boynukalın, S., 1990, Dereli (Giresun) Baraj yeri ve Göl Alanının Mühendislik Jeolojisi ve Çevre Kayaçlarının Jeomekanik Özellikleri Doktora Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Bulut, F., 1989, Çambaşı (Çaykara-TRABZON) Barajı ve Uzungöl Hidroelektrik Santral Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Ceryan, Ş., 1999, Harşit Granitoyidi'nin Ayrışması, Sınıflandırılması Ayrışmanın Mühendislik Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çoğulu, E., 1975, Gümüşhane ve Rize Bölgelerinde Petrolojik ve Jeokronometrik Araştırmalar, İTÜ yayını, No.1034, İstanbul.

Chapin, F.S., 1976, Urban Land use Planning, University of Illinois, Urbana.

Çoğulu, E., 1970, Gümüşhane ve Rize Granitik Plütonlarının Mukayeseli Petrolojik ve Jeokronometrik Etüdü . Doç. Tezi, İTÜ Yayını No: 1034, İstanbul.

Çoruhlu, R., Çınar, H., 1996, Doğu Karadeniz Taşkınları, DSİ Genel Müdürlüğü 22. Bölge Müdürlüğü Etüd ve Plan Şube Müdürlüğü, Trabzon.

Çınar, S., Türk, O., Er, M., Güç, A.R., Gümüşel, A., Özdemir, M., Kurtoğlu, T., 1983, Gümüşhane İli ve Güneybatı Yöresinin 1/25000 ölçekli Jeolojisi ile Maden Zuhurlarına İlişkin Rapor, MTA (Yayınlanmamış).

Demek, J., 1972, Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Academia, Prague.

Dermentzopoulos, T., Katsaridis, P., 1997, Engineering geological data management for urban planning using GIS: A case study from Piraeus, Engineering Geology and the Environment, Greece, Bildiriler kitabı, Cilt II, 1225-1228.

Dearman, W.R., İrfan, T.Y., 1978, Assessment of The Degree of Weathering in Granite Using Petrographic and Physical Index Tests. International Symposium on Deterioration and Protection of Stone Monuments, Unesco, Paris, Proceedings of the Symposium, 21-31.

Dilek, R., 2000, İnşaat Mühendisliğinde Mühendislik Jeolojisi (Ders Notu), KTÜ, Müh. Mim., Fak., Trabzon.

EİE-078, Zeminlerin Sökülebilirlik Düzeylerinin Sismik Yöntemlerle Yerinde Tayini. Mühendislik Hizmetleri Normları, Elektrik İşleri Etütü İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara, Birinci Baskı.

Ercan, A., 2000, Türkiye'nin Deprem Bölgeleendirilmesi, Marmara Depremi ve Jeofizik Toplantısı, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 45-51.

Eren, M., 1983, Gümüşhane Kale Arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi. Master Tezi, KTÜ, Trabzon.

Erguvanlı, K., 1952, Trabzon-Gümüşhane Arasındaki Pontidlerin Bir Kesiti, TJK Bülteni, 3, 65-68.

Erguvanlı, K., 1953, Görele-Espiye-Gümüşhane Arasındaki Bölgenin Jeolojisi Hakkında Rapor. M.T.A Rapor No: 2629.

Folk, R.L., 1962, Practical petrographic classification of limestone: Am. Assoc. Pet. Bull., 43, 1-38.

Gedik, İ., Kırmacı, M., Z., Çapkinoğlu, Ş., Özer, E., Eren, M., 1996, Doğu Pontidlerin Jeolojik Gelişimi, Jeoloji Müh. Böl. 30. yıl Sempozyumu, Ed. S. Korkmaz ve M., Akçay, 1, 654-677.

Gedik, İ., Kırmacı, Z., Çapkinoğlu, Ş., Özer, E., Eren, M., 1995, Doğu Pontidlerin jeolojik gelişimi. KTÜ, Jeoloji Müh. Bölümü 30.Yıl Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 654-677

Gedikoğlu, A., Pelin, S., Özsayar, T., 1979, Tectonic evolution of the eastern Pontides in Mesozoic. Geocome-I, Abstracts, 68.

Gattinger, T.E., 1962, 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Trabzon Paftası ve İzahnamesi, MTA yayını, Ankara.

Gournellos, T., Vassilopoulos, A., Evelpidou N., 1997, Development of a GIS-based methodology to analyze geological, geomorphological and environmental data of the Island of Zakynthos, Engineering Geology and the Environment, Greece, Proceedings of the Symposium, Cilt II, 1245-1251.

Gökten, R.M., Ayday, C.,A., 1993, Suggested Improvement to the Schmidt Rebound Hardness ISRM Suggested Method with Particular Reference to Rock Machineability. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Geomech. Abstr. 30, 321-322.

Görür, N., Şengör, A.M.C., Akkök, R., Yılmaz, Y., 1983, Pontidlerde Neo-tetisin açılmasına ilişkin sedimantolojik veriler. TJK Bülteni, 26/1, 11-20

Griffith, A.A., 1924, Theory of Rupture, Proceedings First International Congress on Applied Mechanics. Delft: J. Waltham, Jr. Press, 55-64.

Gutenberg, B., Richter C.F., 1944, Frequency of earthquakes in California, Bull. Seism. Soc. Am., 34, 185-188.

Gültekin, F., 1998, Gümüşhane ve Bayburt Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının Hidrokimyası ve İzotopik Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

1997 Yılı Gümüşhane İl Müdürlüğü Çalışma Raporu, 1997, Gümüşhane İl Müdürlüğü, Gümüşhane.

Güven, İ.H., 1993, Doğu Pontidlerin 1/25000 Ölçekli Jeolojisi ve Komplikasyonu, MTA, Ankara.

Hacıoğlu, T., 1983, Kale-Vavuk Dağı (Gümüşhane) arasının Jeolojisi ve Mikrofasiyes İncelemesi, Master Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Hoek, E., Brown E.T., 1980, Empirical Strength Criterion for Rock Masses, ASCE J. Geotech. Engng Div, 106,1013-1035.

Hoek, E., Brown E.T., 1997, Practical Estimates of Rock Mass Strength, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 34, 8, 1165-1186.

Hoek, E., 1994, Strength of rock and rock masses. ISRM New Journal 2(2), 4-16.

Hoek, E., Marinos, P., Benissi, M., 1998, Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses: the case of the Athens schist formation. *Bull Eng Geol Environ*, 57, 151-160

Imai, T., Yoshimura M., 1976, The relation of mechanical properties of soils to P and S Wave Velocities for Soil Ground in Japan, Urana Resarch Institute, OYO Corp.

Imai, T., Fumoto, H., Yokoto, K., 1976, P and S Wave Velocities in Subsurface of Ground in Japan, Urana Research Institute, OYO Corp.

ISRM, 1978c, Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. And Geomechanical Abstracts*, 15, 6, 319-368.

ISRM, 1979, Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake Durability Index Properties. *Int.J. Rock Mech. Min.Sci. and Geomechanical Abstracts*, 16, 141-156

ISRM, 1985, Suggested methods for determining point load strength, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr.*, 22, 53-60.

ISRM, 1978b, Suggested Methods for Determining Hardness and Abrasiveness of Rocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomechanical Abstracts*, 15, 89-97.

İrfan., Y., Powel, G.E., 1985, Engineering Geological Investigations for Foundations on a Deeply Weathered Granitic Rock in Hong Kong, *Bull. Int. Assoc.*, 32, 67-80.

İyisan, R., Ansal, A., Kaya, N., 1997, Sismik ve Mikrotremor Sonuçlarının Karşılaştırılması, Dördüncü Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, ODTÜ, Ankara, 96-103.

Kahraman, İ., Kansız, H., Dursun, A., Yılmaz, H., Erçin, A.İ., 1986, Gümüşhane Yöresinin Jeolojisine ve Cevherleşmesine ait Jeoloji Raporu, MTA Raporu, MTA Rap. No. JD-360, Trabzon.

Karlı, O., Aydın, F., Bernhardt, H.J., Sadıklar, M.B., 1997, The Chemistry of Hornblendes in the Reversely Zoned Zigana Grantoid (NE-Turkey): An Application of Aluminium Geobarometre. *European Journal of Mineralogy*, 9, 179-189.

Kasapoğlu, K.E., 1998, Kent Planlamasında Yer Seçimine Etkiyen Jeolojik Faktörler. *Kentleşme ve Jeoloji Sempozyumu, İstanbul, Bildiriler Kitabı*, 51-60.

Keçeli, D.A., 1995, Sismik yöntemle elde edilen mühendislik parametreleri üzerine, Jeofizik,9, No. 1-2, 177-179.

Keçeli, D.A., 1990, Sismik Yöntemlerle Müsaade edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik, 4, 83-92.

Kesgin, Y., 1983, Bayburt (Gümüşhane) İlçesi Akşar Köyü ile Güney Batısının Jeoloji İncelemesi, MMLS Tezi, K.Ü. Fen Bil. Ens., Trabzon.

Ketin, İ., Tectonic Units of Anatolia. Bull. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 66 (1966) 22-34.

Kıncal, C., 1999, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) Jeolojideki Bir Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Korkmaz, S., Yılmaz, C., 1994, Evolution of the Pontide carbonate platform during Dogger-Lower Cretaceous, N Turkey, Geologie Mediterranee, 21 (3-4), 101-103.

Kırzioğlu, I., 1991, Gümüşhane Kentinin İmar Planlama Çalışmaları. Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane Sempozyumu, Ankara, 1990, Bildiriler Kitabı, 69-77.

Lee, S., G., De Freitas, M., H., 1988, Quantitative Definition of Highly Weathered Granite Using the Slake Durability test, Geotechnique, 38-45.

Lee, S.G., 1987, Weathering and geotechnical characterization of Korean granites. PhD thesis, Imperial College, University of London.

Lee, S.G., Freitas, M.H., 1989, A Revision of the Description and Classification of Weathered Granite and Its Application to Granite in Korea. Q. J. Engng Geol., 22, 31-48.

Lynch, K., 1977, Site Planning, The M.I.T., Cambridge, Massachusett.

Marinos P.G., Plessas S.P., Valadaki K.-P., 1997, Erosion risk maps for the greater Athens region and a G.I.S. based processing of data, Engineering Geology and the Environment, Greece, Proceedings of The Symposium., Vol. II, 1353-1361.

Midorikawa, S., 1987, Prediction of Isoseismal Map in Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake, Journal of Structural Dynamics, 33B, 43-48.

Okay, A.I, Şahintürk, Ö., 1997, Geology of the Eastern Pontides, in A.G.Robinson, ed., Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region: AAPG Memoir, 68, 291-311.

Onodera, T. F., Yoshinaka, R., 1974, Oda, M., Weathering and Its Relation to Mechanical Properties of Granite., Proc. 3rd Cong. Int.Soc.Rock Mech. Denver, 71-78.

Orlic, B., 1997, Mapping geotechnical conditions in Urban Areas: A 3D approach, Engineering Geology and the Environment, Greece, Proceedings of The Symposium, Cilt II, 1395-1400.

Önalp, A., 1982, İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, Cilt I, II, K.T.Ü. Yayın No. 187, Trabzon.

Özer, E., 1983, Bayburt yöresinin jeolojisi ve mikrofasiyes incelemesi, MMLS tezi, KTÜ, Fen Bil. Ens., Trabzon.

Özey, R., 1991, Gümüşhane ve Çevresindeki Kırsal Yerleşmelerin Başlıca Coğrafi Sorunları ve Çözüm Yolları, Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane, Ankara, Bildiriler Kitabı, 307-383.

Özdeniz, M., 1984, Yapı Tasarımı İçin Türkiye İklim Verileri, KTÜ, Trabzon.

Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi, Doçentlik Tezi, KTÜ. Yayın No:87, Trabzon.

Piteau, S.D., 1973, Characterizing and extrapolating rock joint properties in engineering practice. Rock Mech. Suppl., 5-31.

Priest, S. D., Hudson, J.A., 1976, Discontinuity Spacing in Rock. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. And Geomechanical Abstracts, 13, 135-148

Price, D.G., 1995, Weathering and Weathering Processes, Q. J. Eng. Geol., 28, 234-252.

Reis, S., 1996, Tematik Tabanlı Kent Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması, Doktora Tezi, KTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1996

Robinson, A.G, Banks, C.J., Rutherford, M.M., Hirst, J.P.P., 1995, Stratigraphic and structural development of the Eastern Pontides, Turkey, Journal of the Geol. Soc. of London, 152, 861-872.

Sağır, N., Çelik, B., 2000, Gümüşhane (Merkez) Belediyesi İçmesuyu Ek Etüt Raporu. İller Bankası 17. Bölge Müdürlüğü, Trabzon.

Sancar, C., 2000, Kentsel Gelişim Alanlarının Saptanması ve Planlanmasında GIS ve Ekoloji-Ekonomi Duyarlı Planlama Modeli, Doktora Tezi, KTÜ, Trabzon.

Saydam, Ç., 1995, Maden (Bayburt) Yöresi Eosen Kumtaşlarının Sedimanter Petrografik Özellikleri ve Çökelme Ortamı. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Seymen, İ., 1975, Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği. Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.

Simpson, B.J., Purdy, M.T., 1984, Housing on Sloping Sites – a Design Guide, Longman, London.

Sönmez, H., Ulusay, R., 1999, Modifications to the Geological Strength Index (GSI) and their Applicability to Stability of Slopes, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 36, 743-760.

Stournaras, G., Alexopoulos, A., Valadaki, K., Plessas, S., Katapodis, G., 1997, Geological Environment data processing using G.I.S. in Areas Proposed for Urban Development, Argolis, Engineering Geology and the Environment, Greece, Proceedings of The Symposium, Cilt II, 1499-1505.

Sykora, D.W., 1987, Examination of Existing Shear Wave Velocity and Shear Modulus Correlations in Soils, Mississippi.

Szlavin, J., 1974, Relationship between some physical properties of rock determined by laboratory tests, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. And Jeomech. Abstr., Vol. 11, 107-113.

Tarhan, F., 1989, Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, K.T.Ü. Yayını, Trabzon.

Taslı, K., 1984, İkisü (Gümüşhane) ile Hamsiköy yörelerinin jeolojisi ve Berdiga Formasyonunun biyostratigrafik deneştirilmesi, MMLS tezi, KÜ, Fen Bil. Ens., Trabzon.

Taslı, K., 1990, Gümüşhane-Bayburt yörelerinde Üst Jura-Alt Kretase yaşlı karbonat istiflerinin stratigrafisi ve mikropaleontolojik incelemesi, KTÜ, Fen. Bil. Ens., Doktora tezi, Trabzon.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Scheriff, R.E., 1993, Applied Geophysics, Cambridge University, Cambridge.

Tokel, S., 1972, Stratigraphical and Volcanic History of the Gümüşhane Region, N.E. Turkey, Ph. Thesis, University College London.

TS 8615, 1990, Kayaçların Su Muhtevası, Yoğunluk ve Porozite TayiniUDK 622.02 Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 7674, 1989, Kayaçların Çekme Mukavemetinin Dolaylı (İndirek) Metotla Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 8614, 1990, Kaya Mekanığı Deneyleri için Karot Numunelerin Hazırlanması, Boyut ve Şekil Toleranslarının Tesbiti. UDK 622.02.624.121, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS-266, 1984, İçme Suları, , Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS, Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini. UDK 622.02, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1975.

Tuğrul, A., 1995, Niksar Yöresindeki Bazaltların Mühendislik Özelliklerine Ayrışmanın Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bil. Ens., İstanbul, 1995.

Tuncel, M., 1991, Türkiye’de yer değiştiren şehirler ve Gümüşhane örneği, Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane Sempozyumu, 1991, Ankara, Bildiriler Kitabı, 29-33.

Tutkun, S.Z., İnan, S., 1982, Niksar-Erbaa (Tokat) Yöresinin Jeolojisi. K.T.Ü., Yerbilimleri Dergisi, Jeoloji, 2/12, 51-58.

Türk, N., 1988, Kayaçların Nokta Yükleme Dayanımını Bulmak İçin Yeni Bir Yöntem. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, 10, 25-31.

Türk, N., 1986, Nokta Yükleme Deneyi Sonuçlarını Değerlendirmek İçin Önerilen Yeni Bir Yöntem. Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, 8, 16-22.

Türk, N., Dearman, W.R., 1984, A new procedure for determination of point load strength in site investigation. Site Investigation Practice: Assessing B.S. 5930. 20th Regional Meeting of the Engineering Group of the Geological Society of London. Ed. A.B. Hawkins., 462-473.

Türk, N., Dearman, W.R., 1985, Improvements in the determination of point load strength. Bull. Int. Ass. Engineering Geology, 31, 137-142.

The Republic of Turkey Report on the Cooperative Mineral Exploration of Gümüşhane Area, 1985, Türk-Japon Heyeti, Japon International Cooperation Agency Metal Mining Agency of Japon, August, Rap. No. JD-334, Rap. No. 374, 1985-1986.

Türker A. E., Keçeli A. D., Kamacı Z., Kaya, M.A., 1991, Antalya'nın Zemin Sorunları ve Jeofizik Yöntemlerle Çözümleri, Jeofizik, 5, 27-42.

Çınar, S., Türk, O., Er, M., Güç, A.R., Gümüsel, A., Özdemir, M., Kurtoğlu, T., 1983, Gümüşhane İli ve Güneybatı Yöresinin 1/25000 ölçekli Jeolojisi ile Maden Zuhurlarına İlişkin Rapor. MTA Rap.

Yaşlıca, E., 1986, Kentsel Yakın Çevre Alanlarının Rekreatyonel Amaçlı Düzenleme Kararlarını Belirleyen Etmenler ve Antakya (Hatay) Kentsel Yakın Çevresinde Uygulanması, Doktora Tezi, Gazi Üni., Fen Bilimleri Ens., Ankara.

Yomralıoğlu T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, İstanbul.

Yılmaz, C., 1995, Gümüşhane Bayburt yöresindeki Alt Jura çökellerinin fasiyes ve ortamsal nitelikleri (KD Türkiye). Yerbilimleri, 26, 119-128.

Yılmaz, C., Taslı, K., Özgür, S., 1996, Gümüşhane yöresi Mesozoyik çökellerindeki çok evreli riftleşme kayıtları, KD Türkiye. 49. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 11, 170-175, Ankara.

Yalçınalp, B., 1991, Valles Tip Kaldera Cevherleşmesi Örneği: Gümüski (Maçka-Trabzon) Zn-Pb Yataklarının Jeolojisi ve Mineralojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 40, 57-64.

Yılmaz, C., 1996, Doğu Pontid karbonat platformunun kırılmasına ilişkin yeni bulgular. Türkiye 11. Petrol Kongresi, Ankara, Bildiriler Kitabı, 190-198.

Yılmaz, C., 1997, The sedimentological records of the platform-basin transition in the Gümüşhane region, NE Turkey. Geologie Mediterranee, 24/1-2, 125-135.

Yılmaz, C., Korkmaz, S., 1999, Basin development in the eastern Pontides, Jurassic to Cretaceous, NE Turkey. Zbl. Geol. Palaeont. Teil I, H 10-12, 1485-1494.

Yılmaz, C., Kandemir, R., 2000, Anatomy of the Eastern Pontide Carbonate Platform (North-eastern Turkey), *European Journal of Mineralogy*, Vol. 12, 240-249.

Yılmaz, C., 1993, Accumulation rates of Jurassic-Lower Cretaceous sediments in the southern zone of the eastern Pontides. *Giornale di Geologia*, 55/2, 131-145.

Yılmaz, C., Karşlı, O., Aydın, F., 1997, Upper Cretaceous intra-arc sedimentation magmatism, and tectonism in the south of Trabzon, IAS, 18th. Regional Meeting of Sedimentology, Heidelberg, Abstracts, 369.

Yılmaz, Y., 1972, Geology of the Gümüşhane Granite (Petrography). Istanbul Univ. Fen. Fak., Seri B, 39, 157-172, Istanbul.

Yılmaz İ., Topçu E., 1993, Gümüşhane (Merkez) İçmesuyu Etüt Raporu. İller Bankası 17. Bölge Müdürlüğü, Trabzon.

Yılmaz, H., 1984, Olur (Erzurum) Yöresinin Jeolojisi K.Ü. MMLS Tezi, Fen Bilimleri Ens., Trabzon.

Yılmaztürk, A., Bayrak, Y., Çakır Ö., 1998, Crustal Seismicity in and around Turkey, *Natural Hazards*, 18, 253-267.

Yomralıoğlu T., 1994, Kentsel Bir CBS Modelleme. 1. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 276-290.

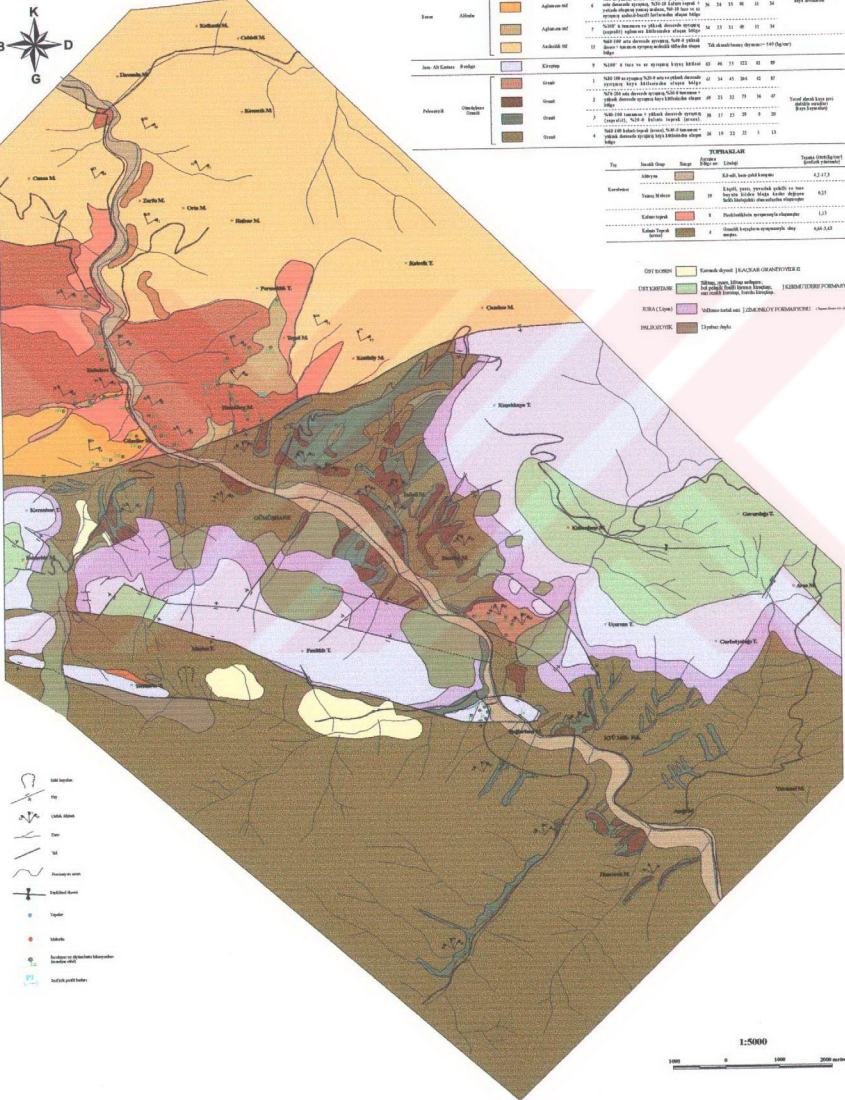
Yüksel, S., 1976, Şiran Batı Yöresi Mesozoyik Karbonat Kayaçları ve Eosen Filişinin petrografik ve sedimantolojik incelemesi, Doçentlik Tezi, K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi, Trabzon.

Zaralıoğlu M., 1977, Gümüşhane-Torul Zigana Geçidi Kepli Yaylası arasında kalan sahanın 1/100000 ölçekli jeoloji raporu. MTA Raporu.

GÜMÜŞHANE YERLEŞİM ALANI ve ÇEVRESİNİN MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ HARİTASI

AÇIKLAMALAR

Kuvvetli		Orta		Zayıf		Çok Zayıf	
Yer	Yerleşim Alanı	Yer	Yerleşim Alanı	Yer	Yerleşim Alanı	Yer	Yerleşim Alanı
1	100 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 100 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 100 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 100 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	2	50 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 50 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 50 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 50 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	3	20 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 20 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 20 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 20 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	4	10 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 10 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 10 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 10 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı
5	5 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 5 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 5 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 5 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	6	0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	7	0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	8	0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı



- Yol
- Demiryolu
- Baraj
- Köprü
- Enerji hattı
- Su kulesi
- Kuyu
- Sıcak su kaynağı
- Çatlak
- Çatlak kuşağı

Yer	Yerleşim Alanı	Yer	Yerleşim Alanı	Yer	Yerleşim Alanı	Yer	Yerleşim Alanı
1	100 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 100 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 100 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 100 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	2	50 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 50 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 50 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 50 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	3	20 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 20 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 20 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 20 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	4	10 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 10 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 10 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 10 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı
5	5 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 5 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 5 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 5 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	6	0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	7	0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı	8	0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı, 0 m ve üzeri yükseklikte yerleşim alanı

1:5000



AÇIKLAMALAR

Sembol Eğim(%)

% 0-5

% 5-20

% 20-30

% 30-40

% 40-50

% 50-65

% >65

Değerlendirme

Sanayi, tarım ve rekreasyon alanlarının yapımına uygun eğim

Konut alanları için uygun eğim

Alt yapı çalışmalarında çözülebilir teknik sorunlar (atık suyun uzaklaştırılması, temiz su temini vb.) çıkabilir. Arazide setleme, teraslama gibi düzenlemeler gerekir.

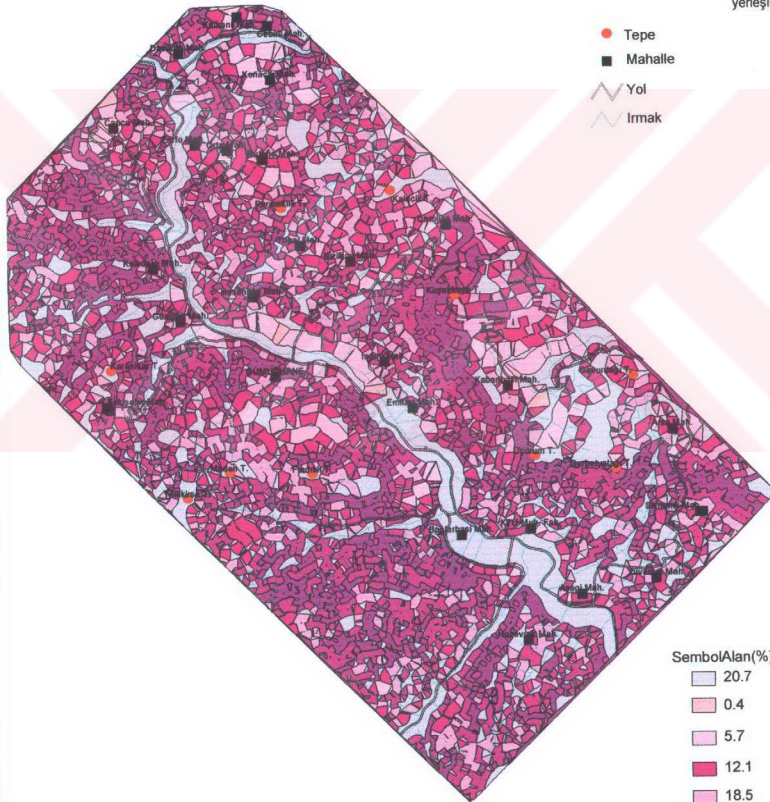
Ekonomiklik Sınırı.....
Mimari tasarım ve çevre düzeyinde özel çözümlerle (set evler, teras evler, yapı içinde kot farkı oluşturma vb) arazi kullanılabilir ancak teknik alt yapı alt yapı maliyeti yüksektir.

Ekonomik olarak yerleşime uygun değildir hem alt yapı hemde yapılaşma maliyeti oldukça yüksektir (inşaat esnasında yarma ve dolguara ihtiyaç duyulmaktadırve stabilite sorunları yaşanmaktadır.)

Yapılaşma esnasında ciddi stabilite problemleriyle karşılaşılabilir.

Yerleşime uygun olmayan alanlar.

Planlama, ekonomi sürdürülebilirlik açısından yerleşime uygun değildir ancak Karadeniz Bölgesinde olduğu gibi zorunlu koşullar altında jeoteknik araştırmalara yerleşilebilir.



- Tepe
- Mahalle
- Yol
- İrmak

Sembol	Alan(%)	Alan(hektar)
□	20.7	1120
□	0.4	23
□	5.7	311
□	12.1	656
□	18.5	999
□	25.4	1375
□	17.2	931

600 0 600 1200 Metre



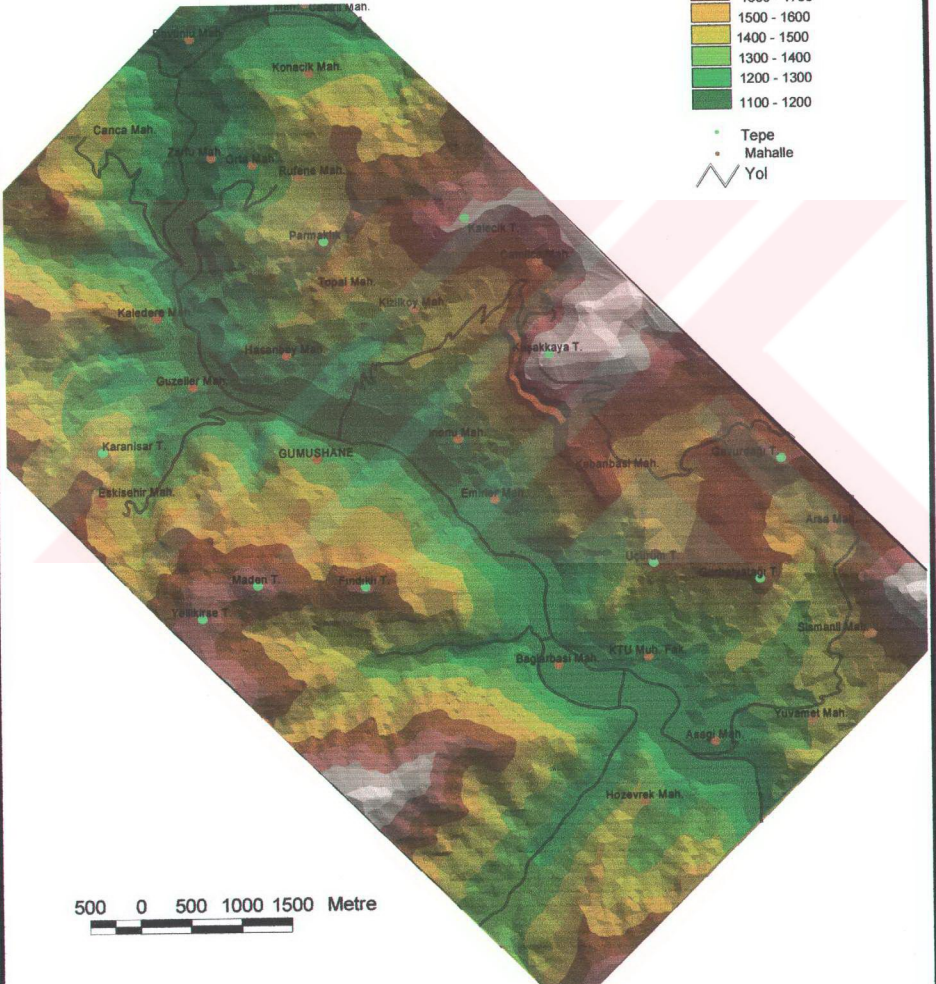
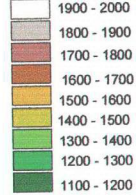
GÜMÜŞHANE KENTİ ve ÇEVRESİNİN EŞ YÜKSEKLİK ZONLAMA HARİTASI

Ek 4



AÇIKLAMALAR

Sembol Yükseklik Değerleri



500 0 500 1000 1500 Metre

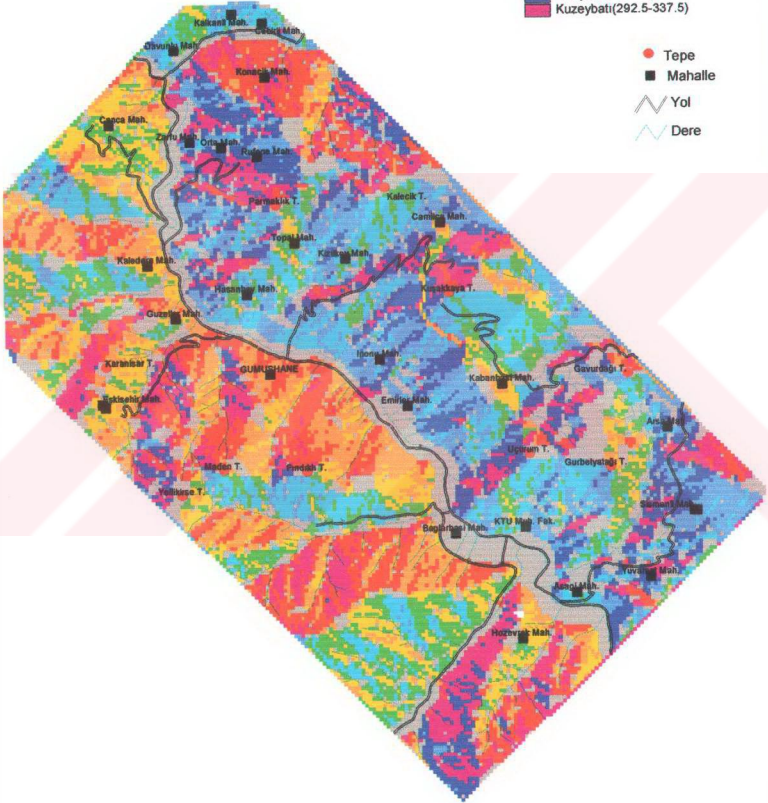
GÜMÜŞHANE YERLEŞİM ALANI VE ÇEVRESİNİN BAKI HARİTASI

AÇIKLAMALAR

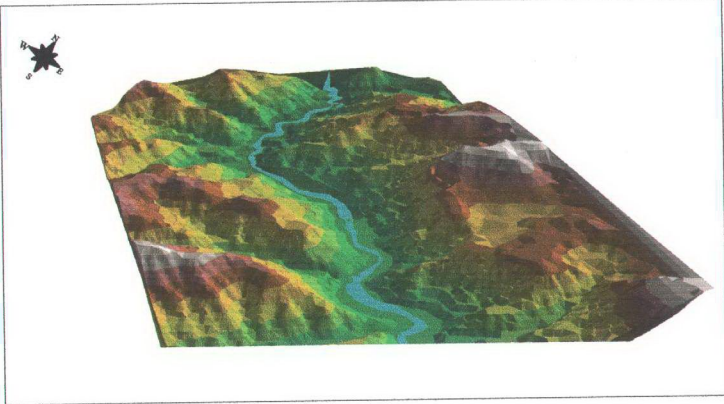
Sembol Yönelim

■	Düzlük
■	Kuzey(0-22.5,337.5-360)
■	Kuzeydoğu(22.5-67.5)
■	Doğu(67.5-112.5)
■	Güneydoğu(112.5-157.5)
■	Güney(157.5-202.5)
■	Güneybatı (202.5-247.5)
■	Batı(247.5-292.5)
■	Kuzeybatı(292.5-337.5)

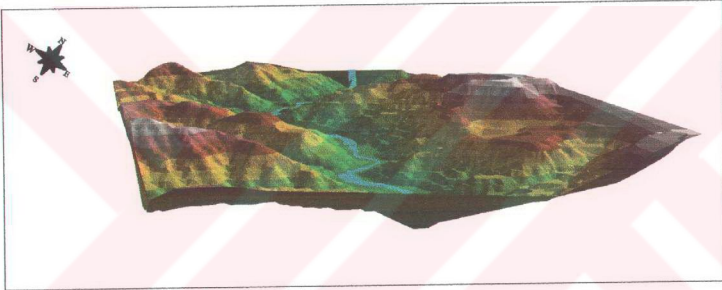
- Tepe
- Mahalle
- Yol
- Dere



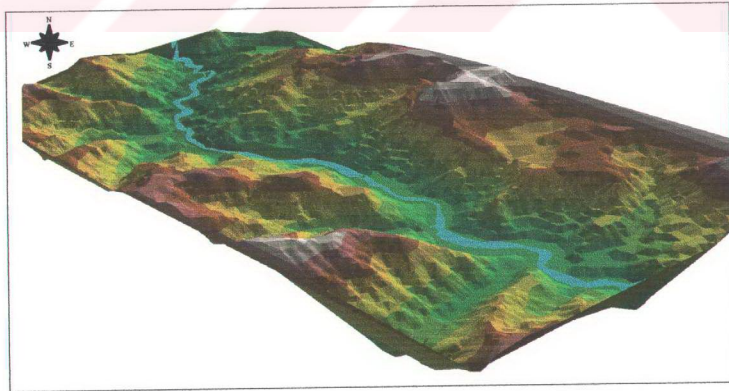
600 0 600 1200 Metre



A : Güney-Doğudan Görünüm



B : Güney-Doğudan Farklı Bir Görüş Açısından Görünüm








C : Güneyden Görünüm

1000 0 1000 Metre

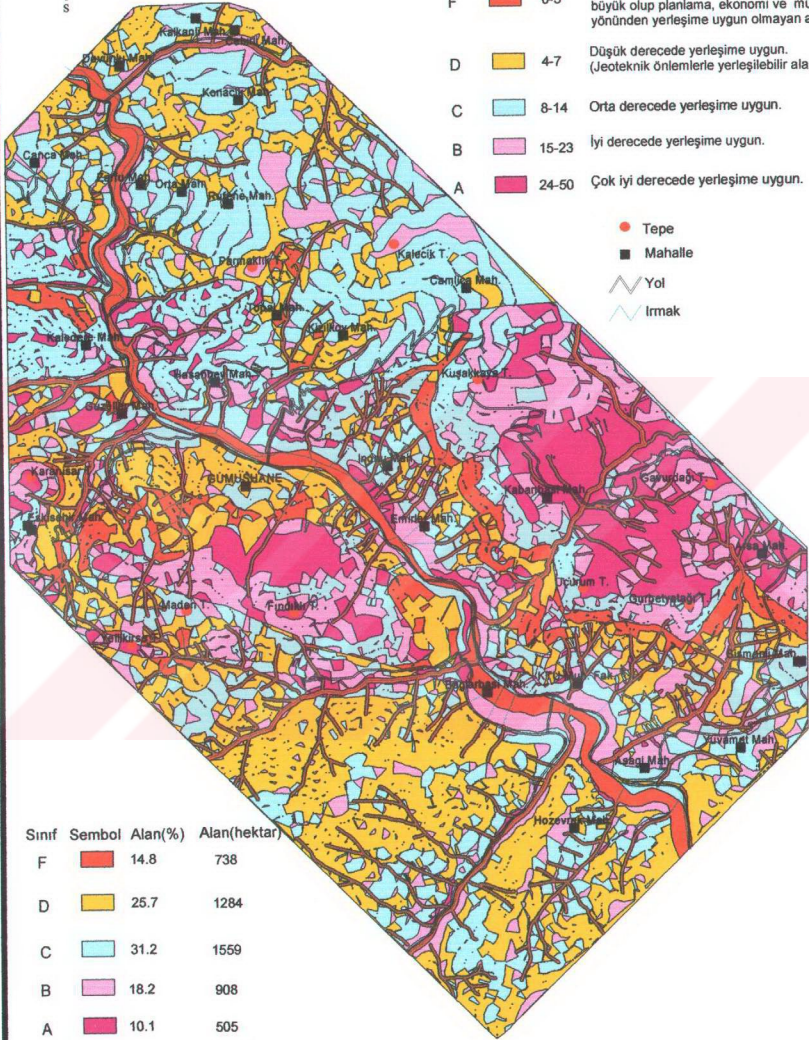
GÜMÜŞHANE KENTİ VE ÇEVRESİNİN YERLEŞİME UYGUNLUK HARİTASI






Ek 7

AÇIKLAMALAR

Sınıf	Sembol	Puan	Değerlendirme
F		0-3	Yerleşime uygun değil. (Taşkın alanı, dere yatakları ve eğimi %60 dan büyük olup planlama, ekonomi ve mühendislik yönünden yerleşime uygun olmayan alanlar.)
D		4-7	Düşük derecede yerleşime uygun. (Jeoteknik önlemlerle yerleşilebilir alanlar.)
C		8-14	Orta derecede yerleşime uygun.
B		15-23	İyi derecede yerleşime uygun.
A		24-50	Çok iyi derecede yerleşime uygun.

-  Tepe
-  Mahalle
-  Yol
-  İrmak



Sınıf	Sembol	Alan(%)	Alan(hektar)
F		14.8	738
D		25.7	1284
C		31.2	1559
B		18.2	908
A		10.1	505

500 0 500 1000 1500 Metre

6. ÖZGEÇMİŞ

Şule Tüdeş, 1968 yılında Ceyhan' da doğdu. 1985 yılında Ceyhan Lisesi'ni bitirdi. KTÜ Jeoloji mühendisliği Bölümü' nden, 1990 ve 1994 yıllarında sırasıyla lisans ve yüksek lisans derecelerini aldı. Ulusal ve uluslararası makale ve bildirimleri vardır. KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmakta olup, evli ve iki çocuk annesidir.