

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BEYPAZARI (ANKARA) GÖLET YERİNDEKİ KAYA KÜTLELERİNİN
JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMESİ**

Recep TEMİZ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2011**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Recep TEMİZ tarafından hazırlanan “**Beypazarı (Ankara) Gölet Yerindeki Kaya Kütlelerinin Jeoteknik Değerlendirmesi**” adlı tez çalışması 16/03/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Recep KILIÇ

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Hüsnü AKSOY
Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ABD

Üye : Prof. Dr. Ergun GÖKTEN
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ABD

Üye : Prof. Dr. Recep KILIÇ
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği ABD

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Özer KOLSARICI
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BEYPAZARI (ANKARA) GÖLET YERİNDEKİ KAYA KÜTLELERİNİN JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMESİ

Recep TEMİZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep KILIÇ

Beypazarı gölet yeri, Ankara'nın kuzeybatısında, Beypazarı ilçesine yaklaşık 2 km uzaklıktadır. İnceleme alanında Miyosen yaşlı litik tuf ve kıltaşı bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında litik tuf ve kıltaşının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Litik tufün doğal su içeriği %1.19 ile % 2.83 arasında, yoğunluğu 1.48 gr/cm^3 ile 1.79 gr/cm^3 arasında, kuru birim hacim ağırlığı 14.17 kN/m^3 ile 17.30 kN/m^3 arasında doymuş birim hacim ağırlığı 16.64 kN/m^3 ile 20.07 kN/m^3 arasında, ağırlıkça su emme % 12.15 ile % 20.09 arasında, hacimce su emme % 21.21 ile % 30.96 arasında, görünür gözenekliliği % 21.21 ile % 30.96 arasında, boşluk oranı % 27 ile % 45 arasındadır. Kıltaşının doğal su içeriği % 0.73 ile % 2.80 arasında, yoğunluğu 1.39 gr/cm^3 ile 2.26 gr/cm^3 arasında, kuru birim hacim ağırlığı 12.35 kN/m^3 ile 22 kN/m^3 arasında doymuş birim hacim ağırlığı 16.95 kN/m^3 ile 23.14 kN/m^3 arasında, ağırlıkça su emme % 4.84 ile % 37.28 arasında, hacimce su emme %10.66 ile % 46.92 arasında, görünür gözenekliliği %10.66 ile % 46.92 arasında, boşluk oranı % 12 ile % 88 arasındadır. Litik tufün tek eksenli basma dayanımı 10.08 MPa ile 33.93 MPa arasında ve kıltaşının tek eksenli basma dayanımı 18.79 MPa ile 43.09 MPa arasındadır. Litik tuf ve kıltaşı "düşük-orta düşük dayanımlı" kaya sınıfına girmektedir. Litik tufün elastisite modülü 6.70 GPa ile 40 GPa arasında, poisson oranı 0.13 ile 0.67 arasında, kıltaşının elastisite modülü 11.42 GPa ile 44.40 GPa arasında poisson oranı 0.19 ile 0.51 arasında değişmektedir. Litik tufün P-dalgası hızı 2137.68 m/s ile 3157.89 m/s arasında, kıltaşının P-dalgası hızı 1508.62 m/s ile 3968.25 m/s arasındadır. Litik tuf RMR sistemine göre "zayıf kaya ile orta kaya" arasında; Q sisteme göre "olağanüstü zayıf kaya ile orta kaya" arasındadır. GSI sistemine göre litik tufün GSI değeri 47'dir ve "bloklu-örselenmiş kaya" sınıfındadır. Litik tufün kazılabilirliği "kolay sökülür-zor sökülür" arasında ve kıltaşı "kolay sökülür" sınıfındadır.

Mart 2011, 87 sayfa

Anahtar Kelimeler: Beypazarı, litik tuf, kıltaşı, sondaj, tek eksenli basma dayanımı RMR, Q, GSI, kazılabilirlik

ABSTRACT

Master Thesis

GEOTECHNICAL ROCK-MASS EVALUATION OF THE BEYPAZARI (ANKARA) DAM SITE

Recep TEMİZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Recep KILIÇ

Beypazari dam site, is located northwest of Ankara, approximately 2 kilometres far from Beypazari town. The rock units in the study area are lithic tuff and claystone of the Miocene age. In this thesis, physical, mechanical and geotechnical properties of lithic tuff and claystone were examined. As a result of physical tests, natural water content of lithic tuff is between %1.19 and % 2.83, density is between 1.48 gr/cm³ and 1.79 gr/cm³, dry unit weight is 14.17 kN/m³ and 17.30 kN/m³, saturated unit weight is between 16.64 kN/m³ and 20.07 kN/m³, water absorption in weight is between % 12.15 and % 20.09, water absorption by volume is between % 21.21 ile % 30.96, porosity is between % 21.21 and % 30.96, void ratio is between % 27 and % 45. Natural water content of claystone is between % 0.73 and % 2.80, density is between 1.39 gr/cm³ and 2.26 gr/cm³, dry unit weight is between 12.35 kN/m³ and 22 kN/m³, saturated unit weight is between 16.95 kN/m³ and 23.14 kN/m³, water absorption in weight is between % 4.84 and % 37.28, water absorption by volume is between % 10.66 ile % 46.92, porosity is between % 10.66 and % 46.92, void ratio is between % 12 and % 88. Uniaxial compressive strength of lithic tuff is between 10.8 MPa and 33.93 MPa, uniaxial compressive strength of claystone is between 18.79 MPa and 43.09 MPa. Lithic tuff and claystone are in low-medium strength rock group. Modules of elasticity of lithic tuff is between 6.70 GPa and 40 GPa, poisson ratio is between 0.13 and 0.67; modules of elasticity of claystone is between 11.42 and 44.40, poisson ratio is between 0.19 and 0.51. Velocity of P-wave of lithic tuff is between 2137.68 m/s and 3157.89 m/s, velocity of P-wave of claystone is between 1508.62 m/s and 3968.25 m/s. According to evaluation of Rock Mass Classifications; lithic tuff is in “poor and fair rock”group due to RMR. Based on Q system, lithic tuff is in “extremely poor and fair rock”group. GSI value of lithic tuff is 47 and in “blocky-disturbed rock” group. Based on the excavatability analysis of the rocks, excavability of lithic tuff is between “easy and hard ripping”, claystone is “easy ripping”.

March 2011, 87 pages

Key Words : Beypazari, lithic tuff, claystone, borehole, uniaxial compressive strength, RMR, Q, GSI, excavability

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında görüş ve katkıları ile destekleyen Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi danışman hocam Sayın Prof. Dr. Recep KILIÇ' a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tezin geliştirilmesinde değerli katkılarını esirgemeyen Hacettepe Üniversitesi'nden Sayın Prof. Dr. Hüsnü AKSOY ve Ankara Üniversitesi'nden Sayın Prof. Dr. Ergun GÖKTEN'e teşekkür ederim.

Kayaçların mineralojik ve petrografik yorumlanmasında yardımlarını gördüğüm Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŐ'a, tez çalışmalarım sırasında gerekli doküman yardımında bulunan DSİ V. Bölge Müdürlüğünden Sayın Jeoloji Mühendisi Oktay EKİNCİ'ye, Sayın Jeoloji Yüksek Mühendisi Dr. Nazif DEMİR'e teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarımnda yardımını esirgemeyen Van 100. Yıl Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Yrd. Doç. Dr. Mutluhan AKIN'a teşekkür ederim.

Bu tezin ortaya çıkmasında maddi ve manevi anlamda bana her zaman destek olan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Recep TEMİZ

Ankara, Mart 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı	2
1.4 Önceki Çalışmalar	3
2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ.....	4
2.1 Hırka Formasyonu(Th)	4
2.2 Sariağıl Formasyonu (Ts).....	6
2.3 Çakıloba Formasyonu (Tç)	6
2.4 Yapısal Jeoloji	7
2.5 Depremsellik	8
3. ARAZİ İNCELEMELERİ	9
3.1 Jeoteknik Amaçlı Sondajlar	9
3.2 Litik Tüfün Süreksizlik Özellikleri.....	11
3.2.1 Süreksizlik yönelimi	11
3.2.2 Süreksizlik aralığı	14
3.2.3 Süreksizlik açıklığı	15
3.2.4 Süreksizlik devamlılığı.....	15
3.2.5 Dolgu maddesi	16
3.2.6 Pürüzlülük	16
3.2.7 Süreksizlik yüzeyinin bozunma derecesi.....	17
3.2.8 Süreksizlik yüzeyindeki su durumu	18
3.2.9 Süreksizlik yüzey dayanımı	19
3.3 İnceleme Alanındaki Kayaçların Geçirimliliği.....	19
4. LİTİK TÜF VE KİLTAŞININ ÖZELLİKLERİ	23
4.1 Mineralojik ve Petrografik Özellikler	23
4.2 Fiziksel Özellikler.....	25
4.2.1 Doğal su içeriği (ω_n , %)	25
4.2.2 Yoğunluk (ρ , g/cm ³)	25
4.2.3 Kuru birim hacim ağırlığı (γ_k , kN/m ³)	25
4.2.4 Doygun birim hacim ağırlığı (γ_d , kN/m ³)	26
4.2.5 Ağırlıkça su emme oranı (A_a , %).....	26
4.2.6 Hacimce su emme oranı (A_h , %).....	26
4.2.7 Gözeneklilik (n, %)	26
4.2.8 Boşluk oranı (e, %)	27
4.3 Mekanik Özellikler	28
4.3.1 Tek eksenli basma dayanımı	28
4.3.2 Elastisite modülü (E_s).....	31
4.3.3 Poisson oranı(ν).....	33
4.3.4 Nokta yükü dayanım indeksi	33

4.4 Dinamik Özellikler	35
4.4.1 Litik tuf ve kiltasinin P-dalgasi yayilma hizi(V_p) ve S-dalgasi yayilma hizi(V_s)	35
4.4.2 Litik tuf ve kiltasinin dinamik elastisite modulu(E_d), dinamik poisson oranı(ν_{dyn}) ve dinamik rijidite modulu(G_d)	37
5. JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER	39
5.1 Litik Tuf ve Kiltasinin Kaya Kalite Katsayısı	39
5.2 Litik Tufün Kaya Kütle Sınıflaması	40
5.2.1 RMR Kaya Kütle Sınıflama Sistemi	40
5.2.2 GSI Kaya Kütle Sınıflama Sistemi	42
5.2.3 Q Sistemi	46
5.2.4 Litik tufün kaya kütle özellikleri	47
5.3 Litik Tuf ve Kiltasinin Kazılabilirliği	48
5.4 Litik Tufün Taşıma Gücü	51
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	53
KAYNAKLAR	56
EKLER	59
EK 1 Litik tufün tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanıl(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi	60
EK 2 Kiltasinin tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanıl(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi	68
EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar	71
ÖZGEÇMİŞ	87

SİMGELER DİZİNİ

A_a	Ağırlıkça su emme
A_h	Hacimce su emme
a	SRR değerine bağlı olarak belirlenen Hoek-Brown malzeme sabiti
c	Kohezyon
D	Örselenme faktörü
e	Boşluk oranı
E_i	Kaya malzemesinin elastisite modülü
E_m	Kaya kütle deformasyon modülü
E_d	Dinamik elastisite modülü
F	Düzeltilme faktörü
ϕ	İçsel sürtünme açısı
γ_k	Kuru birim hacim ağırlık
γ_d	Doygun birim hacim ağırlık
GPa	Gigapascal
G_u	Dinamik rijidite modülü
I_s	Nokta yükü dayanım indeksi
I_f	Süreksizlik aralık indeksi
J_a	Q sisteminde eklem alterasyon sayısı
J_n	Q sisteminde eklem takımı sayısı
J_r	Q sisteminde eklem pürüzlülük sayısı
J_v	Hacimsel eklem sayısı
lt	Litre
m_b	Hoek-Brown sisteminde kaya kütlelerinin boyutsuz malzeme sabiti
m_i	Hoek-Brown sisteminde kaya malzemesinin boyutsuz malzeme sabiti
MPa	Megapascal
n	Gözeneklilik
ρ	Yoğunluk
R_f	Dolgu Puanı
R_r	Pürüzlülük puanı
R_w	Bozunma puanı
s	Kohezyonu kontrol eden Hoek-Brown kaya malzemesi sabiti
S	Süreksizlik aralığı
SCR	Yüzey koşulu puanı
SR	Yapısal puan
T_p	P-dalgasının etkin ilerleme zamanı
T_s	S-dalgasının etkin ilerleme zamanı
σ_c	Tek eksenli basma dayanımı
σ_m	Kaya kütlelerinin tek eksenli basma dayanımı
ν	Poisson oranı
V_s	S-dalga hızı
V_p	P-dalga hızı
ν_{dyn}	Dinamik poisson oranı
ω_n	Doğal su içeriği
μs	Mikrosaniye

KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	American Standart for Testing Material
DSİ	Devlet Su İşleri
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GSI	Jeolojik dayanım indeksi
ISRM	International Society for Rock Mechanics
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
RMR	Kaya kütlesi puanı
RQD	Kaya kalite göstergesi
TCR	Toplam karot yüzdesi
YASS	Yeraltı suyu seviyesi
Q	Q sınıflama sisteminde kaya kütle kalitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanının yerbulduru haritası.....	2
Şekil 2.1 İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti.....	4
Şekil 2.2 Beypazarı göleti eksen yeri göl alanı ve çevresinin jeoloji haritası.....	5
Şekil 2.3 Hırka ve Sariağıl formasyonlarının genel görünümü.....	6
Şekil 2.4 Beypazarı göletinin göl alanı, eksen yeri, sağ ve sol sahilinin görünümü.....	7
Şekil 2.5 İnceleme alanının deprem bölgeleri haritasındaki yeri.....	8
Şekil 3.1 Gölet ekseninin jeolojik kesiti	10
Şekil 3.2 Sağ yamaçtaki litik tüflerdeki süreksizliklerin eşit alan iz düşümü.....	12
Şekil 3.3 Sol yamaçtaki litik tüflerdeki süreksizliklerin eşit alan iz düşümü	13
Şekil 3.4 Sol yamaçtaki litik tüflerde tabaka ve eklemlerin genel görünümü	13
Şekil 3.5 Sağ yamaçtaki litik tüflerde tabaka ve eklemlerin genel görünümü.....	14
Şekil 3.6 Pürüzlülüğün kalitatif olarak belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük şekilleri	17
Şekil 3.7 Lugeon deney düzeneği hesaplanması.....	20
Şekil 3.8 Gölet eksen yerinin Lugeon değerlerine göre geçirimsizliği.....	22
Şekil 4.1 SK 4 nolu sondajdan alınan kıltaşı örneğinin XRD analizi	24
Şekil 4.2 Tek eksenli basma dayanımı deneyi düzeneği.....	28
Şekil 4.3 Litik tuf ve kıltaşının farklı araştırmacılara göre tek eksenli basma dayanımı sınıflaması	30
Şekil 4.4 Litik tuf ve kıltaşının tek eksenli basma dayanımı–elastisite modülü ilişkisi .	32
Şekil 4.5 P dalgası (V_p) ve S dalgası (V_s) hızı ölçüm düzeneği.....	36
Şekil 5.1 Sönmez ve Ulusay (1999)'ın önerdiği niceliksel GSI Sınıflama Sistemi Abağı'nın “Sağlam ve Masif” kaya grubu da eklendikten sonraki değiştirilmiş son hali (Sönmez ve Ulusay 2002)	45
Şekil 5.2 Litik tufün kaya kütle özelliklerinin Roclab 1.0 programı ile hesaplanması...	48
Şekil 5.3 Kazılabilirlik değerlendirme diyagramı.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Sondajların numarası, yeri, derinliği, kotu, yer altı suyu derinliği ve kesilen litoloji tanımı.....	11
Çizelge 3.2 Kinematik analiz sonuçlarına göre litik tufdeki yamaç duraylılığı.....	12
Çizelge 3.3 Litik tufte süreksizlik aralığı dağılımı.....	14
Çizelge 3.4 Litik tufte süreksizlik açıklığı dağılımı.....	15
Çizelge 3.5 Litik tufte süreksizlik devamlılığı dağılımı.....	15
Çizelge 3.6 Süreksizliklerin bozunma derecesinin tanımlanması.....	18
Çizelge 3.7 Kaya kütleleri için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri	19
Çizelge 3.8 Lugeon değerlerine göre kayaların geçirimliliği.....	20
Çizelge 3.9 Gölet eksen yerindeki litik tuf ve kıltaşının sondaj noktalarına göre geçirimliliği	21
Çizelge 4.1 Kayaçların gözenekliliğe göre sınıflandırılması	26
Çizelge 4.2 Litik tufün fiziksel özellikleri	27
Çizelge 4.3 Kıltaşının fiziksel özellikleri.....	27
Çizelge 4.4 Litik tuf ve kıltaşının tek eksenli basma dayanımı	29
Çizelge 4.5 Litik tuf ve kıltaşının elastisite modülü(E_s)	32
Çizelge 4.6 Litik tuf ve kıltaşının poisson oranı(ν)	33
Çizelge 4.7 Litik tuf ve kıltaşının nokta yükü dayanım indeksi $I_{S(50)}$	35
Çizelge 4.8 Litik tuf ve kıltaşının P dalgasının (V_p) ve S dalgasının (V_s) yayılma hızlarının istatistiksel dağılımı	37
Çizelge 4.9 Litik tufün elastik sabitlerinin istatistiksel dağılımı.....	38
Çizelge 4.10 Kıltaşının elastik sabitlerinin istatistiksel dağılımı	38
Çizelge 5.1 Sondajlarda geçilen kayaçlardaki ortalama TCR ve RQD değerleri	39
Çizelge 5.2 RQD Sınıflaması.....	39
Çizelge 5.3 RMR Kaya kütleli sınıflama sistemi puanlama çizelgesi.....	41
Çizelge 5.4 RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıfları ve puanları.....	42
Çizelge 5.5 Litik tufün RMR sınıflama sistemine göre değerlendirilmesi	42
Çizelge 5.6 Litik tufün Q sistemine göre değerlendirmesi	47
Çizelge 5.7 Litik tufün kaya kütle özellikleri.....	47
Çizelge 5.8 Litik tufün nihai taşıma gücü	52

1. GİRİŞ

Kaya kütlelerinin jeolojik ve jeoteknik değerlendirmesi, inşaa edilecek mühendislik yapılarının güvenli olarak ekonomik ölçülerde yapılabilirliği açısından önemlidir. Arazi gözlemleri ve sondajlarla birlikte, laboratuvarında yapılan deneylerle kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri ile geçirimsizlik, taşıma gücü, yamaç duraylılığı ve kazılabilirlik gibi jeoteknik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmelidir.

Bu tez kapsamında Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından yapımı planlanan Beypazarı gölet yerinde yapılan sondajlardan alınan karot örnekleri ile gölet yerinde bulunan litik tuf ve kilaşının fiziksel, mekanik ve dinamik özellikleri belirlenmiştir. Litik tuf ve kilaşının geçirimsizlik, taşıma gücü, yamaç duraylılığı ve kazılabilirlik gibi jeoteknik özellikleri değerlendirilmiş, kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır.

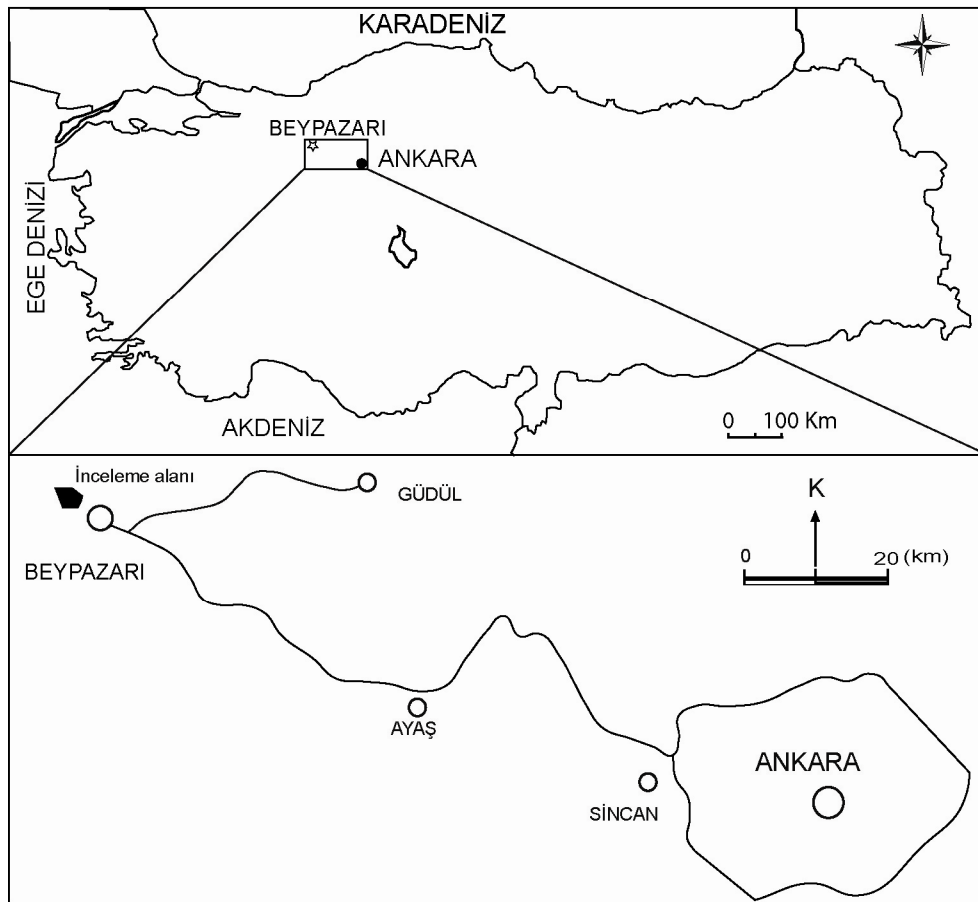
1.1 Amaç ve Kapsam

Bu tez çalışmasının amacı, Beypazarı gölet yerindeki litik tuf ve kilaşının fiziksel, mekanik ve dinamik özelliklerinin belirlenmesi; geçirimsizlik, kazılabilirlik, taşıma gücü, yamaç duraylılığı gibi özelliklerinin değerlendirilmesi ve farklı kaya kütle sınıflama sistemlerine göre incelenip bu kayaçların baraj yeri olabilirliği açısından kaya kütle sınıflamasının yapılmasıdır. Tez çalışması kapsamında inceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yeniden düzenlenmiş ve 1/5000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. İnceleme alanındaki süreksizliklerin ölçümleri International Society for Rock Mechanics (ISRM) (Anonymous 2007) esaslarına göre yapılmış, elde edilen veriler Dips 5.1 (Anonymous 2002a) bilgisayar programı yardımıyla süreksizlik takımlarının yönelimi belirlenip yamaçların duraylılığı değerlendirilmiştir. İnceleme alanında yapılan sondajlardan alınan karot örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji laboratuvarında, dinamik özellikleri ise Elektrik İşleri Etüt İdaresinin (EİE) Jeofizik laboratuvarında ilgili standartlara göre belirlenmiştir. Karot örneklerinden ince kesitler yapılarak petrografik ve mineralojik incelemeler yapılmıştır. Arazi ve

laboratuvar çalışmalarından elde edilen kaya malzeme ve kütle özellikleri kullanılarak litik tufün RMR (Bieniawski 1989), GSI (Hoek 1999) ve Q sistem (Barton vd. 1974)'e göre kaya kütle sınıflaması yapılmış ve Rocklab 1.0 (Anonymous 2002b) programı kullanılarak kaya kütle sabitleri hesaplanarak litik tufün taşıma gücü Hoek-Brown kriterine göre hesaplanmıştır. Ayrıca litik tuf ve kıltaşının Pettifer ve Fookes (1994)'e göre kazılabilirliği değerlendirilmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarına 2009 yılında başlanmış ve bu çalışmalar 2010 yılında da devam etmiştir.

1.2 İnceleme Alanının Yeri ve Ulaşımı

İnceleme alanı, Ankara ili Beypazarı ilçesinin yaklaşık 2 km kuzeyinde ve Ankara iline uzaklığı 100 kilometre olup 1/25000 ölçekli topografik haritada Bolu H27 c2 paftası içerisinde yer almaktadır. Ulaşım yılın her mevsimi sağlanmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 İnceleme alanının yerbulduru haritası

1.4 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanı ve çevresinde jeolojik amaçlı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Stchepinsky (1942), “Beypazarı-Nallıhan-Bolu-Gerede Bölge Jeolojisi Hakkında Rapor” adıyla yaptığı çalışmalarda inceleme alanındaki Neojen istifinin Beypazarı-Nallıhan yöresinde iyi gelişmiş olduğunu ve bölgedeki volkanik ürünlerin bazaltik, andezitik lavlardan oluştuğunu belirtmektedir.

Erol (1955), “Köroğlu-Işık Dağları Volkanik Kütlesinin Orta Bölümleri ile Beypazarı-Ayaş Arasındaki Neojen Havzasının Jeolojisi Hakkında Rapor” adlı çalışmasında, inceleme alanımızı da içine alan çok geniş bir sahanın etüdünü yapmıştır. Neojen yaşlı çökellerde ayrıntılı olarak çalışmış ve çeşitli fasiyesler saptamıştır.

Özgür ve Tamgaç (1986), “Ankara-Beypazarı Soda Sahasının Hidrojeolojisi” adlı çalışmalarında inceleme alanımızda içine alan bölgede yer alan formasyonlar üzerinde ayrıntılı incelemeler yapmışlardır.

Türkecan vd. (1991), tarafından hazırlanan “Seben-Gerede (Bolu), Güdül-Beypazarı (Ankara) ve Çerkeş, Orta, Kurşunlu (Çankırı) Yörelerinin (Köroğlu Dağları) Jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi” adlı raporda, inceleme sahalarının stratigrafisini belirledikten sonra plaka tektoniği açısından bölgedeki volkanizmanın karakterini ortaya çıkarmışlardır.

DSİ Genel Müdürlüğü (Anonim 2008), inceleme alanını oluşturan gölet yeri ve çevresindeki birimleri ayırarak mühendislik jeolojisi hakkında ön çalışmalar yapmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmada gölet eksen yerinde kahverengi-turuncu renkli volkanik kumtaşı ile kilaşının, göl alanında ise çörtlü kireçtaşı ve tuf olduğu belirtilmiştir.

DSİ Genel Müdürlüğü Anonim (2009), tarafından hazırlanan raporda gölet yerinde açılan sondajlar ve mühendislik jeolojisi hakkında bilgiler verilmiştir.

2. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

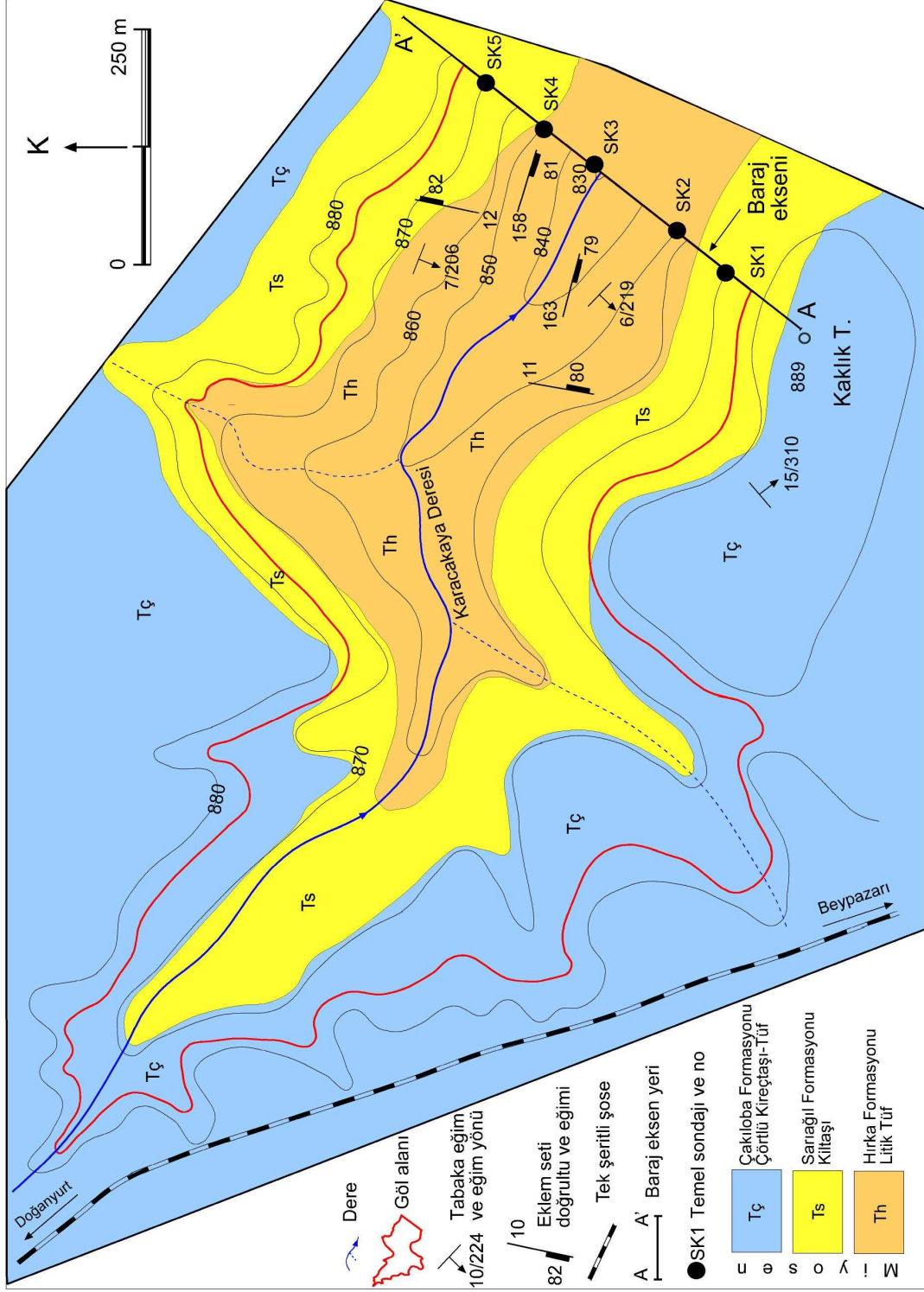
İnceleme alanı, Beypazarı Neojen havzasının içerisinde, Miyosen yaşlı Hırka, Sariağıl ve Çakıloba formasyonlarına ait kayaçlar bulunmaktadır. İnceleme alanına ait stratigrafik dikme kesit (Şekil 2.1) ve jeoloji haritası (Şekil 2.2) ile Hırka, Sariağıl ve Çakıloba formasyonlarına ait açıklamalar aşağıda sunulmuştur.

SİSTEM SERİ	KAT	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİK SİMGE	LİTOLOJİK TANIMLAMA
T E R S İ Y E R	M İ Y O S E N	BEYPAZARI GRUBU	ÇAKILOBA	Tç	Çörtlü kireçtaşı, tuf
			SARIAĞIL	Ts	Kiltaşı (yer yer çörtlü)
			HIRKA	Th	Litik Tuf Kiltaşı

Şekil 2.1 İnceleme alanının stratigrafik dikme kesiti (Özgür ve Tamgaç 1986)(ölçeksiz)

2.1 Hırka Formasyonu(Th)

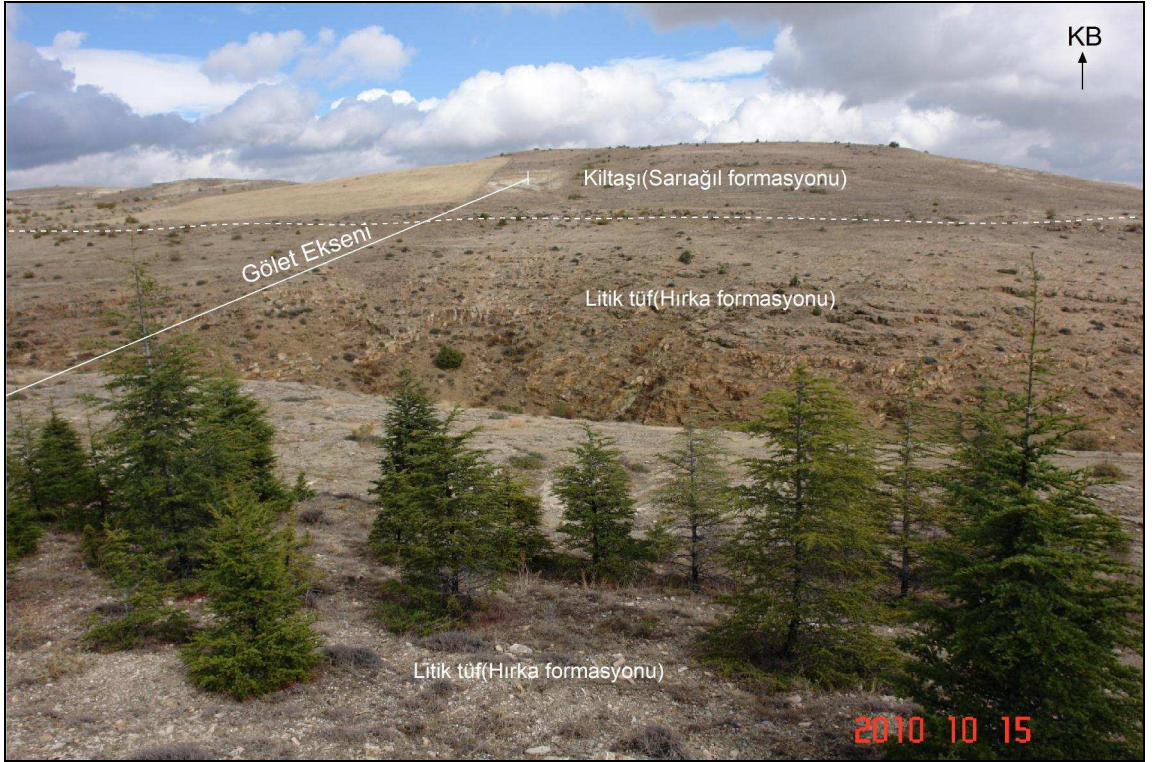
Hırka formasyonuna ait birimler eksen yeri ve göl alanı civarında yaygın olarak gözlenir. Hırka Formasyonu tipik olarak ismini aldığı Beypazarının Hırka Köyü'nde görülmektedir. Formasyon ilk kez Aziz (1976) tarafından ayırtlanmış ve tanımlanmıştır. İnceleme alanında yapılan sondajlara göre bu formasyona ait birimler tabanda kiltaşı ile başlar ve üste doğru litik tuf olarak devam eder. Karacakaya deresinde talvegten itibaren üst kotlarda kahverengi turuncu rengeyle litik tüfler yer almaktadır.



Şekil 2.2 Beyyazari göleti eksen yeri, göl alanı ve çevresinin jeolojisi haritası (Anonim 1997'den değiştirilerek).

2.2 Sariağıl Formasyonu (Ts)

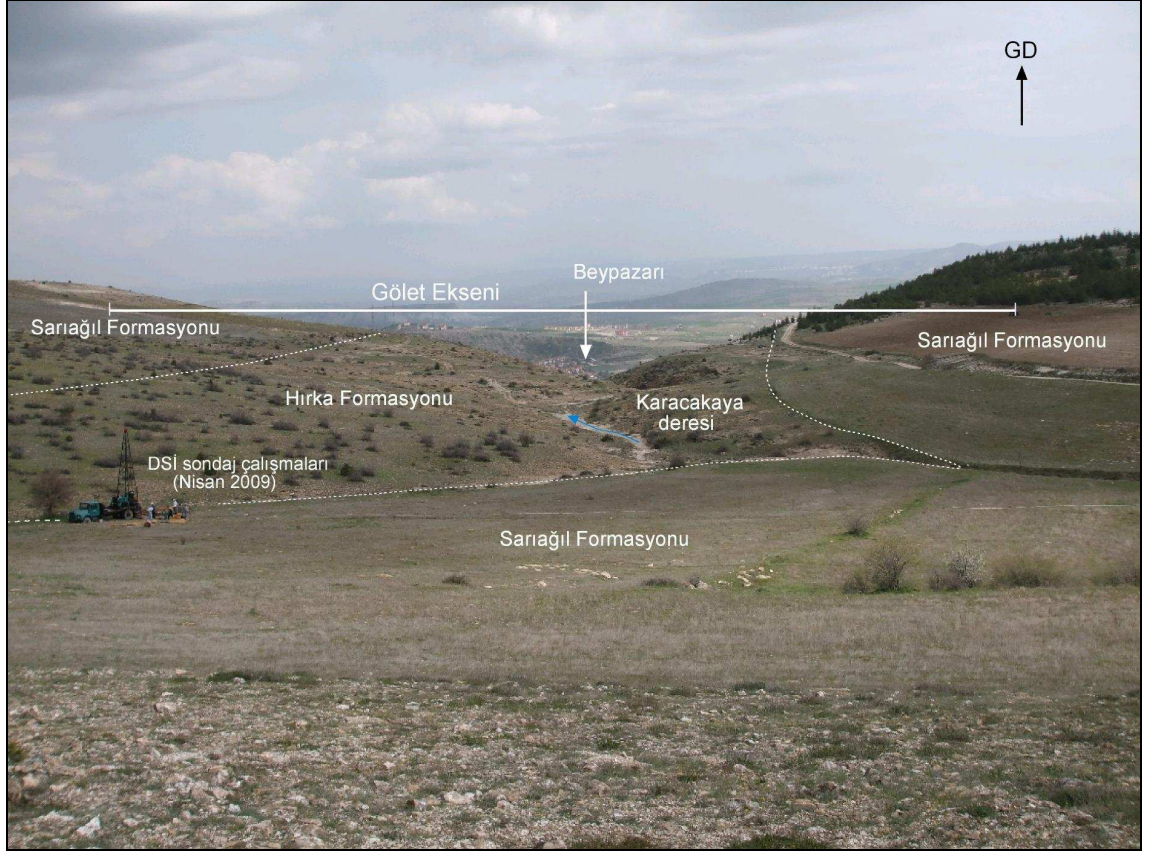
Sariağıl formasyonu gölet eksen yeri ve göl alanında Hırka formasyonunun üzerine gelir (Şekil 2.3-2.4). Kiltaşından oluşan formasyonun içerisinde seyrek olarak ince silisli zonlar bulunur. İnceleme alanında yapılan sondaj çalışmalarında beyaz-gri renkli kiltaşın kalınlığı en az 55 m olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2.3 Hırka ve Sariağıl formasyonlarının genel görünümü

2.3 Çakıloba Formasyonu (Tç)

Beypazarı göleti göl alanında gözlenen Çakıloba formasyonu kahve-sütlü kahve renkli çörtlü kireçtaşı ve tüflerden oluşur.



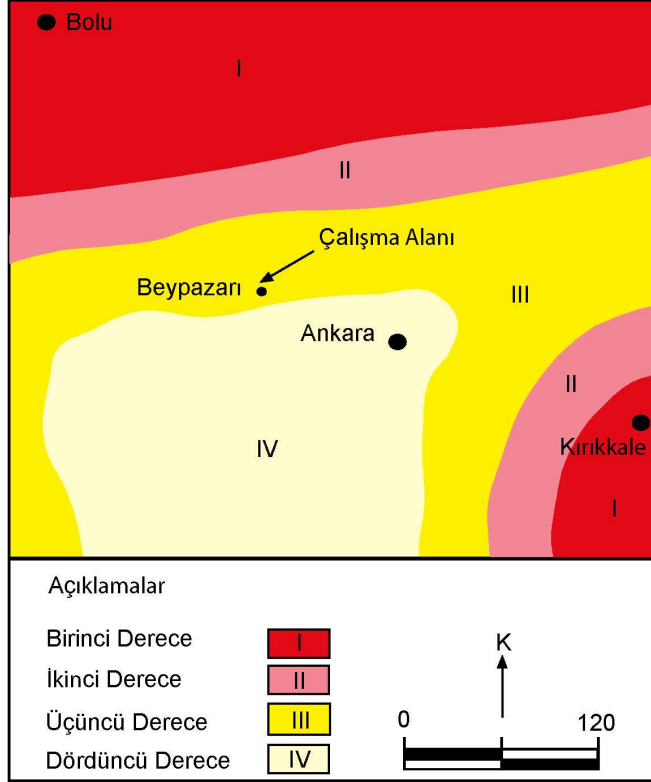
Şekil 2.4 Beypazarı göletinin göl alanı, eksen yeri, sağ ve sol sahilinin görünümü

2.4 Yapısal Jeoloji

İnceleme alanının yakınındaki önemli iki tektonik yapıdan biri gölet yerinin 500 m güneyinden geçen Beypazarı monoklinal kıvrımı, diğeri de gölet yerinin 4 km batısında bulunan verrev atımlı Zaviye fayıdır. Fay düzlemi 80°-85° eğime ve NE-SW doğrultusundadır. Fayın atımı yaklaşık 40 m' dir (Özgür ve Tamgaç 1986).

2.5 Depremsellik

İnceleme alanı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın deprem bölgeleri haritasına göre üçüncü derece deprem bölgesinde bulunmaktadır (Anonim 1996). İnceleme alanının deprem bölgeleri haritasındaki konumu şekil 2.5'de gösterilmiştir.



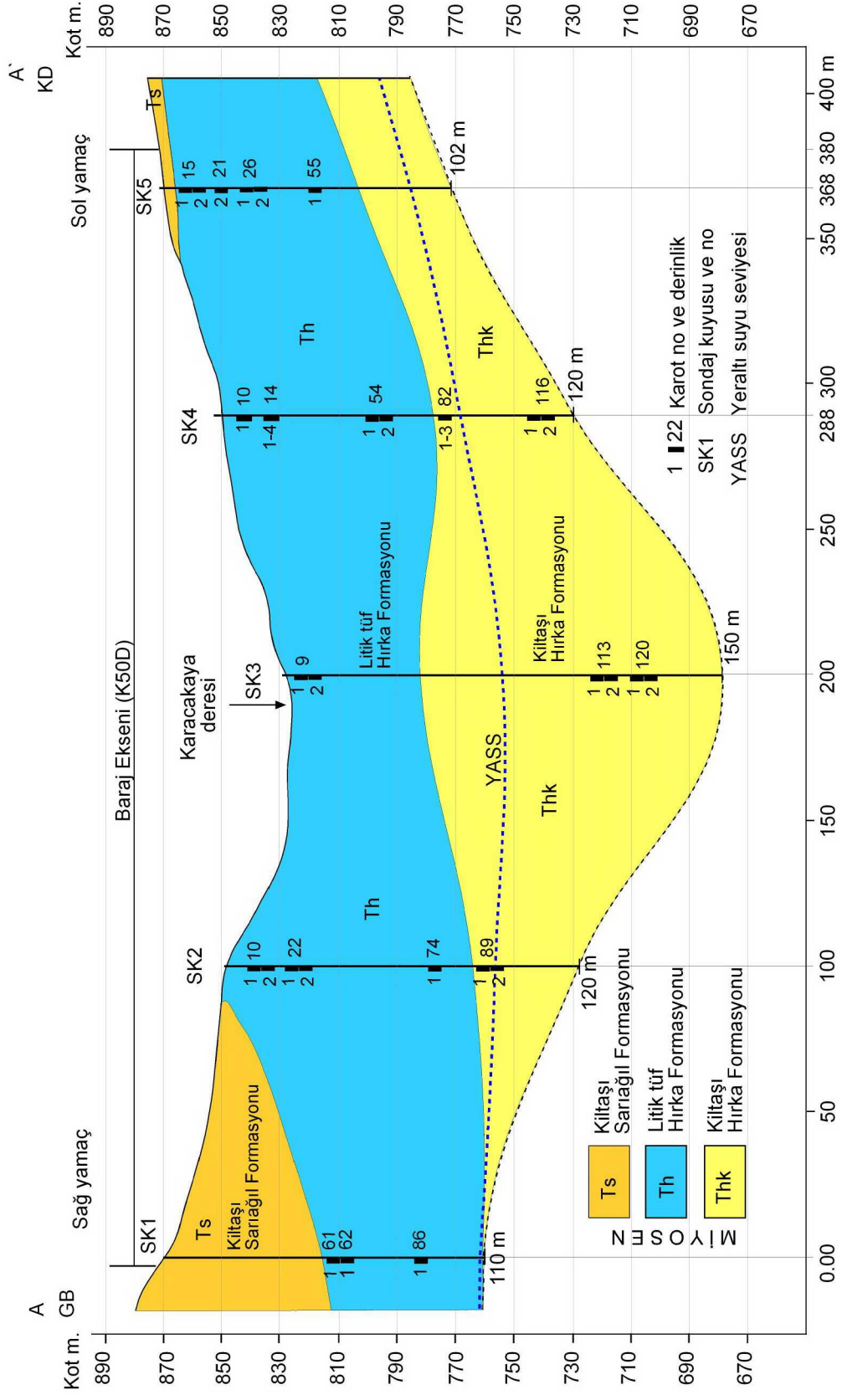
Şekil 2.5 İnceleme alanının deprem bölgeleri haritasındaki yeri (Anonim 1996)

3. ARAZİ İNCELEMELERİ

İnceleme alanındaki litolojik birimlerin kalınlığını, yatay ve düşey yöndeki dağılımını ve geçirgenliğini belirlemek amacı ile jeoteknik amaçlı sondaj çalışmaları 2009 yılının Haziran ve Ekim ayları arasında DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Bu kapsamda eksen yeri ve göl alanında 7 noktada toplam 840 m derinliğinde sondaj yapılmıştır. Bu sondajlardan 5 tanesi gölet eksen yerinde 2 tanesi ise göl alanındadır. Eksen yerinde açılan sondajlar şekil 2.2’de yer alan jeolojisi haritası ve şekil 3.1’deki kesit üzerinde gösterilmiştir. Arazi çalışmalarında süreksizlikler üzerinde yapılan hat etüdü çalışmaları eksen yerinin büyük kısmını içine alan Hırka formasyonu içindeki litik tüflerde yapılabilmektedir. İnceleme alanında bulunan Sarıağıl formasyonuna ait kiltaşının masif yapılı olması ve üzerinde örtü tabakası bulunması nedeniyle süreksizlik ölçümü yapılamamış ve açılan sondajlardan karot alınamamıştır ancak bu birimlerde geçirimsizlik deneyleri yapılabilmektedir. Hakim süreksizlik takımları ve inceleme alanına ait jeolojik birimler harita üzerinde gösterilmiştir.

3.1 Jeoteknik Amaçlı Sondajlar

İnceleme alanında açılan sondajlar şekil 2.2’deki jeoloji haritasında ve şekil 3.1’deki jeolojik kesitte gösterilmiştir. Sondaj numarası, yeri, derinliği, kotu, yeraltı suyu derinliği ve kesilen litolojik birimler çizelge 3.1’de verilmiştir. Sondajlara ait loglar ise Ek 3’te sunulmuştur.



Şekil 3.1 Gölet ekseninin jeolojik kesiti

Çizelge 3.1 Sondajların numarası, yeri, derinliği, kotu, yer altı suyu derinliği ve kesilen litoloji tanımı (Anonim 2009)

Sondaj no	Sondaj yeri	Derinlik (m)	Kot (m)	Yeraltı suyu ortalama (m)	Litoloji ve tanımı
SK 1	Eksen yeri sağ sahil	110	870	108	0-52.80 m gri-beyaz Kıltaşı (Sarıağıllı f.) 52.80-110 m Açık sarı renkli litik tuf (Hırka f.)
SK 2	Eksen yeri sağ sahil	120	850	94.15	0-84 m Açık sarı renkli litik tuf (Hırka f.) 84-120 m Kıltaşı (Hırka f.)
SK 3	Talveg	150	830	78.90	0-48 m Açık sarı renkli litik tuf (Hırka f.) 48-150 m Kıltaşı (Hırka f.)
SK 4	Eksen yeri sol sahil	120	850	81.30	0-78 m Açık sarı renkli litik tuf (Hırka f.) 78-120 m Kıltaşı (Hırka f.)
SK 5	Eksen yeri sol sahil	102	870	90.70	0-10 m gri-beyaz Kıltaşı (Sarıağıllı f.) 10-90 m Açık sarı renkli litik tuf (Hırka f.) 90-102 m Kıltaşı (Hırka f.)
SK 6	Göl Alanı	150	860	101.5	0-44 m gri-beyaz Kıltaşı (Sarıağıllı f.) 44-150 m Açık sarı renkli litik tuf (Hırka f.)
SK 7	Göl Alanı	100	860	74.20	0-6 m gri-beyaz Kıltaşı (Sarıağıllı f.) 6-100 m Açık sarı renkli litik tuf (Hırka f.)

3.2 Litik Tufün Süreksizlik Özellikleri

Kayaçların içerdiği tabaka, fay, çatlak gibi süreksizlikler kaya kütlelerinde yenilmelere neden olmaktadır. Süreksizliklerin doğrultu ve eğimleri, ara uzaklıkları, açıklıkları, yüzeylerinin pürüzlülük dereceleri, dolgulu yada dolgunsuz oluşu ve dolguların türü yenilmelerin oluşmasında etkilidir. Yamaçlarda oluşabilecek yenilme türlerinin belirlenmesinde süreksizliklerin özellikleri önemli yer tutar. Bu özellikler arazide yapılan süreksizlik hat etüdüleri ve sondaj verilerinin değerlendirilmesiyle belirlenir.

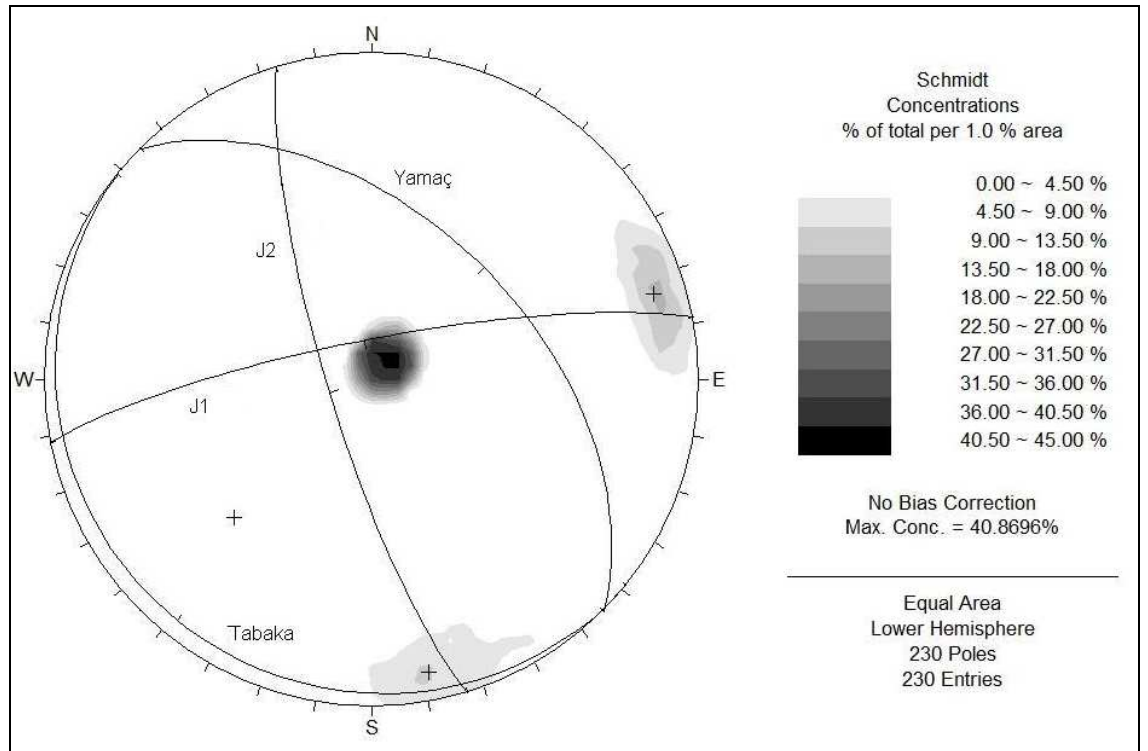
3.2.1 Süreksizlik yönelimi

Litik tüflerdeki süreksizliklere ait yapısal özelliklerin incelenmesi eksen yeri ile göl alanının sağ ve sol yamaçlarında gerçekleştirilmiştir. Yamaçların kinematik analizi için gerekli olan süreksizliklere ait doğrultu ve eğim ölçümleri jeolog pusulası ile yapılmıştır. Bu amaçla sağ yamaçta 230, sol yamaçta 284 olmak üzere toplam 514 adet süreksizlik ölçümü alınmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilerek hakim süreksizlik takımlarının yönelimleri belirlenmiştir. Analizlerde kullanılan yamaç eğim yönü ve

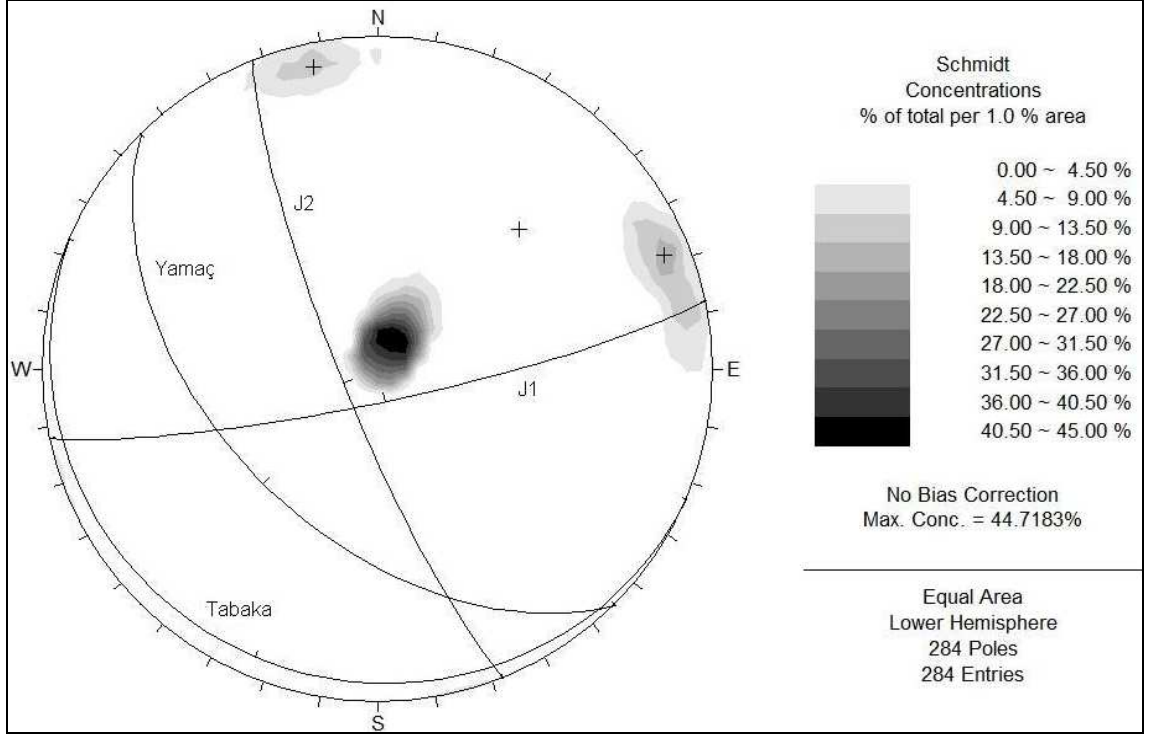
miktarları Karacakaya deresinin bulunduğu vadide yamaçların en dik olduğu kesimde ölçülmüştür. Steografik izdüşüm tekniğini esas alan Dips 5.1 (Anonymous 2002a) programı yardımıyla yapılan kinematik analizlerde yamaçlarda düzlemsel kayma, kama tipi kayma, devrilme ve kaya düşmesi gibi duraysızlığın oluşmayacağı tesbit edilmiştir (Çizelge 3.2, Şekil 3.2-3.5).

Çizelge 3.2 Kinematik analiz sonuçlarına göre litik tüfdeki yamaç duraylılığı

	Yamaçların eğim yönü ve miktarı	Süreksizlik seti	Hakim süreksizlik yönelimi	Olası duraysızlık türü
Sağ yamaç	50/45	Tabaka	06/219	Yok
		J1	80/349	
		J2	79/253	
Sol yamaç	50/225	Tabaka	07/206	Yok
		J1	82/168	
		J2	81/248	



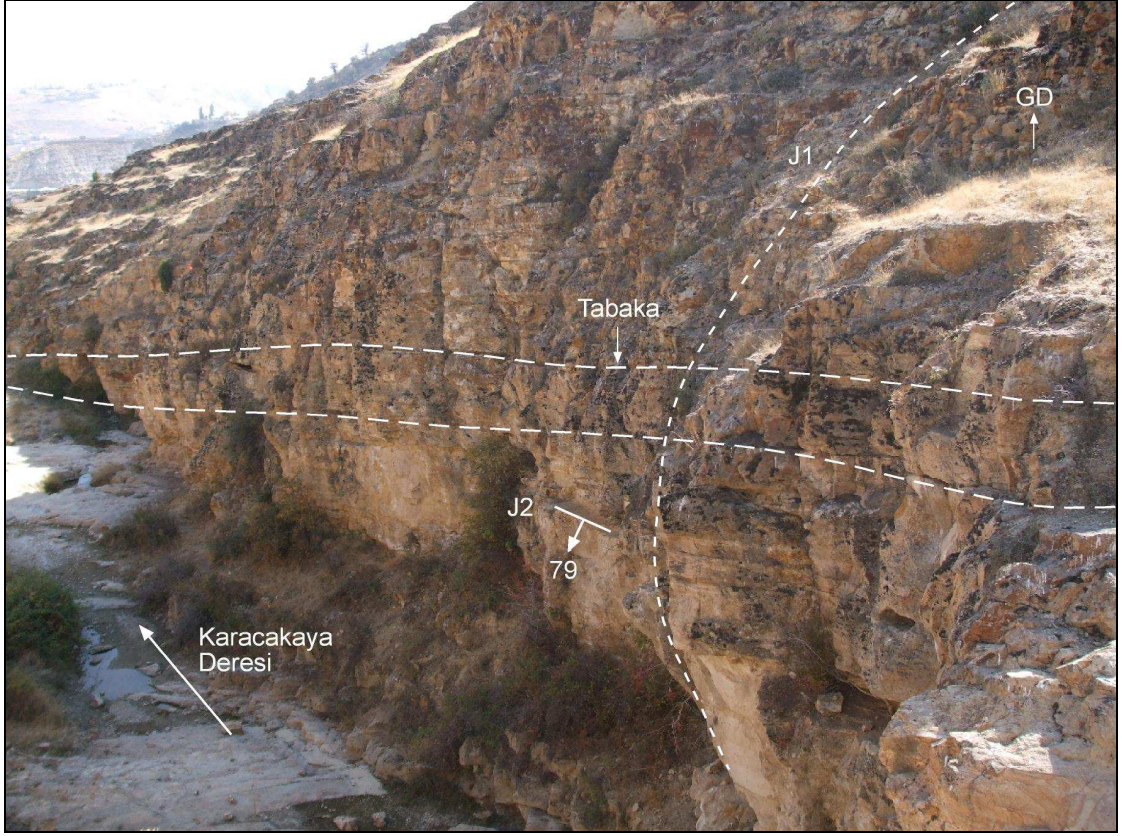
Şekil 3.2 Sağ yamaçtaki litik tüflerdeki süreksizliklerin eşit alan iz düşümü



Şekil 3.3 Sol yamaçtaki litik tüflerdeki süreksizliklerin eşit alan iz düşümü



Şekil 3.4 Sol yamaçtaki litik tüflerdeki tabaka ve eklemlerin genel görünümü



Şekil 3.5 Sağ yamaçtaki litik tüflerde eklem ve tabakaların genel görünümü

3.2.2 Süreksizlik aralığı

Litik tüflerdeki iki süreksizlik arasındaki dik mesafe olan süreksizlik ara uzaklığının tanımlanması amacıyla Anonymous (2007) tanımlama ölçütleri kullanılmıştır. Litik tufün süreksizlikler arasındaki mesafesi, tanımı ve % dağılımı çizelge 3.3 de verilmiştir. Bu sınıflamaya göre litik tuf % 86 orta aralıklı, % 14 geniş aralıklıdır.

Çizelge 3.3 Litik tüfte süreksizlik aralığı dağılımı

Aralık miktarı (mm)	Tanım	% Dağılım
600 - 2000	Geniş aralıklı	14
200 - 600	Orta aralıklı	86

3.2.3 Süreksizlik açıklığı

Süreksizlik açıklığı, bir süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyi arasındaki dik uzaklıktır (Anonymous 2007). Süreksizlik açıklığı boş olabileceği gibi herhangi bir dolgu malzemesi tarafından doldurulmuş da olabilir. Litik tüflerde ölçülen süreksizlik açıklığı dağılımı çizelge 3.4'te verilmiştir. Anonymous (2007)'e göre litik tüfün % 62'si "orta derecede geniş" % 29.5'i "açık" ve % 8'i "geniş" dir.

Çizelge 3.4 Litik tüfte süreksizlik açıklığı dağılımı

Süreksizlik Açıklığı	Tanım	% Dağılım
>10 mm	Geniş	8
2.5 - 10 mm	Orta derecede geniş	62.5
0.5 - 2.5 mm	Açık	29.5

3.2.4 Süreksizlik devamlılığı

Süreksizliklerin devamlılığı, süreksizliklerin bir düzlemdeki alansal yayılımının göstergesi veya boyutları olup, duraylılığı etkileyen önemli bir değişkendir. Devamlılığın artması, kazı duraylılığı üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Litik tüfte ölçülen süreksizlik devamlılığı dağılımı çizelge 3.5'de verilmiştir. Anonymous (2007)'e göre litik tüfün % 71.20'si "çok yüksek devamlı" % 23.56'sı "yüksek devamlı" ve % 5.24'ü "orta devamlı" dır.

Çizelge 3.5 Litik tüfte süreksizlik devamlılığı dağılımı

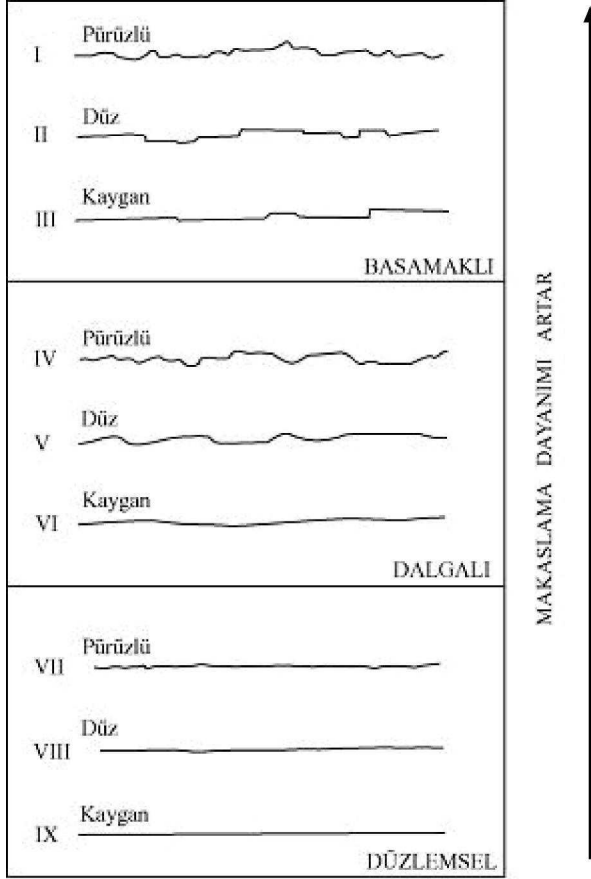
Süreksizlik izinin ölçülen uzunluğu	Tanımlama	% Dağılımı
3 - 10 m	Orta devamlılık	5.24
10 - 20 m	Yüksek devamlılık	23.56
> 20 m	Çok yüksek devamlılık	71.20

3.2.5 Dolgu maddesi

Dolgu malzemesi, süreksizliğin karşılıklı iki yüzeyinin arasını dolduran ve genellikle ana kayaç malzemesinden daha zayıf olan malzemedir. Kum, silt, kil, breş ve milonit tipik dolgu malzemeleridir. Dolgu içeren süreksizlikler dolgusuz veya pürüzlü yüzeylere oranla daha düşük makaslama dayanımına sahiptirler ve bu nedenle kaya kütlelerinin dayanımı üzerinde daha etkin bir rol oynarlar (Anonymous 1981). Litik tüflerde bulunan süreksizliklerin yüzeyleri bozunmuş olup süreksizlikler arasında da kayaca ait malzeme yer almaktadır. Ayrıca dolgu maddesi gözlenmemiştir.

3.2.6 Pürüzlülük

Pürüzlülük ve dalgalılık sırasıyla, bir süreksizlik yüzeyinin küçük ve büyük ölçekte düzlemsellikten sapmasının bir ölçüsüdür. Her iki özellik de süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımı üzerinde etkilidir. Süreksizlik açıklığının, yada dolgu malzemesinin kalınlığının artmasıyla, pürüzlülüğün süreksizlik makaslama dayanımı üzerindeki etkisi de azalmaktadır (Şekil 3.6). Pürüzlülüğün belirlenmesindeki başlıca amaç, kaya kütlesi sınıflaması için gerekli bir girdi elde etmek, süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımını değerlendirmek ve potansiyel kayma yönünü belirlemektir. Tez çalışması kapsamında litik tüflerde süreksizlik yüzeyi pürüzlülüğü Anonymous (2007)'de önerilen pürüzlülük şekillerine göre “düzlemsel-pürüzlü (VII)” dür.



Şekil 3.6 Pürüzlülüğün kalitatif olarak belirlenmesinde kullanılan pürüzlülük şekilleri (Anonymous 2007)

3.2.7 Süreksizlik yüzeyinin bozunma derecesi

Kaya kütleleri yüzeye yakın kesimlerde genellikle bozunmuş veya biraz derinlerde hidrotermal süreçlere bağlı olarak ayrılmış olabilirler. Bu nedenle süreksizlik yüzeylerinin dayanımı bu yüzeylerin ve çevresindeki kayaç malzemesinin bozunma derecesiyle yakından ilişkilidir. Süreksizlik yüzeylerindeki bozunma derecesi Anonymous (2007) tarafından önerilen ve arazi çalışması sırasında kolaylıkla belirlenebilen görsel bir sınıflamadır (Çizelge 3.6). Önerilen tanımlama ölçütlerine göre litik tüflerin bozunma derecesi II. grupta olup “az bozunmuş” olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 3.6 Süreksizliklerin bozunma derecesinin tanımlanması (Anonymous 2007)

Tanım	Tanımlama Ölçütü	Bozunma Derecesi
Taze	Kayaçlarda bozunma gözlenmiyor, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi olabilir.	I
Az Bozunmuş	Kaya malzemesi ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeni ile tüm kayacın rengi değişmiş ve kaya taze halinden daha zayıf olabilir	II
Orta Derecede Bozunmuş	Kayanın yarısından daha az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış veya parçalanmıştır. Kaya; taze yada renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	III
İleri Derecede Bozunmuş	Kayanın yarısından daha fazla bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrılmış veya parçalanmıştır. Kaya; taze yada renk değişimine uğramış olup ya bir süreksiz kütle yada çekirdek taşı halindedir.	IV
Tamamen Bozunmuş	Kayanın tümü toprak zemine dönüşerek ayrılmış veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlelerinin yapısı halen korunmaktadır.	V
Artık Zemin	Kayanın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlelerinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmamakla birlikte zemin taşınmamıştır.	VI

3.2.8 Süreksizlik yüzeyindeki su durumu

Kaya kütlelerinde suyun sızması, birbiriyle bağlantılı süreksizlikler boyunca meydana gelir. Süreksizlikler boyunca devamlı su akışı kaya kütlelerinin ve süreksizliklerin mekanik ve hidrojeolojik özellikleri değiştirebilir. Süreksizlik yüzeyleri arasındaki su basıncı normal gerilimi ve makaslama dayanımını azaltır. Anonymous (2007) tarafından çizelge 3.7’ de verilen tanımlamalar çerçevesinde çalışma alanında yapılan incelemeler sonucunda litik tüf kaya kütlelerinde süreksizlik düzlemlerinde herhangi bir su sızması veya damlamasına rastlanmamıştır. Anonymous (2007) tanımlama ölçütlerine göre litik tüflerdeki süreksizlik yüzeyleri “kuru ve sızıntı yok” olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 3.7 Kaya kütleleri için su sızıntılarını sınıflama ve tanımlama ölçütleri
(Anonymous 2007)

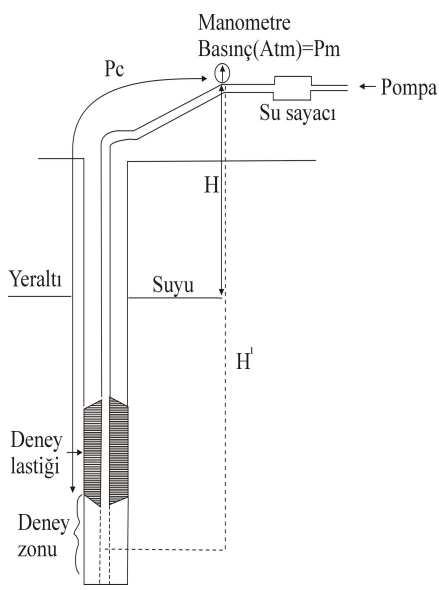
Sızıntı sınıflaması	Tanımlama
1	Süreksizlik yüzeyleri kuru ve sızıntı yok
2	Çok az sızıntı gözleniyor
3	Orta derecede akış (bu durumda sürekli akışın gözleendiği süreksizlikler gözlenmelidir)
4	Önemli miktarda akış (gözlenen süreksizlikler belirlenmelidir)
5	Ender olarak yüksek miktarda su akışı gözlenmektedir.

3.2.9 Süreksizlik yüzey dayanımı

Beypazarı gölet yerinde bulunan litik tuf kayaçlarında süreksizlik düzlemlerinin dayanımını belirlemek amacıyla sağ ve sol yamaçlardaki farklı noktalarda “Schmidt çekici” geri tepme sayısı belirlenmiştir. Bir süreksizlik düzlemi üzerinde 10 ayrı noktada Schmidt çekici geri tepme sayısı belirlenmiş, 10 ölçümden en yüksek 5 tanesinin ortalaması alınarak kayaçtaki süreksizliğin sonuç Schmidt çekici geri tepme sayısı olarak kabul edilmiştir. Süreksizlik yüzeylerine dik bir açıyla uygulanan Schmidt çekici geri tepme sayısı litik tuf için ortalama 24’ dür.

3.3 İnceleme Alanındaki Kayaçların Geçirimsizliği

Geçirimsizlik, litolojik birimlerin yapısal özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Gözenekliliği fazla olan kayaçlarda geçirimsizlik gözenekliliği az olan kayaçlara oranla daha yüksektir. Ayrıca kaya kütlelerinin çok fazla sayıda süreksizlik içermesiyle bu süreksizliklerin birbirleriyle bağlantılı ve devamlılıklarının yüksek olması geçirimsizliğin artmasında etkilidir. Kayaçlarda geçirimsizliğin belirlenmesi için en uygun yöntem sondaj kuyularında yapılan “Lugeon basınçlı su deneyi” dir. Bu deneyde farklı basınçlar altında 1 m’lik deney zonunda kayaya sızan suyun debileri ölçülür (Şekil 3.7). Bir Lugeon birimi, 10 atmosfer gerçek basınç altında, 1 dakikada, 1 metre uzunluktaki zonda 1 litre olarak sızan su miktarıdır. Lugeon deneyleri 1, 2, 3, 5, 10 metrelik zonlarda yapılabilir. Onar dakika süreyle artan ve azalan basınçlar (3-6-10-6-3 veya 2-4-6-8-10-8-6-4-2 gibi) uygulanır. Deneye başlamadan önce pompa kapasitesi, yeraltı su seviyesi ölçülür. Her basınç kademesinde 10 dakikadaki kaçak miktarları kaydedilir (Lugeon 1933).



$$1 \text{ Lugeon} = 10^{-5} \text{ cm/s}$$

$$P_{eff} = P_m + \frac{H}{10} - P_c$$

- P_m =Manometrede okunan basınç (atm)
 H =Yeraltısuyundan manometreye kadar olan mesafe (metre)
 H' =Yeraltısuyu olmadığı takdirde deney zonunun ortasından manometreye kadar olan mesafe (metre)
 P_c =Manometre ile deney zonu arasındaki lastikte, tijlerde, bağlantı yerlerinde, vanalarda, manometreden sonraki borularda meydana gelen yük kaybı.
 P_{eff} =Deney zonundaki hakiki basınç.

Şekil 3.7 Lugeon deney düzeneği ve hesaplanması

Hesaplanan Lugeon değerlerine göre kayanın geçirimsizliği çizelge 3.8'de verilen tanımlamalara göre sınıflandırılır.

Çizelge 3.8 Lugeon değerlerine göre kayaların geçirimsizliği (Lugeon 1933)

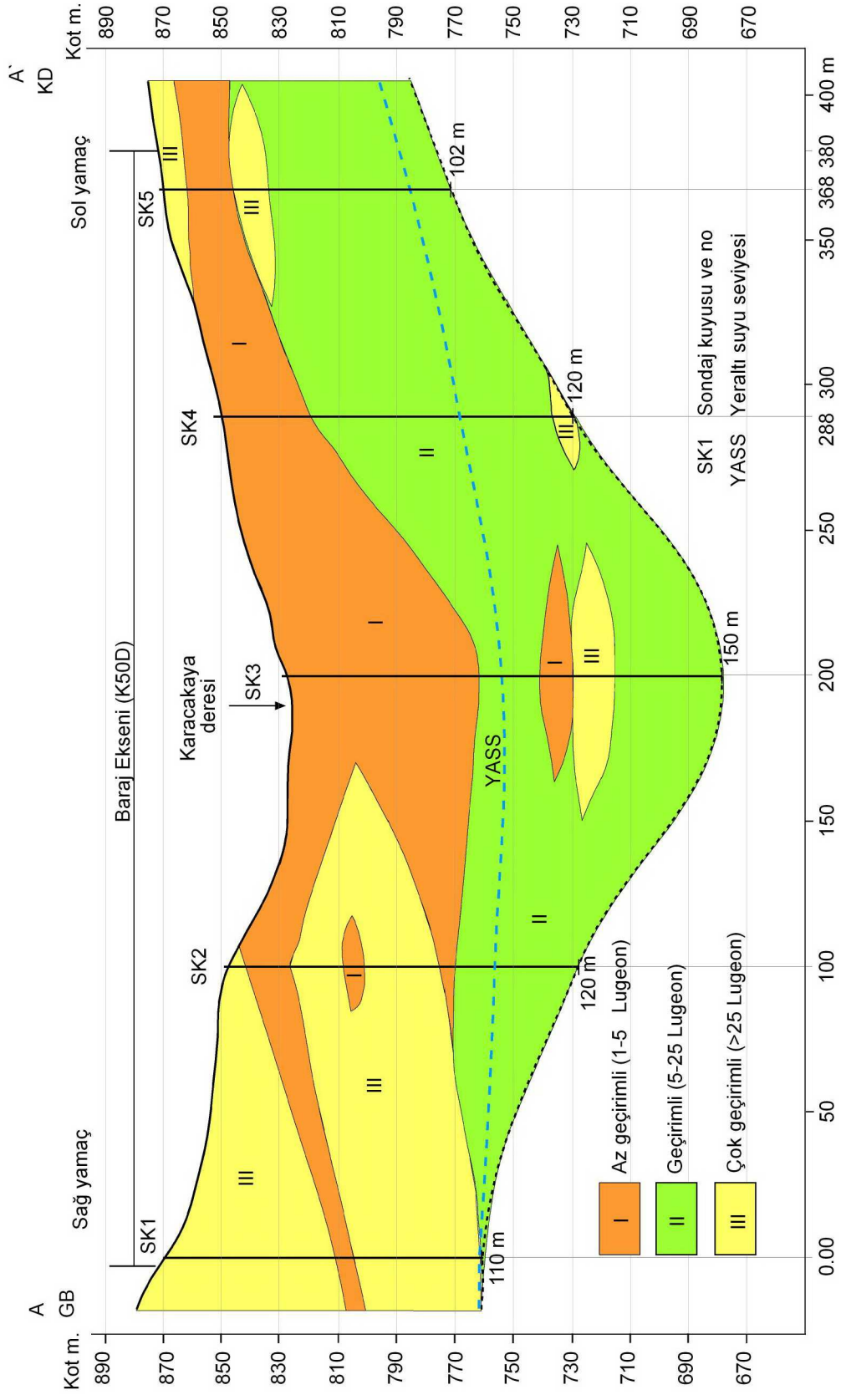
Lugeon değeri	Tanımlama
<1 Lugeon	Geçirimsiz
1-5 Lugeon	Az geçirimli
5-25 Lugeon	Geçirimli
25 Lugeon	Çok geçirimli

Litik tuf ve kiltaşında sondajlarının açılması esnasında geçirimsizlik koşullarını ortaya koymak amacıyla DSİ Genel Müdürlüğü tarafından Lugeon geçirimsizlik deneyleri yapılmıştır ve sonuçları çizelge 3.9'da, bu sonuçlara göre oluşturulmuş geçirimsizlik kesiti şekil 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.9 Gölet eksen yerindeki litik tuf ve kıltaşının sondaj noktalarına göre geçirirnililiği

Sondaj No	Litoloji	Derinlik (m)	Lugeon Tanımlama
1	Kıltaşı	0-53	çok geçirimli
		53-58	
	Litik tuf	58-68	az geçirimli
		68-110	çok geçirimli
2	Litik tuf	0-8	çok geçirimli
		8-26	az geçirimli
		26-40	çok geçirimli
		40-48	az geçirimli
		48-78	çok geçirimli
		78-80	az geçirimli
	Kıltaşı	80-102	geçirimli
		102-106	az geçirimli
106-120		geçirimli	
3	Litik tuf	0-48	az geçirimli
		48-68	az geçirimli
	Kıltaşı	68-88	geçirimli
		88-100	az geçirimli
		100-116	çok geçirimli
		116-150	geçirimli
4	Litik tuf	0-36	az geçirimli
		36-78	geçirimli
	Kıltaşı	78-112	
		112-120	çok geçirimli
5	Kıltaşı	0-10	çok geçirimli
		10-22	az geçirimli
	Litik tuf	22-30	geçirimli
		30-44	çok geçirimli
		44-90	geçirimli
	Kıltaşı	90-102	geçirimli

Lugeon (1933)'e göre litik tuf ve kıltaşının geçirirnililiği az geçirimli ile çok geçirimli aralığında değişmektedir. Litik tuf ve kıltaşının tabakalanmanın yanında iki yönlü çatlak sistemi ve gelişigüzel çatlaklara sahip olması ve yüksek gözenekliliğe sahip olması birimlerin geçirirnililiğinin yüksek olmasına neden olmaktadır.

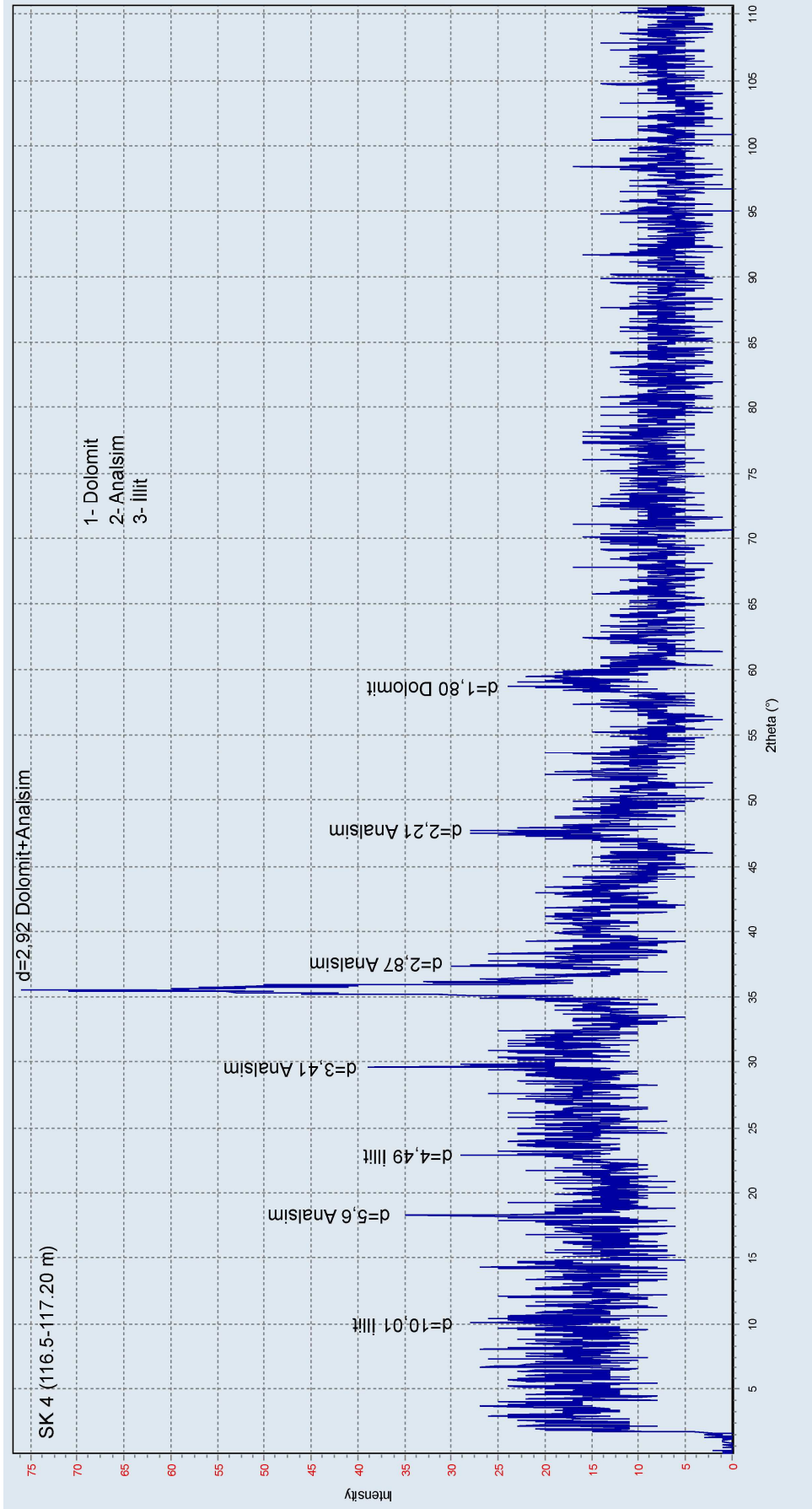


Şekil 3.8 Gölet eksen yerinin Lugeon değerlerine göre geçirimsizliği

4. LİTİK TÜF VE KİLTAŞININ ÖZELLİKLERİ

4.1 Mineralojik ve Petrografik Özellikler

İnceleme alanındaki kayaçların mineralojisinin belirlenmesi amacıyla sondajların farklı derinliklerinden alınan yedi adet karot örneğinin ince kesiti mikroskopta incelenmiş kayaçların litik tuf ve kıltaşı olduğu belirlenmiştir. Litik tuf hipokristalin dokulu olup bileşiminde bol plajiyoklaz mikrolitleri, kuvars fenokristalleri, biyotit, volkanik kayaç parçası ve volkan camı bulunur. Kıltaşları ise mikritik karakterli olup bol kırık ve çatlaklıdır. Çatlaklar sparit mineralleri ile doludur, ayrıca mangan boyamaları da gözlenmiştir. Eksen yerinde açılan SK 4 nolu sondajdan alınan kıltaşına ait karot örneği üzerinde Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümü XRD laboratuvarında XRD analizi yapılmıştır. Difraktogramın değerlendirilmesinde American Standart for Testing Material (Anonymous 1972) kartoteksi esas alınmıştır. XRD analiz sonucuna göre kıltaşında dolomit, analsim ve illit mineralleri tesbit edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 SK 4 nolu sondajdan alınan kilitaşı örneğinin XRD Analizi

4.2 Fiziksel Özellikler

Sondajların farklı derinliklerinden alınan 25 adet litik tuf ve 10 adet kıltaşının doğal su içeriği, yoğunluğu, kuru birim hacim ağırlığı, doymuş birim hacim ağırlığı, ağırlıkça ve hacimce su emme, gözenekliliği, boşluk oranı Ankara Üniversitesi Uygulamalı Jeoloji laboratuvarında Anonymous (2007) tarafından önerilen standartlara göre belirlenmiştir. Sonuçları çizelge 4.2-4.3’de verilmiştir.

4.2.1 Doğal su içeriği (ω_n , %)

Litik tufün doğal su içeriği % 1.19 ile en yüksek % 2.83 arasında değişmekte ve ortalama % 1.90 dır. Kıltaşının doğal su içeriği % 0.73 ile % 2.80 arasında değişmekte ve ortalama % 1.71 dir.

4.2.2 Yoğunluk (ρ , g/cm³)

Litik tufün yoğunluğu 1.48 gr/cm³ ile 1.79 gr/cm³ arasında değişmekte ve ortalama 1.64 gr/cm³; kıltaşının yoğunluğu 1.39 gr/cm³ ile 2.26 gr/cm³ arasında değişmekte ve ortalama 1.81 gr/cm³’dür.

4.2.3 Kuru birim hacim ağırlığı (γ_k , kN/m³)

Kuru yoğunluğu bilinen karot örneklerinin birim hacim ağırlığı $\gamma_{kuru} = 9.81 \times \rho_{kuru}$ eşitliği ile kuru birim hacim ağırlıkları hesaplanır. Litik tufün kuru birim hacim ağırlığı 14.17 kN/m³ ile 17.30 kN/m³ arasında değişmekte ve ortalama 15.81 kN/m³ dir. Kıltaşının kuru birim hacim ağırlığı 12.35 kN/m³ ile 22 kN/m³ arasında değişmekte ve ortalama 17.42 kN/m³ tür.

4.2.4 Doymun birim hacim ağırlığı (γ_d , kN/m³)

Litik tufün doymun birim hacim ağırlığı 16.64 kN/m³ ile 20.07 kN/m³ arasında değişmekte ve ortalama 18.26 kN/m³ tür. Kiltaşının doymun birim hacim ağırlığı 16.95 kN/m³ ile 23.14 kN/m³ arasında değişmekte ve ortalama 20.07 kN/m³’tür.

4.2.5 Ağırlıkça su emme oranı (A_a , %)

Litik tufün ağırlıkça su emme oranı % 12.15 ile % 20.09 arasında değişmekte olup ortalama % 15.51 olarak belirlenmiştir. Kiltaşının ağırlıkça su emme oranı % 4.84 ile % 37.28 arasında değişmekte ve ortalama % 16.62’dir.

4.2.6 Hacimce su emme oranı (A_h , %)

Litik tufün hacimce su emme oranı % 21.21 ile % 30.96 arasında değişmek ve ortalama % 22.82 dir. Kiltaşının hacimce su emme oranı % 10.66 ile % 46.92 arasında değişmekte ve ortalama % 26.98’dir.

4.2.7 Gözeneklilik (n , %)

Litik tufün görünür gözeneklilik oranı % 21.21 ile % 30.96 arasında değişmekte ve çizelge 4.1’de verilen Moos-Quervain (1948) sınıflamasına göre “çok fazla boşluklu” dur. Kiltaşının görünür gözeneklilik oranı ise % 10.66 ile % 46.92 arasında değişmekte ve Moos-Quervain (1948) sınıflamasına göre “çok boşluklu” ve “çok fazla boşluklu” dur.

Çizelge 4.1 Kayaçların gözenekliliğe göre sınıflandırılması (Moos ve Quervain 1948)

Gözeneklilik (n , %)	Kaya Sınıfı
< 1	Çok kompakt
1 - 2.5	Az boşluklu
2.5 - 5	Orta boşluklu
5 - 10	Oldukça boşluklu
10 - 20	Çok boşluklu
> 20	Çok fazla boşluklu

4.2.8 Boşluk oranı (e, %)

Litik tufün boşluk oranı % 27 ile % 45 arasında değişmekte ve ortalama % 33'dür. Kıltaşının boşluk oranı % 12 ile % 88 arasında değişmekte ve ortalama % 40'dır.

Çizelge 4.2 Litik tufün fiziksel özellikleri

Fiziksel özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama
Doğal su içeriği, ω_n , %	1.19	2.83	1.90
Yoğunluk, ρ , gr/cm ³	1.48	1.79	1.64
Kuru birim hacim ağırlık, γ_k , kN/m ³	14.17	17.30	15.81
Doygun birim hacim ağırlık, γ_d , kN/m ³	16.64	20.07	18.26
Ağırlıkça su emme, A_a , %	12.15	20.09	15.51
Hacimce su emme, A_h , %	21.21	30.96	24.90
Görünür gözeneklilik, n , %	21.21	30.96	24.90
Boşluk oranı, e , %	27.00	45.00	33.00

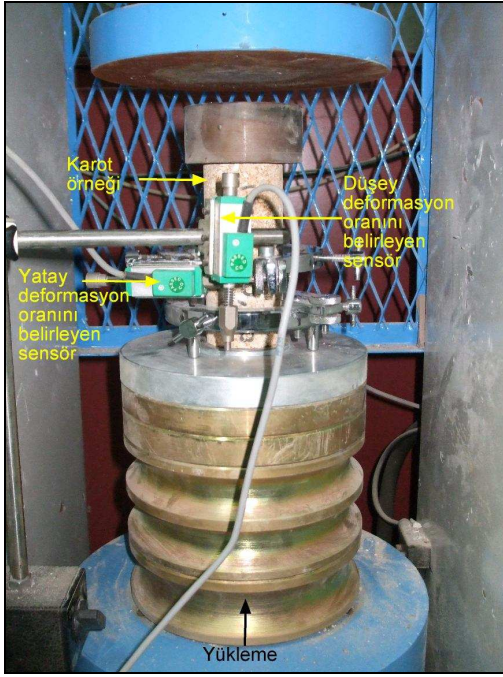
Çizelge 4.3 Kıltaşının fiziksel özellikleri

Fiziksel özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama
Doğal su içeriği, ω_n , %	0.73	2.80	1.71
Yoğunluk, ρ , gr/cm ³	1.39	2.26	1.81
Kuru birim hacim ağırlık, γ_k , kN/m ³	12.35	22.00	17.42
Doygun birim hacim ağırlık, γ_d , kN/m ³	16.95	23.14	20.07
Ağırlıkça su emme, A_a , %	4.84	37.28	16.62
Hacimce su emme, H_a , %	10.66	46.92	26.98
Görünür gözeneklilik, n , %	10.66	46.92	26.98
Boşluk oranı, e , %	12.00	88.00	40.00

4.3 Mekanik Özellikler

4.3.1 Tek eksenli basma dayanımı

Litik tuf ve kıltaşının tek eksenli basma dayanımları Ankara Üniversitesi Uygulamalı Jeoloji laboratuvarında ASTM standartlarına uygun olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2). Deneyde çapı 54.7 mm, uzunlukları ise 110 - 130 mm arasında değişen, 25 adet litik tuf ve 9 adet kıltaşı karot örneği kullanılmıştır. Karot örneklerinde tabakalanma ve laminasyon yüzeyleri görülemediğinden incelenen litik tuf ve kıltaşına ait karot örnekleri homojen ve izotrop kabul edilmiştir.



Şekil 4.2 Tek eksenli basma dayanımı deneyi düzeneği

Örneklerin tek eksenli basma dayanımları(σ_c) eşitlik 4.1 ile hesaplanır.

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (4.1)$$

Burada,

F: Yenilme anındaki yük

A: Silindirik örneğin kesit alanı

Deney sonuçları eşitlik 4.2 kullanılarak referans çapa (50 mm) göre düzeltilmiştir (Hoek ve Brown 1980). Litik tuf ve kıltaşının düzeltilmiş tek eksenli basma dayanımları (σ_c) çizelge 4.4' de verilmiştir.

$$\sigma_c = \frac{\sigma_{cd}}{\left(\frac{50}{D}\right)^{0.18}} \quad (4.2)$$

σ_c : 50 mm çapında bir karot için eşdeğer tek eksenli basma dayanımı (MPa)

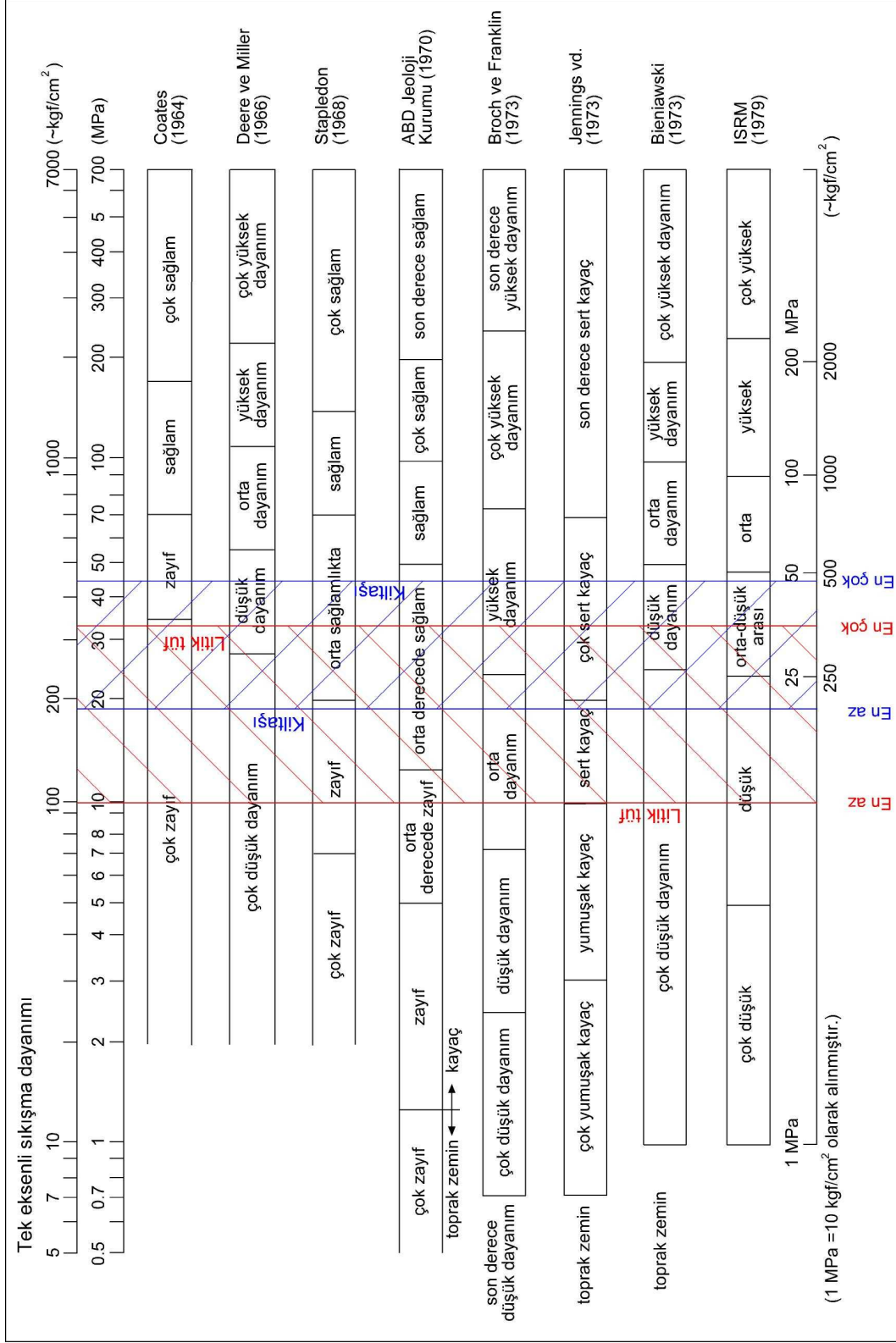
σ_{cd} : D çapında bir karot için eşdeğer tek eksenli basma dayanımı (MPa)

D : Örnek çapı (mm)

Çizelge 4.4 Litik tuf ve kıltaşının tek eksenli basma dayanımı

Kayaç Türü	En az σ_c (MPa)	En çok σ_c (MPa)	Ortalama σ_c (MPa)	Standart Hata	Standart Sapma
Litik tuf	10.08	33.93	20.42	1.20	6.03
Kıltaşı	18.79	43.09	31.08	2.67	8.01

Tek eksenli basma dayanımı bilinen kayalar için farklı araştırmacılar tarafından sınıflamalar yapılmıştır. Litik tuf ve kıltaşının tek eksenli basma dayanımı esas alınarak önerilen sınıflama sistemlerindeki yeri şekil 4.3'de sunulmuştur.



Şekil 4.3 Litik tuf ve kiltasının farklı araştırmacılara göre tek eksenli basma dayanımı sınıflaması (Lama ve Vutukiri 1978'den)

4.3.2 Elastisite modülü (E_s)

Kaya kütlelerine gerilmeler uygulandığında şekil değişiklikleri meydana gelir. Bu değişiklikler genellikle boy uzaması, enine genişleme, hacimsel küçülme şeklinde ortaya çıkar. Basma ve çekme gerilmeleri, kayanın boyunda uzama veya kısalma meydana getirirler. Boydaki değişimin gerilme uygulanmadan önceki boya oranı deformasyon olarak tanımlanır. Deformasyon modülü laboratuvarında tek eksenli basınç deneyi yapılırken belirlenir. Deney sırasında uygulanan yük manometreden okunurken, eksenel deformasyon değeri örnek üzerine bağlanan sensörler yardımıyla bilgisayara aktarılır. Litik tüf ve kıltaşının elastisite modülü eşitlik 4.3 ile hesaplanmıştır. Litik tüf ve kıltaşına ait eksenel deformasyon oranı-tek eksenli basınç dayanımı, yanal deformasyon oranı-tek eksenli basma dayanımı grafikleri Ek 1 ve Ek 2’de verilmiştir.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (4.3)$$

Δl : Boydaki değişim

l : Boy

Elastisite modülü, Hooke kanununa göre elastik cisimlerde gerilmenin lineer bir fonksiyonudur.

$$E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4.4)$$

E_s : Statik elastisite modülü

σ : Uygulanan gerilme (MPa)

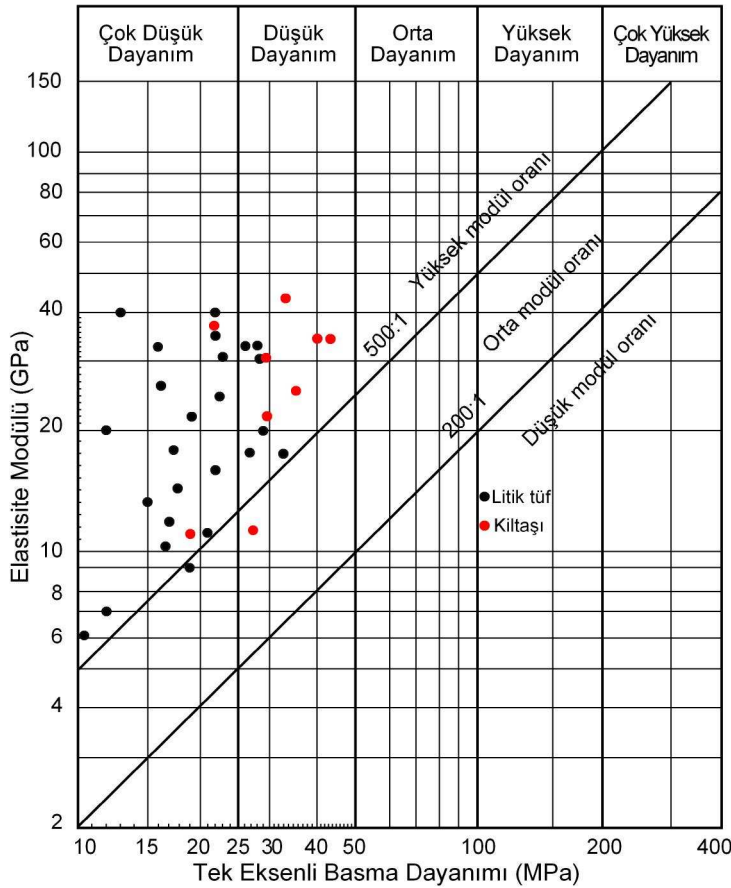
ε : Deformasyon

Litik tuf ve kıltaşının elastisite modülünün istatistiksel değerlendirilmesi çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Litik tuf ve kıltaşının elastisite modülü(E_s)

Kayaç Türü	En az (GPa)	En çok (GPa)	Ortalama (GPa)	Standart Hata	Standart Sapma
Litik tuf	6.70	40.00	21.97	2.06	10.31
Kıltaşı	11.42	44.40	28.23	3.77	11.32

Deere ve Miller (1966) tarafından geliştirilen tek eksenli basma dayanımı-elastisite modülü ilişkisine göre litik tuf “yüksek modül oranlı-çok düşük dayanımlı”, kıltaşı ise “yüksek modül oranlı-düşük dayanımlı” olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Litik tuf ve kıltaşının tek eksenli basma dayanımı - elastisite modülü ilişkisi (Deere ve Miller 1966)

4.3.3 Poisson oranı(v)

Kayaçlarda poisson oranı yanal birim deformasyonun aksel birim deformasyona oranı ile hesaplanır.

$$v = \frac{\Delta d / d}{\Delta l / l} \quad (4.5)$$

v : Poisson oranı

$\Delta d / d$: Yanal birim deformasyon

$\Delta l / l$: Aksel birim deformasyon

Litik tuf ve kıltaşının poisson oranının istatistiksel değerlendirmesi çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Litik tuf ve kıltaşının poisson oranı(v)

Kayaç Türü	En az	En çok	Ortalama	Standart hata	Standart sapma
Litik tuf	0.13	0.67	0.39	0.027	0.135
Kıltaşı	0.19	0.51	0.35	0.038	0.116

4.3.4 Nokta yükü dayanım indeksi

Nokta yükü dayanım indeksi deneyi günümüzde mühendislik jeolojisi ile ilgili çalışmalarda tek aksel basma dayanımının tahmini amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk defa Broch ve Franklin (1972) tarafından önerilen bu deney, Anonymous (1972) tarafından da kabul görmüştür. Nokta yükü dayanım indeksi, iki konik uç arasına sıkıştırılan kayaç örneğinin yenilme yükü ve boyutları kullanılarak hesaplanır. Elde edilen nokta yükü dayanım indeksi, kayaçların tek aksel sıkışma, ve çekme dayanımlarının dolaylı olarak belirlenmesinde (Bieniawski 1975), kayaçların malzeme özelliği açısından dayanımlarına göre sınıflandırılmasında (Bieniawski 1975), kayaç anizotropisinin saptanmasında (Greminger 1982, Broch 1983), RMR kaya. kütlesi sınıflamasında (Bieniawski 1989), tünel açma makinası hızının tahmininde

(McFcal ve Tarkoy 1979), kayaçların kazılabilirlik açısından sınıflamasıyla (Pettifer ve Fookes, 1994) ile ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır. Nokta yükü dayanım indeksi belirleme aletinin hafif ve taşınabilir olması, deneylerin hem laboratuvarında, hem de arazi koşullarında yapılabilmesini sağlamaktadır. Karot örneği üzerinde çapsal ve aksenal olarak, laboratuvarında hazırlanmış düzgün blok ve düzensiz örnekler üzerinde, örnek boyutları dikkate alınarak, deney yapılabilmektedir. Deney Anonymous (1985) standartları esas alınarak yapılır. Nokta yükleme deneyinde karot örnekleri (çapsal ve aksenal deneyler için), kesilmiş blok örnekler veya düzensiz boyutlu örnekler kullanılabilir. Boyutları ölçülen ve konik uçlar arasına yerleştirilen kayaç örneği belirli, bir süre içerisinde kırılır ve yenilme yükü, yük göstergesinden okunur.

Nokta yükü deneyinden, elde edilen yük (P), örnek boyutları çap (D) ve genişlik (W) kullanılarak, öncelikle düzeltilmemiş nokta yükü dayanımı (I_s) aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (4.6)$$

P : Yenilme yükü

D_e : Eşdeğer karot çapı (mm)

D_e , eşdeğer karot çapı çapsal deneyde $D_e^2 = D^2$ dir. Aksenal deney, blok ve düzensiz örneklerde ise, $D_e^2 = \frac{4A}{\pi}$ dir (A=W.D; konik başlıkların temas noktalarından geçen örneğin en küçük kesit alanı olarak hesaplanır).

Nokta yükü dayanım indeksini ($I_{s(50)}$) hesaplayabilmek için I_s , 50 mm olarak belirlenmiş eşdeğer bir karot çapına (D=50 mm) göre düzeltilmektedir. Bunun için Anonymous (1985) tarafından önerilmiş aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$I_{s(50)} = F \times I_s \quad (4.7)$$

Burada F, düzeltme faktörü olup eşitlik 4.8 yardımıyla hesaplanır.

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.50} \quad (4.8)$$

Tez çalışması kapsamında sondajlardan alınan çapları 54.7 mm olan 18 adet litik tuf ve 7 adet kıltaşı karot örneğinin nokta yükü dayanım indeksi $I_{S(50)}$ Anonymous (1985) tarafından önerilen standartlara uygun şekilde Ankara Üniversitesi Uygulamalı Jeoloji laboratuvarında belirlenmiştir. Karot örneklerinde herhangi bir tabakalanma ve laminasyon gözlenmediğinden örnekler izotrop olarak kabul edilerek deney yapılmıştır.

Nokta yük dayanım indeksi $I_{S(50)}$ litik tuf için ortalama 1.96 MPa ve kıltaşı için ortalama 2.40 MPa'dır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Litik tuf ve kıltaşının nokta yükü dayanım indeksi $I_{S(50)}$

Kayaç Türü	En az (MPa)	En çok (MPa)	Ortalama (MPa)	Standart hata	Standart Sapma
Litik Tuf $I_{S(50)}$	1.07	3.03	1.96	0.067	0.489
Kıltaşı $I_{S(50)}$	1.04	4.10	2.40	0.206	0.945

4.4 Dinamik Özellikler

4.4.1 Litik tuf ve kıltaşının P-dalgası yayılma hızı(V_p) ve S-dalgası yayılma hızı(V_s)

Sonik hız kayaç örnekleri içerisinde geçirilen sıkışma (V_p) ve makaslama (V_s) dalgalarının yayılma hızlarından yararlanılarak, sağlam kayacın dinamik elastisite modülü ile dinamik Poisson oranının tayini amacıyla kullanılır. Yöntem, homojen ve izotrop veya çok az derecede anizotropiye sahip kayaçlarda uygulanabilir. Bu deneyde elde edilen sabitler, statik laboratuvar yöntemleriyle veya arazide uygulanan tekniklerden elde edilen değerlerle çoğu kez uyumsuz ve genellikle daha yüksektirler.

Litik tuf ve kıltaşının V_p ve V_s değerleri Elektrik İşleri Etüt İdaresi Jeofizik laboratuvarında Anonymous (2007) standartlarına uygun olarak belirlenmiştir.

Deney düzeneği sinyal üretme ünitesi, gönderici ve alıcı çevirgeçler ile sinyal üreticiden oluşur (Şekil 4.5). Japon OYO firması üretimi olan cihaz 80 nanosaniye kadarki hızlarda fonksiyonel olan bir A/D konverteri ile ultrasonik sinyaller sayısal olarak bellekte biriktirilebilmekte olup frekans aralığı 1 - 400 KHz dir. Deneyde çapı 31 mm ve daha büyük silindirik örnekler kullanılır. Gönderici ve alıcı çeviriciler silindirik örneğin alt ve üst yüzeylerine temas ettirilerek, önce V_p için ve sonra V_s için dalgaların geçiş süreleri okunur. Dalgaların geçiş süreleri okunduktan sonra aşağıdaki eşitliklerle dalgaların yayılma hızları hesaplanır.

$$V_p = \frac{L}{T_p} \quad (4.9)$$

$$V_s = \frac{L}{T_s} \quad (4.10)$$

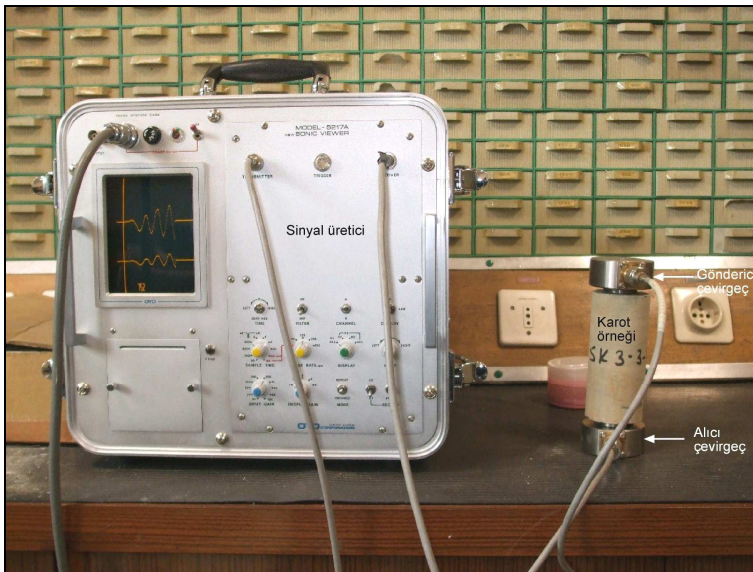
V_p : P-dalgası yayılma hızı (m/s)

V_s : S-dalgası yayılma hızı (m/s)

L : Silindirik deney örneğinin boyu (sinyalin katettiği mesafe, mm)

T_p : P-dalgasının etkin ilerleme zamanı (μ s)

T_s : S-dalgasının etkin ilerleme zamanı (μ s)



Şekil 4.5 P-dalgası (V_p) ve S-dalgası (V_s) hızı ölçüm düzeneği

Tez çalışması kapsamında, sondajlardan alınan çapları 54.7 mm olan 25 adet litik tuf ve 17 adet kıltaşı karot örneğinin V_p ve V_s değerleri belirlenmiştir. Karot örneklerinde herhangi bir tabaklanma ve laminasyon gözlenmediğinden örnekler izotrop olarak kabul edilerek ölçümler yapılmıştır. Litik tuf ve kıltaşının P-dalgası hızı (V_p) ve S-dalgası hızına (V_s) ait istatistiksel değerlendirmeler çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Litik tuf ve kıltaşının P-dalgasının (V_p) ve S-dalgasının (V_s) yayılma hızlarının istatistiksel dağılımı

Kayaç türü		En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart hata	Standart sapma
Litik tuf, m/s	V_p	2137.68	3157.89	2760.43	50.76	253.79
	V_s	1017.24	1603.26	1383.06	30.21	151.07
Kıltaşı, m/s	V_p	1508.62	3968.25	2657.93	164.06	676.45
	V_s	772.06	1845.93	1409.33	75.81	312.58

4.4.2 Litik tuf ve kıltaşının dinamik elastisite modülü(E_d), dinamik poisson oranı(ν_{dyn}) ve dinamik rijidite modülü(G_u)

V_p ve V_s kullanılarak Anonymous (2007) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlikler yardımıyla litik tuf ve kıltaşının dinamik elastisite modülü, dinamik poisson oranı ve dinamik rijidite modülü hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara ait istatistiksel değerlendirmeler çizelge 4.9-4.10’da verilmiştir.

Dinamik elastisite modülü:

$$E_d = \rho V_s^2 \frac{(3V_p^2 - 4V_s^2)}{V_p^2 - V_s^2} \quad (4.11)$$

Dinamik poisson oranı:

$$\nu_{dyn} = \frac{(V_p^2 - 2V_s^2)}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (4.12)$$

Dinamik rijidite modülü:

$$G_u = \rho V_s^2 \quad (4.13)$$

E_d : Dinamik elastisite modülü (GPa)

ρ : Kayacın yoğunluğu (kg/m^3)

V_p : P-dalgası hızı (m/s)

V_s : S-dalga hızı(m/s)

ν_{dyn} : Dinamik poisson oranı

G_u : Dinamik rijidite modülü (GPa)

Çizelge 4.9 Litik tufün elastik sabitlerinin istatistiksel dağılımı

	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma
Elastisite Modülü E_d , (GPa)	5.03	13.11	9.56	0.40	1.99
Poisson oranı, ν_{dyn}	0.264	0.383	0.330	0.006	0.032
Rijidite Modülü, G_u , (GPa)	1.857	4.951	3.606	0.156	0.779

Çizelge 4.10 Kıltaşının elastik sabitlerinin istatistiksel dağılımı

	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma
Elastisite Modülü E_d , (GPa)	2.93	20.66	10.61	1.21	4.98
Poisson oranı ν_{dyn}	0.224	0.373	0.296	0.01	0.04
Rijidite Modülü G_u , (GPa)	1.109	7.522	4.08	0.45	1.84

5. JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMELER

5.1 Litik Tüf ve Kıltaşının Kaya Kalite Katsayısı

Sondajlardan alınan karotlarda hesaplanan toplam karot yüzdesi (TCR) ve kaya kalitesi (RQD) hesaplanarak litik tüf ve kıltaşının kaya kalite tanımlamaları yapılmıştır. Bu amaçla sondaj kuyularındaki her kayaç birimine ait karot yüzdesi (TCR) ve kaya kalite değerlerinin ortalaması ayrı ayrı bulunmuş, daha sonra sondajlardaki farklı birimler birarada düşünülerek tüm sondaj kuyuları için ortalama tek bir TCR ve RQD hesaplanmıştır ve sonuçlar çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Sondajlarda geçilen kayaçlardaki ortalama TCR ve RQD sonuçları

Sondaj No	Lokasyon	Derinlik (m)	Litik tüf		Kıltaşı	
			TCR(%)	RQD(%)	TCR(%)	RQD(%)
SK 1	Sağ yamaç	110	66.97	23.50	-	-
SK 2	Sağ yamaç	120	61.68	38.21	68.47	31.70
SK 3	Talveg	150	68.38	33.20	79.16	43.83
SK 4	Sol yamaç	120	85.46	74.41	92.20	60.62
SK 5	Sol yamaç	102	78.26	43.04	58.83	19.83
SK 6	Göl alanı	150	53.66	18.20	82.21	-
SK 7	Göl alanı	100	78.57	45.21	-	-
Genel Ortalama			70.42	39.40	76.17	38.99

Çizelge 5.2’ de verilen (Deere 1964) sınıflamasına göre inceleme alanındaki litik tüf “zayıf kaya” ve kıltaşı “çok zayıf kaya” grubundadır.

Çizelge 5.2 RQD Sınıflaması (Deere 1964)

RQD	Kaya Kalite Göstergesi
0-25	A. Çok zayıf
25-50	B. Zayıf
50-75	C. Orta
75-90	D. İyi
90-100	E. Çok iyi (mükemmel)

5.2 Litik Tüfün Kaya Kütle Sınıflaması

İnceleme alanında bulunan litik tüfün kaya kütle sınıflamaları; Kaya Kütle Puanlama Sistemi (Rock Mass Rating System, RMR), Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strength Index, GSI ve Q (Norwegian Geotechnical Institute, NGI veya Q) sistemlerine göre belirlenmiştir.

5.2.1 RMR Kaya Kütle Sınıflama Sistemi

RMR kaya kütle sınıflama sistemi görgül bir yöntem olup ilk kez 1972-1973 yıllarında yapılan çalışmalar sonucunda Bieniawski (1973) tarafından önerilmiştir. Yöntem daha sonraki yıllarda karşılaşılan mühendislik problemlerine göre yeniden düzenlenmiş ve son halini 1989 yılında yapılan değişiklikle almıştır (Bieniawski 1989).

RMR sistemine göre kaya kütlelerinin sınıflandırılmasında aşağıdaki parametreler kullanılmaktadır.

- Kayacın tek eksenli basma dayanımı veya nokta yük dayanım indeksi
- Kaya kalitesi göstergesi (% RQD)
- Süreksizlik aralığı
- Süreksizliklerin durumu (devamlılık, açıklık, pürüzlülük, dolgu ve bozunma)
- Yeraltısuyu durumu

Tez çalışması kapsamında yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verilere dayanılarak litik tüfler Bieniawski (1989) tarafından önerilen (Çizelge 5.3-5.4) RMR sınıflama sistemine göre değerlendirildiğinde en iyi şartlarda “orta kaya” (59) en kötü şartlarda “zayıf kaya”(25) olarak tanımlanmıştır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.3 RMR kaya kütlesi sınıflama sistemi puanlama çizelgesi (Bieniawski 1989)

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

Çizelge 5.4 RMR sınıflama sistemine göre kaya sınıfları ve puanları
(Bieniawski 1989)

Sınıf No	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Puan	100-81	80-61	60-41	40-21	<20

Çizelge 5.5 Litik tufün RMR sınıflama sistemine göre değerlendirilmesi

Özellikler	RMR			
	En düşük	Puan	En yüksek	Puan
Tek eksenli basma dayanımı (MPa)	10.08	2	33.93	4
RQD(%)	18.20	3	74.41	13
Süreksizlik ara uzaklığı (cm)	20-6	8	60-200	15
Süreksizliklerin Durumu				
Devamlılık(m)	>20	0	3-10	2
Açıklık(mm)	>5	0	1-5	1
Pürüzlülük	Az pürüzlü	3	Pürüzlü	5
Dolgu maddesi	<5 mm (yumuşak)	2	yok	6
Bozunma	Çok bozunmuş	0	Orta bozunmuş	3
Yeraltı suyu (lt/dk)	Islak	7	Nemli	10
RMR puanı	(Zayıf kaya) 25		(Orta kaya) 59	

5.2.2 GSI Kaya Kütle Sınıflama Sistemi

Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) 1995 yılında Hoek vd. tarafından önerilmiştir. GSI, uygulamada Hoek-Brown yenilme ölçütüne dahil edilerek RMR yerine kullanılmaya başlanmıştır.

GSI'nın tahmini için RMR nin 1989 versiyonunun kullanılması durumunda $RMR_{89} > 23$ olması koşuluyla eşitlik 5.1 kullanılır.

$$GSI = RMR_{89} - 5 \quad (5.1)$$

GSI'nin tahmini için modifiye edilmiş Q değeri (Q') aşağıdaki gibi düzenlenmiştir.

$$Q' = \frac{RQD \times J_r}{J_n \times J_a} \quad (5.2)$$

RQD: Kaya kalitesi

J_n: Eklem set sayısı

J_r: Eklem pürüzlülük sayısı

J_a: Eklem alterasyon sayısı

Modifiye edilmiş Q değeri (Q'), GSI'nin tahmini için eşitlik 5.3 kullanılır (Hoek vd. 1995).

$$GSI = 9 \log_e Q' + 44 \quad (5.3)$$

Başlangıçta Q ve RMR sınıflaması puanlarıyla belirlenen GSI, 1997 yılında yapılan değişikliklerle RMR ve Q sistemlerinden bağımsız bir sistem haline getirilmiştir (Hoek ve Brown 1997). Abak haline dönüştürülmüş olan GSI sınıflama sistemi; bloklu, çok bloklu, bloklu/örselenmiş ve parçalanmış olmak üzere dört kaya grubundan oluşmaktadır. GSI'nin bir sınıflama sistemi olarak önerilmesinden sonra Hoek vd (1998) ve Hoek (1999) GSI sınıflamasına foliyasyonlu veya laminalanma düzlemleri içeren, sağlam veya masif kaya grubunda ekleyerek GSI sınıflama sistemindeki kaya grubu sayısını altıya çıkarmıştır. Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından yapılan çalışmalarla süreksizlik yüzeyi koşulunun ve kaya kütle yapılarının doğru ve duyarlı bir şekilde tayini amacıyla ölçülebilen veya tanımlanabilen bir puanlama sistemine geçilmesini ve bu amaçla Yapısal Özellik Puanı (SR) ve Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR) olarak tanımlanan iki özelliğin sisteme dahil edilmesini önermişlerdir.

Süreksizlik yüzey koşulu puanı eşitlik 5.4 ile hesaplanmaktadır.

$$SCR = R_r + R_w + R_f \quad (5.4)$$

Burada, R_r , R_w ve R_f sırasıyla; süreksizliklerin pürüzlülük, bozunma ve dolgu puanları olup, Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından değiştirilen GSI abağındaki çizelge yardımıyla bulunur.

Sönmez ve Ulusay (1999) Yapısal Özellik Puanının (SR) belirlenmesi amacıyla,

$$J_v = (N/L)^3 \quad (5.5)$$

$$J_v = (1/S)^3 \quad (5.6)$$

eşitliklerini önermişlerdir.

J_v : Hacimsel eklem sayısı

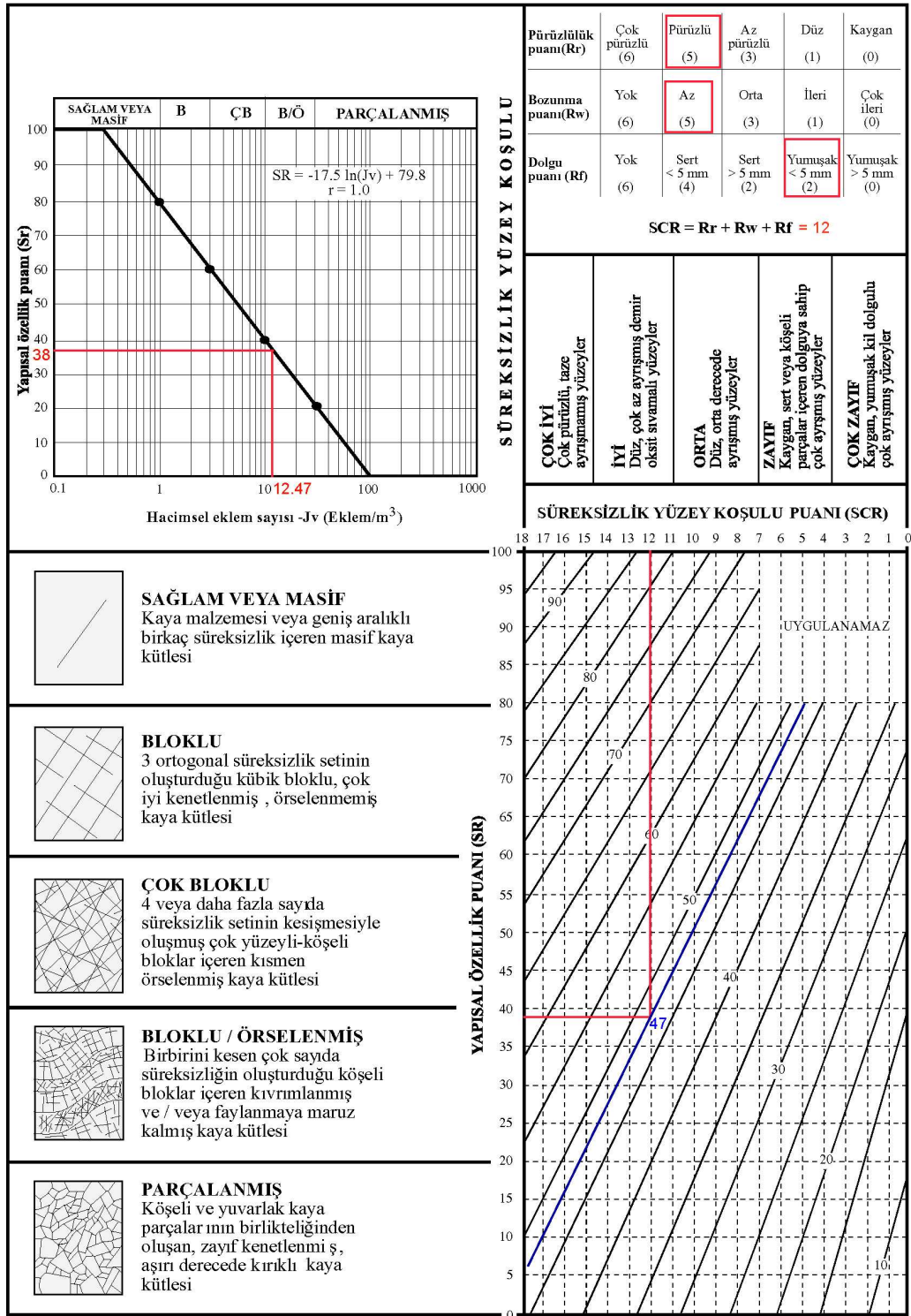
N: Eklem sayısı,

L: Ölçüm hattının uzunluğu

S: Ortalama süreksizlik aralığı

Bu hesaplamalarla SR ve SCR puanları esas alınarak Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen abakdaki iki değişkenin kesim noktasından GSI belirlenir.

Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından önerilen sayısal GSI abağı, orijinal GSI abağına Hoek (1999) tarafından eklenen “sağlam veya masif kaya” sınıfı dikkate alınarak değiştirilmiştir (Şekil 5.1) (Sönmez ve Ulusay 2002).



Şekil 5.1 Sönmez ve Ulusay (1999)'ın önerdiği niceliksel GSI Sınıflama Sistemi Abağı'nın "Sağlam ve Masif" kaya grubu da eklendikten sonraki değiştirilmiş son hali (Sönmez ve Ulusay 2002)

Tez çalışması kapsamında litik tüfler için J_v değeri 12.47 eklem/m^3 bulunmuştur. GSI'nın hesaplanmasında Sönmez ve Ulusay (2002) tarafından önerilen niceliksel GSI Sınıflama Sistemi kullanılmıştır. Buna göre litik tüfler için GSI değeri 47 olarak belirlenmiştir.

5.2.3 Q Sistemi

Q sistemi Barton vd. (1974) tarafından geliştirilmiştir. Q sisteminde kaya kalite derecesi 0.001 ile 1000 arasında logaritmik ölçekte değişmektedir. Bu sınıflamaya ait ilişki eşitlik 5.7 ile verilir.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \quad (5.7)$$

RQD : Kaya kalitesi tanımı

J_n : Eklem seti sayısı

J_r : Eklem pürüzlülük sayısı

J_a : Eklem ayrışma sayısı

J_w : Eklem su azaltma faktörü

SRF : Gerilim azaltma faktörü

Yukarıdaki bağıntı incelendiğinde kaya kütlesi kalitesinin üç parametrenin fonksiyonu olduğu görülmektedir. Birinci parametre $\frac{RQD}{J_n}$ olarak tanımlanan blok boyutu olup bu özellik kaya kütlesinin yapısını yansıtır. İkinci parametre $\frac{J_r}{J_a}$ oranıyla ifade edilir ve eklem yüzeylerinin ve dolgusunun sürtünme özelliklerini ve pürüzlülüğünü temsil eder. Üçüncü parametre olan $\frac{J_w}{SRF}$ oranı aktif geilmeyi tanımlayan amprik faktörü yansıtır.

Litik tf için Q değeri en kötü Őartlar için 0.05, en iyi Őartlar için ise 4.94 olarak belirlenmiştir. Q sistemine göre litik tf en kötü Őartlar için ‘‘olağanüstü zayıf kaya’’, en iyi Őartlar için ‘‘orta kaya’’ olarak tanımlanır (izelge 5.6).

Çizelge 5.6 Litik tfn Q sistemine göre değerlendirmesi

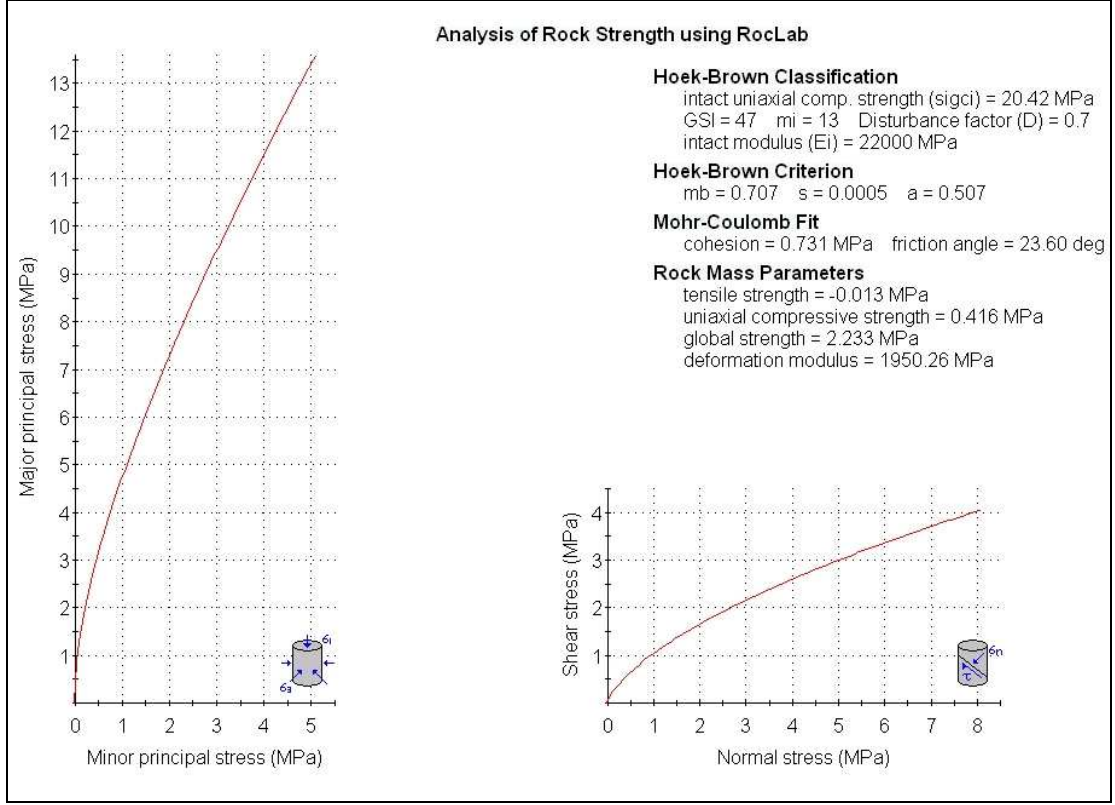
Parametreler	Puanlama	
	En düşük	En yüksek
RQD (%)	18.20	74.41
Eklem seti sayısı (J_n)	12	6
Eklem pürüzlülük sayısı (J_r)	2	1
Eklem alterasyon sayısı (J_a)	4	1
Eklem su azaltma faktörü (J_w)	0.66	1
Gerilim azaltma faktörü (SRF)	10	2.5
Q değeri	0.05 (olağanüstü zayıf)	4.94 (orta kaya)

5.2.4 Litik tfn kaya kütle zellikleri

Litik tfn kaya kütle özelliklerinin belirlenmesinde Roclab 1.0 (Anonymous 2002b) bilgisayar programı kullanılmıştır. Roclab 1.0 programında litik tfn sağlam kaya tek eksenli basma dayanımı, jeolojik dayanım indeksi, örselenme faktörü ve malzeme sabiti deęiŐkenleri kullanılarak; s, m, a gibi kaya kütlesine ait sabitleri, kohezyon, içsel sürtünme açısı, kaya kütlesine ait sıkışma ve çekme dayanımı ile kaya kütlesine ait deformasyon modülü elde edilmiştir (izelge 5.7, Şekil 5.2).

Çizelge 5.7 Litik tfn kaya kütle zellikleri

Roclab 1.0 programında kullanılan parametreler	
Kaya malzemesinin tek eksenli basma dayanımı (MPa)	20.42
Jeolojik dayanım indeksi (GSI)	47
Örselenme faktörü (D)	0.7
Malzeme sabit (m_i)	13
Roclab 1.0 programından elde edilen sonuçlar	
s (kaya kütlesine ait sabit)	0.0005
m (kaya kütlesine ait sabit)	0.707
a (kaya kütlesine ait sabit)	0.507
Kohezyon (c) (MPa)	0.731
içsel sürtünme açısı (ϕ) ()	23.60
Kaya kütlesine ait sıkışma dayanımı(MPa)	0.416
Kaya kütlesine ait çekme dayanımı(MPa)	-0.013
Kaya kütlesine ait deformasyon modülü(MPa)	1950.26



Şekil 5.2 Litik tufün kaya kütle özelliklerinin Roclab 1.0 programı ile hesaplanması

5.3 Litik Tuf ve Kıltaşının Kazılabilirliği

Kayaların kazılabilirliği konusunda proje öncesi yapılan çalışmalar; mühendislik projelerinin yapımında ve açık işletme madenciliğinde kullanılacak kazı ekipmanı ve yönteminin ön kestiriminde oldukça önemlidir. Patlatma, sökme ve kazma kaya kazılabilirliğinde bilimsel literatürde önerilen ve günümüzde kullanılan yöntemlerdir. Kullanılacak ekipmanın ve yöntemin önceden seçimi mühendislik projelerinde ve madencilikte maliyet ve yapım süresi konularında önemli kazanımlar sağlar. Kayaların kazılabilirliği ve sökülebilirliği üzerine farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda kayalara ait arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu ortaya konmuş özellikler kullanılmıştır. Kayaların kazılabilirliği konusunda yapılan bu çalışmaların çoğunda tek eksenli sıkışma dayanımı, kayacın bozunma derecesi, süreksizliklerin devamlılığı, açıklığı, aralığı, pürüzlülüğü ve kayaca ait sismik hız değerleri kullanılır.

Kayaların kazılabilirliği konusunda farklı araştırmacılar tarafından daha önce yapılan çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Franklin vd. (1971)'de kayaçlarda kazılabilirliğin değerlendirilmesinde sağlam kayaya ait nokta yük dayanım indeksi ($I_{s(50)}$) değerlerini ve eklem aralığı indeksini (I_f) kullanmışlardır. Eklem aralığı indeksi yapın hat etüdü çalışmasında eklemler arası ortalama aralık değeridir.

Atkinson (1971) kayaların kazılabilirliği ile ilgili çalışmasında değişik litolojilerdeki kayaçlara ait boyuna dalga hızlarını dikkate almıştır.

Scoble ve Müftüoğlu (1984), kaya kazılabilirliğine dair önerdikleri sınıflamalarında kaya kütesinin bozunma derecesi, sağlam kaya dayanımı, eklem aralığı ve yatay tabakalı kaya kütleleri için tabaka yüzeyleri arasındaki aralık değerlerini kullanmışlardır.

McLean ve Gribble (1985) sağlam kaya ve kaya kütlelerine ait tek eksenli basma dayanımı ve Schmidt sertlik çekici geri tepme sayısı değerleri arasındaki ilişkileri kullanarak kayaların kazılabilirliği üzerine değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Karpuz (1990); Başarır ve Karpuz (2004), linyit madenlerindeki kömür tabakalarında ve marnlar için önerdikleri kazılabilirlik sınıflamalarında kayaçlara ait sismik P-dalgası hızını, nokta yük dayanımını ve tek eksenli sıkışma dayanımını, ortalama süreksizlik aralığı ve Schmidt sertlik çekici geri tepme sayısı değerlerini kullanmışlardır.

Church (1981) ve Anonymous (1988) önerdikleri diyagramlarda kaya kütlelerinin sismik dalga hızlarını dikkate almışlardır.

Pettifer ve Fookes (1994), kayaların kazılabilirliğini kayaların kendine özgü özelliklerine, kazı ekipmanına ve çalışma yöntemine bağlamıştır. Bununla birlikte bu değerlendirmelerde kaya kütesine ait nokta yük dayanım indeksi değerlerine,

süreksizlik özelliklerinin tanımlanmasını esas alarak Franklin vd. (1971)'de verilerden daha ayrıntılı bir diyagramla kazı yöntemlerini önermişlerdir.

Tez çalışması kapsamında yapılan arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığında litik tüflerin kazılabilirliği Pettifer ve Fookes (1994) tarafından önerilen diyagrama göre değerlendirilmiştir. Buna göre litik tüflerin hacimsel eklem sayısı Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından önerilen eşitlikle bulunmuştur.

Buna göre litik tüf birimlerine ait J_v değeri 12.47 eklem/m^3 olarak hesaplanır. Buradan süreksizlik aralık indeksi (I_f) aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$I_f = \frac{3}{J_v} \quad (5.8)$$

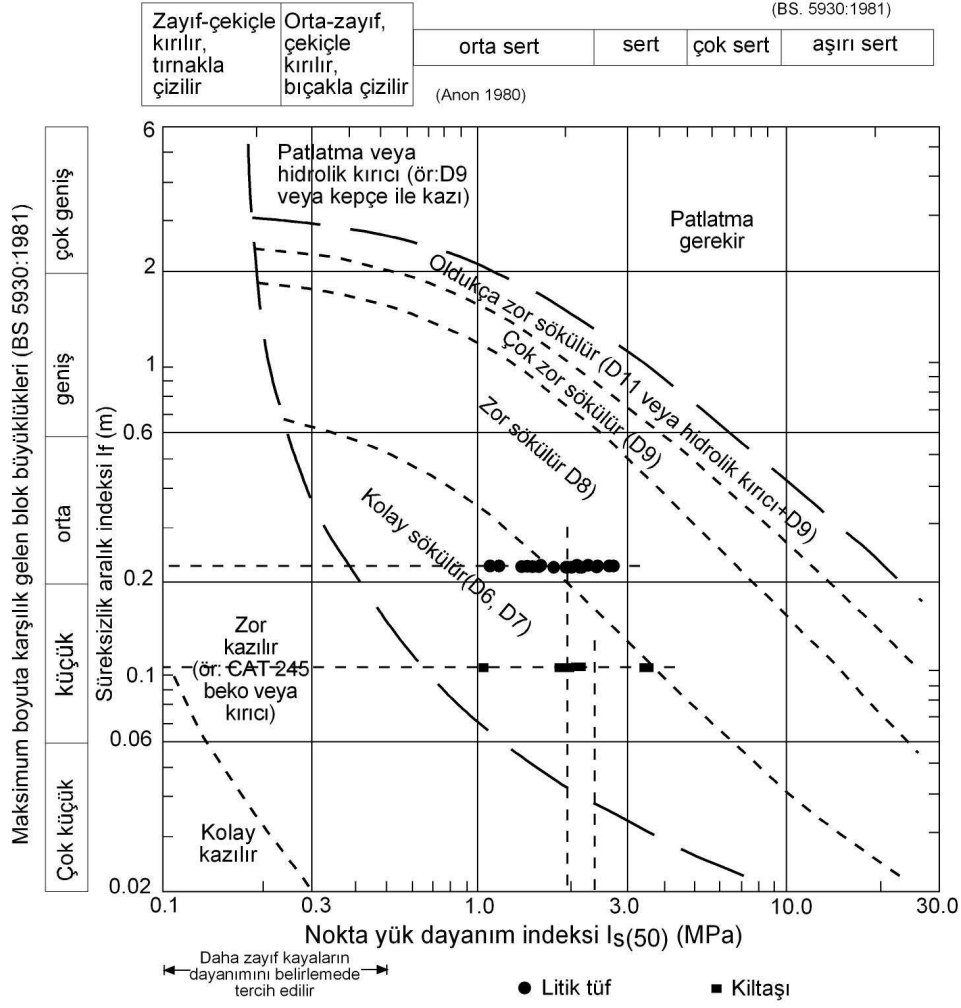
J_v değeri yukarıdaki eşitlikte yerine konulursa litik tüf için süreksizlik aralık indeksi (I_f) değeri 0.240 olarak hesaplanır.

Kiltaşı için J_v değeri Palmström (2000) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$J_v = 35 - \frac{RQD}{3.3} \quad (5.9)$$

Buna göre kiltaşının J_v değeri 23.18 eklem/m^3 , I_f değeri ise 0.129 olarak hesaplanır.

Kazılabilirlik değerlendirmesi için Şekil 5.3'de verilen diyagrama süreksizlik aralık indeksi değeri (I_f) ve nokta yük dayanım indeksi ($I_{s(50)}$) değerleri yerleştirildiğinde litik tüfün kazılabilirliği “kolay sökülür-zor sökülür” aralığında, kiltaşının ise “kolay sökülür” olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.3 Kazılabilirlik değerlendirme diyagramı (Pettifer ve Fookes 1994'den sonra)

5.4 Litik Tüfün Taşıma Gücü

Kaya kütlelerinin taşıma gücü, Hoek-Brown (1980) yenilme kriterine göre eşitlik 5.10 yardımıyla hesaplanır. Buna göre litik tüfün nihai taşıma gücü 3.02 MPa hesaplanmıştır. Güvenlik katsayısı 3 alındığında emniyetli taşıma gücü 1.01 MPa'dır (Çizelge 5.8).

$$q_{ult} = \sigma_c \left[\sqrt{s} + (m\sqrt{s} + s)^a \right] \quad (5.10)$$

Çizelge 5.8 Litik tûfün nihai taşıma gücü

σ_c (Sağlam kayanın ortalama tek eksenli basma dayanımı) (MPa)	20.42
s (kaya kütlesine ait sabit)	0.0005
m (kaya kütlesine ait sabit)	0.707
a (kaya kütlesine ait sabit)	0.507
q_{ult} (nihai taşıma gücü) (MPa)	3.02
q_a (emniyetli taşıma gücü) (MPa)	1.01

Litik tûf üzerine inşaa edilecek göletin yüksekliğinin 40 m planlandığı ve gölet gövdesini oluşturacak malzemenin birim hacim ağırlığı 20 kN/m^3 kabul edildiğinde gövdenin litik tûfler üzerine uygulayacağı en büyük gerilme 0.8 MPa olup 1.01 MPa olan emniyetli taşıma gücünden düşüktür. Bu nedenle litik tûfte taşıma gücü sorunu beklenmemektedir.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında, Beypazarı gölet yeri ve göl alanında bulunan Miyosen yaşlı litik tuf ve kıltaşının fiziksel, mekanik ve jeoteknik özellikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. İnceleme alanında bulunan kaya kütleleri litik tuf ve kıltaşından oluşmaktadır.
2. Yapılan kinematik analizler sonucunda yamaçlarda düzlemsel kayma, kama tipi kayma, devrilme ve kaya düşmesi gibi bir duraysızlık beklenmemektedir.
3. Lugeon deneyine göre litik tuf az geçirimli ile çok geçirimli arasında, kıltaşı ise geçirimlidir. Litik tufün “çok fazla boşluklu”, kıltaşının ise “çok boşluklu” ve “çok fazla boşluklu” kayaç sınıfında yer alması ile bu kayaçların kırıklı, çatlaklı yapıda olması ve litik tufün yüksek devamlılıkta süreksizlikler içermesi bu kayaçlarda geçirimliliğin yüksek olmasına neden olmuştur. Bu nedenle yeraltı suyu seviyesinin 90 m'nin altında olması da dikkate alındığında gölet eksen yerinde geçirimlilik sorunu ile karşılaşılacaktır.
4. Litik tufün doğal su içeriği %1.19 ile % 2.83 arasında, yoğunluğu 1.48 gr/cm^3 ile 1.79 gr/cm^3 arasında, kuru birim hacim ağırlığı 14.17 kN/m^3 ile 17.30 kN/m^3 arasında doymun birim hacim ağırlığı 16.64 kN/m^3 ile 20.07 kN/m^3 arasında, ağırlıkça su emme % 12.15 ile % 20.09 arasında, hacimce su emme % 21.21 ile % 30.96 arasında, boşluk oranı % 27 ile % 45 arasındadır. Gözenekliliği ise % 21.21 ile % 30.96 arasında ve “çok fazla boşluklu” sınıfındadır.
5. Kıltaşının doğal su içeriği % 0.73 ile % 2.80 arasında, yoğunluğu 1.39 gr/cm^3 ile 2.26 gr/cm^3 arasında, kuru birim hacim ağırlığı 12.35 kN/m^3 ile 22 kN/m^3 arasında doymun birim hacim ağırlığı 16.95 kN/m^3 ile 23.14 kN/m^3 arasında, ağırlıkça su emme % 4.84 ile % 37.28 arasında, hacimce su emme %10.66 ile % 46.92 arasında, boşluk oranı % 12 ile % 88 arasındadır. Gözenekliliği ise %

10.66 ile % 46.92 arasında değişmekte ve “çok boşluklu” ve “çok fazla boşluklu” sınıfındadır.

6. Litik tñfñn tek eksenli basma dayanımı 10.08 MPa ile 33.93 MPa arasında, kıltaşında ise 18.79 MPa ile 43.09 MPa arasında değişmektedir. Litik tñfñn elastisite modñlñ 6.70 GPa ile 40 GPa arasında, kıltaşının ise 11.42 GPa ile 44.40 GPa arasında; poisson oranı litik tñfñn 0.13 ile 0.67 arasında, kıltaşının ise 0.19 ile 0.51 arasında değişmektedir. Buna göre litik tñfñn “yñksek modñl oranlı-çok dñşñk dayanımlı”, kıltaşı ise “yñksek modñl oranlı-dñşñk dayanımlı” kaya sınıfına girmektedir. Litik tñfñn “yñksek modñl oranlı-çok dñşñk dayanımlı” kaya sınıfına, kıltaşının ise “yñksek modñl oranlı-dñşñk dayanımlı” kaya sınıfına girmesindeki en önemli etken sahip oldukları gözeneklilik ve içerdikleri kırık ve çatlakların bolluğudur. Bu özelliklere sahip kayalarda dayanım artırıcı iyileştirmelerin yapılması uygun olacaktır.
7. Litik tñfte nokta yñkñk dayanım indeksi 1.07 MPa ile 3.03 MPa arasında kıltaşında ise 1.04 ile 4.10 MPa arasındadır.
8. Litik tñfte P-dalgası hızı 2137.68 m/s ile 3157.89 m/s arasında, S-dalgası hızı 1017.24 m/s ile 1603.26 m/s arasında; kıltaşında ise P-dalgası hızı 1508.62 ile 3968.25 arasında, S-dalgası hızı ise 772.06 ile 1845.93 m/s arasındadır. Litik tñfñn dinamik elastisite modñlñ 2.93 GPa ile 20.66 GPa arasında, kıltaşının ise 5.03 GPa ile 13.11 GPa arasında; dinamik poisson oranı litik tñfte 0.224 ile 0.373 arasında, kıltaşında 0.264 ile 0.383 arasında; dinamik rijidite modñlñ litik tñfñn 1.109 GPa ile 7.522 GPa arasında, kıltaşının 1.857 GPa ile 4.951 GPa arasındadır.
9. Kaya kalite tanımlamalarına(RQD) göre litik tñfñn “zayıf kaya” kıltaşı ise “çok zayıf kaya” grubundadır. Litik tñfte toplam karot yñzdesi % 70.42, kıltaşında % 76.17 dir.

10. Litik tfte RMR, Q sistem ve GSI kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır. Buna göre RMR kaya kütle sınıflama sistemine göre litik tf en iyi şartlarda “orta kaya”, en kötü şartlarda “zayıf kaya” grubundadır, Q sisteme göre litik tf en kötü şartlar için “olağanüstü zayıf kaya” en iyi şartlar için “orta kaya” grubunda yer alır. GSI sistemine göre yapılan değerlendirmelerde litik tfn GSI değerı 47 olarak hesaplanmış ve “bloklu-örselenmiş kaya” olarak tanımlanmıştır. GSI sistemine göre litik tfn volkanik kökenli parçalar içermesi ve kayacın ayrıştığı dikkate alındığında “bloklu-örselenmiş” kaya grubunda yer almasına rağmen “ok bloklu” kaya sınıfına da yakın olduğu gözlenmiştir.
11. Litik tfn kaya kütle sıkışma dayanımı 0.416 MPa, ekme dayanımı -0.013 MPa, kohezyon 0.731 MPa, içsel sürtünme açısı 23.60° ve elatisite modülü 1950.26 MPa dır.
12. İnceleme alanındaki litik tfn kazılabilirliği “kolay sökülür ile zor sökülür” arasında değerismekte ve kiltaşının kazılabilirliği “kolay sökülür”sınıfındadır. Sklebilirlikte, litik tf ve kiltaşının  yönlü ve gelişigüzel kırık ve çatlaklı yapıya sahip olması ile dayanımlarının düşük olması etkili olmaktadır.
13. Gletın inşaata düşünüldüğünde gövde altındaki kaya birimi litik tftr. Litik tfn izinverilebilir taşıma gücü 1.01 MPa hesaplanmıştır. 40 m yükseklikteki gövdenin oluşturacağı gerilimin 0.80 MPa olduğu dikkate alındığında taşıma gücü sorunu beklenmemektedir. Ancak geçirimlilik problemi ile karşılaşılacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim. 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Afet İşleri Genel Müdürlüğü. Deprem Araştırma Dairesi.
- Anonim. 1997. 1:100 000 ölçekli açınısıma nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, MTA. Ankara F 15 Paftası, Ankara.
- Anonim. 2008. Ankara-Beyşehir Beyşehir Göleti, Mühendislik Jeolojisi Ön inceleme Raporu, DSİ, 11 s, Ankara (yayımlanmamış).
- Anonim. 2009. Ankara-Beyşehir Beyşehir Göleti, Temel Sondaj Raporu, DSİ, 75 s, Ankara (yayımlanmamış).
- Anonymous. 1972. Inorganic index to the powder diffraction file. Joint committee on powder diffraction standards, ASTM. Pennsylvania.
- Anonymous. 1972. Suggested method for determining the point-load strength index. ISRM Committee on Field Tests, Document No. 1; 8-12 pp.
- Anonymous. 1981. International Society for Rock Mechanics. Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods, Brown ET (editor), Pergamon Press, Oxford, p 211.
- Anonymous. 1985. Suggested method for determining point load strength. ISRM. International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences and Geomechanical Abstracts, 22; 51-60pp.
- Anonymous. 1988. Caterpillar Performance Handbook, 19th ed. Caterpillar Tractor Company, Peoria, IL, USA.
- Anonymous. 2002a. Dips User's Guide. Rocscience Inc., Toronto, Ontario, Canada.
- Anonymous. 2002b. RocLab User's Guide. Rocscience Inc., Toronto, Ontario, Canada.
- Anonymous. 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring, eds: Ulusay, R., J.A. Hudson, Kazan Offset Press, Ankara, 628 s.
- Atkinson, T. 1971. Selection of open pit excavating and loading equipment. Trans. Inst. Min. Metall, 80; 101-129.
- Aziz, A. 1976. Beyşehir-Yeniçayırhan ve Karaköy arasındaki sahanın jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Gen. Müd. Raporu, 4461 (yayımlanmamış).
- Barton, N.R., Lien, R. and Lunde, J. 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mech. 4, 189-239.
- Basarır, H. and Karpuz, C. 2004. A Rippability Classification System for Marls in Lignite mines. Journal of Engineering Geology, (Vol. 74) Issues 3-4; 303-318.
- Bieniawski, Z.T. 1973. Engineering Classification of Jointed Rock Masses. Transactions of The South African Institution of Civil Engineers, 15; 335-344.
- Bieniawski, Z.T. 1975. The point-load test in geotechnical practice. Engineering Geology, 9, M lpp.
- Bieniawski, Z.T. 1989. Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley and Sons, New York. 237 pp.
- Broch, E. and Franklin, J.A. 1972. The point load strength test. International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences and. Geomechanical Abstracts, 9; 669-697pp.
- Broch, E. 1983. Estimation of strength anisotropy using the point load test. International Journal of Rock Mechanics, Mining Sciences and Geomechanical Abstracts, 20; 181-187pp.
- Church, H.K. 1981. Excavation Handbook. McGraw-Hill, New York, USA.

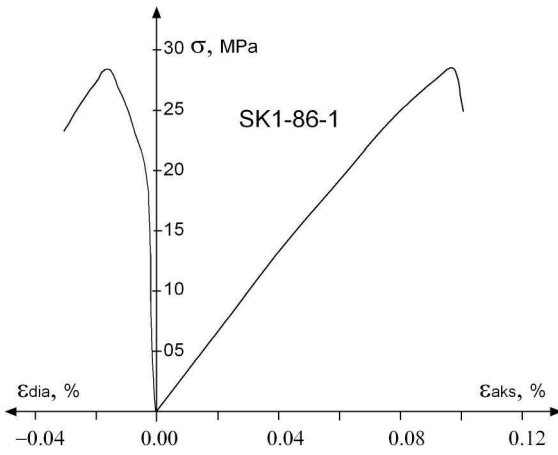
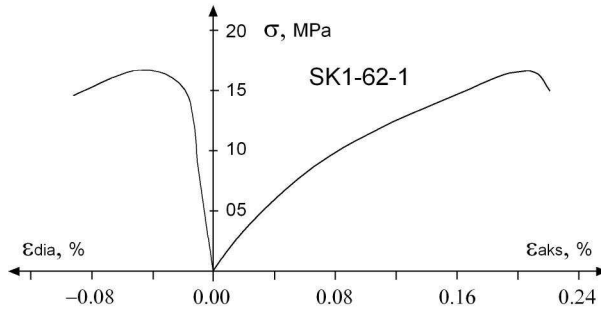
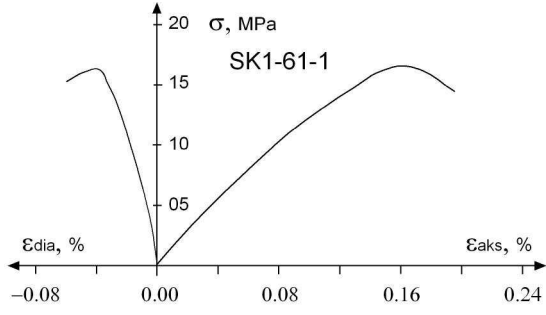
- Deere, D.U. 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes. *Rock Mech. Rock Eng*, 1; 17-22.
- Deere, D.U. and Miller, R.P. 1966. Classification and index properties of intact rock. Tech. Report AFWL-TR-65-116, AF Special Weapons Center, Kirtland Air Force Base, New Mexico.
- Erol, O. 1955. K roğlu-Işık dağları volkanik k tlesinin orta b l mleri ile Beypazarı-Ayaş arasında neojen havzasının jeolojisi hakkında rapor. M.T.A Raporu. Derleme No:2279
- Franklin, J.A., Broch, E. and Walton, G. 1971. Logging the mechanical character of rock. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, 80A; 1-9.
- Greminger, M. 1982. Experimental studies of the influence of rock anisotropy on size and shape effects in point-load testing (Technical Note). *International Journal of Rock. Mechanics, Mining Sciences and Geomechanical Abstracts*, 19; 241-246 pp.
- Hoek, E. and Brown, E.T. 1980. *Underground Excavations in Rock*. Inst. Min. Metall., London, 527 pp.
- Hoek, E., Kaiser, P.K. and Bawden, W.F. 1995. *Support of Underground Excavations in Hard Rock*. Balkema, Rotterdam, 214p
- Hoek, E. and Brown, E.T., 1997. Practical estimates of rock mass strength. *Int J Rock Mech Min Sci Geomechanics Abstracts*. 27 (3); 227-229.
- Hoek, E., Marinos, P. ve 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, *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, 57 (2); 151-160.
- Hoek, E., 1999. Putting numbers to geology-an engineer's view point. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 32; 1-19.
- Karpuz, C. 1990. A classification system for excavation of surface coal measures. *Min. Sci. Technol.*, 11; 157-163.
- Lama, R.D. and Vutukuri, V.S. 1978. *Handbook on Mechanical Properties of Rocks*, Trans Tech Publications, Vol. IV, 515 p.
- Lugeon, M. 1933. *Barrages et Geologie, Methods de recherches terrasement et impermeabilisation*. Libraire des Iniversite.
- McFcal, S. and Tarkoy, P.J. 1979. Assessment of tunnel boring machine performance. *Tunnels and Tunnelling*, 11 (10); 33-37 pp.
- McLean, A.C. and Gribble, C.D. 1985. *Geology for Civil Engineers*, 2nd ed. London: E & FN Spon.
- Moos, A.V. and Quervain, F.De. 1948. *Technische Gesteinkunde*, Verlag Birkhauser, Basel.
-  zgur, C. ve Tamgaç, O.F. 1986, Ankara Beypazarı Soda (Trona) Yatağının Hidrojeoloji incelemesi, MTA Derleme Rapor No: 8101, Ankara (yayımlanmamış)
- Palmstr m, A. 2000. Recent developments in rock support estimates by the RMi. *J Rock Mech. Tunn. Technol*, 6 (1); 1-19
- Pettifer, G.S. and Fookes, P.G. 1994. A revision of the graphical method for assessing the excavatability of rock, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 27;145-164pp.
- Scoble, M.J. and Muftuoglu, Y.V. 1984. Derivation of a diggability index for surface mine equipment selection. *Mining Science and Technology* 1, 305-322.

- Sönmez, H. and Ulusay, R. 1999. Modifications to The Geological Strength Index (GSI) and Their Applicability to Stability of Slopes. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, 36 (6); 743-760.
- Sönmez, H. and Ulusay, R. 2002. A Discussion On The Hoek-Brown Failure Criterion and Suggested Modification to The Criterion Verified by Slope Stability Case Studies, *Yerbilimleri*, 26; 77-9.
- Stchepinsky, V. 1942. Beypazarı-Nallıhan-Bolu-Gerede bölgesi jeolojisi hakkında rapor. M.T.A. Raporu, No: 1363.
- Türkecan A., Hepşen, N., Papak, İ., Akbaş, B., Dinçel, A., Karataş., S., Özgür, İ.B., Akay.E., Bedi,Y., Sevin, M., Mutlu, G., Sevin., D., Ünay, E. ve Saraç., G. 1991. Seben- Gerede (Bolu), Güdül-Beypazarı (Ankara) ve Çerkeş-Orta-Kurşunlu (Çankırı) yörelerinin jeolojisi ve volkanik kayaçların petrolojisi. M.T.A Raporu. Derleme No:9193.

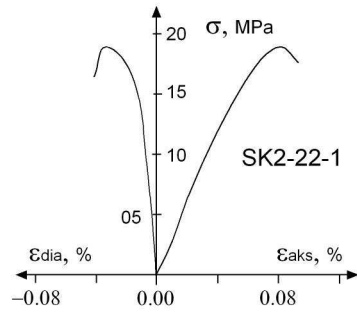
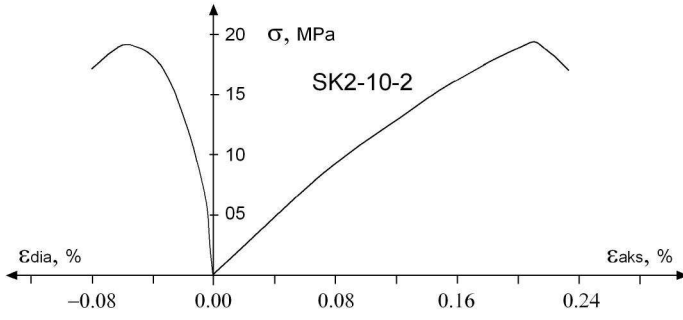
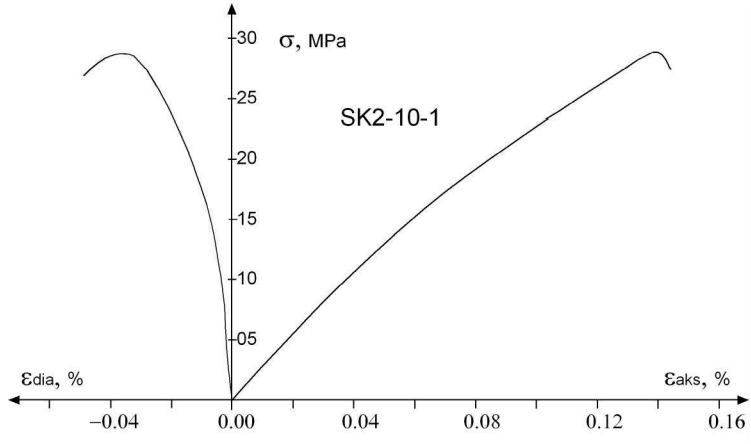
EKLER

- EK 1 Litik tfn tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel (ϵ_{aks}) ve yanal (ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi
- EK 2 Kiltaşının tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel (ϵ_{aks}) ve yanal (ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi
- EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar

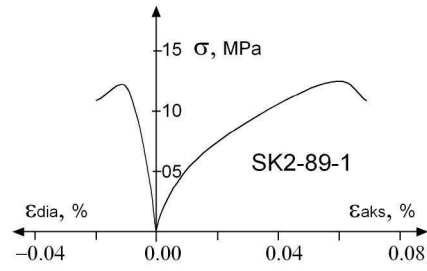
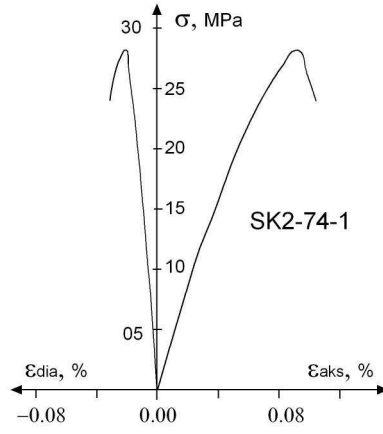
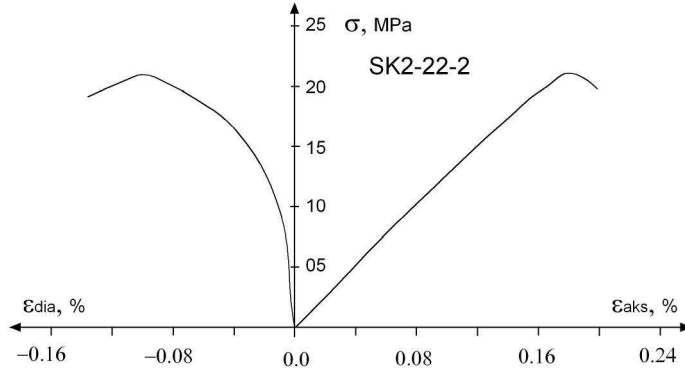
EK 1 Litik tufün tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanal(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi



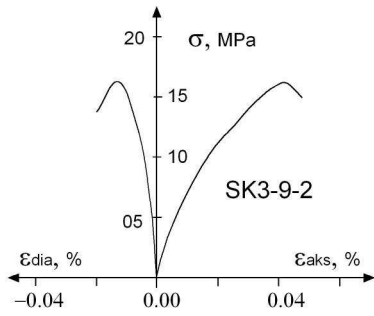
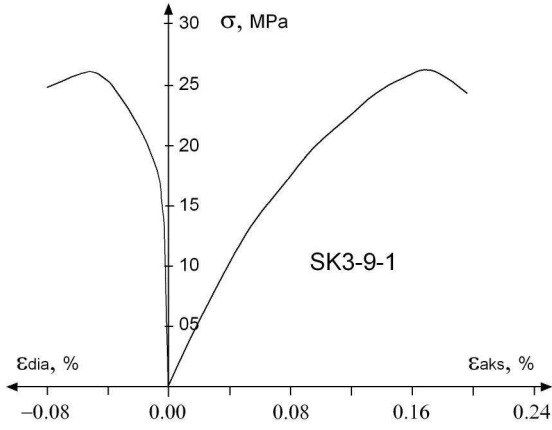
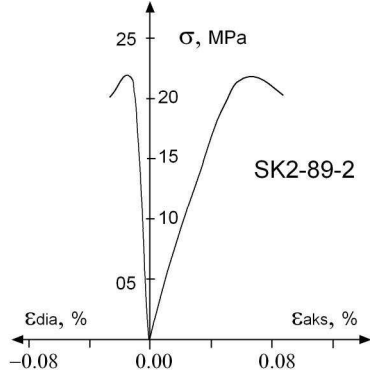
EK 1 Litik tufen tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanall(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi(devam)



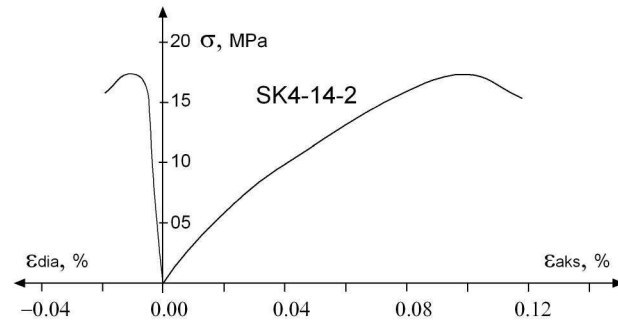
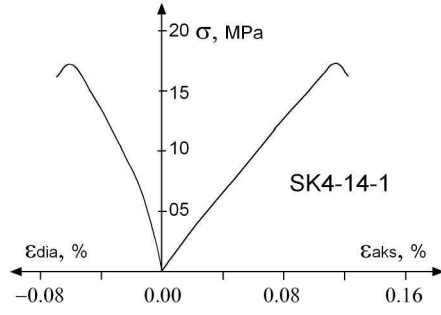
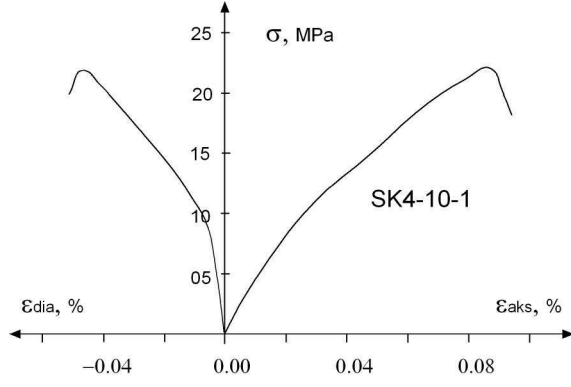
EK 1 Litik tfn tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanal(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi(devam)



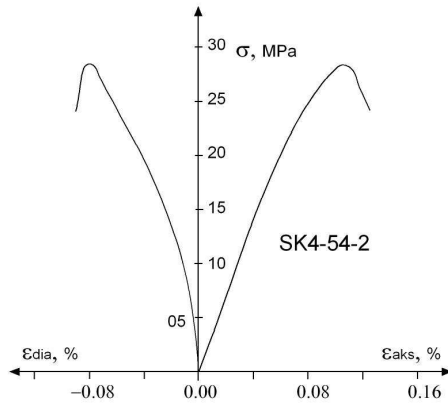
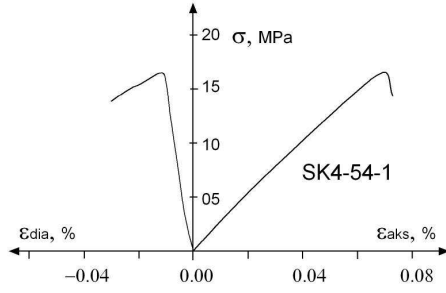
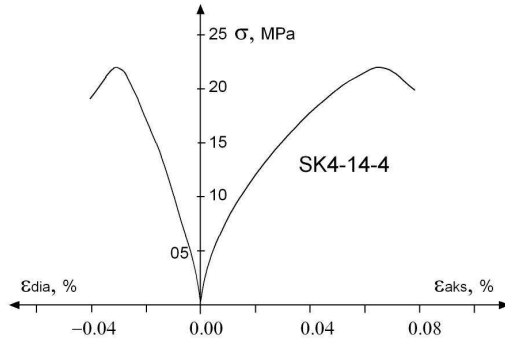
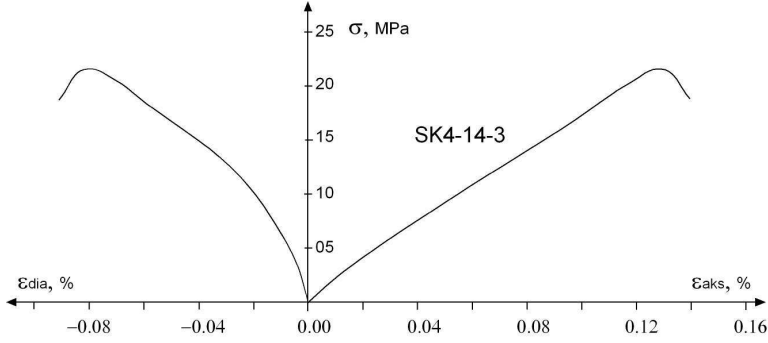
EK 1 Litik tfn tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanal(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi(devam)



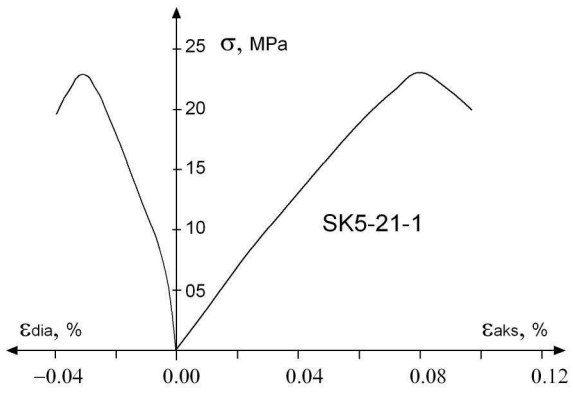
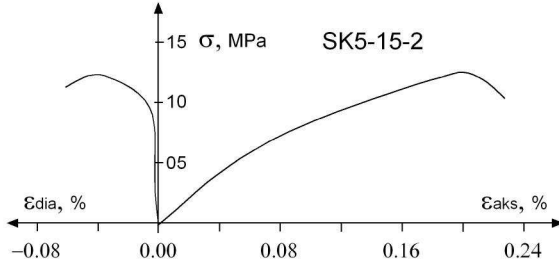
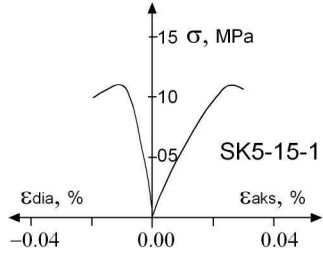
EK 1 Litik tfn tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanal(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi(devam)



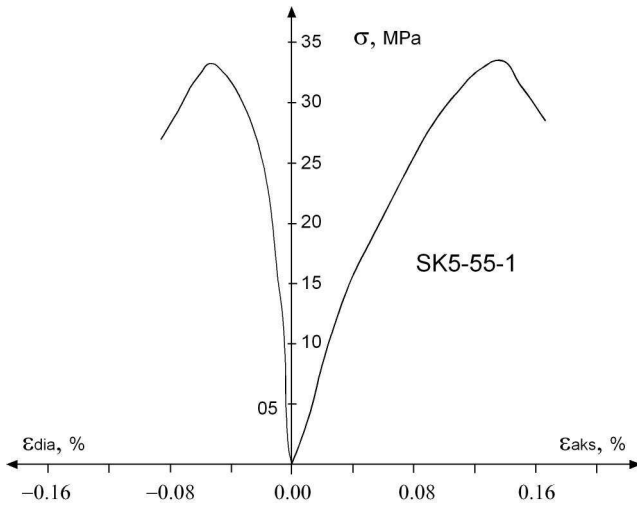
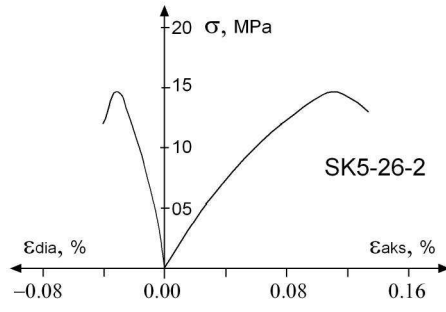
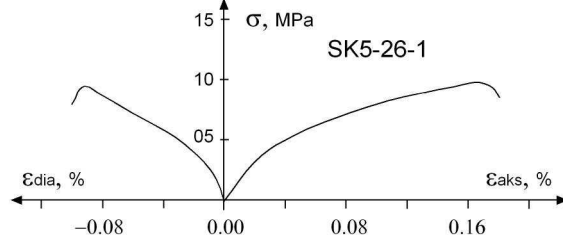
EK 1 Litik tfn tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanal(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi(devam)



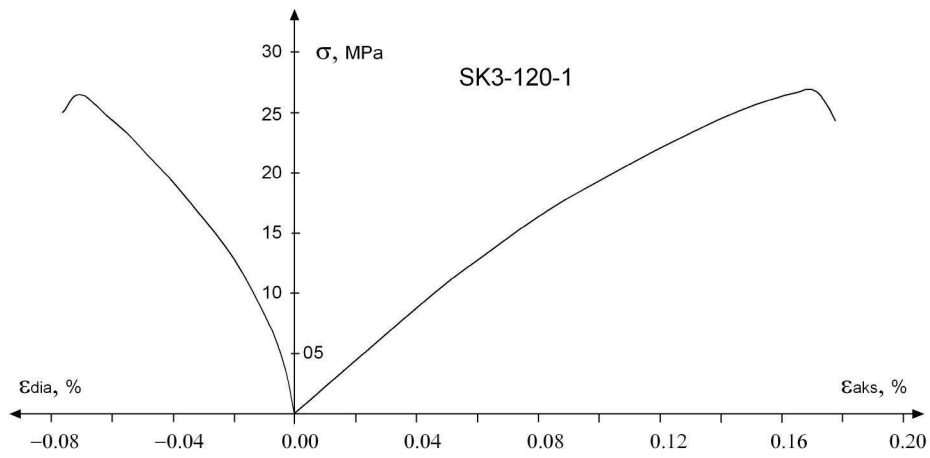
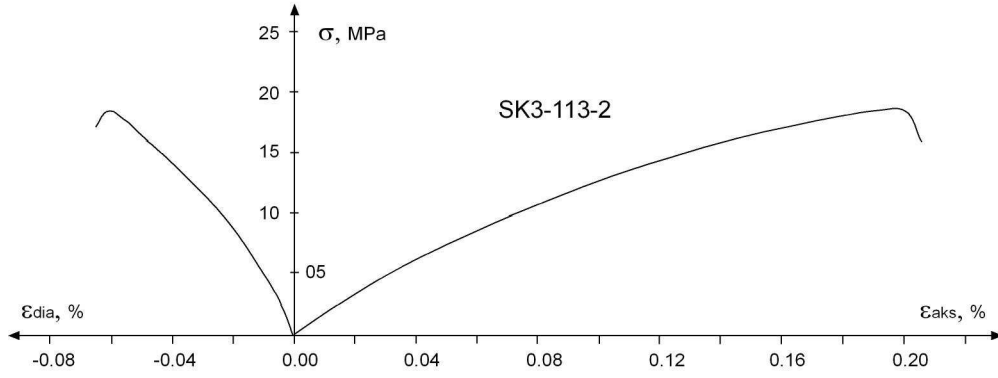
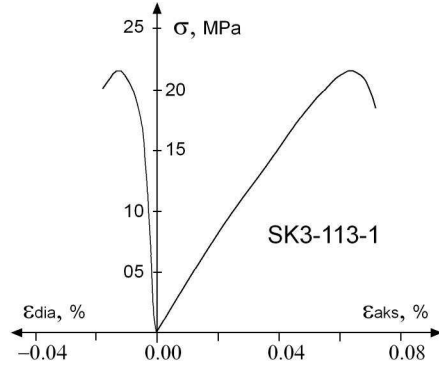
EK 1 Litik tfn tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanal(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi(devam)



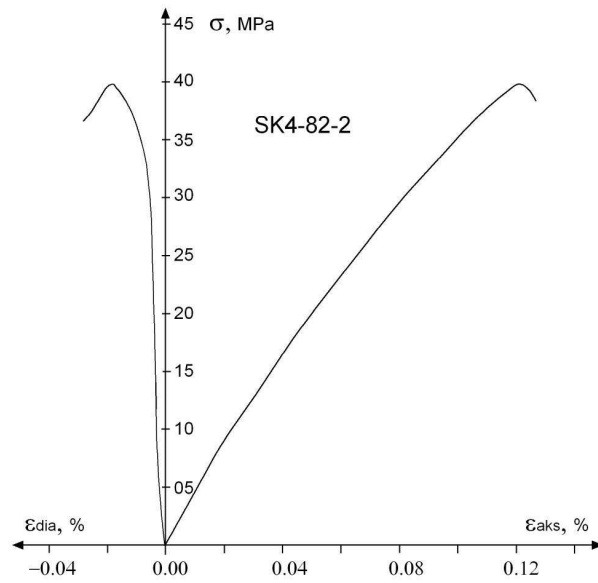
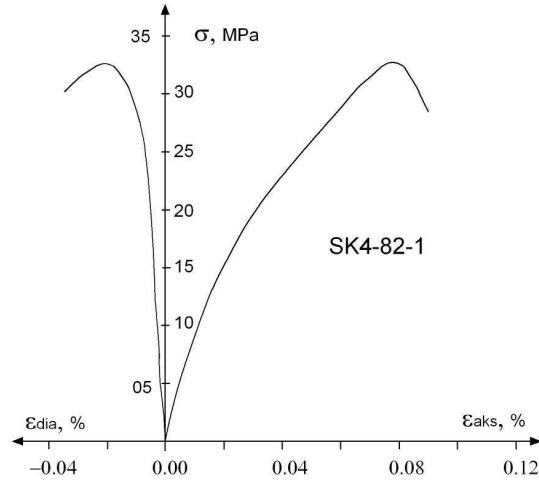
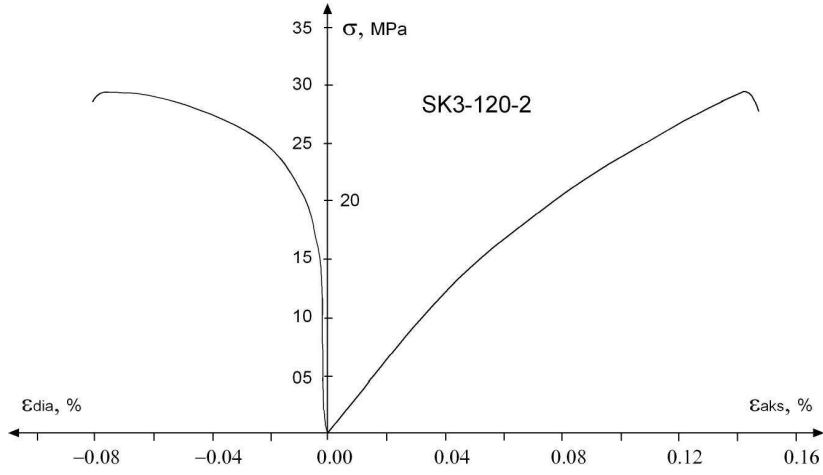
EK 1 Litik tfn tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanal(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi(devam)



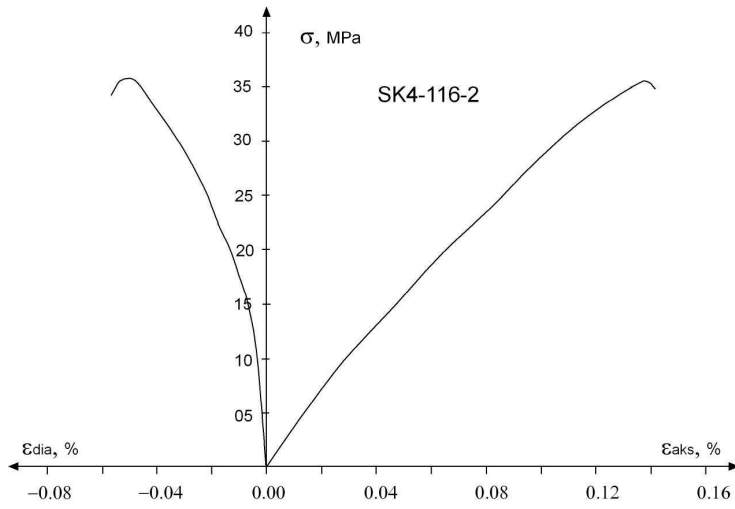
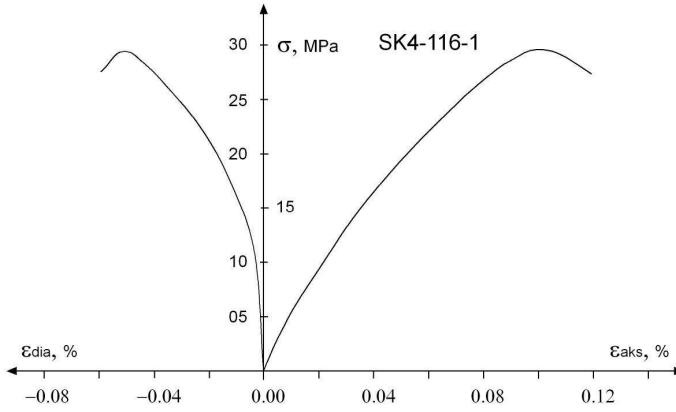
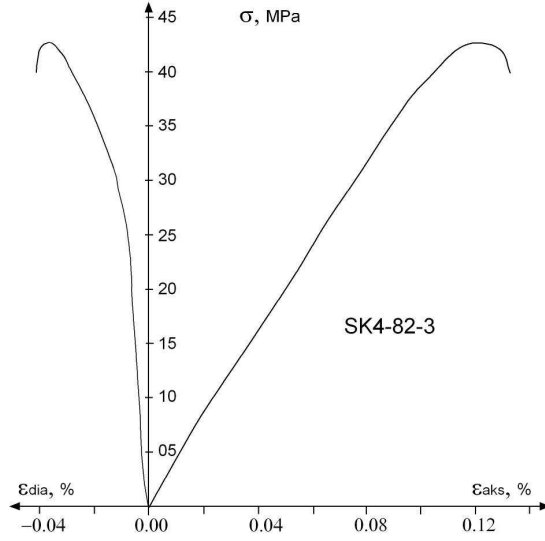
EK 2 Kilitaşının tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanal(ϵ_{dia}) deformeasyon oranı ilişkisi



EK 2 Kıltaşımın tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanıl(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi (devam)



EK 2 Kıltaşımın tek eksenli basma dayanımı (σ)-eksenel(ϵ_{aks}) ve yanıl(ϵ_{dia}) deformasyon oranı ilişkisi (devam)



EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar

Sy: 1					
Sondaj No: SK-1		Sondaj Yeri: Sağ sahil			
Sondaj Derinliği: 110 m		Sondaj Kotu: 870 m		YASS: 108 m	
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
2	100		>25 Çok geçirimli	Gri-Beyaz Kilitaşı (Sarıağıl Formasyonu)	
4	100				
6	83				
8	88				
10	50				
12	100				
14	100				
16	100				
18	50	82			
20	50				
22	100				
24	100				
26	50				
28	75	13			
30	83				
32	50	7			
34	62	14			
36	55				
38	77				
40	50				
42	50				
44	45				
46	54	5			
48	75				
50	75				
52	75				
54	79		<5 Az geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	
56	75	9			
58	50	6			
60	100	40			
62	75	35			

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 2					
Sondaj No: SK-1		Sondaj Yeri: Sağ sahil			
Sondaj Derinliği: 110 m		Sondaj Kotu: 870 m	YASS: 108 m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
64	50	48	<5	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
66	100	16			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
68	70	20			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
70	55	23	>25 Çok geçirimli		-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
72	56	40			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
74	75	26			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
76	50	30			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
78	50	30			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
80	50	62			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
82	50				-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
84	37	14			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
86	36	10			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
88	50	12			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
90	45	13			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
92	35	18			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
94	64	16			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
96	55	28			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
98	60				-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
100	40				-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
102	85	12			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
104	100	10			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
106	100	23			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
108	100	23			-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
110	80				-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 1					
Sondaj No: SK-2		Sondaj Yeri: Sağ sahil			
Sondaj Derinliği: 120 m		Sondaj Kotu: 850 m	YASS: 94.15m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
2	100		>25 Çok geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+
4	100				+
6	80	10			+
8	73	27			+
10	100	100	<5 Az geçirimli		+
12	100	100			+
14	100	85			+
16	100	100			+
18	75	65			+
20	75	45			+
22	94	55			+
24	53	41			+
26	23	37			+
28	50	16			+
30	100		>25 Çok geçirimli		+
32	50				+
34	55				+
36	34				+
38	31				+
40	35				+
42	35				+
44	38				+
46	50		+		
48	55		<5 Az geçirimli		+
50	38	50			+
52	53	42			+
54	50	16			+
56	50	17			+
58	44	25		+	
60	47	28	>25 Çok geçirimli	+	
62	28	10		+	

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 2					
Sondaj No: SK-2		Sondaj Yeri: Sağ sahil			
Sondaj Derinliği: 120 m		Sondaj Kotu: 850 m		YASS: 94.15m	
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
64	85	17	>25 Çok geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+
66	50	34			+
68	50	13			+
70	50	13			+
72	50	6			+
74	60	15			+
76	100	52			+
78	64	24	<5		+
80	54		5-25 Geçirimli		+
82	50	27			+
84	66	10			+
86	66	16			+
88	100	48			+
90	100	100			+
92	70	23		+	
94	100	53	5-25 Geçirimli	+	
96	50	19		+	
98	60	5		+	
100	40			+	
102	47			+	
104	52			+	
106	75			+	
108	100	41	5-25 Geçirimli	+	
110	100	48		+	
112	75	31		+	
114	50			+	
116	55	10		+	
118	45			+	
120	50	8		+	

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 1					
Sondaj No: SK-3		Sondaj Yeri: Talveg			
Sondaj Derinliği: 150 m		Sondaj Kotu: 830 m	YASS: 78.90m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
2	100		<5 Az geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+
4	100	31			+
6	63	20			+
8	100	63			+
10	81	92			+
12	62	30			+
14	63	52			+
16	56	19			+
18	58	21			+
20	43	23			+
22	46	12			+
24	50	29			+
26	60	28			+
28	80	43			+
30	53	9			+
32	75	58			+
34	75	40			+
36	80	62			+
38	75	29			+
40	66	56			+
42	53	25	+		
44	45	17	+		
46	33		+		
48	76	10	<5 Az geçirimli	Gri-Beyaz Kilitaşı (Hırka Formasyonu)	—
50	20	5			—
52	26				—
54	26				—
56	23				—
58	51	35			—
60	53	20			—
62	60	13	—		

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 2					
Sondaj No: SK-3		Sondaj Yeri: Talveg			
Sondaj Derinliği: 150 m		Sondaj Kotu: 830 m	YASS: 78.90m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
64	55	6	<5	Gri-Beyaz Kilitaşı (Hırka Formasyonu)	
66	100				
68	82	22	5-25 Geçirimli		
70	100	67			
72	100	65			
74	65	5			
76	100	16			
78	93	66			
80	75	18			
82	60				
84	85	36			
86	97	45			
88	100	100	<5 Az geçirimli		
90	100	68			
92	100	29			
94	100	61			
96	100	32			
98	100	60			
100	81	20	>25 Çok geçirimli		
102	100	53			
104	100	52			
106	68	17			
108	100	86			
110	90	90			
112	100	80			
114	100	65			
116	100	92	5-25		
118	100	40			
120	100	100			

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 3					
Sondaj No: SK-3		Sondaj Yeri: Talveg			
Sondaj Derinliği: 150 m		Sondaj Kotu: 830 m		YASS: 78.90 m	
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
122	90	57	5-25 Geçirimli	Gri-Beyaz Kiltası (Hırka Formasyonu)	-----
124	100	50			-----
126	100	77			-----
128	100	30			-----
130	100	15			-----
132	100	100			-----
134	100	10			-----
136	100	12			-----
138	100	40			-----
140	100	37			-----
142	100				-----
144	100	10			-----
146	100	50			-----
148	75				-----
150	75	10			-----

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 1					
Sondaj No: SK- 4		Sondaj Yeri: Sol sahil			
Sondaj Derinliği: 120 m		Sondaj Kotu: 850 m	YASS: 81.30 m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
2	100		<5 Az geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+
4	100	100			+
6	100	47			+
8	100	45			+
10	100	40			+
12	100	47			+
14	100	50			+
16	100	100			+
18	100	47			+
20	50	37			+
22	75	20			+
24	100	47			+
26	100	100			+
28	100	100			+
30	100	98	+		
32	100	100	+		
34	100	100	+		
36	50	80	5-25 Geçirimli	+	
38	100	100		+	
40	50	76		+	
42	100	80		+	
44	100	98		+	
46	100	100		+	
48	50	72		+	
50	100	87		+	
52	100	60		+	
54	50	64		+	
56	100	100		+	
58	100	100		+	
60	100	92		+	
62	100	100		+	

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 2					
Sondaj No: SK-4		Sondaj Yeri: Sol sahil			
Sondaj Derinliği: 120 m		Sondaj Kotu: 850 m		YASS: 81.30 m	
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
64	100	93	5-25 Geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	~ ~ ~ ~ ~
66	100	100			~ ~ ~ ~ ~
68	100	100			~ ~ ~ ~ ~
70	50	13			~ ~ ~ ~ ~
72	50	11			~ ~ ~ ~ ~
74	26				~ ~ ~ ~ ~
76	25				~ ~ ~ ~ ~
78	73				~ ~ ~ ~ ~
80	40				~ ~ ~ ~ ~
82	91	14			~ ~ ~ ~ ~
84	80	50			~ ~ ~ ~ ~
86	85	87			~ ~ ~ ~ ~
88	57	12			~ ~ ~ ~ ~
90	100				~ ~ ~ ~ ~
92	92				~ ~ ~ ~ ~
94	100				~ ~ ~ ~ ~
96	100	65			~ ~ ~ ~ ~
98	100	80			~ ~ ~ ~ ~
100	100	66	~ ~ ~ ~ ~		
102	82	15	~ ~ ~ ~ ~		
104	100		~ ~ ~ ~ ~		
106	100	60	~ ~ ~ ~ ~		
108	100	81	~ ~ ~ ~ ~		
110	100	60	~ ~ ~ ~ ~		
112	100	63	>25 Çok geçirimli	~ ~ ~ ~ ~	
114	100	97		~ ~ ~ ~ ~	
116	100	92		~ ~ ~ ~ ~	
118	100	97		~ ~ ~ ~ ~	
120	100	31		~ ~ ~ ~ ~	
				~ ~ ~ ~ ~	

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 1					
Sondaj No: SK-5		Sondaj Yeri: Sol sahil			
Sondaj Derinliği: 102 m		Sondaj Kotu: 870 m	YASS: 90.70 m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
2	48		>25 Çok geçirimli	Gri-Beyaz Kiltası (Sarıağıl Formasyonu)	=====
4	100				=====
6	100				=====
8	85	47			=====
10	47	10			=====
12	100	56	<5 Az geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
14	100	100			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
16	100	76			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
18	100	77			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
20	100	68			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
22	55				+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
24	100	67			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
26	100	37			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
28	70	34			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
30	100	44			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
32	75	46	>25 Çok geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
34	78	53			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
36	50	20			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
38	100	80			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
40	100	76			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
42	65	10			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
44	60	8			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
46	100	70			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
48	82	32			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
50	80	21			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
52	50	20	5-25 Geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
54	50	7			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
56	48	5			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
58	58	44			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
60	65	23			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X
62	80	47			+X-X-X-X-X-X-X-X-X-X

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 2					
Sondaj No: SK-5		Sondaj Yeri: Sol sahil			
Sondaj Derinliği: 102 m		Sondaj Kotu: 870 m	YASS: 90.70 m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
64	100	100	5-25 Geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	~ ~ ~ ~ ~
66	100	64			~ ~ ~ ~ ~
68	75	22			~ ~ ~ ~ ~
70	75	18			~ ~ ~ ~ ~
72	100	60			~ ~ ~ ~ ~
74	100	41			~ ~ ~ ~ ~
76	100	61			~ ~ ~ ~ ~
78	100	62			~ ~ ~ ~ ~
80	72	27			~ ~ ~ ~ ~
82	75	51			~ ~ ~ ~ ~
84	50	13			~ ~ ~ ~ ~
86	50	17			~ ~ ~ ~ ~
88	45	22			~ ~ ~ ~ ~
90	59	12			~ ~ ~ ~ ~
92	45	13	~ ~ ~ ~ ~		
94	73	21	~ ~ ~ ~ ~		
96	75	45	~ ~ ~ ~ ~		
98	70	20	~ ~ ~ ~ ~		
100	52	23	~ ~ ~ ~ ~		
102	38	5	~ ~ ~ ~ ~	Gri-Beyaz Kilitaşı (Hırka Formasyonu)	

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 1					
Sondaj No: SK-6		Sondaj Yeri: Göl Alanı			
Sondaj Derinliği: 150 m		Sondaj Kotu: 860 m	YASS: 101.50 m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
2	100		>25 Çok geçirimli	Gri-Beyaz Kilitaşı (Sarıağıl Formasyonu)	=====
4	100				=====
6	100				=====
8	100				=====
10	100				=====
12	100				=====
14	100				=====
16	100				=====
18	50				=====
20	50				=====
22	75				=====
24	50				=====
26	75				=====
28	75				=====
30	50				=====
32	83				=====
34	78				=====
36	75				=====
38	100		=====		
40	100		=====		
42	65		=====		
44	60		5-25 Geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
46	50	26			+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
48	75	15			+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
50	50	12			+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
52	50	12			+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
54	50				+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
56	50				+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
58	50	44			+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
60	45	10			+ x - x - x - x - x - x - x - x - x
62	45	14	+ x - x - x - x - x - x - x - x - x		

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 3					
Sondaj No: SK-6		Sondaj Yeri: Göl Alanı			
Sondaj Derinliği: 150 m		Sondaj Kotu: 860 m		YASS: 101.50 m	
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
126	17		5-25 Geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+
128	20				+
130	36	5			+
132	55	26			+
134	100	21			+
136	100	18			+
138	60	7			+
140	70				+
142	90	25			+
144	75	15			+
146	100	12			+
148	50				+
150	60	20			+

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 1					
Sondaj No: SK-7		Sondaj Yeri: Göl Alanı			
Sondaj Derinliği: 100 m		Sondaj Kotu: 860 m	YASS: 74.20 m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
2	100		>25	Gri-Beyaz Kilitaşı (Sarıağıl Formasyonu)	==
4	100				==
6	100				==
8	100	89	5-25 Geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	+
10	100	90			+
12	100	87			+
14	100	84			+
16	100	75			+
18	100	47			+
20	100	37			+
22	100	30			+
24	100	42			+
26	100	90			+
28	50	45			+
30	50	72			+
32	100	97			+
34	50	75			+
36	100	97			+
38	100	75			+
40	100	70			+
42	100	79			+
44	56	20			+
46	100	51			+
48	45	10			+
50	100	60			+
52	50	18			+
54	75	25			+
56	60	6			+
58	65	38	+		
60	50	10	+		
62	58	17	+		

EK 3 Jeoteknik amaçlı sondajlara ait loglar (devam)

Sy: 2					
Sondaj No: SK-7		Sondaj Yeri: Göl Alanı			
Sondaj Derinliği: 100 m		Sondaj Kotu: 860 m	YASS: 74.20 m		
Derinlik (m)	Kaya Özellikleri		Lugeon	Kaya Tanımlaması	Litoloji
	TCR (%)	RQD (%)			
64	62	24	5-25 Geçirimli	Açık sarı renkli Litik tuf (Hırka Formasyonu)	~ ~ ~ ~ ~
66	55	14			~ ~ ~ ~ ~
68	50	6			~ ~ ~ ~ ~
70	50	15			~ ~ ~ ~ ~
72	63	36			~ ~ ~ ~ ~
74	70	31			~ ~ ~ ~ ~
76	79	75			~ ~ ~ ~ ~
78	61	47			~ ~ ~ ~ ~
80	67	15			~ ~ ~ ~ ~
82	60	27			~ ~ ~ ~ ~
84	100	39			~ ~ ~ ~ ~
86	70	12			~ ~ ~ ~ ~
88	73	18			~ ~ ~ ~ ~
90	73	39			~ ~ ~ ~ ~
92	100	27			~ ~ ~ ~ ~
94	100	50			~ ~ ~ ~ ~
96	100	77			~ ~ ~ ~ ~
98	50	24	~ ~ ~ ~ ~		
100	100	12	~ ~ ~ ~ ~		

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Recep TEMİZ

Doğum Yeri : Fertek-Niğde

Doğum Tarihi : 01.07.1981

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Denizli Lisesi (1998)

Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2004)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı (2011)

Halen Karayolları Genel Müdürlüğünde Jeoloji Mühendisi olarak çalışmaktadır.