KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇAYIRÖZÜ (MERKEZ-BAYBURT) GÖLET YERİNİN JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Sinan ASLANBAY

TEMMUZ 2014

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇAYIRÖZÜ (MERKEZ-BAYBURT) GÖLET YERİNİN JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Sinan ASLANBAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23.05.2014
Tezin Savunma Tarihi : 09.07.2014

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP

Trabzon 2014

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında

Sinan ASLANBAY tarafından hazırlanan

ÇAYIRÖZÜ (MERKEZ-BAYBURT) GÖLET YERİNİN

JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 17 / 06 / 2014 gün ve 1558/06 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : **Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP**

Üye : **Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY**

Üye : **Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN**

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

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

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

Laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen DSİ XXII. Bölge Müdürlüğü labaratuvar çalışanlarına teşekkürü borç bilirim.

Bununla birlikte çalışmanın birçok aşamasında yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY'a, DSİ XXII. Bölge Müdürlüğü'nde çalışan Jeoloji Mühendisi Güven Köksal KUTLU'ya, Jeoloji Mühendisi Kadir DURSUN'a, Jeoloji Mühendisi Songül CEVAHİR'e, arazi çalışmalarımda yanımda olan Yener YILMAZ'a ve diğer arkadaşlarıma içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sırasında göstermiş olduğu maddi, manevi her türlü fedakârlığı için, babama, annem ve kardeşlerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Sinan ASLANBAY

Trabzon 2014

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Çayırözü (Merkez-Bayburt) Gölet Yerinin Jeoteknik Açıdan İncelenmesi" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/07/2014

Sinan ASLANBAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ IV
TEZ BEYANNAMESİ V
İÇİNDEKİLER VI
ÖZET IX
SUMMARY X
ŞEKİLLER DİZİNİ XI
TABLOLAR DİZİNİ XIII
SEMBOLLER DİZİNİ XIV
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 1
1.2. Çalışmanın Amacı 1
1.3. Çalışma Alanının Konumu ve Ulaşım Yeri 2
1.4. Morfoloji 3
1.5. İklim 4
1.6. Önceki Çalışmalar 4
1.7. Çalışmanın Alanı ve Çevresinin Depremselliği 6
1.8. Çayırözü Göletinin Çalışma Alanı Özellikleri 7
1.9. Bölgesel Jeoloji1i 8
1.10. Barajlar ve Göletler (Küçük Baraj) 9
1.10.1. Barajlar 10
1.10.1.1. Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma 10
1.10.1.2. Yüksekliklerine Göre Sınıflandırma 10
1.10.1.3. Yapılış Amaçlarına Göre sınıflandırma 11
1.10.1.4. Düzenleme Devresine ve Hidrolik Özelliğine Göre Sınıflandırma 11
1.10.1.5. Gövde Yapısında Kullanılan Malzemeye Göre Sınıflandırma 11
1.10.1.5.1. Dolgu Barajlar 11
1.10.1.5.1.1. Kil Çekirdekli Dolgu Barajlar 12
1.10.1.5.1.1.1. Homojen Dolgu Barajlar 12
1.10.1.5.1.1.2. Zonlu Dolgu Barajlar 13
1.10.1.5.1.1.2.1. Kum-Çakıl Dolgu (Yarı Geçirimli veya Geçirimli) Barajlar 14
1.10.1.5.1.1.2.2. Kaya Dolgu Barajlar 14

1.10.1.5.1.1.2.3. Karışık Zonlu (Kompozit) Dolgu Barajlar 15
1.10.1.5.1.2. Asfalt Çekirdekli Zonlu Dolgu Barajlar 16
1.10.1.5.1.3. Memba Şevi Geçirimsiz Kaplamalı Zonlu Dolgu Barajlar 17
1.10.1.5.1.3.1. Önyüzü Asfalt Kaplamalı Zonlu Dolgu Barajlar 17
1.10.1.5.1.3.2. Önyüzü Beton Kaplamalı Zonlu Dolgu Barajlar 18
1.10.1.5.1.3.3. Önyüzü Jeomembran Kaplamalı Zonlu Dolgu Barajlar 19
1.10.1.5.2. Beton Barajlar 20
1.10.1.5.2.1. Beton Ağırlık Barajlar 20
1.10.1.5.2.1.1. Dolu Gövdeli Beton Ağırlık Barajlar 21
1.10.1.5.2.1.2. Payandalı ve Boşluklu Beton Ağırlık barajlar 21
1.10.1.5.2.1.3. Silindirle Sıkıştırılmış Beton Ağırlık Barajlar (RCC) 22
1.10.1.5.2.2. Beton Kemer Barajlar 23
1.10.1.5.2.2.1. Kemer Ağırlık Gövdeli Baraj 24
1.10.1.5.2.2.2. Basit Silindirik Gövdeli Beton Kemer Baraj 25
1.10.1.5.2.2.3. Çift Eğrilikli Gövdeli Beton Kemer Baraj 25
1.10.1.5.3. Karma Tipte Barajlar 26
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 27
2.1. Stratigrafik Jeoloji 27
2.1.1. 1/25 000 Ölçekli Jeoloji Haritanın Hazırlanması 27
2.1.2. Kabaköy Formasyonu (Tek) 27
2.2. Yapısal Jeoloji 31
3. BULGULAR 32
3.1. Arazi Çalışmaları 32
3.1.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) 32
3.1.2. Presiyometre Deneyi (PMT) 34
3.1.3. Kaya Kalite Göstergesi (RQD %) 39
3.1.4. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Sıklığı 41
3.1.5. Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı 42
3.1.6. Göl Alanının Geçirimliliği 45
3.1.6.1. Geçirgenlik Katsayısı (Permeabilite) 45
3.1.6.2. Lugeon Basınçlı Su Deneyi (BST) 46
3.1.7. Gölet Yerinin Duraylılığı ve Yapı Temel Durumu 48
3.1.8. Baraj Yapımında Kullanılacak Doğal Malzeme Seçimi 50
3.2. Laboratuvar Çalışmaları 51
3.2.1. Zemin Mekaniği Deneyleri 51

3.2.1.1. Elek Analizi 52
3.2.1.2. Atterberg (kıvam) Limitleri 53
3.2.2. Kaya Mekaniği Deneyleri 55
3.2.2.1. Birim Hacim Ağırlık 56
3.2.2.2. Tek Eksenli Sıkışma (Basınç) Dayanımı Deneyi 56
3.2.2.3. Üç Eksenli Basınç (Sıkışma) Deneyi 60
3.2.2.4. Nokta Yükleme Deneyi 61
3.2.2.5. Elastisite Modülü (Young Modülü) 63
3.2.2.6. Poisson Oranı 64
3.3. Diğer Yapı Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi 65
3.3.1. Derivasyon Kondüvisi 65
3.3.2. Dolusavak 66
3.3.3. Batardo 66
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 67
5. KAYNAKLAR 69
6. EKLER 74
ÖZGEÇMİŞ

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ÇAYIRÖZÜ (MERKEZ-BAYBURT) GÖLET GÜZERGAHININ JEOTEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Sinan ASLANBAY

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP
2014, 73 Sayfa, 31 Ek Sayfa

Bu çalışmada Çoruh Havzası'nda bulunan Çayırözü Göleti gövdesinin oturacağı kaya kütlelerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda süreksizlik özellikleri arazi çalışmalarıyla belirlenmiş, sondaj karotlarından alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiş, tüm bu veriler ışığında gölet yeri kaya kütlesinin dayanımı, taşıma gücü, stabilitesi gibi jeoteknik özellikleri araştırılmıştır. Çalışma alanında Kabaköy Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar yüzeylenme vermektedir. Çalışma alanındaki jeoteknik birimleri tanımlamak, yanal ve düşey devamlılıklarını belirlemek yeraltı çalışmaları (sondaj) gerçekleştirilmiş ve bu alanının haritası hazırlanmıştır. Kaya ortamının geçirimliliğini belirlemek amacıyla basınçlı su deneyleri uygulanmıştır. Süreksizliklerin özelliklerini belirlemek amacıyla süreksizlik ara uzaklığı, açıklığı, pürüzlülüğü, bozunma derecesi, devamlılığı gibi parametreler belirlenmiştir. Jeoteknik birimdeki kaya malzemesinin fiziksel ve dayanım özelliklerini belirlemek için araziden alınan bloklar ve sondaj karotları üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri RMR sistemi ile kullanılarak belirlenmiştir. Gölet yeri kaya birimlerinde andezitte ortalama %40 RQD değerleri bulunmuştur. Gölet ve yapılarının temel derinliklerine göre hesaplanan yapı temelleri altındaki zemin emniyet gerilmeleri q_{zem}: 2.38-27.72 kg/cm^2 arasında hesaplanmıştır. Oturma değerleri S: 0.01-2.45 cm arasında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çayırözü Göleti, Jeoteknik, Taşıma gücü.

High Thesis

SUMMARY

THE GEOTECHNICAL INVESTIGATION OF THE ÇAYIRÖZÜ (CENTER-BAYBURT) DAM ALIGNMENT

Sinan ASLANBAY

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP
2014, 73 Pages, 31 Pages Appendix

In this study, geological and geotechnical properties of the rock masses outcropping at Çayırözü pond in Çoruh basin were investigated. On this subject, properties of the discontinuities were identified by the field researches, in consequence of experiments on the samples collected from the boreholes, the physical and the mechanical properties of the intact rocks were determined. As a result of all these data, geotechnical properties such as rock mass strength, bearing capacity and stability of rock masses were investigated, herby injection depths to be applied all along the dam axial were calculated by finite element seepage analysis programme. The geological units in the studied Kabaköy Formation and Quternary alluvium.Surface studies were conducted for description of vertical and horizontal homogeneity of geotechnical units in the site, and map was prepared. Lugeon tests were applied for determination of seepage. In the field, scan-line surveys on natural rock exposures were performed and the quantitative description of discontinuities was conducted. In the laboratory studies, physical and strength properties were determined on the samples collected from the boreholes and rock blocks. Engineering properties of rock masses were performed with the RMR system. Andesitic rock in the pond in place RQD values were approximately 40%. Pond depth calculated according to the basic structure and the ground under the foundations of building allowable stresses between q_{zem}: 2.38-27.72 kg/cm^2 was calculated. Living the values it has been found between 0.01 to 2.45 cm.

Key Words: Çayırözü Pond, Jeotechnic, Bearing capacity.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası 2

Şekil 1.2. Çalışma alanının Türkiye Deprem Bölgesi Haritası'ndaki konumu 6

Şekil 1.3. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri 8

Şekil 1.4. Barajların genel görünümü ve gövde yapısında bulunan yapılar 9

Şekil 1.5. Kil çekirdekli barajların genel görünümü ve gövde yapısı 12

Şekil 1.6. Homojen baraj tip enkesiti ve riprap koruması 13

Şekil 1.7. Karışık zonlu baraj örnek enkesit 15

Şekil 1.8. Merkezi asfalt çekirdekli dolgu barajda dolgu çalışması 16

Şekil 1.9. Memba şevi asfalt kaplamalı dolgu barajlarda asfalt döküm çalışması 17

Şekil 1.10. Önyüzü beton kaplamalı baraj tip kesiti ve genel görünümü 18

Şekil 1.11. Önyüzü jeomembran kaplamalı barajda jeomembranın kullanımı 19

Şekil 1.12. Beton ağırlık baraj örneği ve tip kesiti 20

Şekil 1.13. Payandalı beton ağırlık baraj örneği ve tip kesiti 21

Şekil 1.14. Silindirle sıkıştırılmış beton ağırlık baraj örnekleri 22

Şekil 1.15. Kemer gövdeli beton ağırlık baraj örneği 24

Şekil 1.16. Çift eğrilikli beton ağırlık barajları 25

Şekil 1.17. Karma tipte beton ağırlık barajına örnek bir gösterim 26

Şekil 2.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti 30

Şekil 2.2. Gölet gövdesinin oturacağı alanın görünümü 30

Şekil 3.1. Standart penetrasyon deneyi düzeneği 32

Şekil 3.2. Süreksizlik kavramlarını tanımlayan şematik kesit 41

Şekil 3.3. Lugeon basınçlı su deneyi düzeneği 46

Şekil 3.4. Doğal yapı malzeme alanları harıtası 50

Şekil 3.5. Tek eksenli basınç presi 56

Şekil 3.6. Basınç altındanki numunenin grafiksel olarak gösterimi. 57

Şekil 3.7. Tek eksenli basınç değerleri ile RQD değerleri ve katsayısı grafiği 59

Şekil 3.8. Üç eksenli deney hücresinin şematik görünümü ve parçaları 61

Şekil 3.9. Nokta yükleme deney aleti 62
Şekil 3.10. Elastisite modülü 63
Şekil 3.11. Gerilme-birim deformasyon eğrileri elastisite modülü ve poisson oranı 64

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Gölete ait çalışma alanı bilgileri 7
Tablo 1.2. Kemer barajların kalınlıklarına göre sınıflandırılaması 23
Tablo 3.1. Standart penetrasyon (SPT) deneyi bilgileri 33
Tablo 3.2. Presiyometre deneyi (PMT) bilgileri 38
Tablo 3.3. RQD sınıflaması (Deere, 1964) 40
Tablo 3.4. Süreksizlik aralığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981) 41
Tablo 3.5. Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ile ilgili sınıflama 43
Tablo 3.6. Kayaç malzemesinin bozunma derecesiyle ile ilgili sınıflama 43
Tablo 3.7. Litoloji, karot verimi, RQD, süreksizlik sıklığı ve ayrışma derecesi bilgileri 44
Tablo 3.8. Lugeon Geçirimlilik değerleri 46
Tablo 3.9. Gölet yeri araştırma sondajları ve geçirimlilik bilgileri 47
Tablo 3.10. Taşıma gücü, zemin emniyet gerilmesi ve oturma değerleri 49
Tablo 3.11. Zemin mekaniği laboratuvar deney sonuçları 51
Tablo 3.12. Kaya mekaniği laboratuvar deney sonuçları 55
Tablo 3.13. İzin erilebilir taşıma gücü 60

SEMBOLLER DİZİNİ

A : Görünür süreksizlik aralığı

A : Silindirik örneğin kesit alanı

c : Kohezyon

C_r : Süreklilik katsayısı

C_u : Uniformluk katsayısı

CI : Kıvam indisi

D : Karot çapı

D_e : Çapsal deneylerde karotun çapı

e : Boşluk oranı

E_A : Deviatorik etki bölgesine karşılık gelen eşdeğer

E_B : Hacimsel etki bölgesine karşılık gelen eşdeğer

E_m : Elastisite modülü

F : Emniyet faktörü

FF : Süreksizlik sıklığı

F_{max} : Yenilme anındaki yük

G : Kesme modülü

Gs : Tanelerin özgül ağırlıkları

GSI : Jeolojik Dayanım İndeksi

Gt : t zamanına kadar oluşacak biyogaz hacmi

G_w : Suyun özgül yoğunluğu

I_b : Süreksizlik sıklığının hacimsel ifadesi

I_s : Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi

I_2 : Nokta yükü dayanımı

i : Hidrolik eğim

K : Temel tipi, şekli, derinliği ve zemin türüne bağlı katsayı

l : Basınç uygulanan kısmın uzunluğu

L : Lugeon birimi

LL : Likit limit

Ln : Gözlenen her bir eklem setine dik yönde seçilmiş ölçüm hattının uzunluğu

m_b : Kırıksız kaya için malzeme sabiti

Ms : Kütle direnci sayısı

n : Porozite

N : Ölçüm hattını kesen süreksizliklerin sayısı

Nn : Her bir eklem seti için ölçüm hattı boyunca sayılan süreksizliklerin sayısı

Nr : İncelenen alandaki rasgele gelişmiş süreksizlik sayısı

ÖSK : Ölçülü stratigrafik kesit

P : Net taşıma gücü

PI : Plastisite indisi

P_o : Yatay içsel basınç

PL : Plastik limit

P_{Le} : Eşdeğer limit basınç

PrT : Presiyometre deneyi

P_{L1} : +R +3R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması

P_{L2} : +R -R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması

P_{L3} : -R -3R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması

R : Temel yarıçapı

R_o : Röper çapı (cm)

Q : Deney kademesine pompalanan su miktarı

qu : Zemin taşıma gücü

q_o : Zeminin temel seviyesindeki düşey içsel basınç

RMR : Kaya Kütlesi Puanlaması

R_w : Bozunma sınıflaması yapılan süreksizlik yüzeyinin schmith geri tepme sayısı

RQD : Kaya kalite göstergesi

S : Gerçek süreksizlik aralığı

SCR : Sağlam karot verimi

Si : Her bir süreksizlik takımı için ara uzaklık

ss : Standart sapma değeri

Sso : Standart sapma oranı

TCR : Toplam karot verimi

W : Su içeriği

W1 : Bozunmamış kaya

W2 : Az bozunmuş kaya

W3 : Orta derecede bozunmuş kaya

W4 : Tamamen Bozunmuş kaya

W5 : Artık zemin

W_c : Bozunma katsayısı

w_d : Doygun ağırlık

w_k : Kuru ağırlık

wn : Zeminin doğal su muhtevası

X : Ortalama süreksizlik aralığı

β : Süreksizlik gerçek eğim açısı

σ_c : Tek eksenli sıkışma dayanımı

σ_{cd} : D çapında bir örneğin sıkışma dayanım

σ1 : Eksenel gerilim

σ_{ci} : Kırıksız kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı

$\sigma_1^{'}$: Majör efektif asal gerilme

$\sigma_3^{'}$: Minör efektif asal gerilmeler

α : Ölçüm hattı ile süreksizlik doğrultusu arasındaki açı

λ : 1 m uzunluktaki ölçüm hattını kesen ortalama çatlak sayısı

α_j : Süreksizlik eğim yönü

α_s : Şev eğim yönü

γ : Birim hacim ağırlık

Ø : İçsel sürtünme açısı

ρ : Yoğunluk

υ : Poisson oranı

δ : Şev ve süreksizlik yüzeyinin doğrultusu arasındaki açı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Su, hem Türkiye'de hem de dünya'da son derece değerli ekonomik ve stratejik bir kaynaktır. Tabii hayatın devamı için zaruri bir ihtiyaç olan suyun sürdürülebilir olması ve yönetilmesi şarttır. Bu sebepten dolayı su kaynaklarının tahsisinde, kullanılmasında ve korunmasında planlı ve programlı bir şekilde çalışılmalıdır. Ayrıca su talebinin sürekli olarak karşılanabilmesi için suyun akarsular üzerinde kurulan barajlar ve göletlerle depolanması ve programlı bir şekilde hizmete sunulması gerekmektedir. Barajlar ve göletler Türkiye'nin en önde gelen alt yapı yatırımlarından olup içme ve kullanma suyu, sulama, sanayide faydalanma, taşkın ve sel kontrolü, enerji üretimi, balıkçılık, yaban hayatı ve diğer çevresel gayelere yönelik önemli hizmetler sunmaktadır.

Dünya Doğayı Koruma Vakfı'na göre (2006), 1.000 m^3 kişi/yıl miktarından daha az kullanılabilir suyu olan ülkeler "su fakiri" olarak, 2.000 m^3 ten az suyu olan ülkeler "su stresi" ve 8.000-10.000 m^3 ten fazla suyu olan ülkeler "su zengini" olarak sınıflandırılmaktadır. Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m^3 civarındadır. Sanıldığı gibi Türkiye su zengini bir ülke değildir. Bu sebeple Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada ülkemizin kuzeydoğusunda Doğu Karadeniz Bölümündeki Bayburt ili Çayırözü köyünde bulunan Çayırözü göletinin; Gölet aks(bent) yeri ve göl rezarvuar alanı mühendislik jeolojisi durum değerlendirilmesi yapılmıştır. Baraj aks yeri ve göl alanında yapılmış olan sondajlardan temin edilen karot örnekleri üzerinde laboratuar deneyleri yapılarak, kayaç malzemesine ait indeks ve dayanım özellikleri, arazi çalışmalarında ise kaya kütlesinin mühendislik özellikleri belirlenerek, bu verilere dayanarak sulama göletinin oturacağı kaya kütlelerinin taşıma gücü ve oturma hesabı belirlenmiştir.

1.3. Çalışma Alanının Konumu ve Ulaşım Yeri

Çalışma alanı ülkemizin kuzeydoğusunda, Karadeniz bölgesinin Doğu Karadeniz bölümünde; Doğusunda Erzurum, Gümüşhane, kuzeyinde Trabzon ve Rize, güneyinde Erzincan illeri ile çevrili Bayburt iline bağlı Çayırözü köyünün 3 km kuzeybatısında (Şekil 1.1.) Çoruh Nehri üzerinde Deynelin deresi üzerinde ve denizden 1550 m yükseklikte yer alır.



Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.

1.4. Morfoloji

Bayburt ve çevresi yeryüzü şekilleri bakımından genel olarak üç bölümden oluşmaktadır. Birincisi; sahanın batı yarısını oluşturan Bayburt ovası, ikincisi ise akarsuların oluşturduğu vadiler ve üçüncüsünü de yörenin etrafını çevreleyen ve doğu yarısında yer tutan dağlık alanlardır.

Ovalar: Yaklaşık olarak 900 km^2' yi bulan Bayburt ovası, esas itibariyle dört bölümden oluşmaktadır. Güneydoğu bölümünü oluşturan Keçevi düzü, batı kesiminde yer alan Mormuş düzlüğü, üçüncü bölümü oluşturan Aydıntepe ovası kuzeyde yer alır. Dördüncüsü ise kuzeydoğuda, Değirmencik suyu ile Çoruh nehrinin birleştiği kesimde, Bayburt şehrinin kuzeyinde yer alan Düzeker ovasıdır. Bu oba düzlüklerin kuzey ve güneyinde yer alan birikinti yelpazeleri üzerinde yerleşme merkezleri ve bilhassa köyler kurulmuştur.

Dağlar: Dağlık alanlar Bayburt ilinin %45'ini oluşturmaktadır. Bayburt Ovası'nın etrafında sahanın doğu yarısında dağlık alanlar yer almakta ve ovanın kuzeyinde ve güneyinde yüksek sıradağlar bulunmaktadır. Güneyde yer alan dağların başlıcaları; batıdan doğuya doğru Pulur, Otlukbeli, Saruhan, Çoşan, Kop ve Çavuşkıran dağlarıdır. Kuzey kesimindeki dağlar; ,batıdan doğuya doğru Zülfe, Kemer, Soğanlı, Haldizen, Kırklar dağlarıdır. Çoruh nehrinin çizmiş olduğu yayın orta bölümünde, nispeten yüksek tepeler Kaledere tepesi, ziyaret tepesi yer alır.

Yaylalar: Bayburt ili coğrafi konumuyla, ülke genelinde fazlaca yaylaya sahip illerden biridir. Bunlardan bazıları Aydıntepe, Akbulut, Cumavank, Otlukbeli, Yazyurdu, Yoncalı, Tohnovi, Çtavdar, Somarova, Karakay, Menge, Seydiyakup, Gökçedere, Dumlu, Şur, Eser, Çukur, Ardıçgözü, Armutlu, Göloba, Çençül ve Kop yaylaları.

Akarsular: İlin ve ülkemizin en önemli su kaynaklarından biri olan Çoruh nehri Kaynağını Mescit dağlarından(3239 m) alarak il sınırlarına güney doğudan girmektedir. Çoruh nehri Değirmencik suyunu aldıktan sonra suları çoğalır ve dirsek yaparak doğuya yönelir. Daha sonra nehir dar ve derin olan Çoruh vadisine girer ve batı doğu doğrultusunda akışına devam ederek eli terk eder.

Göller: Bayburt ili gölleri genelde krater gölleri olup, Soğanlı Dağları üzerinde yer almaktadır. Bunlardan bazıları Haldizen (Balıklı Göl), Göloba (Atlı Göl).

1.5. İklim

Bayburt'ta doğu Karadeniz iklimi ile Doğu Anadolu iklimi arasında karasal özellikleri ağır basan bir geçiş iklimi hüküm sürmektedir. Bu nedenle yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Ancak, gerek ortalama yüksekliğin azlığı gerekse vadiler sisteminin oluşturduğu ''Mikroklima'' sayesinde Doğu Anadolu'ya göre iklim yumuşaktır. Yaz günleri genellikle Mayıs-Eylül ayları arasında kendini göstermektedir. Bayburt Meteoroloji İstasyonunun 1954-2013 yılları arasındaki verilere göre; Bayburt'ta yağışlı günler 102, ortalama yağış 433,4 mm'dir. En yüksek sıcaklık 36,2^{o} C (20.07.1962) ve en düşük sıcaklık -26,2^{o}C (29.01.1964), ortalama ısı ise 7,0^{o}C dir.

1.6. Önceki Çalışmalar

Çayırözü Göleti çalışma alanı için daha önce hazırlanmış jeoloji-jeoteknik ve doğal yapı malzeme raporları bulunmamaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde MTA tarafından genel jeolojik amaçlı çalışmalar da bulunmaktadır.

Ketin (1950, 1951), "Bayburt yöresinin Jeolojisi" başlıklı çalışmasında yörenin 1/100 000 ölçekli haritasını Maden Tetkik Arama Enstitüsü için yapmıştır. Bu çalışmaya göre Liyas yaşlı volkano tortul birimler Paleozoyik yaşlı metamorfikler üzerine transgresif olarak oturmuş olup, bu istifin kalınlığı 2000 metre olarak saptanmıştır. İçerdiği ammonit'lere göre de birime Sinemuriyen-Toarsiyen yaşı verilmiştir. Yine aynı çalışmada yörenin tektoniği iredelenmiş ve Bayburt yöresindeki Kale'ye ait Liyas yaşlı kireçtaşlarının, Üst Kretase yaşlı filişler üzerine itildiği saptanmıştır.

Ağar (1977), "Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) bölgesinin jeolojisi" başlıklı çalışmasında Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı magmatik, tortul ve metamorfik kayaçları ayırt etmiştir. Aynı çalışmada Permo-Karbonifer'de bitki kırıntılı seviyeler tesbit edilerek ilk kez Triyas'ın varlığından söz edilmiştir. Ayrıca volkanik ve magmatik kayaçları oluşturan, yöreyi kıvrımlandırıan çeşitli fazlar ortaya konulmuştur.

Özsayar ve diğ. (1981), "Doğu Pontidler'de Kretase" başlıklı çalışmalarında Doğu Pontidler'in güney zonunda Senomaniyen döneminin, erozyon dönemi olarak geçtiğini belirtmişler ve bu gözleme uymayan tek bilginin Tokat-Reşadiye yöresinde Seymen (1975)'in "Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği" adlı çalışmasında verildiğini açıklamışlardır.

MTA (1992), "Türkiye Diri Fay Haritası" Standart bir yaklaşımla ülke genelindeki diri fayların temel özelliklerini ilk tanımlanmıştır.

Gedik ve diğ., (1995), "Doğu Pontidlerin jeolojik gelişimi" başlıklı çalışmalarında Everek Hanları formasyonu içindeki lösitli bazaltların ve Otukbeli Melanjı'nı üstleyen trakiandezitlerin, Değirmendere Grubu içindeki volkanik kayaçlardan daha yüksek "K" içeriği olduğunu saptayarak yitimin kuzeyden güneye doğru olduğunu işaret etmişlerdir.

Afet İşleri Genel Müdürlüğü (1996), "Türkiyenin Deprem Bölgeleri Harıtası" isimli çalışmada Türkiyenin genen deprem harıtası ortaya konmuştur.

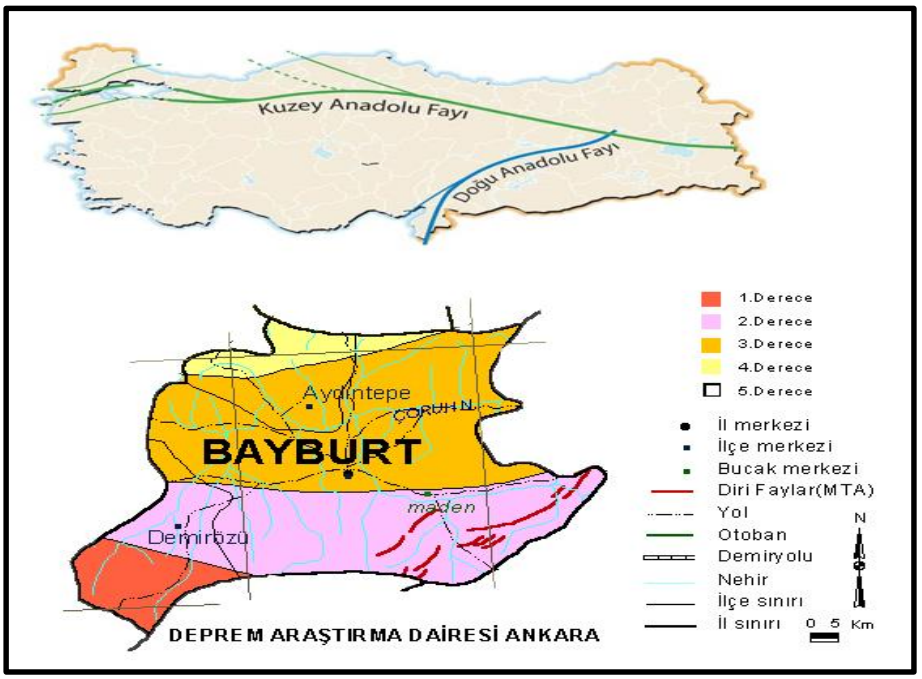
Mercan (2009), " Dağçatı-Gökler (Gümüşhane-Bayburt) Civarının Jeoloji Özellikleri" isimli yüksek lisans tez çalışmasında bölgenin jeolojik özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Su/Yapı Müh. Müh. A.Ş.(2011), "Bayburt Merkez Çayırözü Göleti ve Sulaması Planlama Ara Raporu" Çalışmasında çalışma alanın jeolojisi ve birimlerin dayanım indeksleri belirtilmeye çalışılmıştır.

1.7. Çalışmanın Alanı ve Çevresinin Depremselliği

Türkiye Diri Fay Haritası'na göre, çalışma alanı çevresindeki aktif faylar, güneydoğusundaki Aşkale-Erzurum civarındaki faylar ile güneydeki Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'dır. Bu faylar, Türkiye'nin önemli aktif faylarındandır. Çalışma alanı ve çevresinin diri fay haritası gösterilmiştir (Şekil 1.2.). Bu fayların kuzeyindeki çalışma alanının çevresinde çok seyrek olarak bir kaç deprem oluşmuştur. Ancak, çalışma alanı içerisinde herhangi bir deprem oluşmamıştır.

Çayırözü Göleti yeri ve göl alanı, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca 1996 yılında yayınlanmış ve 5 bölgeye ayrılmış Türkiye'nin 1/1000000 ölçekli Deprem Bölgeleri Haritası'na göre 3. Derecede Deprem Bölgesi içerisinde kalmaktadır (Şekil 1.2.).



Şekil 1.2. Çalışma alanının, 1/1000000 ölçekli Türkiye Deprem Bölgesi Haritasındaki konumu.

1.8. Çayırözü Göletinin Çalışma Alanı Özellikleri

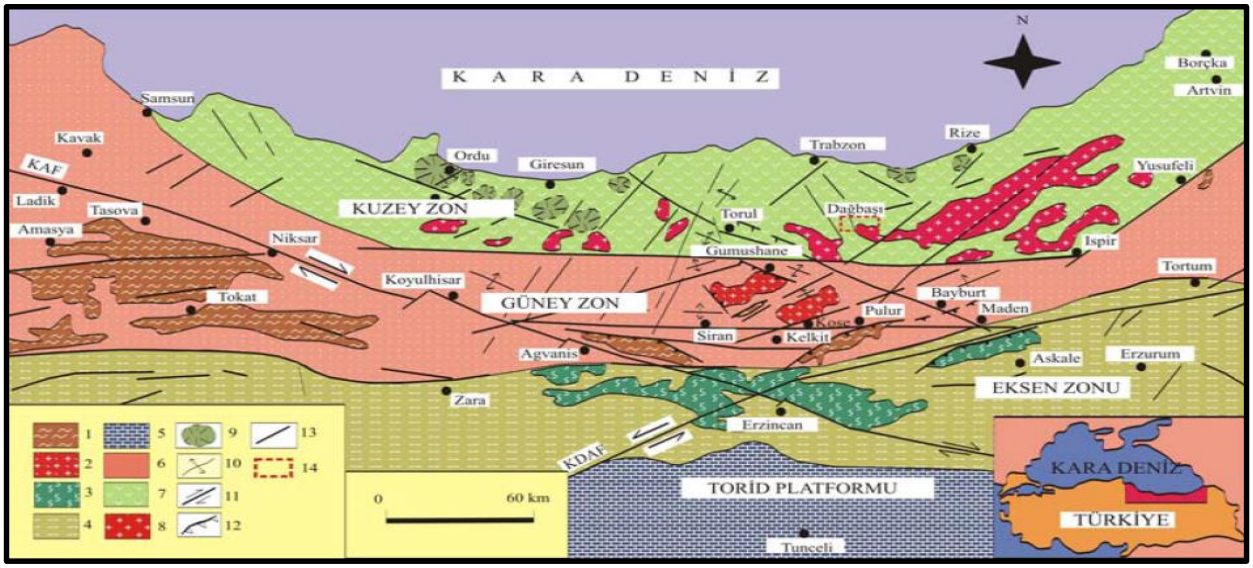
Sulama amaçlı olarak projelendirilen Çayırözü göletinin Rezervuar alanı Max. S.S. = 1607.78 m, N.S.S. 1607.03 m ve Min S.S. 1592.40 m kotlarındadır Gövde tipi kil çekirdekli kaya dolgu olup kret kotu 1609.50 m kotunda, kret uzunluğu 245.00 m ve kret genişliği 10.00 m dir. Gövde yüksekliği talvegten 29.50 m, temelden 35.50 m dir. Çalışma alanı karekteristikleri aşağıda verilmiştir (Tablo 1.1.).

Tablo 1.1 Gölete ait çalışma alanı bilgileri.

GÖLET GÖVDESİ		
Tipi	:	Kil Çekirdekli Kaya Dolgu
Talveg Kotu	:	1580.00 m
Kret Kotu	:	1609.50 m
Talvegten Yüksekliği	:	29.50 m
Temelden Yüksekliği	:	35.50 m
Kret Uzunluğu	:	245.00 m
Kret Genişliği	:	10.00 m
Memba Şevi	:	1/2.5
Mansap Şevi	:	1/2.0
Geçirimsiz Kil Çekirdek Dolgu Hacmi (1 No'lu Zon)	:	72 100 m³
Kaya Dolgu Hacmi (4' No'lu Zon)	:	200 915 m³
Filtre (Fk+Fç) Dolgu Hacmi	:	37 870 m³
Kaya Ufağı (Ku No'lu Zon)	:	47 520 m³
Tuvenan Filtre Hacmi	:	1 900 m³

1.9. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanı ve çevresi Türkiye'nin Pontid Kuşağının doğusunda yer almaktadır. Doğu Pontidler, yapısal ve litolojik özellikler göz önünde bulundurularak Kuzey ve Güney Zon olarak tanımlanan iki ayrı bölgeye ayrılmıştır (Ketin 1966; Gedikoğlu vd.,1 979; Bektaş vd., 1999) (Şekil 1.3.). Bu bölgede Mesozoyik ve Senoyozik birimleri yüzeylenmektedir. Bölgede volkanik, volkano-tortul kayaçlar, karbonatlar, sedimanter arabantlı volkanikler ve granit sokulumlarının olduğu Alt Jura'dan Paleosen sonuna kadar aralıksız devam eden zaman zaman sığlaşan ve zaman zaman derinleşen denizel ortam Paleosen sonunda karasal ortama geçmiş ve Paleosen ve öncesi birimler kıvrımlanmıştır. Bölgedeki karasal ortam Orta Eosen'e kadar sürmüş ve Orta Eosen'de sığ deniz ortamı bölgeye egemen olmuş, bu ortamda volkanik etkinlik ile andezit- bazalt ile tüf-aglomera bölgeye yayılmıştır. Bu volkaniklerin yayılımı sırasında zaman zaman sedimanter kayalar da çökelmiştir. Bölge Orta Eosen sonunda karasal ortama geçmiş ve Orta Eosen ve öncesi birimler kıvrılmıştır. Bölgedeki tektonik etkinlikler ile birimler faylar gelişmiştir. Bölgede Orta Eosen'den bugüne kadar karasal devam etmiştir.



Şekil 1.3. Doğu Pontidler'in başlıca tektonik ve litolojik birlikleri, (Eyüboğlu, Y., Bektaş, O., Seren, A., Nafız, M., Jacoby, W.R., Özer, R., 2006).

1.10. Barajlar ve Göletler (Küçük Baraj)

Barajlar ve göletler, su biriktirmek amacı ile hazne oluşturmak üzere bir akarsu vadisini kapatarak akışı engelleyen yapılardır. Barajların su biriktirme özellikleri yanında, su seviyesi yükseltme ve geniş su yüzeyi meydana getirme gibi önemli fonksiyonları da vardır.

Yüksekliği 15 m.den büyük, gövde hacmi $5x10^5$ m^3'den fazla ve rezervuar hacmi $5x10^6$ m^3 den büyük olan su biriktirme yapılarına "Baraj", bu değerlerden küçük değerli su biriktirme yapılarına ise "Gölet" adı verilir (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. Barajların genel görünümü ve gövde yapısında bulunan yapılar.

1.10.1. Barajlar

Barajlar çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırılma büyüklüklerine, yüksekliklerine, yapılış amaçlarına, fonksiyonlarına ve hidrolojik özelliklerine göre yapılır.

1.10.1.1.Büyüklüklerine Göre Sınıflandırma

Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu (International Commission On Large Dams, ICOLD), temelden yüksekliği 15 m den fazla olan bir barajı büyük baraj olarak tanımlamaktadır. Eğer baraj yüksekliği 10 ile 15 m arasında değişirse ve aşağıdaki şartlardan en az birini sağlarsa böyle bir biriktirme yapısı da büyük baraj olarak sınıflandırılır.

- Kret uzunluğu 500 m den uzun ise,
- Hazne hacmi 1.000.000 m^3'ten büyük ise,
- Taşkın debisi 1000 m^3/s den büyük ise,
- Temel inşaatında özel zorluklar varsa,

Bu kriterlerin dışında kalan ve su toplama amacıyla yapılan barajlara küçük baraj (gölet) denmektedir.

1.10.1.2.Yüksekliklerine Göre Sınıflandırma

- Yüksekliği 100 m'den fazla ise yüksek baraj,
- Yüksekliği 50 ila 100 m arasında ise orta yükseklikte baraj yüksekliği 50 m'den az ise alçak baraj şeklinde sınıflandırılmaktadır.

1.10.1.3.Yapılış Amaçlarına Göre Sınıflandırma

Bir baraj tek veya çok amaçlı olarak planlanır. Tek amaçlı barajlar içme suyu temini, endüstri suyu temini, sulama, hidroelektrik enerji, taşkın kontrolü vb. için yapılırlar. Bunların birkaçını birlikte temin eden baraja çok amaçlı baraj denir.

1.10.1.4. Düzenleme Devresine ve Hidrolik Özelliğine Göre Sınıflandırma

Barajlar; suyun istenilen yöne, örneğin bir kanala veya bir tünele çevirmeye yarayan düzenleme yapmayan çevirme yapıları, üzerinden suyun akmasına izin verilebilen ya da verilemeyen yapılara göre sınıflandırılır.

1.10.1.5. Gövde Yapısında Kullanılan Göre Malzemeye Sınıflandırma

Barajlar gövdenin statik projelendirilmesinde esas alınan gövde şekline göre; dolgu barajlar, beton barajlar, karma tipte barajlar olarak sınıflandırılabildikleri gibi gövde dolgusunda kullanılan malzeme cinsine göre de sınıflandırılabilirler.

1.10.1.5.1. Dolgu Barajlar

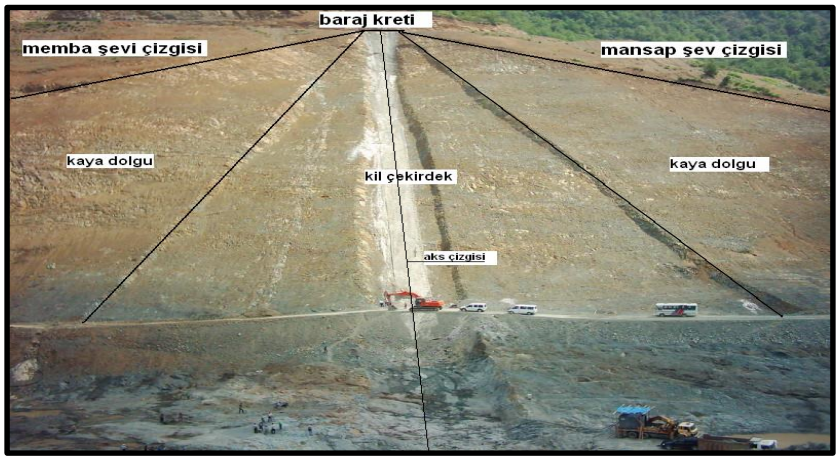
Dolgu Barajlar, gövdelerini kaya, kum-çakıl ve kil gibi doğal malzemelerin oluşturduğu barajlardır.

1.10.1.5.1.1. Kil Çekirdekli Dolgu Barajlar

Geçirimsizliğin baraj gövdesinin merkezinde bulunan geçirimsiz kil dolgu zonu ile sağlandığı dolgu barajlar «Merkezi Kil Çekirdekli Dolgu Barajlar» olarak adlandırılır (Şekil 1.5.).

Gövde mansap eteğini toparlamak için dolgu şevini dikleştirmek, baraj aksındaki olumsuzluklardan kil çekirdek temelini kaçırmak veya kil malzemenin miktarını azaltmak için kil çekirdeğin temelini membaya kaydırmak gerekebilir. Kil çekirdeği bu şekilde tasarlanan Barajlar «Eğik Kil Çekirdekli Dolgu Barajlar» olarak adlandırılırlar.

Kabuk dolgusunda kullanılmak üzere seçilen malzemeye göre «Kil Çekirdekli Dolgu Barajlar» sınıflandırılır.



Şekil 1.5. Kil çekirdekli barajların genel görünümü ve gövde yapısı.

1.10.1.5.1.1.1. Homojen Dolgu Barajlar

Homojen gövdeli baraj, geçirimsiz veya çok az geçirimli, aynı özelliklere sahip tek bir malzemeden oluşmuş, geçirimsizlik fonksiyonuna, şev korumaları hariç, bütün gövdenin katıldığı tipte bir yapıdır (Şekil 1.6.).

Rezervuar uzun süre dolu tutularak malzemenin doygun hale gelmesinden sonra ani boşalmalarda, şevlerin kaymaması için çok yatık şevli tertip edilmeleri gerekir.

Barajın şevlerini korumak için memba şevine Riprap, mansap şevinde koruyucu tabaka kullanılmaktadır.

Riprap ve kabuk dolgusu arasında, kabuk dolgusunun yıkanmasını engellemek için tranzisyon zonu olarak filtre tuvenan malzeme kullanılır.

Çekirdekte oluşabilecek sızıntıların baraj mansabına aktarılması için filtre zonları teşkil edilir.



Şekil 1.6. Homojen baraj riprap koruması.

1.10.1.5.1.1.2. Zonlu Dolgu Barajlar

Zonlu dolgu barajların (kum-çakıl) kabuk zonları kum, çakıl ve benzeri nispeten ince daneli malzemelerden oluşturulmuştur.

Zonlu dolgu barajlarda (kum-çakıl) gövdeler merkezi çekirdekli veya eğik çekirdekli olabilir. Kil çekirdeğin memba ve mansap yüzlerinde kabuk dolgularının belirlediği tipte filtreler öngörülür. Çekirdeğin her iki tarafında çekirdeği destekleyen kabuk dolguları yer almıştır. Eğer merkezi kil çekirdek ince olarak çalışma alanı belirlenmiş ise, mansap şevi biraz daha dik düzenlenebilir.

1.10.1.5.1.1.2.1. Kum-Çakıl Dolgu (Yarı geçirimli veya geçirimli) Barajlar

Kabuk zonları, yarı geçirimli veya geçirimli kum, çakıl ve benzeri nispeten ince daneli malzemelerden oluşturulmuştur.

Geçirimsizlik eğik veya merkezi kil çekirdek ile sağlanır. Kil çekirdeğin memba ve mansap yüzünde kabuk dolguların belirlediği tipte filtreler öngörülür. Çekirdeğin her iki tarafına çekirdeği destekleyen kabuk dolguları yer alır.

1.10.1.5.1.1.2.2. Kaya Dolgu Barajlar

Kaya dolgu tipi gövdelerde, kabuk zonları kaya malzemeden oluşturulmuştur. Bu malzeme taş ocağından veya yapı ile ilgili kazılardan elde edilir. Kaya dolgu barajlarda zonların düzenlenmesi toprak dolgu tipine benzer şekilde yapılır.

Eğer doğal nehir alüvyonu, derinliği fazla ve iri bloklar içeriyor ise kaldırılmayabilir. Alüvyonun fiziksel özelliklerinin, kabuk kaya malzemesinin özelliklerinden daha kötü olması halinde taban kayasına kadar kaldırılmalı ya da diğer temel zemini iyileştirme yöntemleri irdelenmelidir.

Kaya dolgu gövde tipinde kil çekirdeğin mansabında yer alan ince ve kalın filtrelerden sonra, filtrelerin mansap kabuğu kaya dolgusu içerisine geçmemesi için bir geçiş tabakası tertip edilir. Bu zon kaya ufağından oluşturulur.

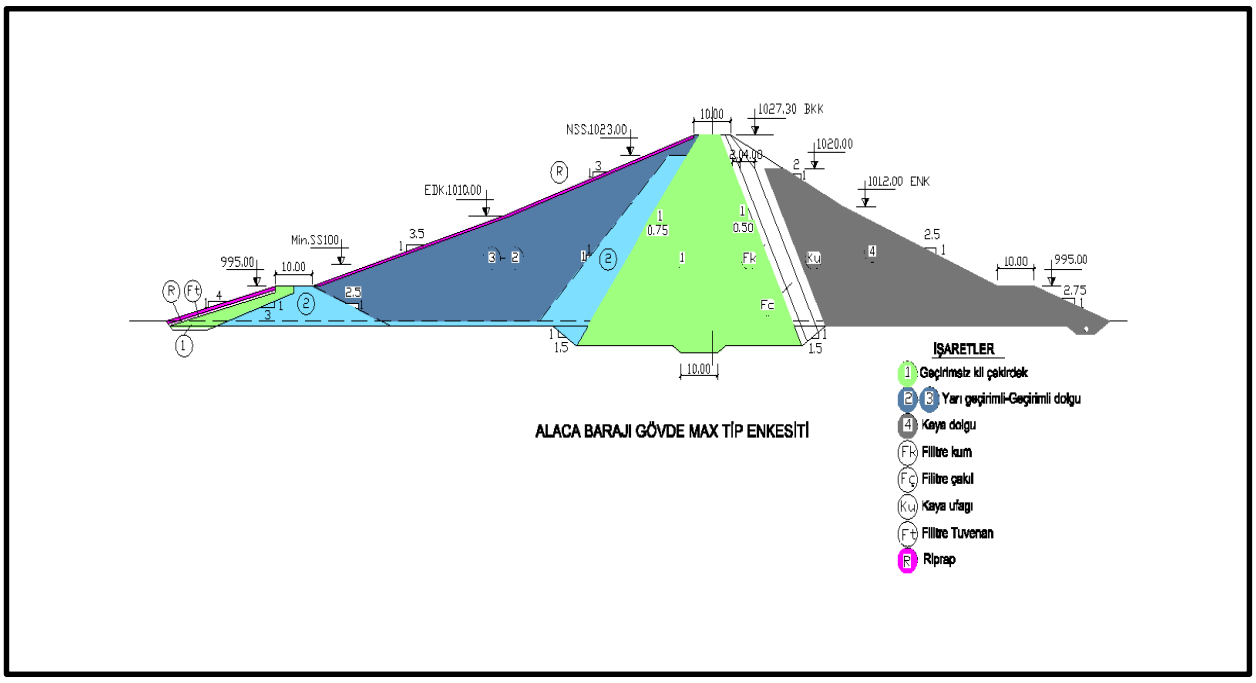
Mansap kabuk dolgusu kaya malzemeden olduğu için şev kaplamasına gerek yoktur. Memba kabuk dolgusu ile memba filtresi arasında yine bir geçiş tabakası öngörülür. Bu geçiş tabakasının görevi, ani boşalmalarda filtrenin kaya dolgu içerisine sürüklenmesini önlemektir.

1.10.1.5.1.1.2.3. Karışık Zonlu (Kompozit) Dolgu Barajlar

Baraj tesislerinde yapılan kazılarda elde edilen uygun malzemelerin ekonomik nedenlerle gövde dolgusunda kullanımını teşvik eder (Şekil 1.7.).

Mevcut malzeme durumuna göre gövde, memba ve mansap kabuk dolguları farklı malzemelerden oluşabilir. Memba kabuğunda minimum su seviyesinin üstünde mümkün mertebe geçirimli malzeme kullanılmalıdır.

Mansap kabuk dolgusunda düşük kalitede ve az geçirimli olan malzeme, kil çekirdeğin bitiminden hemen sonra kullanılmalı, yanına iyi derecelenmiş sağlam malzeme zonu teşkil edilmelidir.



Şekil 1.7. Karışık zonlu baraja örnek bir enkesit.

1.10.1.5.1.2.Asfalt Çekirdekli Zonlu Dolgu Barajlar

Merkezi asfalt çekirdekli dolgu barajlar doğal geçirimsiz malzeme kaynaklarının ekonomik bir uzaklıkta olmadığı, kil malzeme sahalarının çoğu zaman doygun halde olduğu ve iklimsel koşullardan dolayı inşaat mevsiminin kısa olduğu baraj yerlerinde ideal bir baraj tipidir (Şekil 1.8.).

Bu baraj tipinde geçirimsizlik geçirimsiz ana kayaya bağlanan düşey bir asfalt çekirdekle sağlanmaktadır. Tüm gövdede sadece bir tek beton asfalt karışımı kullanılmaktadır. İnşası basit olup ön yüzü asfalt kaplıdaki aşamalı sistemin aksine tek bir yerleştirme ve sıkıştırma işlemi ile kombine çalışan sistemle yapılabilmektedir

Bu baraj tipi genel anlamda ilk yaklaşım olarak aşağıdaki detaylardan ibarettir.

1) Merkezde 90 cm kalınlığında geçirimsiz bir beton asfalt çekirdek.

2) Asfalt çekirdeğin hem memba hem de mansap tarafın da 1-2 m kalınlığında filtre zonları.

3) Kabuk dolgu olarak iyi sıkıştırılmış kaya.



Şekil 1.8. Merkezi asfalt çekirdekli dolgu barajda dolgu çalışması.

1.10.1.5.1.3. Memba Şevi Geçirimsiz Kaplamalı Zonlu Dolgu Barajlar

Bu barajlar iyi istiflenmiş ve sıkıştırılmış kaya veya kum çakıl dolgu gövdenin memba şevi üzerine, geçirimsiz bir malzemenin kaplanması ile oluşturulurlar.

Bu tipteki barajlar geçirimsiz dolgu malzemesinin ekonomik bir uzaklıkta mevcut olmaması veya mevcut olup da iklim şartları, doğanın korunması nedenleri ile kullanılmak istenmemesi hallerinde söz konusu olur (Değerli tarım arazilerinin ve bitki örtüsünün tahrip edilmemesi vs.) Memba geçirimsizlik elemanı asfalt, beton, geomembran vs. malzeme olabilir. Geçirimsiz örtünün gövdenin oturmasından dolayı hasar görmemesi için dolgu ve temeldeki çökmeler çok iyi etüt edilerek hesaplanmalıdır.

1.10.1.5.1.3.1. Önyüzü Asfalt Kaplamalı Zonlu Dolgu Barajlar

Memba şevi asfalt kaplamalı dolgu barajlar prensip bakımından beton kaplamalı gövdelere benzer, fakat asfalt kaplamaları esnekliklerinden dolayı kırılmalara karşı betondan daha fazla tahammül gösterir (Şekil 1.9.).



Şekil 1.9. Memba şevi asfalt kaplamalı dolgu barajlarda asfalt döküm çalışması.

1.10.1.5.1.3.2. Önyüzü Beton Kaplamalı Zonlu Dolgu Barajlar

Memba beton kaplamalı barajlar sağlam temel kayası üzerine veya nehir taban alüvyonunun kalın olması halinde ise alüvyonun karakterine bağlı olarak gerekirse tesviye ve sıkıştırma işlemlerinden sonra alüvyon üzerine oturtulurlar.

Memba geçirimsiz örtüsü, belli bir genişlikte ve kalınlıkta şev üzerinde temelden krete uzanan, beton plaklar ile oluşturulmuştur (Şekil 1.10.).

Beton plaklar dökülmeden, dolgu yükselirken memba dolgu şev yüzeyi püskürtme beton ya da curb yöntemi düzgün hale getirilir. Beton kaplamanın son bulduğu topuk plağı, altındaki temel kayasına ankraj demirleri ile bağlanır.

Geçirimsiz memba kaplaması uygulamalarında kaplama taşıyıcı bir unsur değildir. Geçirimsizlik elemanı olarak görev yapar.



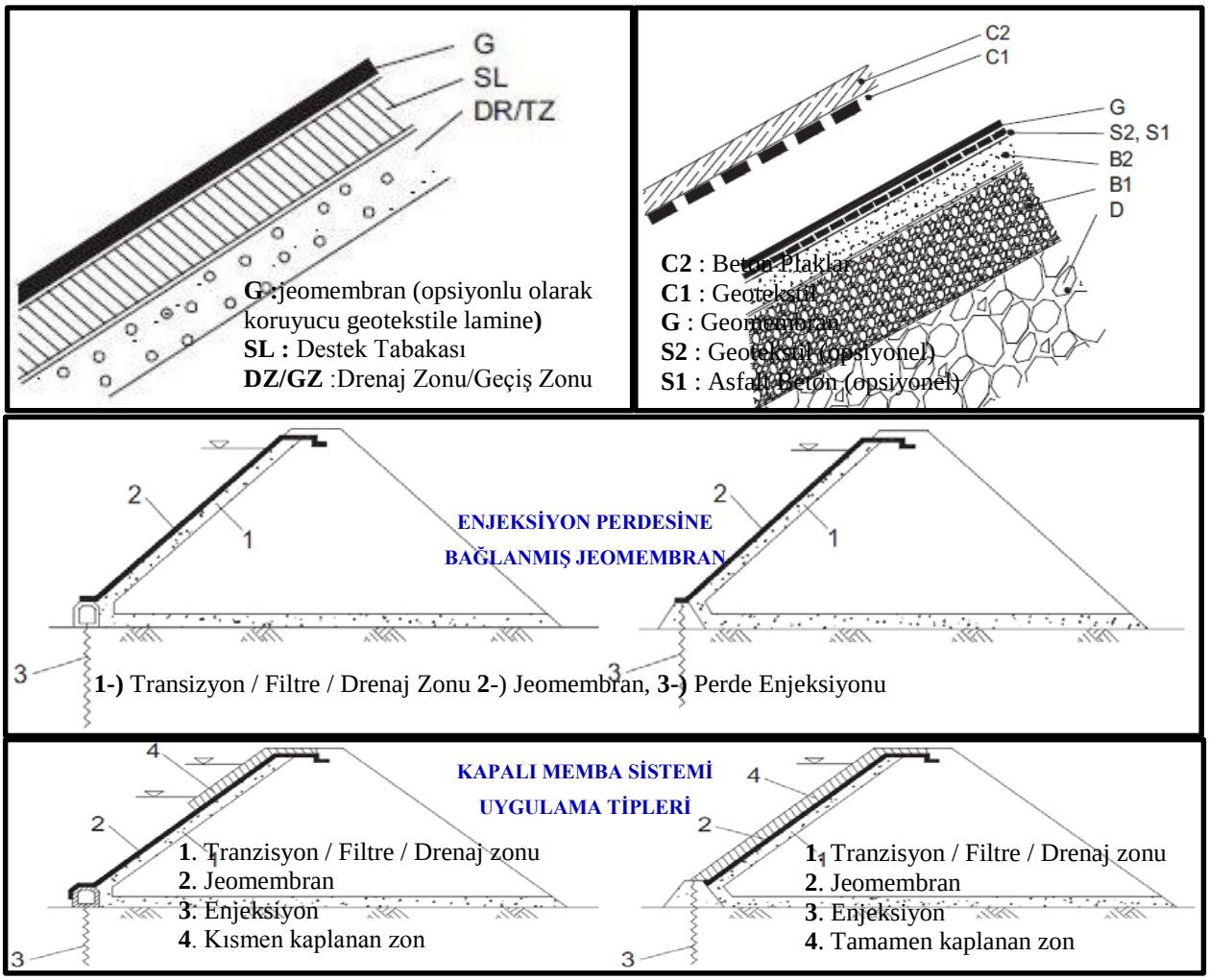
Şekil 1.10. Önyüzü beton kaplamalı baraj tip kesiti ve genel görünümü.

1.10.1.5.1.3.3. Önyüzü Jeomembran Kaplamalı Zonlu Dolgu Barajlar

Jeomembran, doğal geçirimsiz malzemenin bulunmadığı, uygun olmadığı, temininn ekonomik olmadığı veya kullanılmasının zor olduğu durumlarda alternatif olarak değerlendirilmektedir. Jeomembran, geçirimsizlik elamanını oluşturur. Jeomambran geçirimsizlik sistem (GSS) şu tekniklerde uygulanır (Şekil 1.11.).

Merkezi sistem; Geçirimsiz jeomembran tabakasının barajın merkezinde yer aldığı sistem.

Memba sistem; Geçirimsiz jeomembran tabakasının barajın membasında yer aldığı sistem.



Şekil 1.11. Önyüzü jeomembran kaplamalı barajda jeomembranın memba üzerindeki kullanımı.

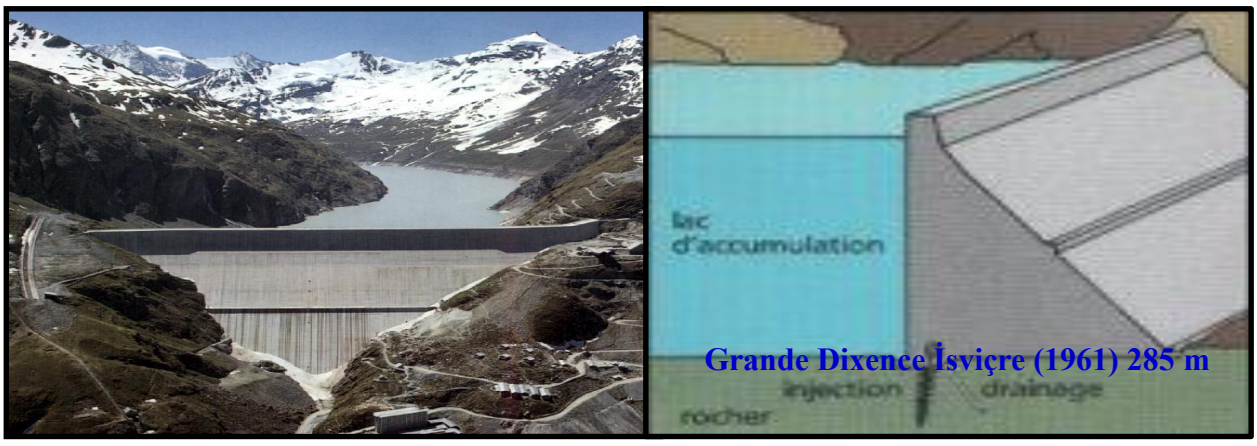
1.10.1.5.2.Beton Barajlar

Beton baraj tipleri genelde sağlam temel ve yamaç koşullarına sahip olan vadilerde tercih edilirler.

1.10.1.5.2.1.Beton Ağırlık Barajlar

Beton ağırlık baraj gövdeleri, başta baraj gölünden kaynaklanan su yükünü ve diğer çeşitli ikincil yükleri kendi ağırlığı ile karşılayarak temele aktaran yapılardır (Şekil 1.12). Beton barajlarda gövdenin tümü ile geçirimsiz olması esastır. Sağlamveya orta sağlamlıktaki kaya temellerde, (U) veya (UV) şeklindeki vadilerde beton ağırlık tipi barajların seçilmesi uygundur.

Beton baraj gövdeleri, gevşek zemin ve ayrışmış kaya kazılıp alındıktan sonra daima yeterli taşıma gücüne sahip sağlam kaya zemin üzerinde inşa edilirler. Beton barajların en önemli avantajı, dolusavak, enerji su alma, dipsavak vs. gibi diğer yapıların gövde üzerinde yer alabilmesidir.



Şekil 1.12. Beton ağırlık baraj örneği ve tip kesiti.

1.10.1.5.2.1.1. Dolu Gövdeli Beton Ağırlık Barajlar

Bu tipteki barajlar gövdenin büyüklüğüne uygun olarak boyutlandırılmış 12 ile 18 metre genişliğinde trapez kesitli beton blokların yan yana getirilmesi sureti ile oluşan barajlardır. Gövde genel olarak doğrusal bir aks üzerine oturur, fakat estetik yönden veya özel bir amaçla aksa kemer formu da verilebilir.

1.10.1.5.2.1.2. Payandalı ve Boşluklu Beton Ağırlık Barajlar barajlar

Bu tip gövdeler, beton ağırlık barajlarının özel şekli olup, hemen hemen aynı statik prensiplere göre çalışır. Beton bir perde ve perdeye mesnet teşkil eden beton payandalardan oluşan baraj tipidir. Payandalar gövdenin memba yüzünü kapatan beton kemer veya perdelere mesnet görevi yaparlar. Payandalar su basıncını temele iletir. Payandalar boş, tek veya iki duvar halinde olur (Şekil 1.13). Dolu gövdeli ağırlık baraj gövdelerine göre kıyasla daha geniş yamaçları yatık ve barajın kayma emniyetini artırmak için memba yüzeyi genellikler 1:1 eğimli olarak yapılır.



Şekil 1.13. Payandalı beton ağırlık baraj örneği ve tip kesiti.

1.10.1.5.2.1.3. Silindirle Sıkıştırılmış Beton Gövdeli Beton Ağırlık Barajlar (RCC)

Silindirle sıkıştırılmış beton barajlar (RCCD-Roller Compacted Concrete Dams); kamyonlarla taşınıp D-4'lerle serilip silindirlerle sıkıştırılabilen, maks.50 mm çapında agrega ve bağlayıcı madde olarak portland çimentosu ve puzzolanların kullanıldığı kaba betondan yapılan barajlardır (Şekil 1.15). İçerdikleri bağlayıcı madde oranına göre düşük çimentolu (Çimento miktarı<99 kg/m^3), orta çimentolu (Çimento miktarı 100-150 kg/m^3) ve yüksek çimentolu (Çimento miktarı>150 kg/m^3) olarak sınıflandırılırlar. Burada kullanılan betonun permeabilitesi 10-8-10-10 cm/s civarındadır.

RCC barajlar; beton ağırlık barajlara oranla % 20-40, kaya dolgu barajlara oranla ise % 5-15 civarında daha ucuzdurlar. Dolayısıyla iyi temel kazısı olan yerlerde RCC her zaman en ucuz metottur. Ucuzluğun yanı sıra yüksek yapım hızı dolu savağın gövde üzerine yerleştirilebilmesi, derivasyon vb. yapıların boylarının kısalması, aşınmaya karşı dayanıklılığı ve uçucu kül gibi atık malzemelerin kullanılması bu tür barajların en önemli tercih nedenleridir. Bu metotta, beton 30 cm lik tabakalar halinde serilir ve 6-8 pas ile sıkıştırılır. Ayda ortalama 10 m yükselerek, 100 m yüksekliğindeki bir barajı 10 ayda bitirmek mümkündür. Memba ve mansap yüzlerinde " slip form " denilen özel bir kayar kalıp sistemiyle yüzey betonu dökülür.



Şekil 1.14. Silindirle sıkıştırılmış beton ağırlık baraj örnekleri.

1.10.1.5.2.2. Beton Kemer Barajlar

Kemer barajlar, memba yönünde verilmiş kemer formundan yararlanarak üzerine gelen yükleri, kemer etkisi ile büyük ölçüde yamaçlara aktaran yapılardır.

Bir vadiye kemer baraj yapılması düşünüldüğünde vadi genişliğinin vadi yüksekliğine oranı L/H=<6'dan küçük olması istenir. Kemer barajlar kalın, ince ve kupolo tipinde olurlar. Kalın tipte, abatmanların sağlam ve basınç dirençlerinin en az 33 kg/cm^2, ince ve kupolo tipte 54–76 kg/cm^2 arasında olması önerilir.

Genel bir sınıflandırma yapılır ise, kemer barajlar aşağıda belirtilen üç tipte çalışma alanılendirilirler.

Kemer barajlar kalınlıklarına göre; Tepe kalınlığının(TC) ve taban kalınlığını (TB) yüksekliğine oranı ile tanımlanabilir (Tablo 1.2.).

Tablo 1.2. Kemer barajların kalınlıklarına göre sınıflandırılaması.

Kemer Baraj Tipi	**TC / H**	**T / B**	**TB / TC**
İnce Kemer	0.025-0.05	0.09-0.25	2.9-5
Orta Kalınlıklı Kemer	0.025-0.05	0.25-0.4	5-10
Kalın Ağırlık Kemer	0.05-0.1	0.5-1	8-15

1.10.1.5.2.2.1. Kemer Ağırlık Gövdeli Baraj

Kemer ağırlık barajları enkesit yönünden ağırlık barajlarına benzer fakat baraj aksı eğrisel olup, mansap yüzü daha dik eğimlidir (Şekil 1.15).

Diğer tipteki kemer barajlara göre, kendi ağırlıkları ile üzerine gelen yüklerin temele aktarılması daha önemli rol oynar.



Şekil 1.15. Kemer gövdeli beton ağırlık baraj örneği

1.10.1.5.2.2.2. Basit Silindirik Gövdeli

Silindirik barajların eksen yarıçapları sabittir. Gövde kalınlığı temelden yukarı doğru azalır.

1.10.1.5.2.2.3. Çift Eğrilikli Gövdeli

Çift eğrilikli kemer barajlarda baraj gövdesine yatay ve düşey yönde eğrilik verilmiştir (Şekil.1.16.)



Şekil 1.16. Çift eğrilikli beton ağırlık barajları.

1.10.1.5.3. Karma Tipte Barajlar

Çoğunlukla dolgu ve beton ağırlık gövde kombinasyonlarından oluşur. Örneğin çok geniş nehir yataklarında dolgu + SSB veya beton baraj birlikte dizayn edilebilir (Şekil 1.17).



Şekil 1.17. Karma tipte beton ağırlık barajına örnek bir gösterim.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Stratigrafik Jeoloji

Gölet alanı ve çevresinde yer alan kaya birimleri litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yer alan birimler yaşlıdan gence doğru Eosen'den Kuvaterner'e kadar olan yaş aralığındadır. Göl alanı ve çevresinde altta Orta Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu (Tek) ile bu formasyon üzerinde uyumsuz olarak yer alan Kuvaterner yaşlı taraça (Qtr), alüvyon (Qal) ve yamaç molozu (Qym) jeolojik birimleri oluşturmaktadırlar.

2.1.1. 1/25 000 Ölçekli Jeoloji Haritanın Hazırlanması

Çalışma alanı Bayburt ili Merkez Çayırözü köyünü ve çevresini kapsamaktadır. İnceleme alanı 1/100 000 ölçekli Trabzon H44 paftası ile 1/25 000 ölçekli Trabzon H44-b1 ve b2 no.lu paftalar içinde kalmaktadır.

İnşa edilecek Gölet gövdesi ve çevresini kapsayan alanın jeoloji haritası hazırlanmıştır. Sonuç olarak, çalışma alanına ait jeoloji haritası ve kesiti hazırlanmıştır (Ek-4-5).

2.1.2. Kabaköy Formasyonu (Tek)

Tipik olarak Kabaköy (Gümüşhane) yöresinde yüzeylenme veren ve genellikle kırıntılı çökellerle başlayıp üst zonlara doğru volkanik karakterde olan volkanotortul istif ilk olarak Güven (1993) tarafından Kabaköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır. İnceleme alanının tamamında yayılım gösteren ve sedimanter arakatkılı andezit, bazalt ve piroklastitlerden oluşan birim Kabaköy Formasyonu ile benzer litolojik ve stratigrafik özellikler gösterdiği için aynı isimle adlandırılmıştır.

Üst Kretase yaşlı birimler üzerinde taban konglomerası ile açısal uyumsuz olarak gelen Kabaköy Formasyonu, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara tabakları içeren masif veya kalın tabakalanmalı bol ojit ve hornblendli, andezit-bazalt lav ve proklastlarının oluşturduğu bir volkano tortul istiftir. Hemikristalin, porfirik dokulu volknitlerde labrodorid, ojit fenokristal ve mikrolitleri bazen cm. boyutlarına ulaşan bol hornblend kristalleri ve az biyotit bulunur. Genellikle koyu renkli olan volkanitlerin tabanındaki sarımsı renkli bol fosilli tortullar bir kılavuz seviye niteliğindedir.

Formasyon gölet yeri ve göl alanı ile çevresinde yaygın olarak yüzeylenmektedir. Önceki çalışmalarda formasyonun Orta Eosen yaşında bölgeye yerleştiği ve stratigrafik kalınlığının 250-500 m arasında olduğu belirlenmiştir. Bu formasyon gölet ve yapı yerlerinin temel kayasını oluşturacak, göl alanın tamamı bu birim üzerinde yer alacaktır (Şekil 2.1). Formasyon içerdiği litolojik seviyelere göre sığ deniz ortamında çökelmiştir. Dere yataklarındaki Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve dar alanlardaki yamaç molozu Kabaköy Formasyonunu açısal uyumsuzlukla örtmektedirler.

Volkanik Kayalar (Tekv): Göl alanı ve çevresinde yaygın olarak görülen bu volkanik kayalar, tüf arabantlı andezit-bazalt lavları (Tekv2) ile kırıntılı volkanikleri oluşturan tüf, aglomera (Tekv1) birimlerinden oluşmuştur.

Andezit-bazalt birimi (Tekv2): Göl alanının kuzeyinde yaygın olup genelde andezit hakim özelliktedir. Bu lav seviyeleri içerisinde yer yer tüf, kumtaşı ve kiltaşı arabantları da görülmekte, yer yer yastık lav ile sütun yapıları içermektedir. Andezitler yeşilimsi, morumsu gri renklidir. Bu birim içerisindeki tüf, kumtaşı ve kiltaşı arabantlarında 30-100 cm arası kalınlıkta tabakalanma gelişmiş ve tabaka yönelimleri KD doğrultulu, genelde 20^o-30^o arası güneydoğu yöne eğimlidir.

Tüf-aglomera birimi (Tekv1): göl alanının güneyinde yaygın olup genelde tüf hakim özelliktedir. Bu volkano-kırıntılı seviyeler içerisinde yer yer andezit-bazalt seviyeleri ile kumtaşı ve kiltaşı arabantları da görülmektedir (Şekil 2.2)

Tüfler yeşilimsi, sarımsıu gri renkli, kiltaşı gri renklidir. Tüf ile tüf içerindeki kiltaşı arabantlarında 30-100 cm arası kalınlıkta tabakalanma gelişmiş ve tabaka yönelimleri KD doğrultulu, genelde 20^o-30^o arası güneydoğu yöne eğimlidir. Bu birimlerdeki ayrışma ve yüzeydeki örtüden dolayı belirgin eklem izlenememiştir.

Sedimanter Kayalar (Teks) : Göl alanının alanının kuzeyinde yaklaşık 100 m kalınlıkta, KD-KB doğrultulu dilimler halinde görülen bu birimler kiltaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Bu birimler içerisinde yer yer volkanik kayalar arabant halinde görülmektedir. Formasyon içerisinde ayrılarak tanımlanmış bu sedimanter birimler genelde göl yapı yerleri dışında yüzeylenmektedir. Göl yapı yerlerinde volkanikler içerisinde arabant şeklinde bulunmaktadır.

Taraça (Qtr) : Bu birim göl alanı ile çevresinde görülmemesine karşın araştırma sondajlarında sağ yakada yamaç molozu altında olduğu belirlenmiştir. Taraça çakıl, kum hakim, yer yer silt ve kil içermektedir. Bu taraça 6.00 m'ye ulaşan kalınlıktadır.

Alüvyon (Qal) : Bu birim göl alanı ile çevresindeki dere yatakları ile Çoruh Nehri yatağında görülmektedir. Çoruh Nehri alüvyonu genelde çakıl, kum hakim, yer yer silt ve kil içermektedir. Bu alüvyonlar 30.00 m'ye ulaşan kalınlıktadır. Gölnin üzerinde yer alacağı Çoruh Nehrinin yan derelerindeki alüvyonlar kumlu, çakıllı kil özelliğindedir. Gölnin üzerinde yer alacağı Deynelin Deresindeki alüvyonun kalınlığı 1.00-2.50 arasında değişmektedir. Dere alüvyonları gölet ve yapı yerleri, göl alanı ile sulama alanında bulunmaktadır.

Yamaç Molozu (Qym) : Göl alanı ile çevresindeki kaya birimlerin ayrışması ve aşınması ile oluşmuş bu birim genelde çakıllı ve kumlu kilden oluşmuş, 1.0-6.60 m arasında değişen kalınlıktadır. Göl alanındaki yamaç molozları duraylıdır. Bu yamaç molozlarından geçirimsiz malzeme alınacak ve belirlenmiş alanlarda doğal yapı malzeme araştırmaları yapılmıştır.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON ADI VE SİMGESİ	ÜYE ADI	KALINLIK (m)	KAYA TÜRÜ	AÇIKLAMA	DOKANAK İLİŞKİSİ
KUVATERNER			ALÜVYON (Qal)		2 30		Qym : Yamaç Molozu Qal : Alüvyon	uyumsuzluk
SENOZOYİK	TERSİYER PALEOJEN	EOSEN ORTA	KABAKÖY Volkanik Kayalar(Tekv) - Sedimanter Kayalar(Teks)	Teks Tekv1 Tekv2 Teks	250 500	Teks Tekv2 Tekv1 Tekv2 Teks	**Teks:** Kiltaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı volkanik arabantlı **Tekv1:** Tüf, aglomera sedimenter kaya arabantlı **Tekv2:** Andezit, bazalt sedimenter kaya arabantlı	

Şekil 2.1. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Ölçeksizdir).



Şekil 2.2. Gölet gövdesinin oturacağı alanın görünümü.

2.2. Yapısal Jeoloji

Tabakalanma: Kabaköy Formasyonu (Tek) içerisindeki tüf ve kiltaşı arabantlarında 30-100 cm arası kalınlıkta tabakalanma gelişmiş ve tabaka yönelimleri KD doğrultulu, genelde 20^o-30^o arası güneydoğu yöne eğimlidir. Bu tüf ve kiltaşı seviyelerinin fay yakınlarındaki tabakalarında 45^oKB eğim de görülmektedir.

Kıvrımlanma ve Eklem Durumu: Çalışma alanı ve çevresindeki kaya birimlerinde belirgin ve büyük ölçekli kıvrımlanma belirlenmemiştir. Ancak, fayların yakınlarında küçük boyutlu kıvrımlanmalar görülmektedir. Andezit seviyeleri genelde seyrek, iki yönlü eklemlidir. Fay yakınlarında metrede 10-50 adet sıklıkta eklemlidir. Eklemlerin yönelimleri DB/70^oG, KG/90^o yönleridir. Tüf ve kiltaşı seviyelerinde ayrışma ve yüzeydeki örtüden dolayı belirgin eklem izlenememiştir.

Faylanma: Çalışma alanı ve çevresinde KD-GB doğrultulu bir bindirme bulunmaktadır. Bu bindirme gölet yeri yakınında mansap tarafta kalmaktadır. Bununla birlikte eğim atımlı normal faylar da çalışma alanı içerisinde belirlenmiştir (Ek-5). Bunlarda ikisi gölet yerinden geçmektedir. Bu faylar ile bindirme aktivitilerini tamamlamış faylardır.

Çalışma alanı çevresindeki aktif faylar, güneydoğudaki Aşkale-Erzurum civarındaki faylar ile güneydeki Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'dır. Bu faylar, Türkiye'nin önemli aktif faylarındandır. Çalışma alanı ve çevresinin diri fay haritası ekteki çizimde gösterilmiştir.

Uyumluluk – Uyumsuzluk: Çalışma alanı ve çevresinde yer alan Orta Eosen Kabaköy Formasyonu (Tek), bölgesel jeolojik durumda görülen ve Paleosen'e kadar bölgeye yerleşmiş jeolojik birimler üzerine uyumsuzlukla yerleşmiştir (Şekil 2.1). Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal ve yamaç molozu (Qym) Kabaköy Formasyonu üzerinde örtü şeklinde ve açısal uyumsuzlukla yer almışlardır.

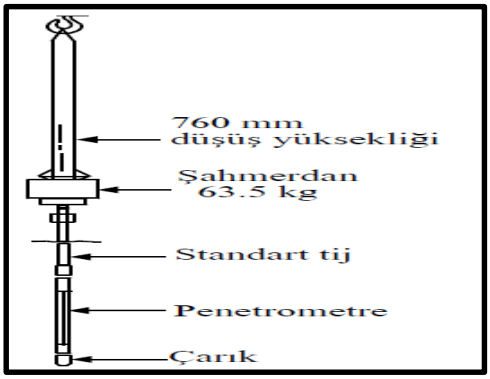
3. BULGULAR

3.1. Arazi çalışmaları

3.1.1. Standart Penetrasyon Deneyi(SPT)

SPT (ASTM D1586), esas olarak yerinde yapılan bir dinamik bir penetrasyon deneyidir. İnce taneli zeminlerde dayanım parametrelerine (kohezyon, içsel sürtünme açısı), iri tanelilerde ise zeminin izafi sıkılığına bağlıdır.

Penetrometre ve deneyin yapılışı; Deney için kullanılan alete "penetrometre" denir. İki ucu açık, boylamasına iki yarım parçaya ayrılabilen silindirik çelik bir tüptür. Bu parçalar alt ucundan bir çarıkla, üst ucundan da birbirine ve tije bir halka ile vidalanarak bağlanır (Şekil 3.1). Tüpün iç çapı 35.5 mm, dış çapı 50.8 mm, toplam ağırlığı 6.81 kg, uzunluğu ise 81.3 cm dir. Tüp ile zemin içinde, 760 mm lik standart yükseklikten 65.0 kg lık şahmerdan (tokmak) serbest düşme ile bırakılarak ilerleme sağlanır. Tüpün zemine her 15.0 cm girmesi için gereken vuruş sayısı kaydedilir. Toplam 45.0 cm ilerleme yapılır. İlk 15.0 cm deki okuma oturma kademesi olarak alınır ve son iki kademedeki (30.0cm) toplam darbe sayısı zeminin penetrometre direnci (N_f) olarak alınır.



Şekil 3.1. Standart penetrasyon deneyi düzeneği.

Gölet yeri araştırma sondajlarından SK-3, SK-8, SK-10 nolu sondajlarda geçilen yamaç molozu, alüvyon ve taraça seviyelerinde standart penetrasyon (SPT) deneyleri yapılmıştır. Standart penetrasyon deney sonuçları tablo 3.1'de verilmiş ve loglarıda Ek-2'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Standart penetrasyon deneyi sonucuna göre yamaç molozu sert kil ve kum, alüvyon ve taraçanın hakim özellikte olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Gölet yerinde açılmış araştırma sondajlarının standart penetrasyon (SPT) deneyi

SONDAJ NO	**SONDAJ YERİ**	**YASS (m)**	**LİTOLOJİ**	**STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT)**					
				Deney Derinliği (m)	**SPT Darbe Sayısı**				**Tanımı (II+III göre)**
					I	**II**	**III**	**II+III**	
SK-3	Gölet ekseni, sağ yaka	5.15	(0.00-2.20 m) **Yamaç Molozu**	1.50 - 1.95	9	10	24	**34**	Sert Kil
			(2.00-3.20 m) **Taraça**	3.00 - 3.05	50/5	--	--	**50<**	--
			(3.20-25.00 m) **Andezit**	--	--	--	--	--	--
SK-8P	Derivasyon Kondüvisi başlangıcı	3.55	(0.00-2.50 m) **Alüvyon**	1.50 - 1.86	27	50/11	--	**50<**	--
			(2.50-5.10 m) **Tüflü Kumtaşı**	--	--	--	--	--	--
			(5.10-10.00 m) **Kiltaşı**	--	--	--	--	--	--
SK-10	Gölet Gövdesi, memba taraf, Memba Batardosu	3.55	(0.00-2.00 m) **Yamaç Molozu**	1.50 - 1.95	8	13	25	**38**	--
			(2.00-4.40 m) **Kong. Kumtaşı**	--	--	--	--	--	--
			(4.40-10.00 m) **Kiltaşı**	--	--	--	--	--	--

3.1.2. Presiyometre Deneyi (PMT)

Standart GB tipi presiyometrede efektif basınç 70 kg/cm^2 olup, 5-10 000 kg/cm2 arası zemin ve kaya deformasyon modülleri ölçülmektedir. NO_2 tüpleri ile plastik borular vasıtası ile iletilen basınçlar; ölçme hücresinde basınç artışını ve dolayısıyla hacim artışını, hacim artması ise volum metredeki sıvı sütunundaki yükselme ile takip edilir. Sondaj kuyusuna yerleştirilen proba kademeli olarak 1, 2, 3 kg/cm^2 ve gittikçe artan dairesel basınçlar verilerek, her basınç kademesi için,15-30-60 saniyelerde ölçme hücresinde oluşan hacimsel değişimler kaydedilir. Gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra "x eksenine-basınç", "y eksenine-genellikle 60 saniyedeki hacimsel değişimler" bir grafik üzerine işaretlenir. Bu grafikte ilk yükseliş kesimi probun zemine oturması ve zeminin P_0 içsel basıncını gösterir. Daha sonra lineer hale gecen eğrinin bu safhasına " elastik safha" denir. Menard Elastik Modülü (Em) her seviye için grafik yardımı ile saptanır. Bu elastik safhadan sonra eğri yükselmeye başlar ki bu noktadan itibaren deney yapılan birimin " plastik safhası " başlamıştır. Limit basınç (PL) hacimsel artışların teorik olarak sonsuza vardığı nokta olup, bu değer teorik olarak deney yapılan kesimin "Nihai taşıma gücü"ne karşılık gelmektedir. Gölet yeri araştırma sondajlarında yapı temel altlarındaki jeolojik birimlerin mekanik özelliklerini yerinde belirlemek amacı ile Presiyometre deneyleri de (PrT) yapılmıştır. Presiyometre deneyinin sonuçları Tablo 6.5'de verilmiş, ekteki loğlarda ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Yamaç molozunda yapılan presiyometre deneylerinde 5.5-8.5 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 45.0-78.7 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir. Gölet ve yapılarının temel kayası olan andezitte yapılan deneylerde 58.5-83.3 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 1,041.0-3,703.4 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir. Göletin memba tarafında temel kayayı oluşturacak olan kiltaşında 3.7-4.7 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 27.2-43.4 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir (Tablo 3.2.).

Presiyometre Yöntemi İle Taşıma Gücü Hesaplamaları;

Menard Yöntemi (Baquelin vd., 1978)

Taşıma Gücü Hesabı:

$$qu = q_o + K\,(P_L - P_o) \quad (1)$$

qu : Temel zemini taşıma gücü (kg/cm^2) (Dr. Menard, 1967)
q_o : Zeminin temel seviyesindeki düşey içsel basınç (kg/cm^2)
K : Temel tipi, şekli, derinliği ve zemin türüne bağlı katsayı
P_L : Limit basınç (kg/cm^2)
P_o : Yatay içsel basınç (kg/cm2)

$$qa = q_o + ((K / F) \times P_{Le}) \quad (2)$$

q : Zeminin emniyetli taşıma gücü (kg/cm^2)
P_{Le} : Eşdeğer limit basınç (kg/cm^2)
F : Emniyet faktörü

$$P_{Le} = (P_{L1} \times P_{L2} \times P_{L3})^{1/3} \quad (3)$$

P_{L1} : +R +3R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması (kg/cm^2)
P_{L2} : +R -R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması (kg/cm^2)
P_{L3} : -R -3R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması (kg/cm^2)
R : Temel yarıçapı (m) (B = 2R)

Oturma Hesabı:

$$S = \left(\frac{1+\mu}{3\,E_B}\ P \times R_o \times \left(\lambda_2 \times \frac{R}{R_o}\right)^{\alpha}\right) + \left(\left(\frac{\alpha}{4.5 \times E_A}\right) \times P \times \lambda_3 \times R\right) \quad (4)$$

P : Net taşıma gücü (kg/cm^2)

R : Temel genişliğinin yarısı (cm)

R_o : Röper çapı (cm)

μ : Poisson oranı

λ_2, λ_3 :Temel tipi ve şekline bağlı katsayılar

α : Temel yapısı ve E_m / P_L oranına bağlı katsayı

E_A : Deviatorik etki bölgesine karşılık gelen eşdeğer elastisite modülü (E_m) (kg/cm^2)

E_B : Hacimsel etki bölgesine karşılık gelen eşdeğer elastisite modülü (E_m) (kg/cm^2)

$E_A = E_1$ (temel seviyesi altındaki değer)

$$E_B = \frac{4.0}{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{0.85\,E_2} + \frac{1}{E_{3/4/5}} + \frac{1}{2.5\,E_{6/7/8}} + \frac{1}{2.5\,E_{9/10/11}}} \quad (5)$$

E_1, E_2, $E_{3/4/5}$, $E_{6/7/8}$, $E_{9/10/11}$: Presiyometre deney grafiğindeki deformasyon (elastisite) modül değerleri (kg/cm^2)

Bu formüllere göre yapılan örnek hesap aşağıda gösterilmiştir.

SK-2P Araştırma Sondajı Taşıma Gücü ve Oturma Hesabı (Örnek hesap için) ;

Taşıma Gücü Hesabı:

Temel Derinliği : 6.00 m

$PL_1 = (77.2 \times 77.0 \times 77.0 \times 58.5)^{1/4} = 71.93$ kg/cm^2

$PL_2 = (58.5 \times 59.2 \times 77.3 \times 81.3 \times 83.3 \times 76.2)^{1/6} = 71.89$ kg/cm^2

$PL_e = (71.93 \times 71.89)^{1/2} = 71.91$ kg/cm^2

$q_o = 6.00 \times 1.85 = 11.1$ t/m^2 $= 1.1$ kg/cm^2

$q_{zem} = 1.1 + ((1/3) \times (71.91)) = 25.08$ kg/cm^2

Oturma Hesabı :

$$1/E_A = \frac{1}{600}\left(\left(\frac{200}{2{,}534.7}\right) + \left(\frac{200}{2{,}840.8}\right) + \left(\frac{200}{2{,}828.8}\right)\right)$$

$E_A = E_1 = 2{,}007.27$ kg/cm^2

$$1/E_2 = \frac{1}{600}\left(\left(\frac{200}{1{,}722.3}\right) + \left(\frac{200}{2{,}805.0}\right) + \left(\frac{200}{2{,}539.3}\right)\right)$$

$E_2 = 2{,}554.06$ kg/cm^2

$$1/E_3 = \frac{1}{600}\left(\left(\frac{200}{2{,}874.8}\right) + \left(\frac{200}{3{,}224.1}\right) + \left(\frac{200}{2{,}623.0}\right)\right)$$

$E_3 = 2{,}886.68$ kg/cm^2

$$E_B = \frac{4.0}{\frac{1}{2{,}007.27} + \frac{1}{0.85 x 2{,}254.06} + \frac{1}{2{,}886.68}}$$

$E_B = 2{,}274.24$ kg/cm^2

$$S = \left(\frac{1 + 0.32}{3 \times 2{,}774.24}\ 5.5 \times 30 \times \left(2.65 \times \frac{600}{30}\right)^{0.03}\right) + \left(\left(\frac{0.03}{4.5 \times 2{,}007.27}\right) \times 5.5 \times 1.5 \times 600\right)$$

$S = 0.05$ cm

Tablo 3.2. Gölet yerinde açılmış araştırma sondajlarının presiyometre deneyi(PMT) bilgileri.

SONDAJ NO	SONDAJ YERİ	YASS (m)	LİTOLOJİ	PRESİYOMETRE DENEYİ SONUÇLARI		
				Deney Derinliği (m)	Net Limit Basınç ($P_{L,net}$) (kg/cm^2)	Elastiste Modülü (Ep) (kg/cm^2)
SK-2P	Gölet ekseni, sağ yaka	5.70	(0.00-6.00 m) YAMAÇ MOLOZU	--	--	--
			(2.00-6.00 m) TARAÇA	--	--	--
			(6.00-25.50 m) ANDEZİT	8.00	77.2	2,534.7
				10.00	77.0	2,840.8
				12.00	77.0	2,828.8
				14.00	58.5	1,722.3
				16.00	59.2	2,805.0
				18.00	77.3	2,539.3
				20.00	81.3	2,874.8
				22.00	83.3	3,224.1
				24.00	76.2	2,623.0
SK-4P	Gölet ekseni, talveg	3.48	(0.00-2.90 m) YAMAÇ MOLOZU	--	--	--
			(2.90-30.00 m) ANDEZİT	6.00	73.5	3,119.8
				8.00	76.5	3,424.5
				10.00	72.8	2,585.2
				12.00	79.0	3,703.4
				14.00	77.0	3,117.1
				16.00	71.1	2,128.5
				18.00	68.2	2,494.2
				20.00	76.7	3,228.1
				22.00	72.2	2,266.3
				24.00	71.5	1,935.1
				26.00	72.7	2,608.3
				28.00	77.3	3,657.3
				30.00	76.5	3,542.8
SK-7P	Dolusavak, enerji kırıcı havuz yakını	4.60	(0.00-2.90 m) YAMAÇ MOLOZU	2.00	8.5	78.7
				4.00	5.5	47.8
				6.00	5.7	45.0
			(2.90-15.00 m) ANDEZİT	8.00	73.7	1,888.8
				10.00	78.2	3,375.3
				12.00	77.7	3,200.7
				14.00	77.1	3,041.9
SK-8P	Derivasyon Kondüvisi, başlangıcı	3.55	(0.00-2.50 m) ALÜVYON	--	--	--
			(2.50-5.10 m) TÜFLÜ KUMTAŞI	--	--	--
			(5.10-10.50 m) KİLTAŞI	6.00	3.7	27.2
				8.00	4.6	43.4
				10.00	4.7	28.8
SK-9P	Derivasyon Kondüvisi, sonunun yakını	5.27	(0.00-6.60 m) YAMAÇ MOLOZU	2.00	7.5	89.6
				4.00	7.9	93.7
				6.00	5.0	96.3
			(6.60-10.00 m) ANDEZİT	8.00	68.3	1,041.0
				10.00	74.0	1,911.2

Not : Taşıma gücü ve oturma hesapları Tablo 4.13'de verilmiştir.

3.1.3. Kaya Kalite Göstergesi (RQD %)

Kaya kütlesi tanımlamalarında sıklıkla kullanılan bir girdi olup, ilk olarak (Deere, 1964) tarafından geliştirilmiştir. RQD değeri, Tablo 3.3'deki değişim aralıklarına göre puanlandırılarak kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde bir girdi parametresi olarak kullanılmıştır. RQD (%), sondajda boyu 10 cm'den fazla olan sağlam karotların toplam uzunluğunun kademe ilerlemesine oranı olarak tanımlanmıştır.

Kaya Kalite Göstergesi (RQD);

$$\text{RQD}(\%) = \frac{\sum \text{Karot Parçalarının Uzunluğu} > 10\text{ cm}}{\text{İlerleme Aralığının Uzunluğu}} * 100 \quad (6)$$

Toplam Karot Verimi (TCR);

$$\text{TCR}(\%) = \frac{\text{Toplam Karot Uzunluğu}}{\text{İlerleme Aralığının Uzunluğu}} \quad (7)$$

Sağlam Karot Verimi (SCR);

$$\text{SCR}(\%) = \frac{\text{Silindirik Şeklini Koruyan Toplam Karot Uzunluğu}}{\text{İlerleme Aralığının Uzunluğu}} * 100 \quad (8)$$

Süreksizlik Sıklığı (FF);

$$\text{FF}\ (m^{-1}) = \frac{\sum \text{Ayrık ve Doğal Süreksizliklerin Sayısı}}{\text{İlerleme Aralığının Uzunluğu}} * 100 \quad (9)$$

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

$$\%\ \text{RQD} = 100\ e^{(-0.1\lambda)}(0.1\lambda+1) \quad (10)$$

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

Gölet yerinde açılmış araştırma sondajlarının litoloji, karot verimi, RQD, süreksizlik sıklığı ve ayrışma derecesi bilgileri tablo 3.7'de özet olarak verilmiştir. Bu bilgiler ekte verilen sondaj loglarında ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bu tabloya göre andezit seviyelerinde genelde %100 ve yakın değerlerde karot verimi elde edilmiştir. Ancak, ayrışma, bağlı olarak özellikle kayanın üst seviyelerinde karot veriminin %75'den az olduğu ilerlemelerde gerçekleşmiştir. Gölet yeri kaya birimlerinde andezitte ortalama %40 RQD değerleri bulunmuştur. RQD değerlerinin %25'den düşük ve %75-100 arasında olan seviyeleri de olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre andezit genelde orta-zayıf kaya özelliğinde olup, bu kaya sınıfları içerisinde yer yer iyi-çok iyi ve çok zayıf kaya özelliğindeki kaya seviyeleri de bulunmaktadır. Göletin memba tarafında karşılaşılacak olan kiltaşı, kumtaşı seviyelerinde %75-100 arası karot verimi ve ortalama %15 RQD değerleri elde edilmiştir. . Bu değerlere göre kiltaşı, kumtaşı seviyeleri genelde zayıf-çok zayıf kaya özelliğindedir. Sondajlardaki RQD değerlerini düşük olduğu seviyelerde süreksizlik sıklıklarının arttığı bağlı RQD değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Tablo 3.3. RQD sınıflaması (Deere, 1964).

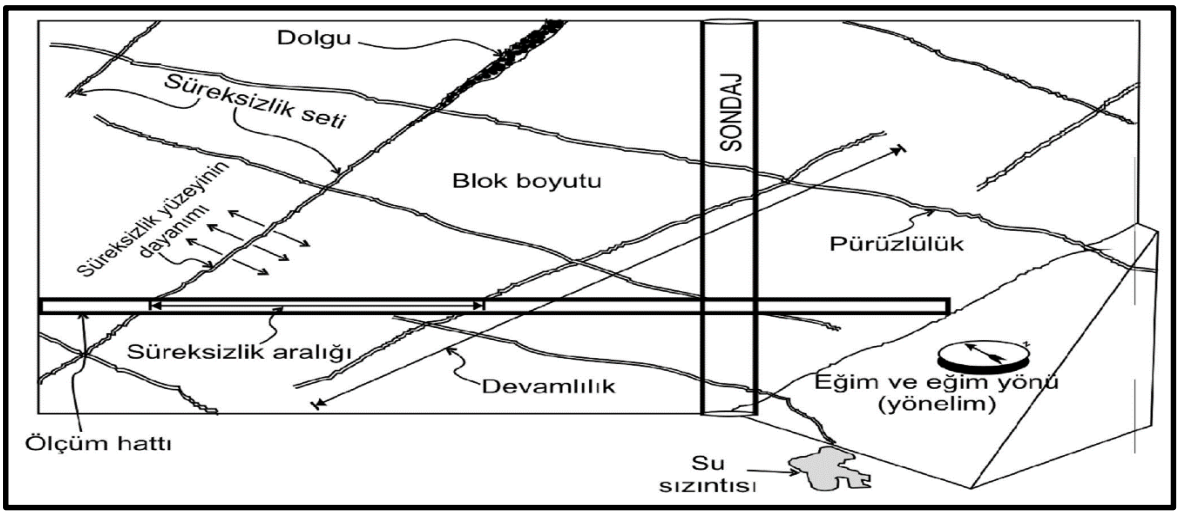
RQD	**Kaya Kalite Göstergesi**
Çok Zayıf	**< 25**
Zayıf	**25-50**
Orta	**50-75**
İyi	**75-90**
Çok İyi	**900-100**

3.1.4. Süreksizlik Ara Uzaklığı ve Sıklığı

Süreksizlik aralığı (veya ara uzaklığı) kaya kütlelerinde komşu konumlu iki süreksizlik veya birbirine paralel süreksizliklerden oluşmuş bir süreksizlik takımındaki iki süreksizliğin arasındaki uzaklıktır (Şekil 3.2.). Bu değer mostra yüzeyi üzerinde belirli bir yönde serilen şerit metre boyunca bu şerit merteyi kesen süreksizliklerden ölçülebileceği gibi, sondaj karotlarından da tayin edilebilir.

Tablo 3.4. Süreksizlik aralığı tanımlama ölçütleri (ISRM, 1981).

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



Şekil 3.2. Süreksizlik kavramlarını tanımlayan şematik kesit (Hudson 1989).

Ortalama süreksizlik aralığı → X= L/N (m) (11)

Süreksizlik sıklığı → λ= N/L (m^{-1}) (12)

Burada, L: ölçüm hattını uzunluğu, N: ölçüm hattını kesen süreksizliklerin sayısıdır. Eşitlik 1 ve 2'de verilen parametreler istatistiksel analizlerle belirlenmedikleri için ancak genel değerlendirme amaçlı kullanılırlar.

Priest ve Hudson (1976) süreksizlik sıklığının daha duyarlı bir şekilde belirlenmesi amacıyla istatistiksel dağılım modellerinden yararlanmışlar, süreksizlik ara uzaklığı parametrelerinin, istatistiksel dağılım modellerinden negatif eksponansiyel dağılıma en iyi uyduğunu belirlemişlerdir. Attewel ve Farmer (1976), Ulusay (1991), Gökçeoğlu (1997), Ulusay vd. (1998) kaya kütlelerinde yapmış oldukları değişik çalışmalarda zayıf kaya kütlelerinin içerdiği süreksizlik aralıklarının da negatif eksponansiyel dağılıma uygunluk gösterdiğini belirlemişlerdir.

3.1.5. Süreksizlik Yüzeylerinin Bozunma Derecesi ve Dayanımı

Süreksizlik yüzeylerini içeren kayacın dayanımı, özellikle süreksizlik yüzeylerinin dolgusuz ve birbiriyle temas halinde olması koşulunda, makaslama dayanımı ve deformasyon açısından son derece önemlidir. Kaya kütleleri yüzeye yakın kesimlerde genellikle bozunmuş veya biraz daha derinde hidrotermal süreçlere bağlı olarak alterasyona uğramış olabilirler (Ulusay ve Sönmez, 2002). Bu nedenle süreksizlik yüzeylerinin dayanımı, bu yüzeylerin ve yakın civarındaki kayaç malzemesinin bozunma derecesiyle yakından ilişkilidir. Bozunmanın derecesine bağlı olarak, süreksizlik yüzeylerinin dayanımı ana kayaç malzemesinin dayanımından daha düşük olabilir.

Dolayısıyla hem kayaç malzemesinin, hem de kaya kütlesinin bozunma durumunun tanımlanması, süreksizlik yüzeylerinin dayanımının değerlendirilmesi açısından önemlidir. Süreksizlik yüzeylerinin dayanımını bu denli yakından ilgilendiren bozunmanın, mekanik parçalanma ve kimyasal ayrışma gibi iki önemli sonucu vardır.

Süreksizlik yüzeylerinin dayanımına etkisi açısından taşıdığı önem dikkate alınarak, önce kaya kütlesinin, daha sonra kayaç malzemesinin bozunma derecesinin tanımlanması gerekir. Bu amaçla önerilmiş ve arazi çalışmaları sırasında pratik olarak kullanılabilecek bozunma sınıflaması ölçütleri, kaya kütlesi ve kayaç malzemesi için sırasıyla tablo 3.5 ve 3.6'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Kaya kütlelerinin bozunma derecesiyle ile ilgili sınıflama (ISRM, 1981).

Tanım	**Tanımlama ölçütü**
Taze (bozunmamış)	Kayaç malzemesinin bozunduğuna ilişkin görünür bir belirti yoktur.
Rengi değişmiş	Orijinal kayaç malzemesinin rengi değişmiş olup, renkteki değişimin derecesi belirgindir. Renk değişimi sadece bazı mineral taneleriyle sınırlı ise, bu durum kayıtlarda belirtilmelidir.
Bozunmuş	Kayaç malzemesi orijinal dokusunu korumakla birlikte, toprak zemine dönüşmüştür. Ancak, minerallerin bir kısmı veya tamamı bozunmuştur.
Bozunmuş-dağılmış	Kayanın orijinal dokusu korunmakla birlikte, kayaç malzemesi tamamen bozunarak toprak zemine dönüşmüş olup, kırılgandır.

Tablo 3.6. Kayaç malzemesinin bozunma derecesiyle ile ilgili sınıflama (ISRM, 1981).

Tanım	**Tanımlama ölçütü**	**Bozunmanın derecesi**
Bozunmamış (Taze)	Kayacın bozunduğuna ilişkin gözle ayırt edilebilir bir belirti olmamakla birlikte, ana süreksizlik yüzeylerinde önemsiz bir renk değişimi gözlenebilir.	W1
Az bozunmuş	Kayaç malzemesinde ve süreksizlik yüzeylerinde renk değişimi gözlenir. Bozunma nedeniyle tüm kayacın rengi değişmiş ve kayaç taze halinden daha zayıf olabilir.	W2
Orta derecede bozunmuş	Kayacın yarısından az bir kısmı toprak zemine dönüşerek ayrışmış ve/veya parçalanmıştır. Kayaç; taze, ya da renk değişimine uğramış olup, sürekli bir kütle veya çekirdek taşı halindedir.	W3
Tamamen bozunmuş	Kayacın tümü toprak zemine dönüşerek ayrışmış ve/veya parçalanmıştır. Ancak orijinal kaya kütlesinin yapısı halen korunmaktadır.	W4
Artık zemin	Kayacın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kaya kütlesinin yapısı ve dokusu kaybolmuştur. Hacim olarak büyük bir değişiklik olmakla birlikte, zemin taşınmamıştır.	W5

Tablo 3.7. Gölet yeri araştırma sondajları litoloji, karot verimi, RQD, süreksizlik sıklığı ve ayrışma derecesi bilgileri.

SONDAJ NO	SONDAJ YERİ	LİTOLOJİ	KAROT VERİMİ (%)		RQD (%)		ÇATLAK SIKLIĞI (adet / m)		AYRIŞMA DERECESİ	
SK-1	Gölet ekseni, sağ yaka	(0.00-6.00 m) Yamaç Molozu	0.00-6.00 m	20-94	--	--	--	--	--	--
		(6.00-20.00 m) Andezit	6.00-7.50 m	47	6.00-7.50 m	0	6.00-7.50 m	50<	6.00-7.50 m	W3
			7.50-20.00 m	100	7.50-20.00 m	25-50 ±(0-25)	7.50-20.00 m	10-50 -(50<)	7.50-20.00 m	W2 -(W2-W3)
SK-2P	Gölet ekseni, sağ yaka	(0.00-2.00 m) Yamaç Molozu	0.00-2.00 m	50	--	--	--	--	--	--
		(2.00-6.00 m) Taraça	2.00-6.00 m	25-50 ±(50-75)	--	--	--	--	--	--
		(6.00-25.50 m) Andezit	6.00-25.50 m	75-100 -(65)	6.00-25.50 m	25-50 ±(50-75)	6.00-25.50 m	10-50	6.00-25.50 m	W2
SK-3	Gölet ekseni, sağ yaka, Derivasyon Kondüvisi	(0.00-2.20 m) Yamaç Molozu	0.00-2.20 m	100	--	--	--	--	--	--
		(2.00-3.20 m) Taraça	2.20-3.20 m	100	--	--	--	--	--	--
		(3.20-25.00 m) Andezit	3.20-25.00 m	100 -(94, 91)	3.20-25.00 m	25-50, 50-75 -(82)	3.20-25.00 m	10-50 -(50<)	3.20-8.00 m	W2-W3 -(W3)
									8.00-25.00 m	W1
SK-4P	Gölet ekseni, talveg	(0.00-2.90 m) Yamaç Molozu	0.00-2.90 m	50-75, 45	--	--	--	--	--	--
		(3.20-30.00 m) Andezit	2.90-30.00 m	100 ± (75-100)	2.90-30.00 m	75-100 ± (50-75) -(0-25, 25-50)	2.90-30.00 m	3-10 -(10-50, 50<)	2.90-5.00 m	W2-W3, W1-W2
									5.00-25.00 m	W1 -(W1-W2)
SK-5	Gölet ekseni, sol yaka	(0.00-6.50 m) Yamaç Molozu / Ayrışmış Kaya	0.00-6.50 m	0-25 ±(50-75)	--	--	--	--	--	--
		(6.50-25.00 m) Andezit	6.50-10.00 m	25-50 ±(50-75)	6.50-10.00 m	0-25	6.50-10.00 m	50< -(10-50)	6.50-9.00 m	W3, W2
			10.00-25.00 m	75-100 ±(50-75)	10.00-25.00 m	0-25 ± (25-50) -(75-100)	10.00-25.00 m	10-50 -(50<, 3-10)	9.00-25.00 m	W1
SK-6	Gölet ekseni, sol yaka, Dolusavak, eşik yapısı	(0.00-20.00 m) Andezit	0.00-20.00 m	100	0.00-20.00 m	0-25 ± (25-50) -(63)	0.00-13.00 m	10-50 ± (50<)	0.00-6.00 m	W3-W4, W2-W3 -(W3, W2)
							13.00-20.00 m	50< -(9, 17)	6.00-20.00 m	W1 -(W1-W2)
SK-7P	Dolusavak, enerji kırıcı havuz yakını	(0.00-4.50 m) Yamaç Molozu / Ayrışmış Kaya	0.00-4.50 m	25-50, 50 75	--	--	--	--	--	--
		(4.50-15.00 m) Andezit	4.50-15.00 m	100 ±(75-100)	4.50-10.00 m	0 -(16)	4.50-7.00 m	50<	4.50-9.00 m	W2 -(W3)
					10.00-15.00 m	25-50 -(0-25)	7.00-15.00 m	10-50	9.00-15.00 m	W1-W2
SK-8P	Derivasyon Kondüvisi başlangıcı	(0.00-2.50 m) Alüvyon	0.00-2.50 m	25-50 -(94, 91)	--	--	--	--	--	--
		(2.50-5.10 m) Tüflü Kumtaşı	2.50-5.10 m	50-75 -(100)	2.50-5.10 m	0 -(46)	2.50-5.10 m	50<	2.50-5.10 m	W3-W4 -(W3)
		(5.10-10.00 m) Kiltaşı	5.00-10.00 m	75-100 -(54)	5.10-10.00 m	0 -(17)	5.10-10.00 m	50<	5.10-10.00 m	W2 -(W1-W2)
SK-9P	Derivasyon Kondüvisi, sonunun yakını	(0.00-6.60 m) Yamaç Molozu	0.00-6.60 m	67 -(27)	--	--	--	--	--	--
		(6.60-10.00 m) Andezit	6.60-10.00 m	50-75	6.60-10.00 m	0-25	6.60-10.00 m	50< ± (16.18)	6.60-10.00 m	W3-W4
SK-10	Gölet Gövdesi, memba taraf, Memba Batardosu	(0.00-2.00 m) Yamaç Molozu	0.00-2.00 m	45	--	--	--	--	--	--
		(2.00-4.40 m) Konglomeratik Kumtaşı	2.00-4.40 m	100 ± (47)	2.00-4.40 m	0 ± (43)	2.00-4.40 m	50< ± (45)	2.00-4.40 m	W2-W3 -(W2)
		(4.40-10.00 m) Kiltaşı	4.40-10.00 m	75-100	4.40-10.00 m	0 -(16)	4.40-10.00 m	50<	4.40-10.00 m	W1-W2

AÇIKLAMA : Ayrışma Derecesi tanımları; **W1** : Ayrışmamış (taze), **W2** ; Az ayrışmış, **W3** ; Orta ayrışmış, **W4** ; Çok ayrışmış, **W5** ; Tamamen ayrışmış.
±() : Yer yer, -() : Çok az,

3.1.6. Göl Alanının Geçirimliliği

Göl alanındaki Kabaköy Formasyonun (Tek) andezit-bazalt seviyeleri (Tekv2) gölet yerinde açılmış araştırma sondajlarına göre 12.00 mı derinliğe kadar genelde geçirimli-çok geçirimli 12.00 m'den latlarda geçirimli-az geçirimli olduğu belirlenmiştir. Bu birimlerdeki eklem sıklığı ve devamlılığına bağlı olarak geçirimliliği bir miktar artmaktadır. Geçirimliğin arttığı seviyeler genelde yüzeye yakın seviyelerdir. Kayada derine inildikçe geçirimlilik azaltmakta ve altlarda geçirimsiz seviyeler bulunduğu tahmin edilmektedir. Andezit-bazalt içerisindeki tüf arabantları (Tekv1) geçirimsiz özelliktedir. Kiltaşı-kumtaşı (Teks) geçirimsiz özelliktedir. Alüvyon (Qal) danelerine göre geçirimli özellikte, kil hakim özellikteki yamaç molozu (Qym) geçirimsiz özelliktedir.

3.1.6.1. Geçirgenlik Katsayısı (Permeabilite)

Çeşitli kütlelerin, yeraltısularını tutması, bir yandan diğer bir yana geçirmesi ve bu suyu vermesi farklı oranlardadır. Kütlelerin suyu tutması ve iletmesi, akifer türlerine ve geçirgenlik özelliklerine bağlıdır. Geçirgenlik, bir akışkanın boşluklu bir ortamdan geçebilme yeteneğidir.

$$k = Q/(A * i) \tag{13}$$

Darcy eşitliği olarak bilinen yukarıdaki eşitlikte k geçirgenlik katsayısı, Q (l/s) debi, A(m^2) kesit alanı ve i hidrolik eğimi ifade etmektedir.

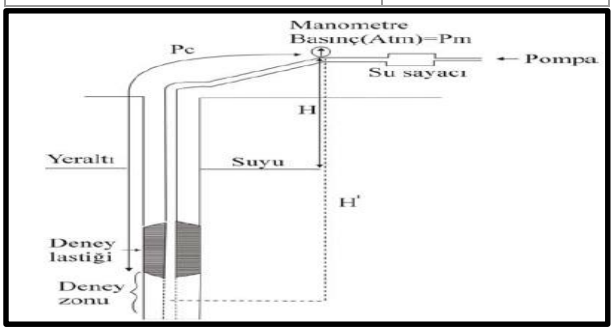
Zeminin en önemli hidrolik özelliklerinden biri olan geçirgenlik değeri laboratuvarda ve arazide çeşitli yöntemlerle bulunur. Laboratuvar çalışmalarında geçirgenlik değerlerinin eldesinde permeametre adı verilen aletler kullanılmaktadır. Darcy eşitliğindeki değişkenler ölçülerek geçirgenlik katsayısı değeri elde edilir.

3.1.6.2. Lugeon Basınçlı Su Deneyi (BST)

Araştırma ve enjeksiyon kuyularında basınçlı su deneyleri yapılır ve kayanın geçirimliliği hakkında bilgi edinilir. Çeşitli basınçlar altında deney zonunda kayaya sızan suyun debileri ölçülür (Ertunç, 2003). Basınçlı su deneyi, deney yapılan niteliğine bağlı olarak tek ve çift lastikli olarak uygulanabilir. Lugeon yöntemi, kayalarda yapılan basınçlı su deney sonuçlarının değerlendirilmesinde en çok kullanılan yöntemdir. Lugeon, 10 atmosfer gerçek basınç altında 1 dakikada, 1 m uzunluğundaki deney sonunda litre olarak emilen su miktarıdır. Her deney sonu için Lugeon eğrileri çizilir. Bu eğri üzerinde 10 atmosfer hakiki basıncına karşıt gelen emilme katsayısı, deney sonucunun Lugeon birimi olarak geçirimliliğidir. Lugeon deneyi sonucunda elde edilen değerlere göre kayaçların geçirimliliği konusunda bir sınıflama yapılmıştır. Basınçlı su deneylerinin yararlanarak elde edilen lugeon birimlerine göre çizilen eğrilerin yorumlanması oldukça önemlidir.

Tablo 3.8. Lugeon Geçirimlilik değerleri (Look, 2007).

Lugeon Birimi 1/m dak.	Geçirimlilik
< 1	Geçirimsiz
1-5	Az Geçirimli
5-25	Geçirimli
> 25	Çok Geçirimli



Şekil 3.3. Lugeon basınçlı su deneyi düzeneği(Ertunç,2003) .

Araştırma sondajlarında yamaç molozu çok geçirimli (10^{-3} cm/s) ara seviyeler içeren geçirimli (10^{-4} cm/s) özellikte, alüvyon ve taraça genelde geçirimli (10^{-4} cm/s) özelliktedir. Temel kayayı oluşturacak olan andezit 10.00-12.00 m arası derinliğe kadar genelde geçirimli-çok geçirimli (5-25 Lugeon, 25<Lugeon), 10.00-12.00 m arası derinliğin altlarında geçirimli-az geçirimli (5-25 Lugeon, 1-5 Lugeon) olduğu belirlenmiştir. Gölet yerinde açılmış sondajların litoloji, yeraltısuyu, geçirimlilik bilgileri Tablo 3.9'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 3.9. Gölet yeri araştırma sondajları litoloji, yeraltı suyu, geçirimlilik bilgileri.

SONDAJ NO	SONDAJ YERİ	SONDAJ KOTU (m)	YASS (m)	YAS KOTU (m)	JEOLOJİK BİRİM	GEÇİRİMLİLİK			
						Derinlik (m)	K (cm/s)	Lugeon (L)	Tanımı
SK-4P	Gölet ekseni, talveg	1,581.50	3.48	1,578.02	**(0.00-2.90 m) YAMAÇ MOLOZU** 0.00-1.00 m Kil, kahve renkli, çakıllı kumlu 1.00-2.90 m Çakıl, gri renkli, bloklu	--	--	--	--
					(2.90-30.00 m) ANDEZİT Gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, çok sert-sert, iyi - çok iyi dayanımlı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, seyrek eklemli, eklemler tek yönlü 2.90-4.25 m arası kırmızımsı kahve renkli, az-orta ayrışmış 4.25-30.00 m arası ayrışmamış, yer yer az ayrışmış 11.90-12.00 m, 26.17-26.50 m arası parçalı kırıklı 19.62-20.30 m, 28.87-29.05 m arası killi, breş dolgulu fay	--	--	--	--
SK-5	Gölet ekseni, sol yaka	1,590.36	8.08	1,582.28	**(0.00-6.50 m) YAMAÇ MOLOZU / AYRIŞMIŞ KAYA** Açık kahve renkli, 0.00-3.40 m arası Kum, ince çakıllı, killi, daneler 5 mm'ye kadar boyutlarda, yuvarlak. 3.40-6.50 m arası ayrışmış kaya	0.00-1.50	$1.39x10^{-4}$	--	Geçirimli
						1.50-3.00	$5.23x10^{-4}$	--	Geçirimli
						3.00-4.50	$1.98x10^{-4}$	--	Geçirimli
						4.50-6.00	$1.02x10^{-3}$	--	Çok Geçirimli
						6.00-7.50	$1.77x10^{-4}$	--	Geçirimli
					(6.50-25.00 m) ANDEZİT Açık gri renkli, az ayrışmış, ayrışmamış, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, eklemler 2 yönlü, kapalı eklemli 6.50-10.00 m arası breşik yapıda 6.50-9.00 m arası orta-az ayrışmış 9.00-25.00 m arası ayrışmamış 6.50-7.80 m, 9.00-9.50 m, 11.00-11.10 m, 14.50-14.70 m, 16.50-17.00 m, 20.00-20.10 m, 21.70-22.20 m, 23.30-23.40 m, 24.10-24.25 m arası parçalı kırıklı 19.10-19.25 m, 25.25-25.50 m arası çok parçalı kırıklı 25.00-25.15 m breş dolgulu fay	8.00-10.00	--	25<	Çok Geçirimli
						10.00-12.00	--	3.58	Az Geçirimli
						12.00-14.00	--	3.35	Az Geçirimli
						14.00-16.00	--	5.18	Geçirimli
						16.00-18.00	--	5.73	Geçirimli
						18.00-20.00	--	6.48	Geçirimli
						20.00-22.00	--	4.63	Az Geçirimli
						22.00-24.00	--	4.30	Az Geçirimli
SK-6	Gölet ekseni, sol yaka, Dolusavak, eşik yapısı	1,606.52	10.85	1,595.67	**(0.00-20.00 m) ANDEZİT** Kahvemsi gri-gri renkli, az-orta ayrışmış, ayrışmamış, sert-çok sert, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, iki yönlü eklemli, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, kil dolgulu, yer yer kalsit damarlı 0.00-4.00 m arası kahvemsi gri renkli, orta-çok ayrışmış, kil dolgulu parçalı zon 4.00-8.40 m arası kahvemsi gri renkli, az-orta ayrışmış, az kil dolgulu 8.00-20.00 m arası gri renkli, ayrışmamış, eklemler kapalı 0.85-1.00 m, 1.80-2.00 m, 3.45-3.75 m, 8.20-8.30 m, 8.40-8.50 m, 9.25-9.35 m, 11.75-11.85 m,12.40-12.55 m, 13.80-14.00 m, 14.25-14.50 m, 15.40-15.60 m, 15.90-16.00 m, 17.80-17.95 m, 18.00-18.50 m arası parçalı kırıklı	0.00-2.00	$6.46x10^{-4}$	--	Geçirimli
						2.00-4.00	--	10.77	Geçirimli
						4.00-6.00	--	6.09	Geçirimli
						6.00-8.00	--	4.80	Az Geçirimli
						8.00-10.00	--	25<	Çok Geçirimli
						10.00-12.00	--	16.88	Geçirimli
						12.00-14.00	--	4.99	Az Geçirimli
						14.00-16.00	--	9.42	Geçirimli
						16.00-18.00	--	3.48	Az Geçirimli
						18.00-20.00		3.70	Az Geçirimli

3.1.7. Gölet Yerinin Duraylılığı

Gölet yerinde yapılan jeolojik etütler ve araştırmalara göre kaya üzerinde yamaç molozları (Qym) duraylıdır. Gölet yerinde yamaç duraylılığı yönünden herhangi bir olumsuzluk bulunmamaktadır.

Gölet yerindeki yapı kazılarının göllerinde alüvyon 1 düşey / 1.5 yatay ve yamaç molozunda 1 düşey / 1 yatay, kayada 1 düşey / 0.66 yatay şev alınmıştır.

Gölet ve yapılarının temel altlarından alüvyon (Qal), yamaç molozu (Qym) ve kayanın ayrışma zonu kaldırılarak yapılar sağlam kaya seviyelerine oturtulacaktır. Araştırmalarda yapılan presiyometre deneylerinde andezitte 58.5-83.3 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 1,041.0-3,703.4 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir. Göletin memba tarafında temel kayayı oluşturacak olan kiltaşında 3.7-4.7 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 27.2-43.4 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir. Yamaç molozunda yapılan presiyometre deneylerinde 5.5-8.5 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 45.0-78.7 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir. Bu değerlere göre yamaç molozu yapı yüklerini karşılamayacağı ve oturma sorunları oluşturacağından yapı temel altlarından kaldırılması gerektiği belirlenmiştir.

Gölet yerindeki sondajlarda geçilen kayalardan alınan örneklerde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneylerinde tek eksenli basınç dayanımı değerleri 80.98-605.45 kg/cm^2 arasında değişmektedir. Bu tek eksenli basınç dayanımından hesaplanan İzin Verilebilir Taşıma Gücü (qa)* değerleri 4.11-116.24 kg/cm² arasında değişmektedir (Tablo 3.13). Bu değerler presiyometre deney sonuçlarından hesaplanan değerler ile genel olarak uyumlu olduğu belirlenmiştir.

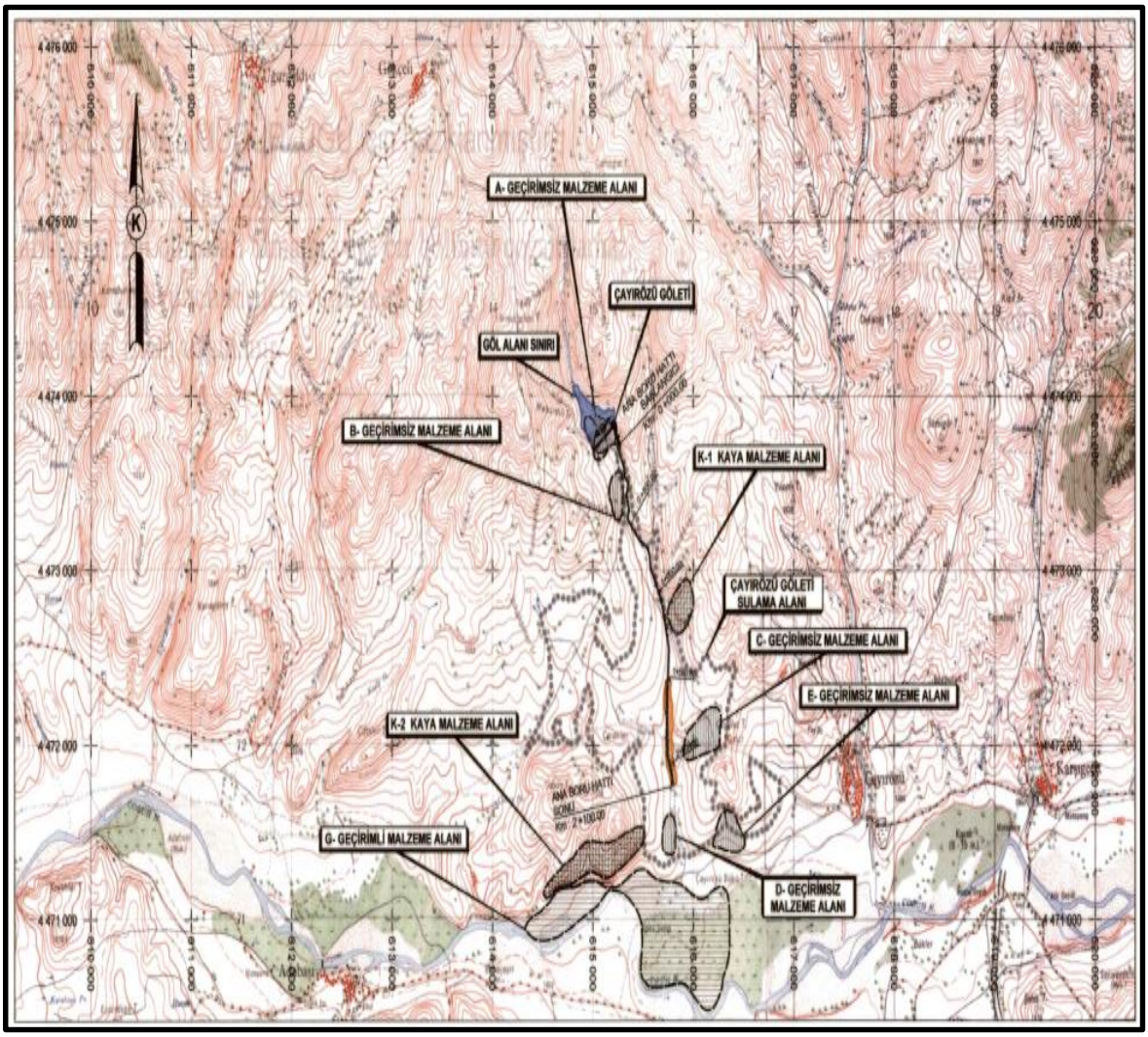
Gölet ve yapılarının temel derinliklerine göre hesaplanan yapı temelleri altındaki zemin emniyet gerilmeleri 4.38-27.72 kg/cm^2 arasında hesaplanmıştır. Oturma değerleri 0.01-2.45 cm arasında bulunmuştur. Gölet yapı yerlerinde hesaplanan zemin emniyet gerilmeleri ve oturma değerleri tablo 3.10'da verilmiştir. Bu zemin emniyet gerilme değerleri göl yapı yüklerini karşılamakta ve yapı yüklerinden çok yüksektir. Oturma değerleri ise izin verilen sınırların çok altında kalmaktadır.

Tablo 3.10. Gölet yerinde yapılmış presiyometre deneyi bilgilerine göre hesaplanmış taşıma gücü, zemin emniyet gerilmesi ve oturma değerleri.

SONDAJ NO	**YAPI TEMELİ ALTINDAKİ JEOLOJİK BİRİM**	**YASS (m)**	**PROJE YAPISI**	**HESAPLAMADA KABUL EDİLEN TEMEL DERİNLİĞİ** (D_f) (m)	**TAŞIMA GÜCÜ** (q_a) (kg/cm^2)	**ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ**			**OTURMA**	
						Güvenlik Katsayısı (F)	**Kazılan Örtü (Sürşarj) Yükü** (q_o) (kg/cm^2)	**Zemin Emniyet Gerilmesi** (q_{zem}) (kg/cm^2)	**Proje Yükü** (P) (kg/cm^2)	**Oturma** (S) (cm)
SK-2P	**Andezit**	5.70	Gölet gövdesi	6.00	**71.92**	3	1.1	**25.08**	5.5	**0.05**
SK-4P	**Andezit**	3.48	Gölet gövdesi	7.00	**76.07**	3	1.3	**25.95**	6.7	**0.10**
SK-7P	**Andezit**	4.60	Dolusavak, enerji kırıcı havuz	9.00	**76.79**	3	1.7	**27.72**	2.0	**0.01**
SK-8P	**Tüflü Kumtaşı, Kiltaşı**	3.55	Derivasyon Kondüvisi, (başlangıç tarafı)	4.00	**4.38**	3	0.75	**2.18**	2.0	**2.45**
SK-9P	**Andezit**	5.27	Derivasyon Kondüvisi, (bitiş tarafı)	7.00	**69.68**	3	1.1	**24.31**	3.0	**0.02**

3.1.8. Baraj Yapımında Kullanılacak Doğal Malzeme Seçimi

Göl kapsamında 5 adet geçirimsiz malzeme, 1 adet geçirimli ve 2 adet kaya malzeme alanı belirlenmiştir. Belirlenen malzeme alanlarında yerleri ekteki çizimde gösterilmiştir. Göl için bu aşamada belirlenmiş olan geçirimsiz, geçirimli ve kaya malzeme alanlarında araştırmalar yapılmış ve bu araştırma sonuçlarına göre alanlarda yeterli miktarda ve kalitede malzeme elde edilebileceği belirlenmiştir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Göletin doğal yapı malzeme alanlarının yerini gösterir doğal yapı malzeme alanlarının bulduru haritası.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

3.2.1. Zemin Mekaniği Deneyleri

Göl yapı yerlerindeki araştırmalar kapsamındaki araştırma sondajları ve çukurlarından alınan örneklerde üzerinde laboratuvar deneyleri ve analizleri yapılmıştır. Gölet yeri araştırma sondajlarından alınan standart penetrasyon deneyi (SPT) örnekleri ile açılmış temel araştırma çukurlarından alınmış torba örnekler ve örselenmemiş örnekler (UD) üzerinde zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. Bu zemin mekaniği deneyleri aşağıdaki tablo 3.11'de özet olarak, eklerde ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 3.11. Gölet yeri araştırma sondaj ve çukur örnekleri zemin mekaniği laboratuvar deney sonuçları.

SONDAJ VE ÇUKUR NO	**ÖRNEK TÜRÜ VE DERİNLİĞİ (m)**	**JEOLOJİK BİRİM**	**LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI**												
			Birim Ağırlık (gr/cm³)	**Özgül Ağırlık (gr/cm³)**	**Elek Analizi (%)**		**Atterberg Limitleri (%)**			**Su İçeriği (%)**	**Zemin Sınıfı**	**Üç Eksenli Basınç Deneyi**		**Konsolidasyon Deneyi**	
					+4	-200	LL	PL	PI			Kohezyon (kgf/cm²)	İçsel Sürtünme Açısı, (°)	Boşluk Oranı (en)	Şişme Yüzdesi
GÖLET YERİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI															
SK-3	SPT-1 (1.50-1.95)	YAMAÇ MOLOZU ; Kil, çakıllı, kumlu	--	2.61	14.6	42.8	33.9	18.0	15.9	--	SC	--	--	--	--
	SPT-2 (3.00-3.05)	ALÜVYON ; Çakıl, kumlu, bloklu	--	2.60	19.5	22.9	32.9	15.9	17.0	--	SC	--	--	--	--
SK-10	SPT-1 (1.50-1.95)	YAMAÇ MOLOZU Kum, çakıllı, siltli, killi	--	2.52	47.4	9.0	30.1	15.5	14.6	--	GP-GC	--	--	--	--

3.2.1.1. Elek Analizi

Zemini oluşturan tane büyüklüklerinin dağılımı ve miktarını belirlemek için yapılan deneye "elek analizi, tane boyu dağılımı veya granülometri" denir. Elek analizi ıslak ve kuru olmak üzere iki şekilde yapılır.

Deneyin yapılışı: Tane boyu dağılımı belirlenecek olan zeminden 400-500 g alınarak etüvde 105 C° de 24 saat kurutulur. Kuru örnekden genelde iri taneli ise 200 - 300 g, ince taneli ise 100 - 200 g alınır. Tanelerin yapışmaması için örnek suda veya su-hidrojen peroksit karışımı (H_2O_2) içinde bekletilir. Daha sonra örnek 200 nolu elekten elenerek ince malzeme uzaklaştırılır. Eğer hidrometre deneyi yapılacaksa, bu malzeme başka bir kapta toplanır. 200 nolu elek üstünde kalan örnek, elek setinden geçirilir. Eleme makine ile yapılıyorsa en az 10-15 dk süre geçmelidir. Sonuçta, her elekte kalan örnek ayrı kaplara alınır ve kurutulduktan sonra tartılarak elde edilen değerler kaydedilir (Ek 1.8.).

Hesaplamalar: Toplam örnek ağırlığı esas alınarak her elekte kalan ve geçen miktarların yüzdesi hesaplanır.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad \text{(Uniformluk Katsayısı)} \qquad (14)$$

$$C_r = \frac{{D_{30}}^2}{D_{10}\ x\ D_{60}} \qquad \text{(Süreklilik Katsayısı)} \qquad (15)$$

Tane dağılımı eğrisi çizildikten sonra kritik çaplar D_{10}, D_{30} ve D_{60} eğriden okunur. Bu değerlere bağlı olarak uniformluk ve süreklilik katsayısı hesaplanarak yorumlanır.

3.2.1.2. Atterberg (kıvam) Limitleri

Likit Limit (LL): Zemine fazla su verildiğinde likit (sıvı) hale gelirken sahip olduğu su içeriğine likit limit denir.

Kullanılan aletler; Likit limit kabı (Casagrande), oluk açma bıçağı, porselen veya kromaj pota, spatula, örnek kapları, etüv, ± 0.01 g hassalıkta terazi, 40# elek, desikatör, piset ve mezür.

Deneyin yapılışı**;** Likit limit kabı tabanı sertleştirilmiş kauçuk, üst potası ise bronz veya dış etkenlere dayanıklı özgül ağırlığı uygun bir alaşımdan yapılmıştır. Üst kabın sabit yükseklikten (1 cm) düştükten sonra geri sıçrama miktarı ayarlanmıştır. 40# elekten elenmiş olan 100 –150 g havada kurutulmuş örnek alınır. Bir potada az su eklenip spatula ile karıştırılarak koyu bir çamur haline getirilir. Oluşan bu çamur kaba serilir. İçinde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilir. Çamurun yüzeyi derinliği 1 cm olacak şekilde yatay olarak spatula ile düzeltilir. Oluk açma bıçağı dik tutularak çamur ortadan ikiye ayrılır.

Kabı kumanda eden kol saniyede iki defa olacak şekilde saat yönü tersine çevrilir ve kabın düşmesi sağlanır. Düşüşler (vuruş) sayılır. İki çamur kütlesi arasındaki oluk 1.3 cm uzunlukta birleşinceye kadar kol çevrilir. Eğer vuruş sayısı >50 ise su içeriği çok az, örnek ise çok katıdır. Bu durumda biraz daha su eklenmeli ve deney tekrarlanmalıdır. Vuruş sayısı 30-50 arasında ise oluğun kapandığı yerden su içeriğini belirlemek için bir miktar örnek alınır. Vuruş sayısı ikinci denemede 20-30 arasında olmalıdır. Üçüncü denemede ise vuruş sayısı 10-20 arasında olmalıdır. Eğer vuruş sayısı <10 ise su içeriği çok fazla, örnek çok likit olup, biraz daha örnek eklenmelidir. Su içeriği artırılarak/azaltılarak deney en az üç defa yapılmalıdır. Vuruş sayısı >50 ve <10 olan deneylerden elde edilen noktalar hesaba katılmaz. Denemeler sonucunda farklı su içeriğine sahip örnekler 105 C° de 24 saat kurutularak su içerikleri hesaplanır.

Hesaplamalar: Deney formuna vuruş sayıları ve tartılan değerler işlendikten sonra % su içerikleri aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\% \text{ Su İçeriği } w = \frac{a-b}{b-c} \quad (16)$$

Kap + yaş örnek = a

Kap + Kuru örnek = b

Kap ağırlığı = c

Su ağırlığı = d (d = a-b)

Kuru örnek ağırlığı = e (e = b-c)

Farklı vuruş sayılarına karşılık su içeriği değerleri bulunur. Bu değerler; apsisi logaritmik, ordinatı milimetrik olan koordinat sistemine işlenir. Vuruş sayıları apsiste, % su içeriği ise ordinatta bulunarak noktaların yeri tespit edilir. Saptanan üç noktadan geçen ortalama bir doğru parçası çizilir. Buna, "Akış eğrisi" adı verilir. Apsiste 25 vuruş sayısından çıkılan dikmenin doğruyu kestiği noktaya karşılık gelen değer, o zeminin likit limit değeridir.

Plastik Limit (PL): Zeminin düşük su içeriğinde plastik halden katı hale geçişi sırasındaki su içeriğine plastik limit denir.

Kullanılan aletler; Porselen veya kromaj pota, spatula, mezür, buharlaştırıcı cam levha, örnek kapları, ± 0.01 g hassaslıklı terazi, etüv, 40# elek

Deneyin yapılışı; 40# elekten elenmiş örnekten 20 g alınır. Potanın içinde azar azar saf su ile karıştırılarak ele yapışmayacak kıvamda bir çamur elde edilir. Buharlaştırıcı cam levha üzerinde elle yuvarlatılarak iplik haline getirilir. Bu çamurun çapı 3.0 mm oluncaya kadar işleme devam edilir.

Plastisite İndisi (PI): Likit limit ve plastik limit arasındaki sayısal fark olarak tanımlanır. PI=LL-PL

3.2.2. Kaya Mekaniği Deneyleri

Araştırma sondajlarından alınan korunmuş karot örnekleri (Kk) üzerinde kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Bu kaya mekaniği deneyleri aşağıdaki tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.12. Gölet yeri araştırma sondaj örnekleri kaya mekaniği laboratuvar deney sonuçları.

SONDAJ NO	ÖRNEK DERİNLİĞİ (m)	LİTOLOJİ	LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI							
			Birim Ağırlık (gr/cm^3)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (q_a) (kg/cm^2)	Üç Eksenli Basınç		Nokta Yükleme (I_s) (kg/cm^2)	Poisson Oranı (μ)	Statik Elastiste Modülü (E) (Gpa)	Na_2SO_4 Don Kaybı (%)
					Kohezyon (kgf/cm^2)	İçsel Sürtünme Açısı (^{o})				
SK-1	9.20-9.50	Andezit	2.43	273.17	--	--	--	0.34	10.2	--
	16.32-16.52		2.45	296.40	--	--	--	--	9.0	--
SK-2P	12.60-12.97	Andezit	2.57	221.56	--	--	1.7	0.32	--	--
	18.60-18.83		2.60	605.45	--	--	--	--	2.3	--
SK-3	9.05-9.30	Andezit	2.48	--	--	--	--	--	1.1	--
	16.00-16.38		2.52	--	--	--	--	--	10.2	--
SK-4P	12.30-12.64	Andezit	2.57	415.16	--	--	--	0.22	9.0	--
	28.00-28.20		2.54	241.14	--	--	--	--	2.3	--
SK-5	10.41-10.60	Andezit	2.49	--	--	--	1.7	--	--	4.14
	21.12-21.34		2.56	410.97	--	--	--	--	1.1	--
SK-6	10.60-10.76	Andezit	2.55	224.73	--	--	--	0.33	10.2	3.59
	16.29-16.55		2.57	--	90.4	47.0	--	--	9.0	--
SK-7P	10.30-10.54	Andezit	2.56	212.24	--	--	--	0.38	2.3	--
	11.76-12.00		2.49	206.19	--	--	1.7	--	--	--
SK-8P	5.13-5.31	Kiltaşı	2.15	--	--	--	--	--	1.1	--

3.2.2.1. Birim Hacim Ağırlık

Bu deney, düzenli bir geometriye sahip karot veya prizmatik kayaç örneklerinin birim hacim ağırlığının tayini amacıyla yapılır. Deney için ISRM (1981) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır.

Düzgün bir geometrik şekle sahip biçimde hazırlanmış en az 3 deney örneğinin çapı ve boyu 0.1 duyarlılıkta ölçülür ve her bir değer için bu değerlerin ortalaması alınır, çap ve boyları hesaplanan örneklerin hacimleri hesaplanır. Örneklerin doğal ağırlıkları hassas terazide tartılarak belirlenir.

Belirlenen örnek ağırlığı ve hacmi kullanılarak birim hacim ağırlıkları aşağıdaki formül ile bulunur:

Yoğunluk (g/ cm^3) , $$g = \frac{W}{V} \quad (17)$$

Birim hacim ağırlık (KN/m^3), $$\gamma = 9.81 * g \quad (18)$$

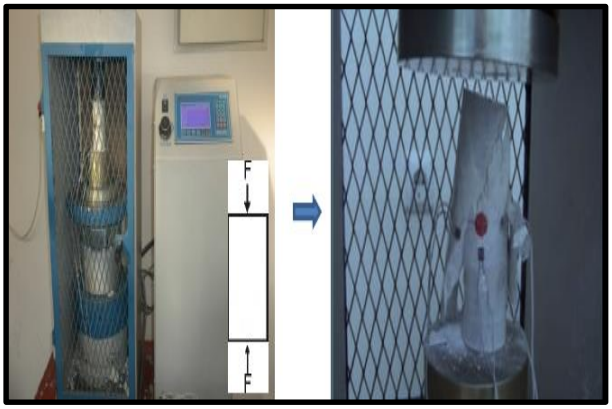
Yukarıda açıklanan şekilde yapılan birim hacim ağırlık deneyleri sırasında elde edilen veriler ve birim hacim ağırlık değerleri Tablo 3.13'de verilmiştir.

3.2.2.2. Tek Eksenli Sıkışma (Basınç) Dayanımı Deneyi

Deneyin amacı, kaya malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımını (UCS ya da σ_c) belirlemektir. Bu amaçla, kaya örneklerinden silindirik şekilli deney örnekleri (karot) hazırlanır ve örneğin boyu ve çapı ölçülür (ISRM önerilerine göre deney örneğinin boy/çap oranı 2.5 ile 3 arasında olmalı).

Numunelerin deney öncesinde alındıkları ortam şartlarına göre şartlandırılması gerekir. Eğer kaya malzemesi alındığı ortamda suya doygun ise, deney öncesi numuneler suya doygun hale getirilir. Deney öncesi numune boyutları kumpasla ölçülüp kaydedilir. Numune hidrolik pres tablaları arasına yerleştirilir.

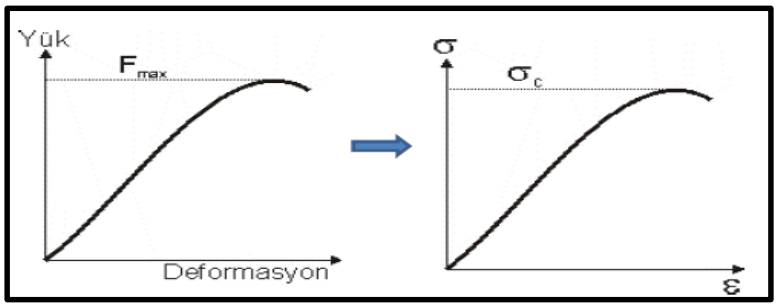
Yükün numune üzerine homojen şekilde yayılmasını sağlamak amacıyla numune alt ve üst kısmına numune ile aynı çapta olan çelik diskler (tercihen boyu çapının yarısı kadar olan) konulur (Şekil 3.5.). Hidrolik preslerde numunenin üzerine konulduğu alt tabla yukarı doğru hareket eder. Hız kontrolü elle veya otomatik olarak gerçekleştirilirken yük takibi ibreli veya dijital göstergelerden veya bilgisayardan yapılır.



Şekil 3.5. Tek eksenli basınç presi.

Hidrolik pres tablaları arasında boşluk kalmayana kadar pres çalıştırılarak alt tabla yükseltilir. Numune 5-10 dakika süre içerisinde yenilecek şekilde veya hız saniyede 5-10 kgf/cm^2 olacak şekilde numune üzerine düşey yük uygulanır.

Uygulanan yük doğrultusunda numune sıkıştırıldığından veya yükün basınç olması nedeniyle ve ayrıca sadece düşey yük uygulandığından deney tek eksenli sıkışma (basınç) dayanımı deneyi olarak adlandırılmaktadır. Numune yenildiği anda yük göstergesinden veya bilgisayardan yenilme yükü okunur. Numune yenilmeye uğradığında uygulanan yük değeri ya aniden ya da tedrici olarak azalır. Bu değer, numune üzerine uygulanabilen en yüksek yük değerini verdiğinden numunenin dayanım sınırı olmaktadır. Numunenin tek eksenli sıkışma dayanımı değeri (σ_c) yenilme yükünün (F) yük uygulanan numune yüzey alanına (A) bölünmesiyle hesaplanır(Formül 19). Deney en az 5 adet numune üzerinde uygulanır ve elde edilen dayanım değerlerinin ortalaması kaya malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı değerini verir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Basınç altındanki numunenin grafiksel olarak gösterimi.

$$UCS=\sigma_c=\frac{Fmax}{A} \quad (19)$$

Burada;

Fmax: Yenilme anındaki yük (kuvvet)

A: Yükün uygulandığı alan(silindirik örneğin taban alanı)

Çalışmada NX (54.7 mm) ve 50 mm çaplı karotlar üzerinde deneyler yapılmış, deney sonuçları aşağıdaki formül kullanılarak referans çapa (50 mm) göre düzeltilmiştir (Hoek ve Brown, 1980).

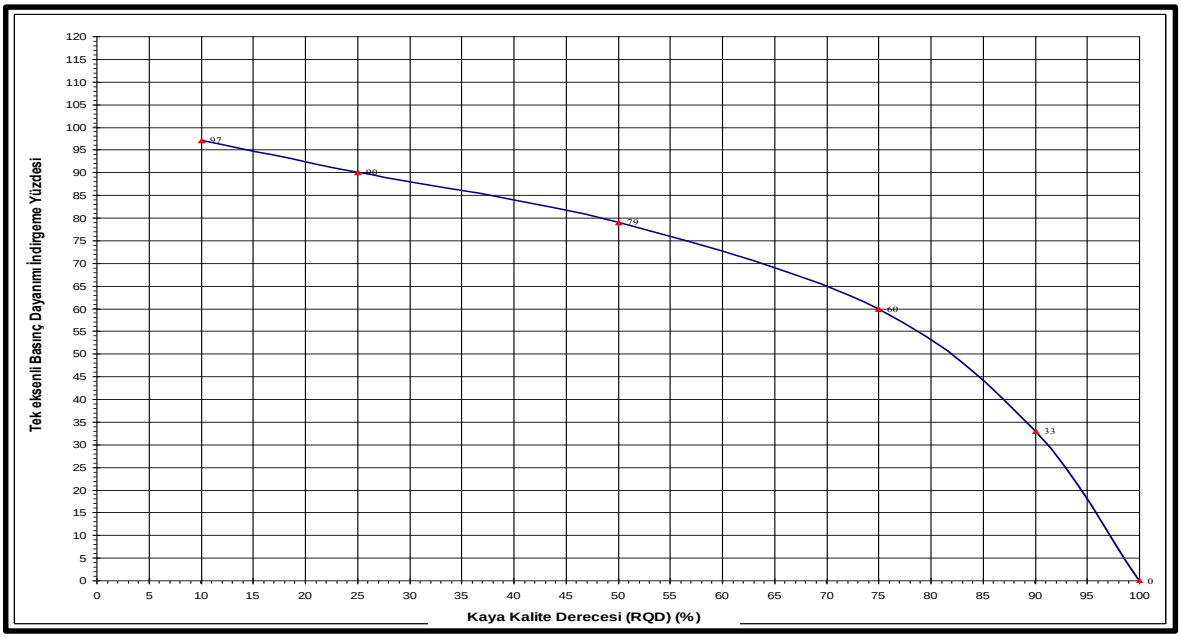
$$\sigma_c = \frac{\sigma_{cd}}{(50/D)^{0.18}} \quad (20)$$

Burada, σ_c: 50 mm çapında bir karot için eşdeğer tek eksenli sıkışma dayanımı, σ_{cd}: D çapında bir örneğin sıkışma dayanımı, D: örnek çapıdır.

Gölet yerinde yapılan sondajlardan alınan karot örnekleri üzerinde yapılan Tek Eksenli Basınç Dayanımının deney seviyesi altındaki kayaların ortalama RQD değerlerine göre belirlenen indirgeme katsayısına oranı ile hesaplanan İzin Verilebilir Taşıma Gücü (qa)* değerleri Tablo 3.13'de verilmiştir.

Bu hesaplamalarda kullanılan indirgeme katsayıları "Sığ temellerde Jeoteknik Etüt-MTA, 2005" yayından alınmış ve ilgili grafik de aşağıda gösterilmiştir.

Bu grafiğe göre tek eksenli basınç dayanımının deney seviyesi altındaki kayaların ortalama RQD değerlerine göre belirlenen indirgeme katsayısına oranı ile hesaplanan İzin Verilebilir Taşıma Gücü (qa)* değerleri 4.11-116.24 kg/cm² arasında değişmektedir (Tablo 3.13). Bu değerler presiyometre deney sonuçlarından hesaplanan değerler ile genel olarak uyumlu olduğu ve yapı yerlerinin taşıma gücü değerlendirmesi için presiyometre deney sonuçları kullanılabileceği belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Tek eksenli basınç değerleri ile RQD değerlerine göre belirlenen indirgeme katsayısı grafiği (MTA, 2005).

Tablo 3.13. Araştırma sondaj örnekleri tek eksenli basınç deneylerinin sonuçları ile RQD değerlerine göre belirlenen indirgeme katsayısı ile izin erilebilir taşıma gücü.

SONDAJ NO	ÖRNEK DERİNLİĞİ (m)	LİTOLOJİ	YASS (m)	İZİN VERİLEBİLİR TAŞIMA GÜCÜ HESABI			
				Tek Eksenli Basınç Dayanımı (q_u) (kg/cm²)	Deney Seviyesi Altındaki Ortalama RQD (%)	İndirgeme Yüzdesi (x 100) (grafikten)	İzin Verilebilir Taşıma Gücü (qa)* (kg/cm²)
SK-1	9.20-9.50	Andezit	13.30	273.17	34.0	0.86	38.24
	16.32-16.52			296.40	28.0	0.89	32.60
SK-2P	12.60-12.97	Andezit	5.70	221.56	40.0	0.84	35.45
	18.60-18.83			605.45	46.0	0.81	115.04
SK-4P	12.30-12.64	Andezit	3.48	415.16	60.0	0.72	116.24
	28.00-28.20			241.14	40.0	0.84	38.58
SK-5	21.12-21.34	Andezit	8.08	410.97	5.0	0.99	4.11
SK-6	10.60-10.76	Andezit	10.85	224.73	19.0	0.92	17.98
SK-7P	10.30-10.54	Andezit	4.60	212.24	28.0	0.89	23.35
	11.76-12.00			206.19	16.0	0.94	12.37
SK-9P	8.15-8.52	Andezit	5.27	80.98	17.0	0.93	5.67
	9.25-9.43			299.52	17.0	0.93	20.97
SK-10	3.00-3.42	Konglomeratik Kumtaşı	3.15	154.59	15.0	0.95	7.73

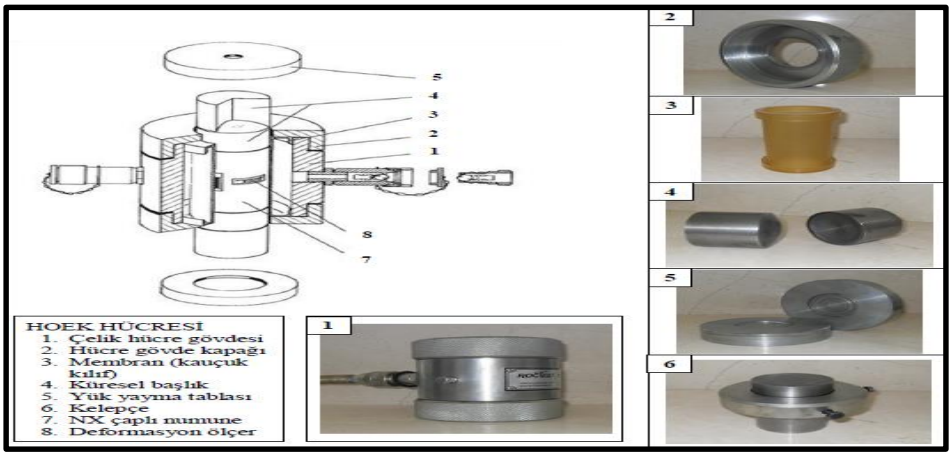
* **İzin Verilebilir Taşıma Gücü değeri,** Tek Eksenli Basınç Dayanımının deney seviyesi altındaki kayaların ortalama RQD değerlerine göre belirlenen indirgeme katsayısı kadar Tek Eksenli Basınç Dayanımını indirilerek hesaplanmıştır.

3.2.2.3. Üç Eksenli Basınç (Sıkışma) Deneyi

Üç eksenli basınç deneyi silindirik numuneye sabit bir yanal basınç uygulanırken düşey eksen boyunca düşey yük uygulanmasına dayanmaktadır.

Deney öncesi plastik bir kılıf (membran) metal bir hücre (Hoek hücresi) içerisine yerleştirilir. Hücreye basınca dayanıklı bir hortumla yanal basınç ünitesi (hidrolik kriko) bağlanır. Hücre üzerindeki hava çıkış vidası sökülerek, hücre ve membran arasındaki boşluğa hava kalmayacak şekilde yanal basınç ünitesiyle yağ pompalanır. Hava çıkış vidası yerine takılır. Bu şekilde, yanal basınç düzeneği deney için hazırlanmış olur.

Üç eksenli basınç deneyinde boy/çap oranı 2.0-3.0 olan silindirik numuneler kullanılır. Yaygın bir şekilde 54.7 mm çaplı numuneler kullanılmakla beraber deney için uygun uzunlukta numune alınamayan malzemeler için daha küçük çaplı numuneler tercih edilmektedir. Bu durumda, numune çapına uygun Hoek hücresi ve membran kullanılır.



Şekil 3.8. Üç eksenli deney hücresinin şematik görünümü ve parçaları.

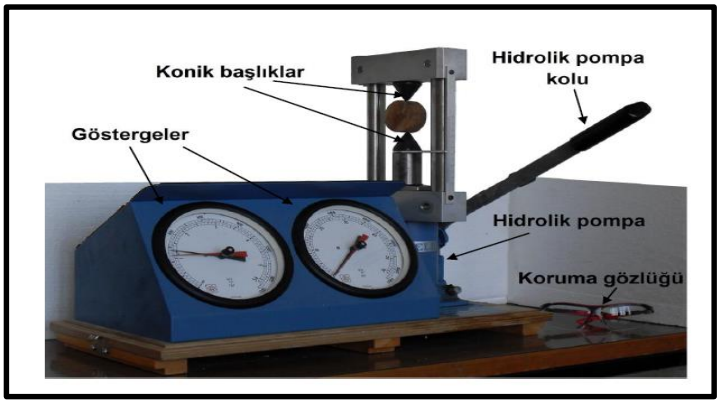
Hücre hidrolik pres tablaları arasına yerleştirilir. Hücre ve pres üst tablası arasındaki boşluk kapanıncaya kadar pres çalıştırılır. Belirlenen sabit bir yanal basınç değerine ulaşılıncaya kadar aynı yükleme hızıyla aynı anda hücre içerisindeki numuneye yanal ve düşey yükleme yapılır. Bu şekilde, numuneye yanlardan birbirine eşit küçük asal gerilmeler ($\sigma_2 = \sigma_3$) uygulanırken düşey eksen boyunca büyük bir asal gerilme uygulanmış olur. Yenilme anındaki düşey yük değerinden ve numuneye düşey yük uygulanan yüzey alanından yenilme anındaki en büyük asal gerilme değeri (σ_1) hesaplanır.

3.2.2.4. Nokta Yükleme Deneyi

Nokta yükü dayanım indeksi kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında ve bazı kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde kayaç malzemesinin dayanım parametresi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ISRM (1985) tarafından önerilen standartlar uygulanmıştır.

Standart bir nokta yükleme aleti aşağıdaki parçalardan oluşur (Şekil 3.9.):

- Yükleme pompası
- Yük göstergesi
- Konik
- Konik başlıklar arasındaki mesafeyi ölçmek için gövdeye monteli metal cetvel.



Şekil 3.9. Nokta yükleme deney aleti.

Nokta-yükü dayanım indeksi düzeltilmemiş değeri aşağıdaki eşitlikten hesaplanır:

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \text{ (MPa)} \quad (20)$$

Burada, P yenilme yükü ve De eşdeğer karot çapı olup,

(i) Çapsal deneyde, $D_e^2 = D_e$

(ii) Eksenel deney, blok ve düzensiz örneklerde ise, $D_e^2 = 4A/\pi$(WD; konik başlıkların temas noktalarından geçen örneğin en küçük kesit alanı) değerini almaktadır.

Is değeri; Düzeltilmiş nokta-yükü dayanım indeksi (Is(50)),

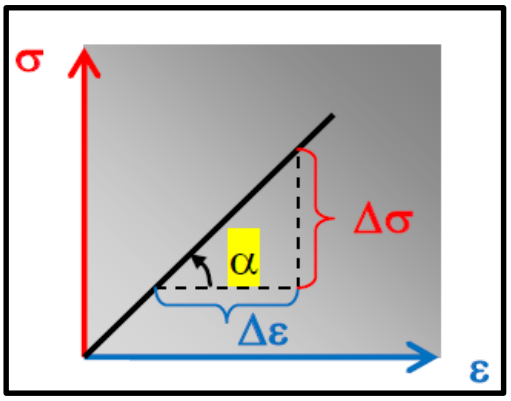
$$I_{s(50)} = F x I_s \text{ (MPa)} \quad (21)$$

$$F = (D_e/50)^{0.45} \quad (22)$$

Eşitliği kullanılarak belirlenebilir. Yukarıdaki eşitlikte De'nin birimi milimetredir. En az 10 adet geçerli deney sonucu arasındaki en yüksek ve en düşük ikişer değer iptal edilerek, geriye kalan değerlerin ortalaması alınır. Elde edilen değer, ortalama Is(50) değeridir.

3.2.2.5. Elastisite Modülü (Young Modülü)

Malzemenin dayanımının (mukavemetinin) ölçüsüdür. Birim uzama ile normal gerilme (çekme ya da basma gerilmesi) arasındaki doğrusal ilişkinin bir sonucu olup birim uzama başına gerilme olarak tanımlanır. Birim uzama ile normal gerilme arasındaki doğrusal ilişki "E" ile gösterilir.



Şekil 3.10. Elastisite modülü (Young modülü).

Şöyle tanımlanabilir:

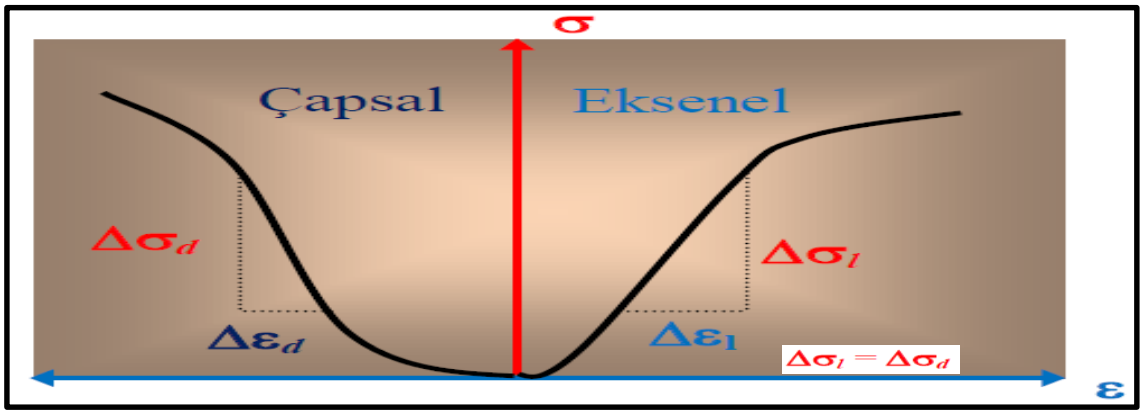
$$E = \tan\alpha = \frac{\Delta\sigma}{D\varepsilon} \quad (23)$$

E = Elastisite modülü

Bir malzemenin elastisite modülü değeri arttıkça belirli bir gerilme etkisiyle malzemede oluşan deformasyon azalacaktır. Buna göre, E değeri yüksek olan malzemeler göreceli olarak daha dayanımlı olmaktadır. İdeal bir elastik malzemede E değeri basınç ve çekme durumlarında aynı olmaktadır.

3.2.2.6. Poisson Oranı

Malzemelerin aynı gerilme değeri aralığında eksenel (düşey) ve çapsal (yatay) birim deformasyon değerleri değişmektedir. Buna bağlı olarak da, düşey ve yatay elastisite modülü değerleri farklılık göstermektedir. Yatay elastisite modülü değeri direkt olarak hesaplanmamakla beraber eksenel (düşey) ortalama eğri eğimi olan eksenel elastisite modülü değerinin çapsal (yatay) ortalama eğri eğimi olan yatay elastisite modüne olan oranı Poisson oranı (v) olarak tanımlanmaktadır. Aşağıdaki bağıntıdan da görülebileceği gibi, daha basit bir şekilde Poisson oranı, aynı gerilme değeri aralığı için yatay birim deformasyon farkının düşey birim deformasyon farkına bölünmesiyle belirlenmektedir.



Şekil 3.11. Gerilme-birim deformasyon eğrilerinden statik ortalama elastisite modülü ve poisson oranını belirleme yöntemi

$$V = -\frac{E_I}{E_d} = -\frac{\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_I}}{\frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon_d}} = -\frac{\Delta\varepsilon_d}{\Delta\varepsilon_I} \quad (24)$$

Poisson numarası veya sayısı (m) Poisson oranındaki bölüm işleminde pay ve paydanın yer değiştirmesiyle elde edilen değerdir.

$$m = \frac{1}{V} = -\frac{\Delta\varepsilon_I}{\Delta\varepsilon_d} \quad (25)$$

3.3. Diğer Yapı Yerlerinin Mühendislik Jeolojisi

Göletin derivasyon kondüvisi sağ yakada, dolusavak sol yakada, göletin memba tarafında gövdeye birleşik olacak şekilde batardo göllendirilmiştir. Bu yapı yerlerinin jeolojik durumu ve jeolojik duruma göre göllendirme önerileri aşağıda bölümler halinde açıklanmıştır. Göletin ilgili yapı yerlerinin jeoloji haritası ve jeoloji kesitleri ekteki çizimlerde verilmiştir.

3.3.1. Derivasyon Kondüvisi

Derivasyon Kondüvisi göletin sağ yakasında planlanmıştır. Kondüvi kazıları Kabaköy Formasyonun (Tek) kiltaşı-kumtaşı seviyeleri (Teks), andezit seviyeleri (Tekv2), taraça (Qtr) ve yamaç molozu (Qym) içerisinde açılacaktır. Kondüvi kazılarının başlangıcı ve sonunda alüvyon (Qal) bulunmaktadır. Bu yapı yerinde duraylılık sorunu bulunmamaktadır. Derivasyon Kondüvisi yerinde SK-3, SK-8P ve SK-9P no.lu araştırma sondajları açılmıştır.

Yamaç molozu 1.00-6.60 m arası kalınlıkta, kil hakim kumlu ve çakıllıdır. Yamaç molozu kondüvinin son bölümde kalındır. Kondüvinin başlangıç bölümü ile son bölümünde görülen alüvyon ile taraça kum, çakıl hakim ve killidir. Bu birimler 1.00-2.50 m arası kalınlıkta ve genelde yamaç molozu ile örtülmüştür. Andezit üzerinde kalınlığı en fazla 2.00 m olan ayrışma zonu bulunmaktadır. Derivasyon kondüvisi kaya seviyelerine oturtulacaktır. Kalın yamaç molozunun bulunduğu son bölümde temel altına rastlayan örtü birimleri kaldırılarak yapı altına grobeton dolgu yapılacaktır. Bu durumda kondüvinin tamamı kaya üzerine oturtulacaktır. Kondüvinin başlangıç bölümünde zayıf özellikte kiltaşı bulunmakta ve kondüvinin büyük bölümünün oturacağı andezit orta kaya nitelindedir. Kondüvi yerinde yapılan sondajlardaki presiyometre deneylerinden başlangıç bölümündeki kiltaşında 2.18 kg/cm^2 zemin emniyet gerilmesi ve 2.45 cm oturma, andezitte 24.31 kg/cm^2 zemin emniyet gerilmesi ve 0.02 cm oturma değerleri (Tablo 3.10) hesaplanmıştır. Bu değerlere göre kondüvinin temel seviyeleri altında taşıma gücü ve oturma yönünden sorun bulunmamaktadır.

3.3.2. Dolusavak

Dolusavak göletin sol yakasında planlanmıştır. Dolusavak kazıları Kabaköy Formasyonun (Tek) andezit seviyeleri (Tekv2) içerisinde açılacaktır. Dolusavak eşik yapısı yerinde andezit yamaç molozu (Qym) ile örtülüdür. Bu yapı yerinde duraylılık sorunu bulunmamaktadır. Dolusavak yerinde SK-6P ve SK-7P no.lu araştırma sondajları açılmıştır.

Dolusavak yaklaşım kanalı, eşik yapısı ve deşarj kanalı kazılarının tamamı andezit içerisinde açılacak, enerji kırıcı havuz kazıları üstte kalınlığı 4.50 m olan yamaç molozu kazıldıktan sonra yine andezit içerisinde açılacaktır. Yamaç molozu kil hakim kumlu ve çakıllıdır. Andezit üzerinde kalınlığı en fazla 4.00 m olan ayrışma zonu bulunmaktadır. Dolusavak yapılarını üzerine oturacağı andezit orta kaya nitelindedir. Dolusavak enerji kırıcı havuz yerinde yapılan sondajdaki presiyometre deneylerinden andezitte 27.72 kg/cm^2 zemin emniyet gerilmesi ve 0.01 cm oturma değeri (Tablo 3.10) hesaplanmıştır. Bu değerlere göre dolusavak yapılarının temel seviyeleri altında taşıma gücü ve oturma yönünden sorun bulunmamaktadır.

3.3.3. Batardo

Göletin memba tarafında gövdeye birleşik olacak şekilde göllendirilen batardo yerinde alüvyon (Qal), yamaç molozu (Qym) ve Kabaköy Formasyonun (Tek) kiltaşı-kumtaşı seviyeleri (Teks) jeolojik birimleri oluşturacaktır. Batardo yerinin jeoloji haritası ve jeoloji kesitleri ekteki gölet gövdesi çizimlerde verilmiştir. Batardo yerinde SK-10 no.lu araştırma sondajı açılmıştır. Batardo yerinde duraylılık sorunu bulunmamaktadır.

Batardo temeli kazıları ile alüvyon ve yamaç molozu ile kayanın ayrışma zonu kalıdırılacaktır. Batardo yakınında kondüvi için açılan ve kiltaşı geçilen sondajdaki presiyometre deneylerinden kiltaşında 2.18 kg/cm^2 zemin emniyet gerilmesi ve 2.45 cm oturma hesaplanmıştır. Bu değerlere göre batardo temel seviyeleri altında taşıma gücü ve oturma yönünden sorun bulunmamaktadır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çayırözü Göleti bent yeri ve göl alanı ile borulu sulama şebekesi güzergahının jeolojik durumunun açıklanması çalışmalarına yönelik öneriler aşağıda özetlenmiştir.

a. Çayırözü Göleti bent yeri, Ülkemizin kuzeydoğusunda, Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz bölümündeki Bayburt ili merkez ilçesine bağlı Çayırözü köyü yakınındadır. Gölet yeri, Çayırözü köyünün 3 km kuzeybatısında, Deynelin deresi üzerindedir. Göl alanı ve çevresinde gölet yeri ve göl alanında orta-yüksek engebeli, gölet yeri mansabında orta-az engebeli bir topografya görülür. İnceleme alanı ve çevresindeki topografik kotlar genelde 1,460-1,900 m arasında değişmektedir.

b. Göl alanı ve çevresinde yer alan kaya birimleri Eosen'den Kuvaterner'e kadar olan yaş aralığındadır. Göl alanı ve çevresinde altta Orta Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonu (Tek) ile bu formasyon üzerinde uyumsuz olarak yer alan Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) ve yamaç molozu (Qym) jeolojik birimleri oluşturmaktadırlar. Bu genç çökeller, Orta Eosen yaşlı birimleri üzerinde örtü şeklinde ve açısal uyumsuzlukla yer almaktadırlar.

c. Çayırözü Göleti yeri ve göl alanı, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca 1996 yılında yayınlanmış ve 5 bölgeye ayrılmış Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası'na göre 3. Derecede Deprem Bölgesi içerisinde kalmaktadır. Göllendirme için hazırladığımız Deprem Risk Analiz Raporu'nda verilen maksimum yatay ivme değerleri göllendirmede esas alınacaktır. Deprem Risk Analiz Raporu'nda 50 yıllık ekonomik ömür için ve %10 aşılma olasılığına göre 0.16g, 100 yıllık ekonomik ömür için ve %50 aşılma olasılığına göre 0.26g ivme değerleri belirlenmiştir.

d. Araştırma sondajlarında yerinde deneyler yapılmış ve örnekler alınmış, araştırma çukurlarından örnekler alınmıştır. Alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri DSİ 22. Bölge Müdürlüğü labaratuvarında yapılmıştır.

e. Gölet yerinde Orta Eosen yaşlı Kabaköy Formasyonuna (Tek) ait volkanik lav ve kırıntılı birimleri yapı temel kayasını oluşturacaktır. Bu formasyondaki andezit (Tekv2) ve kiltaşı, kumtaşından oluşmuş sedimanter seviyeler (Teks) yer almaktadır. Bu kaya birimleri üzerinde sağ yakada yamaç molozu altında taraça (Qtr), talvegde Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) ve yamaçlar üzerinde yamaç molozu (Qym) bulunmaktadır. Gölet yerinde KD-GB doğrultulu faylar bulunmaktadır.

f. Gölet ve yapılarının temel kayası olan andezitte yapılan presiyometre deneylerinde 58.5-83.3 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 1,041.0-3,703.4 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir. Göletin memba tarafında temel kayayı oluşturacak olan kiltaşında 3.7-4.7 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 27.2-43.4 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir. Yamaç molozunda yapılan presiyometre deneylerinde 5.5-8.5 kg/cm^2 arasında değişen net limit basınç (PL_{net}) ve 45.0-78.7 kg/cm^2 arasında değişen elastiste modülü (Ep) değerleri elde edilmiştir.

g. Gölet yerinde yamaç duraylılığı yönünden herhangi bir olumsuzluk bulunmamaktadır. Gölet yerindeki yamaç molozları duraylıdır. Gölet yerindeki yapı kazılarının göllerinde alüvyon 1 düşey / 1.5 yatay ve yamaç molozunda 1 düşey / 1 yatay, kayada 1 düşey / 0.66 yatay şev alınmıştır. Bu kazı şevleri için yapılan stabilite analizlerinde göllendirilen kazıların tamamının duraylı olduğu belirlenmiştir. Gölet ve yapılarının temel derinliklerine göre hesaplanan yapı temelleri altındaki zemin emniyet gerilmeleri 4.38-27.72 kg/cm^2 arasında hesaplanmıştır. Oturma değerleri 0.01-2.45 cm arasında bulunmuştur.

h. Göl alanında Orta Eosen yaşlı andezit-bazalt lavları (Tekv2) ile yer yer arabant halindeki görülen tüf-aglomera (Tekv1) seviyeleri ile kiltaşı-kumtaşından oluşmuş sedimanter seviyeler (Teks) kaya birimlerini oluşturmaktadır. Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) ve yamaç molozu (Qym) göl alanındaki kaya birimleri üzerindeki örtü birimlerini oluşturmaktadır.

5. KAYNAKLAR

Abdullatif, O.M. and Cruden, D.M., 1983. The Relationship Between Rock Mass Quality and Ease of Excavation, Bull. Intnl. Assoc. Eng. Geol., 28, 183-187

Attewell, P.B. and Farmer, I.W., 1976. Principles of Engineering Geology, Chapman and Hall, London, 1045.

Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesi'nin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1981. Standard test method for capillary-moisture relationships for coarse and medium textured soils by porous plate apparatus, ASTM Standards, 04.08.

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1985. Soil and Rock, Building Stones, Section 4, 4-8, 409-423.

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992a. Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Wetting and Drying Conditions (ASTM D5313-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication, 189-190.

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992b. Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Freezing and Thawing Conditions (ASTM D5312-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication, 1344-1346.

ASTM (American Society for Testing and Materials), 1994. Annual Book of ASTM Standarts-Construction, Soil and Rock, ASTM Publication, 4-8, 978.

Barton, N. and Choubey, V., 1977. The Shear Strength of Rock and Rock Joints. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract, 13, 255-279.

Barton, N. and Bannis, S., 1982. Effect of Block Size on the Shear Behavior of Jointed Rock, Issiue in Rock Mechanic, 23 rd U.S. Symposium on Rock Mechanic, Berkeley, California, Society of Mining Engineers of AIME

Barton, N. R. ve Bandis, S., 1990. Review of Predictive Capabilities of JRC-JCS Model In Engineering Practice, Rock Joints, Leon, Norway. Balkema, Rotterdam, 603-610

Berkün, M., 2007. "Su Yapılar Barajlar, Savaklar ve Su Kuvveti Tesisleri", 546-562

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., 1976. Rock Mass Classification in Rock Engineering. Proc. Symp. on Exploration for Rock Engineering, Cape Town, Balkema, 97-106.

Bieniawski, Z.T., 1978. Determining Rock Mass Deformability, Experience from Case Histories, Int, Jou., Rock Mech. Min. Sci., 15, 237-247.

Bieniawski, Z.T., 1979. The Geomechanics Classifîcation in Rock Engineering Applications. Proceedings ISRM 4th International Congress on Rock Mechanics, Montreux. Balkema. Boston. Chapter, 5, 55-95.

Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifıcations. Wiley, New York, 238.

CANMET, 1997a. Laboratory Classification Tests. In Pit Slope Manual of CANMET, Supplement 3-1, Canada Centre for Mineral and Energy Technology Report, 77-25, 31.

CANMET, 1997b. Laboratory Classitication Tests, In Pit Slope Manual of CANMET, Supplement 3-1, Canada Centre for Mineral and Energy Technology Report, 77-26, 74.

Deere, D.U., 1964. Technical Description of Rock Cores for Engineeringn Purposed, Rock Mech. Rock Eng., 1, 17-22.

Dick, J.C., Shakoor, A. and Wells, N., 1994. A Geological Approach Toward Developing a Mudrock-Durability Classification System, Canadian Geotechnical Journal, 34, 17-27.

Goodman, R.E., 1989. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, Second Edition, 562.

Gökçeoğlu, C., 1997. Killi, Yoğun Süreksizlik İçeren ve Zayıf Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflamalarında Karşılaşılan Güçlüklerin Giderilmesine Yönelik Yaklaşımlar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Gökçeoğlu, C., Ulusay, R. ve Sönmez, H., 2000. Factors Affecting The Durability of Selected Weak and Clay- Bearing Rocks from Turkey With Particular Emphasis on The Influence of The Number of Drying and Wetting Cycles, Engineering Geology, 57,215-237.

Göktan, R.M. ve Ayday, C., 1993. A Suggested Improvement to The Schmidt Rebound Hardness ISRM Suggested Method with Particular Reference to Rock Machineability, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science. &. Geomechanics. Abstract, 303, 321-322.

Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Yayınları, Ankara.

Haramy, K.Y. and De Marco, M.L., 1985. Use of Schmidt Hammer for Rock and Coal Testing, 26th U.S. Symp. on Rock Mechanics, 26-28 June, Rapid City, 549-555.

Hoek, E., 1968. Brittle Failure of Rock, In Rock Mechanics in Engineering Practice (Ed. K. G. Stagg and O. C. Zienkiewicz), JohnWiley & Sons Ltd., London, 99–124.

Hoek, E., 1994. Strength of Rock and Rock Masses, ISRM News Journal, 2, 4-16.

Hoek, E., 2000. Practical Rock Engineering, Course Notes, Evert Hoek Consulting Engineer Inc., Canada.

Hoek, E. and Brown, E.T., 1980 a. Underground Excavations in Rock. Institution of Mining and Metallurgy. Stepnen Austin and Sons, London, 527.

Hoek, E. and Brown, E.T., 1980. Underground Excavations in Rock. Institution of Mining and Metallurgy, London, 527.

Hoek, E. and Brown, E. T., 1980 b. Empiricial Strength Criterion for Rock Masses. ASCE Joumai of The Geotechnical Engineering Division, 106, 1013-1035.

Hoek, E., Kaiser, P.K. and Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavations in Hard Rock. Balkema, Rotterdam, 214.

Hoek, E. and Karzuluvic, A., 2000. Rock Mass Properties for Surface Mines, Slope Stability Ans Surface Mining, Society Foe Mining, Metallurgical and Exploration (SME), Colorado, 59-70 .

Hoek, E., Marinos, P. and 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, 57,151-160.

Hoek, E., Wood, D. and Shah, S., 1992, A Modified Hoek-Brown Criterion for Jointed Rock Masses. ISRM Symposium: Eurock'92-Rock Characterization, J. A. Hudson (ed.), Thomas Telford. 209-213.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1976. Engineering Geological Maps, The UNESCO Press, 15, 78.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1978. Comission on Standardization of Laboratory and Field Tests: Suggested Methods for The Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15, 319-68.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1979. Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake Durability Index Properties. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 16, 141-156.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E. T. Brown (ed.), Pergamon Press, London, 211.

ISRM (International Society of Rock Mechanics), 1981a. Suggested Methods for The Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses (ed. E. T. Brown), Pergamon Pres, Oxford, UK, 211.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1985. Suggested Method for Determining Point Load Strength, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 22, 53-60.

Jenning, J.E., 1970. A Mathematical Theory for the Calculation of the Stability od Slopes in Open Cast Mines, Proc. Symp. On Planning Open Pit Mines, Cape Town, Balkema, 87-112

MTA Genel Müdürlüğü , 1992. Türkiye Diri Fay Haritası.

MTA Genel Müdürlüğü, 1998. 1/100 000 ölçekli Açınsama Nitelikli Jeoloji Haritaları.

MTA Genel Müdürlüğü, 2000. 1/100 000 ölçekli Jeoloji Haritası Trabzon H44 Paftası.

MTA Genel Müdürlüğü, 2005. Sığ Temellerde Jeoteknik Etüt.

Mehrotra, V.K., 1992. Estimation of Engineering Properties of Rock Mass, PhD Thesis, University of Roorkee, Roorkee, India, 257.

Palmstrom, A., 1982. The Volumetric Joint Count- A Useful and Simple Measure of The Degree of Jointing. 4th Int. Congress IAEG, New Delhi. 221-228.

Palmstrom A., 1985. Application of The Volumetric Joint Count as A Measure of Rock Mass Jointing. Proc. Int. Symp. On Fundamentals of Rock Joints, Bjerkliden, Sweden, 103-110.

Palmström, A., 1996. RMI-A System for Rock Mass Strength for Use in Rock Engineering. Journal. of Rock Mechanics. and Tunneling Technigue, India, l, 69-108.

Pettifer, G.S. and Fookes, P.G., 1994. A Revision of The Graphical Method for Assessing The Excavability of Rock, Q J Eng Geol, 27, 145–164.

Piteau, D.R., 1970. Geological Factors Significant to The Stability of Slopes Cut in Rock. Proc. of The Symp. on Planning Open Pit Mines, S.A. Inst. Min. and Metali., Johannesburg, 33-53.

Poole, R.W. and Farmer, I.W., 1980. Consistency and Repeatability of Schmidt Hammer Rebound Data During Field Testing. International Journal of Rock Mechanics and Mining., 63-71.

Priest, S.D. and Hudson, J.A., 1976. Discontinuity Spacing in Rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts. 13, 135-148.

Russel, D. J., 1982. Controls on Shale Durability: The Response of Two Ordovician Shales in The Slake Durability Test, Canadian Geotechnical Journal,19, 1-13.

Sönmez, H. ve 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, 743-760.

T.S.E., 1975. Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini. UDK 622-02. Türk Standartları Ensitüsü, Ankara

T.S.E., 1987. Tabii Yapıtaşlarının Muayene ve Deney Metotları. TS 699, UDK, 6912. Türk Standartları Ensitüsü, Ankara

T.S.E., 1990. Kaya Mekaniği Deneyleri İçin Karot Numunelerinin Hazırlanması, Boyut ve Şekil Toleranslarının Tespiti. TS 8614, UDK, 622-02,624-121. Türk Standartları Ensitüsü, Ankara

Ulusay, R., 1991. Geotechnical Evaluations and Deterministic Design Considerations for Pitwall Slopes at Eskihisar (Yatağan-Muğla) Strip Coal Mine. PhD Thesis, Middle East Technical University, 340.(unpublished).

Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38, Genişletilmiş 4, 385.

Ulusay, R., Ekmekçi, M., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Tuncay, E. ve Erdoğan, S., 1998. TKİ Himmetoğlu (Göynük-Bolu) Linyit Açık İşletmesi Şev Duraylılığı Projesi (1.Aşama: A Panosu Şevlerinin Duraylılığı). Proje No. 600.020.0056, 245 s.

Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A., 2001. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 58, Ankara, 161.

Ulusay, R., Özkan, L. ve Ünal, E., 1995. Characterization of Weak, Stratified and Clay-Bearing Rock Masses for Engineering Applications. Fractured and Jointed Rock

Ulusay, R. ve Sönmez, H., 2002. Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları No:60, Ankara, 243s

Yüksek, Ö., 2008. "Revaluation of Turkey's Hydropower Potential and Electric Energy Demand", Energy Policy.

Yüksek, Ö. ve Kaygusuz K., 2006. "Small Hydropowerplants As a New and Renewable Energy Source", Energy Sources Part B 1, 279-290.

Yüksek Ö. ve Kömürcü M İ., 2006. Yüksel İ., Kaygusuz K., "The Role of Hydropower in Meeting Turkey's Electric Energy Demand", Energy Policy 34, 3093-3103

6-EKLER

EK-1: Laboratuvar Deney Sonuçları

EK-1.1. Çayırözü göleti, gölet yerinde açılmış temel araştırma sondajları, derinlik, kot-koordinat, örnek ve deney bilgileri

ARAŞTIRMA NO	ARAŞTIRMA YERİ	DERİNLİK (m)	ARAŞTIRMA KOTU* (m)	KOORDİNATLAR		YERİNDE DENEYLER VE ÖRNEKLER
				X	Y	
GÖLET YERİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI						
SK-1	Gölet ekseni, sağ yaka	20.00	1,597.58	4,473,716.45	615,044.50	Pd, BST, Kk
SK-2P	Gölet ekseni, sağ yaka	25.50	1,590.30	4,473,742.15	615,082.82	BST, Kk
SK-3	Gölet ekseni, sağ yaka Derivasyon Kondüvisi	25.00	1,586.50	4,473,760.64	615,107.39	SPT, Pd, BST, Kk
SK-4P	Gölet ekseni, talveg	30.00	1,581.50	4,473,779.83	615,134.26	PrT, KK
SK-5	Gölet ekseni, sol yaka	25.00	1,590.36	4,473,801.68	615,167.56	Pd, BST, Kk
SK-6	Gölet ekseni, sol yaka Dolusavak, eşik yapısı	20.00	1,606.52	4,473,822.50	615,196.88	Pd, BST, Kk
SK-7P	Dolusavak, enerji kırıcı havuz yakını	15.00	1,580.25	4,473,733.73	615,247.52	PrT, KK
SK-8P	Derivasyon Kondüvisi, başlangıcı	10.50	1,589.94	4,473,852.65	615,042.22	SPT, PrT, KK
SK-9P	Derivasyon Kondüvisi, sonunun yakını	10.00	1,582.52	4,473,688.53	615,186.70	PrT, KK
SK-10	Gölet Gövdesi, memba taraf Memba Batardosu	10.00	1,593.36	4,473,834.89	615,085.56	SPT, Pd, BST, Kk
TOPLAM (SK)	**10 adet Araştırma Sondajı**	**191.00**	**--**	**--**	**--**	**--**

Açıklamalar : *Araştırma Sondajı kotları 3º, Temel Araştırma çukur kotları 6º'dir. SPT: Standart Penetrasyon Deneyi, Pd: Basınçsız (Permeabilite) Su Deneyi, BST: Basınçlı Su Deneyi, PrT: Presiyometre Deneyi, UD: Örselenmemiş Örnek, Kk: Korunmuş Karot Örneği, SN: Su Örneği, TN; Torba Örnek

Ek-1.2. Gölet yerinde açılmış araştırma sondajlarının standart penetrasyon deneyi (SPT) bilgileri

SONDAJ NO	***SONDAJ YERİ***	***LİTOLOJİ***	***STANDART PENETRASYON DENEYİ (SPT)***					
			Deney Derinliği (m)	***SPT Darbe Sayısı***				***Tanımı (II+III göre)***
				I	***II***	***III***	***II+III***	
SK-3	*Gölet ekseni, sağ yaka*	*(0.00-2.20 m)* ***Yamaç Molozu***	*1.50 - 1.95*	*9*	*10*	*24*	***34***	*Sert Kil*
		(2.00-3.20 m) ***Taraça***	*3.00 - 3.05*	*50/5*	*--*	*--*	***50<***	*--*
		(3.20-25.00 m) ***Andezit***	*--*	*--*	*--*	*--*	***--***	*--*
SK-8P	*Derivasyon Kondüvisi başlangıcı*	*(0.00-2.50 m)* ***Alüvyon***	*1.50 - 1.86*	*27*	*50/11*	*--*	***50<***	*--*
		(2.50-5.10 m) ***Tüflü Kumtaşı***	*--*	*--*	*--*	*--*	***--***	*--*
		(5.10-10.00 m) ***Kiltaşı***	*--*	*--*	*--*	*--*	***--***	*--*
SK-10	*Gölet Gövdesi, memba taraf, Memba Batardosu*	*(0.00-2.00 m)* ***Yamaç Molozu***	*1.50 - 1.95*	*8*	*13*	*25*	***38***	*--*
		(2.00-4.40 m) ***Kong. Kumtaşı***	*--*	*--*	*--*	*--*	***--***	*--*
		(4.40-10.00 m) ***Kiltaşı***	*--*	*--*	*--*	*--*	***--***	*--*

Ek-1.3. Gölet yerinde açılmış araştırma sondajlarının yeraltısuyu, litoloji ve geçirimlilik bilgileri

SONDAJ NO	SONDAJ YERİ	SONDAJ KOTU (m)	YASS (m)	YAS KOTU (m)	JEOLOJİK BİRİM	GEÇİRİMLİLİK			
						Derinlik (m)	K (cm/s)	Lugeon (L)	Tanımı
SK-1	Gölet ekseni, sağ yaka	1,597.58	13.30	1,584.28	**(0.00-6.00 m) YAMAÇ MOLOZU** Kum, açık kahve renkli, çakıllı, siltli 2.50-6.00 m arası ayrışmış kaya parçalı	0.00-1.50	$3.57x10^{-4}$	--	Geçirimli
						1.50-3.00	$4.90x10^{-3}$	--	Çok Geçirimli
						3.00-4.50	$7.56x10^{-4}$	--	Geçirimli
						4.50-6.00	$1.79x10^{-4}$	--	Geçirimli
					(6.00-20.00 m) ANDEZİT Yeşilimsi gri renkli, sert-çok sert, iyi dayanımlı, az ayrışmış, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, kil ve FeO dolgulu, yer yer kalsit damarlı 6.00-14.00 m arası tek yönlü eklemli, dolgu yer yer 0.5 cm kalınlıkta, 14.00-20.00 m arası iki yönlü eklemli dolgu azalıyor. 6.00-15.50 m arası sarı renkli, 15.50-20.00 m arası kırmızımsı kahve renkli ve genelde çatlak yüzeylerinde alterasyon gözlenmektedir. 6.00-6.25 m, 8.00-8.25 m, 8.50-8.70 m, 11.00-11.15 m, 12.90-13.00 m, 17.90-18.00 m arası parçalı kırıklı, 18.50-19.00 m arası düşey eklemli 7.25-7.50 m, 9.00-11.30 m fay, zon 1-3 cm kalınlığında ve breşik	6.00-10.00	--	25<	Çok Geçirimli
						10.00-12.00	--	10.41	Geçirimli
						12.00-14.00	--	6.17	Geçirimli
						14.00-16.00	--	4.18	Az Geçirimli
						16.00-18.00	--	3.27	Az Geçirimli
						18.00-20.00	--	5.72	Geçirimli
SK-2P	Gölet ekseni, sağ yaka	1,590.30	5.70	1,584.60	**(0.00-2.00 m) YAMAÇ MOLOZU** Kum, kahve renkli, çakıllı killi	--	--	--	--
					(2.00-6.00 m) TARAÇA Çakıl, kahvemsi gri renkli, bloklu, kumlu	--	--	--	--
					(6.00-25.50 m) ANDEZİT Yeşilimsi gri renkli, az ayrışmış, orta-iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, iki yönlü ve düzensiz eklemli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, kil ve FeO dolgulu, dolgu 1mm'ye kadar kalınlıkta 6.00-17.60 m arası sarı renkli, 17.50-25.50 m arası kırmızımsı kahve renkli alterasyon gözlenmekte. 15.20-15.30 m, 16.30-16.40 m 20.00-20.05 m arası parçalı kırıklı 16.40-16.45 m, 19.40-19.43 m arası kuvars bantlı	--	--	--	--

SK-3	Gölet ekseni, sağ yaka, Derivasyon Kondüvisi	1,586.50	5.15	1,581.35	**(0.00-2.20 m) YAMAÇ MOLOZU** Kil, kahve renkli çakıllı, kumlu	0.00-1.50	$8.61x10^{-4}$	--	Geçirimli
						1.50-3.00	$7.29x10^{-4}$	--	Geçirimli
					(2.20-3.20 m) ALÜVYON Çakıl, kahve renkli, kumlu, bloklu, çakıllar yarı yuvarlak, andezit kökenli	3.00-4.50	$6.98x10^{-4}$	--	Geçirimli
					(3.20-25.00 m) ANDEZİT Yeşilimsi gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, sert-çok sert, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, kil, FeO dolgulu, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü 3.20-8.00 m arası az-orta derecede ayrışmış, kalın FeO dolgulu, iki yönlü eklemli, 8.00-22.00 m arası ayrışmamış, az FeO sıvalı, 22.00-25.00 m arası az ayrışmış-ayrışmamış, kırmızımsı kahve renkli kil sıvalı	4.00-6.00	--	7.79	Geçirimli
						6.00-8.00	--	8.96	Geçirimli
						8.00-10.00	--	8.85	Geçirimli
						10.00-12.00	--	6.44	Geçirimli
						12.00-14.00	--	7.95	Geçirimli
						14.00-16.00	--	11.84	Geçirimli
						16.00-18.00	--	6.65	Geçirimli
						18.00-20.00	--	6.34	Geçirimli
						20.00-22.00	--	8.63	Geçirimli
						22.00-24.00		7.86	Geçirimli

SONDAJ NO	SONDAJ YERİ	SONDAJ KOTU (m)	YASS (m)	YAS KOTU (m)	JEOLOJİK BİRİM	GEÇİRİMLİLİK			
						Derinlik (m)	K (cm/s)	Lugeon (L)	Tanımı
SK-4P	Gölet ekseni, talveg	1,581.50	3.48	1,578.02	**(0.00-2.90 m) YAMAÇ MOLOZU** 0.00-1.00 m Kil, kahve renkli, çakıllı kumlu 1.00-2.90 m Çakıl, gri renkli, bloklu	--	--	--	--
					(2.90-30.00 m) ANDEZİT Gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, çok sert-sert, iyi - çok iyi dayanımlı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, seyrek eklemli, eklemler tek yönlü 2.90-4.25 m arası kırmızımsı kahve renkli, az-orta ayrışmış 4.25-30.00 m arası ayrışmamış, yer yer az ayrışmış 11.90-12.00 m, 26.17-26.50 m arası parçalı kırıklı 19.62-20.30 m, 28.87-29.05 m arası killi, breş dolgulu fay	--	--	--	--
SK-5	Gölet ekseni, sol yaka	1,590.36	8.08	1,582.28	**(0.00-6.50 m) YAMAÇ MOLOZU / AYRIŞMIŞ KAYA** Açık kahve renkli, 0.00-3.40 m arası Kum, ince çakıllı, killi, daneler 5 mm'ye kadar boyutlarda, yuvarlak. 3.40-6.50 m arası ayrışmış kaya	0.00-1.50	$1.39x10^{-4}$	--	Geçirimli
						1.50-3.00	$5.23x10^{-4}$	--	Geçirimli
						3.00-4.50	$1.98x10^{-4}$	--	Geçirimli
						4.50-6.00	$1.02x10^{-3}$	--	Çok Geçirimli
						6.00-7.50	$1.77x10^{-4}$	--	Geçirimli
					(6.50-25.00 m) ANDEZİT Açık gri renkli, az ayrışmış, ayrışmamış, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, eklemler 2 yönlü, kapalı eklemli 6.50-10.00 m arası breşik yapıda 6.50-9.00 m arası orta-az ayrışmış 9.00-25.00 m arası ayrışmamış 6.50-7.80 m, 9.00-9.50 m, 11.00-11.10 m, 14.50-14.70 m, 16.50-17.00 m, 20.00-20.10 m, 21.70-22.20 m, 23.30-23.40 m, 24.10-24.25 m arası parçalı kırıklı 19.10-19.25 m, 25.25-25.50 m arası çok parçalı kırıklı 25.00-25.15 m breş dolgulu fay	8.00-10.00	--	25<	Çok Geçirimli
						10.00-12.00	--	3.58	Az Geçirimli
						12.00-14.00	--	3.35	Az Geçirimli
						14.00-16.00	--	5.18	Geçirimli
						16.00-18.00	--	5.73	Geçirimli
						18.00-20.00	--	6.48	Geçirimli
						20.00-22.00	--	4.63	Az Geçirimli
						22.00-24.00	--	4.30	Az Geçirimli
SK-6	Gölet ekseni, sol yaka, Dolusavak, eşik yapısı	1,606.52	10.85	1,595.67	**(0.00-20.00 m) ANDEZİT** Kahvemsi gri-gri renkli, az-orta ayrışmış, ayrışmamış, sert-çok sert, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, iki yönlü eklemli, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, kil dolgulu, yer yer kalsit damarlı 0.00-4.00 m arası kahvemsi gri renkli, orta-çok ayrışmış, kil dolgulu parçalı zon 4.00-8,40 m arası kahvemsi gri renkli, az-orta ayrışmış, az kil dolgulu 8.00-20.00 m arası gri renkli, ayrışmamış, eklemler kapalı 0.85-1.00 m, 1.80-2.00 m, 3.45-3.75 m, 8.20-8.30 m, 8.40-8.50 m, 9.25-9.35 m, 11.75-11.85 m,12.40-12.55 m, 13.80-14.00 m, 14.25-14.50 m, 15.40-15.60 m, 15.90-16.00 m, 17.80-17.95 m, 18.00-18.50 m arası parçalı kırıklı	0.00-2.00	$6.46x10^{-4}$	--	Geçirimli
						2.00-4.00	--	10.77	Geçirimli
						4.00-6.00	--	6.09	Geçirimli
						6.00-8.00	--	4.80	Az Geçirimli
						8.00-10.00	--	25<	Çok Geçirimli
						10.00-12.00	--	16.88	Geçirimli
						12.00-14.00	--	4.99	Az Geçirimli
						14.00-16.00	--	9.42	Geçirimli
						16.00-18.00	--	3.48	Az Geçirimli
						18.00-20.00		3.70	Az Geçirimli

SONDAJ NO	SONDAJ YERİ	SONDAJ KOTU (m)	YASS (m)	YAS KOTU (m)	JEOLOJİK BİRİM	GEÇİRİMLİLİK			
						Derinlik (m)	K (cm/s)	Lugeon (L)	Tanımı
SK-7P	Dolusavak, enerji kırıcı havuz yakını	1,580.25	4.60	1,575.65	**(0.00-4.50 m) YAMAÇ MOLOZU / AYRIŞMIŞ KAYA,** 0.00-2.90 m Kum, açık kahve renkli, çakıllı siltli 2.90-4.50 m arası ayrışmış kaya	--	--	--	--
					(4.50-15.00 m) ANDEZİT Gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, iki yönlü sık eklemli, eklemler 45° - 90° eğimli, kil ve FeO dolgulu, çatlaklar arasında kırmızımsı kahve renkli alterasyon yüzeyleri gözlenmekte. 0.00-9.50 m yoğun çatlaklı, kil dolgulu, 9.50-15.00 m seyrek çatlaklı. 5.7-5.85 m, 6.0-6.25 m, 6.6-7.0 m, 7.8-8.0 m, 8.3-8.36 m, 9.3-9.4 m, 11.0-11.25 m, 12.35-12.5 m, 13.0-13.1 m, 14.15-14.30 m parçalı-kırıklı	--	--	--	--
SK-8P	Derivasyon Kondüvisi, başlangıcı	1,589.94	3.55	1,586.39	**0.00-2.50 m) ALÜVYON** Kum, açık kahve renkli, çakıllı siltli	--	--	--	--
					(2.50-5.10 m) TÜFLÜ KUMTAŞI Açık kahve renkli, orta-çok ayrışmış, zayıf-orta dayanımlı	--	--	--	--
					(5.10-10.50 m) KİLTAŞI Siyahımsı gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, zayıf-çok zayıf dayanımlı, iki yönlü eklemli, yer yer killeşmiş. 5.65-6.35 m, 6.70-7.20 m, 8.50-9.50 m arası parçalı-kırıklı, 7.20-7.65 m, 8.0-8.50 m, 10.0-10.2 m, 10.40-10.50 m arası çok parçalı-kırıklı	--	--	--	--
SK-9P	Derivasyon Kondüvisi, sonunun yakını	1,582.52	5.27	1,577.25	**(0.00-6.60 m) YAMAÇ MOLOZU** 0.00-4.50 m Kil, kahve renkli, çakıllı kumlu 4.50-6.10 m Çakıl, kırmızımsı sarımsı gri renkli 6.10-6.60 m Blok, yeşilimsi sarımsı gri renkli	--	--	--	--
					(6.60-10.00 m) ANDEZİT Gri renkli, orta-çok ayrışmış, orta-iyi dayanımlı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, sık eklemli, eklemler iki yönlü, kil ve FeO dolgulu. 7.80-8.00 m, 9.80-10.00 m arası parçalı-kırıklı	--	--	--	--
SK-10	Gölet Gövdesi, memba taraf, Memba Batardosu	1,593.36	3.15	1,590.21	**(0.00-2.00 m) YAMAÇ MOLOZU** Kum kahve renkli, çakıllı siltli killi	--	--	--	--
					(2.00-4.40 m) KUMTAŞI Sarımsı kırmızımsı kahve renkli, orta- zayıf dayanımlı, az-orta derecede ayrışmış	--	--	--	--
					(4.40-10.00 m) KİLTAŞI Koyu gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, zayıf - orta dayanımlı, 10° eğimli tabakalı, 9 cm kalın. kumtaşı arabantlı. 4.4-4.5 m, 5.0-5.5 m, 6.0-6.1 m, 6.9-7.0 m, 7.5-7.65 m, 8.0-8.35 m, 8.7-9.4 m çok parçalı-kırıklı	--	--	--	--

Ek-1.4. Gölet yeri Araştırma Sondajları Litoloji, Karot verimi, RQD, Süreksizlik Sıklığı ve Ayrışma Derecesi Bilgileri

SONDAJ NO	SONDAJ YERİ	LİTOLOJİ	KAROT VERİMİ (%)		RQD (%)		ÇATLAK SIKLIĞI (adet / m)		AYRIŞMA DERECESİ	
SK-1	Gölet ekseni, sağ yaka	(0.00-6.00 m) Yamaç Molozu	0.00-6.00 m	20-94	--	--	--	--	--	--
		(6.00-20.00 m) Andezit	6.00-7.50 m	47	6.00-7.50 m	0	6.00-7.50 m	50<	6.00-7.50 m	W3
			7.50-20.00 m	100	7.50-20.00 m	25-50 ±(0-25)	7.50-20.00 m	10-50 -(50<)	7.50-20.00 m	W2 -(W2-W3)
SK-2P	Gölet ekseni, sağ yaka	(0.00-2.00 m) Yamaç Molozu	0.00-2.00 m	50	--	--	--	--	--	--
		(2.00-6.00 m) Taraça	2.00-6.00 m	25-50 ±(50-75)	--	--	--	--	--	--
		(6.00-25.50 m) Andezit	6.00-25.50 m	75-100 -(65)	6.00-25.50 m	25-50 ±(50-75)	6.00-25.50 m	10-50	6.00-25.50 m	W2
SK-3	Gölet ekseni, sağ yaka, Derivasyon Kondüvisi	(0.00-2.20 m) Yamaç Molozu	0.00-2.20 m	100	--	--	--	--	--	--
		(2.00-3.20 m) Taraça	2.20-3.20 m	100	--	--	--	--	--	--
		(3.20-25.00 m) Andezit	3.20-25.00 m	100 -(94, 91)	3.20-25.00 m	25-50, 50-75 -(82)	3.20-25.00 m	10-50 -(50<)	3.20-8.00 m	W2-W3 -(W3)
									8.00-25.00 m	W1

SK-4P	Gölet ekseni, talveg	(0.00-2.90 m) Yamaç Molozu	0.00-2.90 m	50-75, 45	--	--	--	--	--	--
		(3.20-30.00 m) Andezit	2.90-30.00 m	100 ± (75-100)	2.90-30.00 m	75-100 ± (50-75) -(0-25, 25-50)	2.90-30.00 m	3-10 -(10-50, 50<)	2.90-5.00 m	W2-W3, W1-W2
									5.00-25.00 m	W1 -(W1-W2)
SK-5	Gölet ekseni, sol yaka	(0.00-6.50 m) Yamaç Molozu / Ayrışmış Kaya	0.00-6.50 m	0-25 ±(50-75)	--	--	--	--	--	--
		(6.50-25.00 m) Andezit	6.50-10.00 m	25-50 ±(50-75)	6.50-10.00 m	0-25	6.50-10.00 m	50< -(10-50)	6.50-9.00 m	W3, W2
			10.00-25.00 m	75-100 ±(50-75)	10.00-25.00 m	0-25 ± (25-50) -(75-100)	10.00-25.00 m	10-50 -(50<, 3-10)	9.00-25.00 m	W1
SK-6	Gölet ekseni, sol yaka, Dolusavak, eşik yapısı	(0.00-20.00 m) Andezit	0.00-20.00 m	100	0.00-20.00 m	0-25 ± (25-50) -(63)	0.00-13.00 m	10-50 ± (50<)	0.00-6.00 m	W3-W4, W2-W3 -(W3, W2)
							13.00-20.00 m	50< -(9, 17)	6.00-20.00 m	W1 -(W1-W2)
SK-7P	Dolusavak, enerji kırıcı havuz yakını	(0.00-4.50 m) Yamaç Molozu / Ayrışmış Kaya	0.00-4.50 m	25-50, 50-75	--	--	--	--	--	--
		(4.50-15.00 m) Andezit	4.50-15.00 m	100 ±(75-100)	4.50-10.00 m	0 -(16)	4.50-7.00 m	50<	4.50-9.00 m	W2 -(W3)
					10.00-15.00 m	25-50 -(0-25)	7.00-15.00 m	10-50	9.00-15.00 m	W1-W2

SK-8P	Derivasyon Kondüvisi başlangıcı	(0.00-2.50 m) Alüvyon	0.00-2.50 m	25-50 -(94, 91)	--	--	--	--	--	--
		(2.50-5.10 m) Tüflü Kumtaşı	2.50-5.10 m	50-75 -(100)	2.50-5.10 m	0 -(46)	2.50-5.10 m	50<	2.50-5.10 m	W3-W4 -(W3)
		(5.10-10.00 m) Kiltaşı	5.00-10.00 m	75-100 -(54)	5.10-10.00 m	0 -(17)	5.10-10.00 m	50<	5.10-10.00 m	W2 -(W1-W2)
SK-9P	Derivasyon Kondüvisi, sonunun yakını	(0.00-6.60 m) Yamaç Molozu	0.00-6.60 m	67 -(27)	--	--	--	--	--	--
		(6.60-10.00 m) Andezit	6.60-10.00 m	50-75	6.60-10.00 m	0-25	6.60-10.00 m	50< ± (16.18)	6.60-10.00 m	W3-W4
SK-10	Gölet Gövdesi, memba taraf, Memba Batardosu	(0.00-2.00 m) Yamaç Molozu	0.00-2.00 m	45	--	--	--	--	--	--
		(2.00-4.40 m) Konglomeratik Kumtaşı	2.00-4.40 m	100 ± (47)	2.00-4.40 m	0 ± (43)	2.00-4.40 m	50< ± (45)	2.00-4.40 m	W2-W3 -(W2)
		(4.40-10.00 m) Kiltaşı	4.40-10.00 m	75-100	4.40-10.00 m	0 -(16)	4.40-10.00 m	50<	4.40-10.00 m	W1-W2

AÇIKLAMA: **Ayrışma Derecesi tanımları**; **W1**: Ayrışmamış (taze), **W2**; Az ayrışmış, **W3**; Orta ayrışmış, **W4**; Çok ayrışmış, **W5**; Tamamen ayrışmış. **±() :** Yer yer, **-() :** Çok az

Ek-1.5. Gölet yerinde açılmış araştırma sondajlarının presiyometre deneyi (PMT) bilgileri

SONDAJ NO	SONDAJ YERİ	YASS (m)	LİTOLOJİ	PRESİYOMETRE DENEYİ SONUÇLARI		
				Deney Derinliği (m)	Net Limit Basınç (P_{Lnet}) (kg/cm^2)	Elastiste Modülü (Ep) (kg/cm^2)
SK-2P	Gölet ekseni, sağ yaka	5.70	**(0.00-6.00 m) YAMAÇ MOLOZU**	--	--	--
			(2.00-6.00 m) TARAÇA	--	--	--
			(6.00-25.50 m) ANDEZİT	8.00	77.2	2,534.7
				10.00	77.0	2,840.8
				12.00	77.0	2,828.8
				14.00	58.5	1,722.3
				16.00	59.2	2,805.0
				18.00	77.3	2,539.3
				20.00	81.3	2,874.8
				22.00	83.3	3,224.1
				24.00	76.2	2,623.0
SK-4P	Gölet ekseni, talveg	3.48	**(0.00-2.90 m) YAMAÇ MOLOZU**	--	--	--
			(2.90-30.00 m) ANDEZİT	6.00	73.5	3,119.8
				8.00	76.5	3,424.5
				10.00	72.8	2,585.2
				12.00	79.0	3,703.4
				14.00	77.0	3,117.1
				16.00	71.1	2,128.5
				18.00	68.2	2,494.2
				20.00	76.7	3,228.1
				22.00	72.2	2,266.3
				24.00	71.5	1,935.1
				26.00	72.7	2,608.3
				28.00	77.3	3,657.3
				30.00	76.5	3,542.8

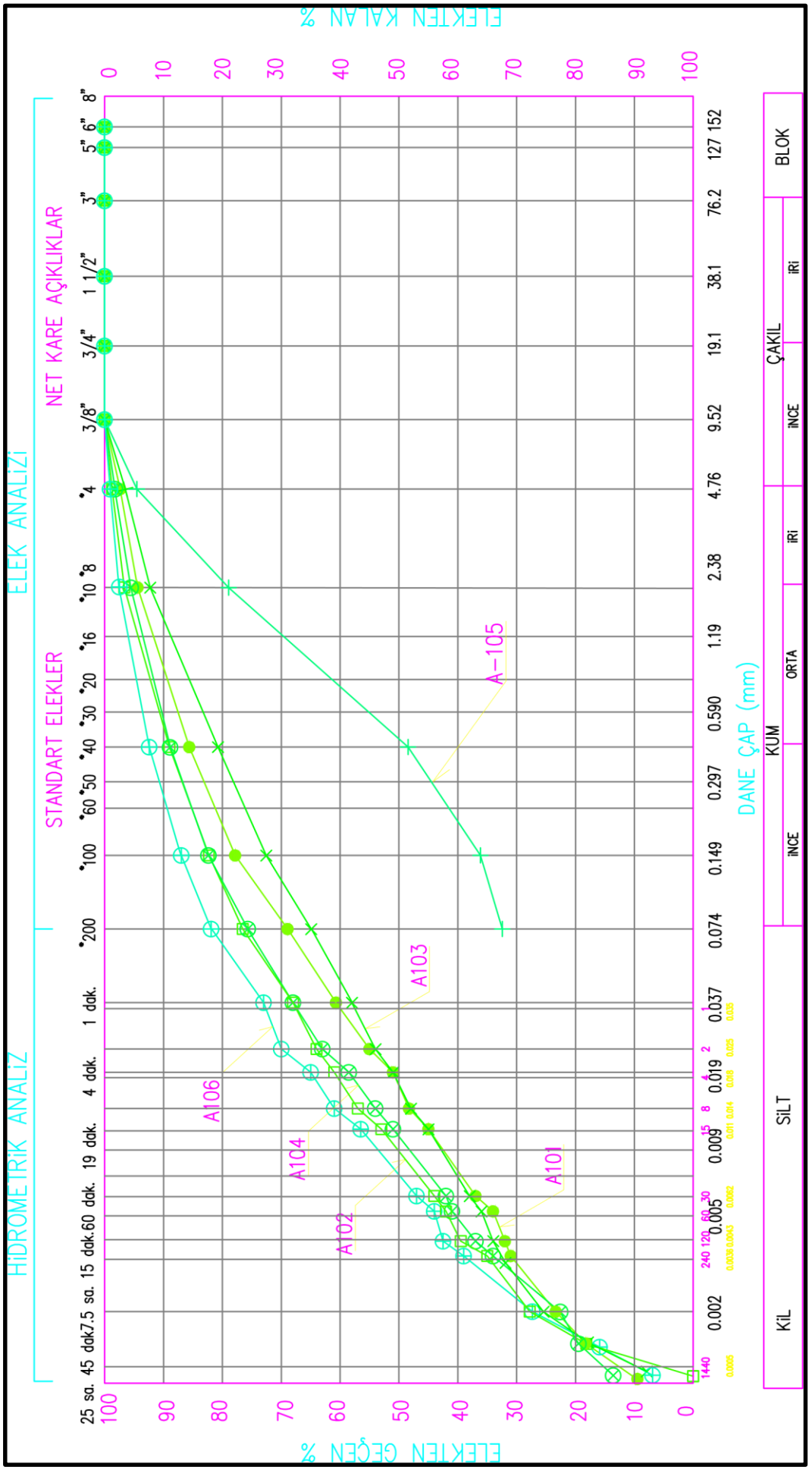
SK-7P	Dolusavak, enerji kırıcı havuz yakını	4.60	**(0.00-2.90 m) YAMAÇ MOLOZU**	2.00	8.5	78.7
				4.00	5.5	47.8
				6.00	5.7	45.0
			(2.90-15.00 m) ANDEZİT	8.00	73.7	1,888.8
				10.00	78.2	3,375.3
				12.00	77.7	3,200.7
				14.00	77.1	3,041.9
SK-8P	Derivasyon Kondüvisi başlangıcı	3.55	**(0.00-2.50 m) ALÜVYON**	--	--	--
			(2.50-5.10 m) TÜFLÜ KUMTAŞI	--	--	--
			(5.10-10.50 m) KİLTAŞI	6.00	3.7	27.2
				8.00	4.6	43.4
				10.00	4.7	28.8
SK-9P	Derivasyon Kondüvisi sonunun yakını	5.27	**(0.00-6.60 m) YAMAÇ MOLOZU**	2.00	7.5	89.6
				4.00	7.9	93.7
				6.00	5.0	96.3
			(6.60-10.00 m) ANDEZİT	8.00	68.3	1,041.0
				10.00	74.0	1,911.2

Ek-1.6. Gölet yeri araştırma sondaj örnekleri zemin mekaniği laboratuvar deney sonuçları

SONDAJ VE ÇUKUR NO	ÖRNEK TÜRÜ VE DERİNLİĞİ (m)	JEOLOJİK BİRİM	LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI												
			Birim Ağırlık (g/cm^3)	Özgül Ağırlık (g/cm^3)	Elek Analiz (%)		Atterberg Limitler (%)			Su İçeriği (%)	Zemin Sınıfı	Üç Eksenli Basınç Deneyi		Konsolidasyon Deneyi	
					+4	-200	LL	PL	PI			Kohezyon (kgf/cm^2)	İçsel Sürtünme Açısı, (^{o})	Boşluk Oranı (en)	Şişme Yüzdesi
GÖLET YERİ ARAŞTIRMA SONDAJLARI															
SK-3	SPT-1 (1.50-1.95)	YAMAÇ MOLOZU ; Kil, çakıllı, kumlu	--	2.61	14.6	42.8	33.9	18.0	15.9	--	SC	--	--	--	--
	SPT-2 (3.00-3.05)	ALÜVYON ; Çakıl, kumlu, bloklu	--	2.60	19.5	22.9	32.9	15.9	17.0	--	SC	--	--	--	--
SK-10	SPT-1 (1.50-1.95)	YAMAÇ MOLOZU Kum, çakıllı, siltli, killi	--	2.52	47.4	9.0	30.1	15.5	14.6	--	GP-GC	--	--	--	--

Ek-1.7. Gölet yeri araştırma sondaj örnekleri kaya mekaniği laboratuvar deney sonuçları

SONDAJ NO	ÖRNEK DERİNLİĞİ (m)	LİTOLOJİ	LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI							
			Birim Ağırlık (g/cm^3)	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (q_a) (kg/cm^2)	Üç Eksenli Basınç		Nokta Yükleme (I_s) (kg/cm^2)	Poisson Oranı (μ)	Statik Elastiste Modülü (E) (Gpa)	Na_2SO_4 Don Kaybı (%)
					Kohezyon (kgf/cm^2)	İçsel Sürtünme Açısı (^{o})				
SK-1	9.20-9.50	Andezit	2.43	273.17	--	--	--	0.34	10.2	--
	16.32-16.52		2.45	296.40	--	--	--	--	9.0	--
SK-2P	12.60-12.97	Andezit	2.57	221.56	--	--	1.7	0.32	--	--
	18.60-18.83		2.60	605.45	--	--	--	--	2.3	--
SK-3	9.05-9.30	Andezit	2.48	--	--	--	--	--	1.1	--
	16.00-16.38		2.52	--	--	--	--	--	10.2	--
SK-4P	12.30-12.64	Andezit	2.57	415.16	--	--	--	0.22	9.0	--
	28.00-28.20		2.54	241.14	--	--	--	--	2.3	--
SK-5	10.41-10.60	Andezit	2.49	--	--	--	1.7	--	--	4.14
	21.12-21.34		2.56	410.97	--	--	--	--	1.1	--
SK-6	10.60-10.76	Andezit	2.55	224.73	--	--	--	0.33	10.2	3.59
	16.29-16.55		2.57	--	90.4	47.0	--	--	9.0	--
SK-7P	10.30-10.54	Andezit	2.56	212.24	--	--	--	0.38	2.3	--
	11.76-12.00		2.49	206.19	--	--	1.7	--	--	--
SK-8P	5.13-5.31	Kiltaşı	2.15	--	--	--	--	--	1.1	--
SK-9P	8.15-8.52	Andezit	2.25	80.98	--	--	--	--	10.2	--
	9.25-9.43		2.44	299.52	--	--	--	0.30	9.0	--
SK-10	3.00-3.42	Konglomeratik Kumtaşı	2.39	154.59	--	--	--	0.35	2.3	--
	6.10-6.27	Kiltaşı	2.42	--	--	--	1.7	--	--	--



Ek-1.8. Geçirimsiz malzeme elek analiz grafiği

EK-2: Sondaj Logları

SONDAJ NO : SK-1
SONDAJ YERİ : GÖLET EKSENİ, SAĞ YAKA
KOT : 1,597.58 m
DERİNLİK : 20.00 m
SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY
YERALTISUYU SEVİYESİ : 13.30 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	GEÇİRİMLİLİK K (cm/s)	GEÇİRİMLİLİK Lugeon (L)	AÇIKLAMA
0.00							
2.00		94			$3.57x10^{-4}$		**(0.00-6.00 m) YAMAÇ MOLOZU** Kum, açık kahve renkli, çakıllı, siltli 2.50-6.00 m arası ayrışmış kaya parçalı
4.00		64			$4.90x10^{-3}$		
6.00		44			$7.56x10^{-4}$		**(6.00-20.00 m) ANDEZİT** Yeşilimsi gri renkli, sert-çok sert, iyi dayanımlı, az ayrışmış, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, kil ve FeO dolgulu, yer yer kalsit damarlı 6.00-14.00 m arası tek yönlü eklemli, dolgu yer yer 0.5 cm kalınlıkta, 14.00-20.00 m arası iki yönlü eklemli dolgu azalıyor. 6.00-15.50 m arası sarı renkli, 15.50-20.00 m arası kırmızımsı kahve renkli ve genelde çatlak yüzeylerinde alterasyon gözlenmektedir. 6.00-6.25 m, 8.00-8.25 m, 8.50-8.70 m, 11.00-11.15 m, 12.90-13.00 m, 17.90-18.00 m arası parçalı kırıklı, 18.50-19.00 m arası düşey eklemli 7.25-7.50 m, 9.00-11.30 m fay, zon 1-3 cm kalınlığında ve breşik
		20			$1.79x10^{-4}$		
8.00		47	0	W3		25<	
		100	58	W2			
10.00		75	23	W2-W3			
12.00		100	55	W2		10.41	
			25				
14.00			41			6.17	
			52				
16.00			46			4.18	
			12				
18.00			34			3.27	
			20				
20.00			30			5.72	
			26				

KUYU SONU : 20.00 m

SONDAJ NO : SK-2P
SONDAJ YERİ : GÖLET EKSENİ, SAĞ YAKA
KOT : 1,590.30 m
DERİNLİK : 25.50 m
SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY
YERALTISUYU SEVİYESİ : 5.70 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	PRESİYOMETRE DENEYİ		AÇIKLAMA
					Net Limit Basınç (P^*L_{net}) (kg/cm^2)	Elastiste Modülü (Ep) (kg/cm^2)	
0.00							
2.00		50					**(0.00-2.00 m) YAMAÇ MOLOZU** Kum, kahve renkli, çakıllı killi
4.00		64 44 68 42					**(2.00-6.00 m) TARAÇA** Çakıl, kahvemsi gri renkli, bloklu, kumlu
6.00		33					
8.00		65	40		77.20	2,534.70	**(6.00-25.50 m) ANDEZİT** Yeşilimsi gri renkli, az ayrışmış, orta-iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, iki yönlü ve düzensiz eklemli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, kil ve FeO dolgulu, dolgu 1 mm'ye kadar kalınlıkta
10.00		92	64		77.00	2,840.80	
12.00		93	48		77.00	2,828.80	
14.00		98	30		58.50	1,722.30	6.00-17.60 m arası sarı renkli, 17.50-25.50 m arası kırmızımsı kahve renkli alterasyon gözlenmekte.
16.00		96	36	W2	59.20	2,805.00	15.20-15.30 m, 16.30-16.40 m, 17.00-17.05 m, 17.90-18.00 m, 20.00-20.05 m arası parçalı kırıklı
18.00		100			77.30	2,539.30	16.40-16.45 m, 19.40-19.43 m arası kuvars bantlı
20.00			26		81.30	2,874.80	
22.00			51		83.30	3,224.10	
24.00			50		76.20	2,623.00	
			37				

KUYU SONU : 25.50 m

SONDAJ NO : SK-3
SONDAJ YERİ : GÖLET EKSENİ, SAĞ YAKA / DERİVASYON KONDÜVİSİ
KOT : 1,586.50 m
DERİNLİK : 25.00 m
SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY
YERALTISUYU SEVİYESİ : 5.15 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	GEÇİRİMLİLİK K (cm/s)	GEÇİRİMLİLİK Lugeon (L)	AÇIKLAMA
0.00							
2.00		100			$8.61x10^{-4}$		**(0.00-2.20 m) YAMAÇ MOLOZU** Kil, kahve renkli çakıllı, kumlu
		100			$7.29x10^{-4}$		**(2.20-3.20 m) ALÜVYON** Çakıl, kahve renkli, kumlu, bloklu, çakıllar yarı yuvarlak, andezit kökenli
4.00		100	35	W3	$6.98x10^{-4}$		
6.00		94	42	W2-W3		7.79	**(3.20-25.00 m) ANDEZİT** Yeşilimsi gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, sert-çok sert, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, kil, FeO dolgulu, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü
8.00		100	65			8.96	
10.00			44			8.85	
12.00		91				6.44	3.20-8.00 m arası az-orta derecede ayrışmış, kalın FeO dolgulu, iki yönlü eklemli
14.00		94	25			7.95	
16.00		100	36			11.84	8.00-22.00 m arası ayrışmamış, az FeO sıvalı
18.00			26			6.65	22.00-25.00 m arası az ayrışmış-ayrışmamış, kırmızımsı kahve renkli kil sıvalı
20.00			63			6.34	
22.00			50	W1		8.63	3.80-3.90 m, 5.20-5.30 m, 5.80-6.00 m, 7.85-7.90 m, 11.45-11.60 m, 12.30-13.00 m, 15.00-15.10 m, 17.60-17.80 m, 19.90-20.00 m, 24.80-24.90 m arası parçalı kırıklı
24.00			34			7.86	
			60				
			66				
			58				
			60				
			82				
			40				
			42				

KUYU SONU : 25.00 m

SONDAJ NO : SK-4P
SONDAJ YERİ : GÖLET EKSENİ, TALVEG
KOT : 1,581.50 m
DERİNLİK : 30.00 m
SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY
YERALTISUYU SEVİYESİ : 3.48 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	PRESİYOMETRE DENEYİ		AÇIKLAMA
					Net Limit Basınç (P^*L_{net}) (kg/cm^2)	Elastiste Modülü (Ep) (kg/cm^2)	
0.00							
		45					**(0.00-2.90 m) YAMAÇ MOLOZU**
2.00		55					0.00-1.00 m Kil, kahve renkli, çakıllı kumlu
		78					1.00-2.90 m Çakıl, gri renkli, bloklu
4.00		95	62	W2-W3			**(2.90-30.00 m) ANDEZİT**
		75	28	W1-W2			Gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, çok sert-sert, iyi - çok iyi dayanımlı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, seyrek eklemli, eklemler tek yönlü
6.00		100	66				
			90		73.50	3,119.80	
8.00			91		76.50	3,424.50	
10.00		92	65		72.80	2,585.20	2.90-4.25 m arası kırmızımsı kahve renkli, az-orta ayrışmış
12.00		82	58		79.00	3,703.40	4.25-30.00 m arası ayrışmamış, yer yer az ayrışmış
		100	88	W1			
14.00			70		77.00	3,117.10	11.90-12.00 m, 26.17-26.50 m arası parçalı kırıklı
			73				
16.00			85		71.10	2,128.50	19.62-20.30 m, 28.87-29.05 m arası killi, breş dolgulu fay
			90				
18.00			87		68.20	2,494.20	
			89				
20.00			39	W1-W2	76.70	3,228.10	
			49				
22.00			78		72.20	2,266.30	
			88				
24.00			78		71.50	1,935.10	
			56				
26.00			50		72.70	2,608.30	
			12				
28.00			75	W1-W2	77.30	3,657.30	
			19				
30.00			40	W1	76.50	3,542.80	

KUYU SONU : 30.00 m

SONDAJ NO : SK-5
SONDAJ YERİ : GÖLET EKSENİ, SOL YAKA
KOT : 1,590.36 m
DERİNLİK : 25.500 m
SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY
YERALTISUYU SEVİYESİ : 8.08 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	GEÇİRİMLİLİK K (cm/s)	GEÇİRİMLİLİK Lugeon (L)	AÇIKLAMA
0.00							
		23			$1.39x10^{-4}$		**(0.00-6.50 m) YAMAÇ MOLOZU / AYRIŞMIŞ KAYA**
2.00		19			$5.23x10^{-4}$		Açık kahve renkli
		67			$1.98x10^{-4}$		0.00-3.40 m arası Kum, ince çakıllı, killi, daneler 5 mm ye kadar boyutlarda , yuvarlak
4.00		56					
		25			$1.02x10^{-3}$		3.40-6.50 m arası ayrışmış kaya
6.00							
		36	0	W3	$1.77x10^{-4}$		**(6.50-25.00 m) ANDEZİT**
8.00		60					
		70	10	W2		25<	Açık gri renkli, az ayrışmış, ayrışmamış, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, eklemler 2 yönlü, kapalı eklemli
		43	0				
10.00			38			3.58	
			10				
12.00			35			3.35	6.50-10.00 m arası breşik yapıda
		100	82				
14.00			29			5.18	6.50-9.00 m arası orta-az ayrışmış
			21				
16.00							9.00-25.00 m arası ayrışmamış
		54	0	W1		5.73	
18.00		56					6.50-7.80 m, 9.00-9.50 m,
		60	10			6.48	11.00-11.10 m, 14.50-14.70 m, 16.50-17.00 m, 20.00-20.10 m, 21.70-22.20 m, 23.30-23.40 m,
20.00		67	0				
		63	21			4.63	24.10-24.25 m arası parçalı kırıklı
22.00		83	15				
		95	10			4.30	19.10-19.25 m, 25.25-25.50 m arası çok parçalı kırıklı
24.00			0				
		83					25.00-25.15 m breş dolgulu fay

KUYU SONU : 25.50 m

SONDAJ NO : SK-6

SONDAJ YERİ : GÖLET EKSENİ, SOL YAKA / DOLUSAVAK, EŞİK YAPISI

KOT : 1,606.52 m

DERİNLİK : 20.00 m

SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY

YERALTISUYU SEVİYESİ : 10.85 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	GEÇİRİMLİLİK K (cm/s)	GEÇİRİMLİLİK Lugeon (L)	AÇIKLAMA
0.00							
			29	W3	$6.46x10^{-4}$		**(0.00-20.00 m) ANDEZİT**
2.00			0	W3-W4			Kahvemsi gri-gri renkli, az-orta ayrışmış, ayrışmamış, sert-çok sert, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, iki yönlü eklemli, verev çatlaklı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, kil dolgulu, yer yer kalsit damarlı
			63	W3		10.77	
4.00			12	W3-W4			
			41	W2-W3		6.09	
6.00			15				
			39	W2		4.80	0.00-4.00 m arası kahvemsi gri renkli, orta-çok ayrışmış, kil dolgulu parçalı zon
8.00			41				
			22	W1-W2		25<	
10.00		100	25				4.00-8,40 m arası kahvemsi gri renkli, az-orta ayrışmış, az kil dolgulu
			39			16.88	
12.00			21				8.00-20.00 m arası gri renkli, ayrışmamış, eklemler kapalı
			0			4.99	
14.00			28	W1			0.85-1.00 m, 1.80-2.00 m, 3.45-3.75 m, 8.20-8.30 m, 8.40-8.50 m, 9.25-9.35 m, 11.75-11.85 m,12.40-12.55 m, 13.80-14.00 m, 14.25-14.50 m, 15.40-15.60 m, 15.90-16.00 m, 17.80-17.95 m, 18.00-18.50 m arası parçalı kırıklı
			12			9.42	
16.00			0				
			41			3.48	
18.00		80	48				
		75	0			3.70	
20.00		100					

KUYU SONU : 20.00 m

SONDAJ NO : SK-7P

SONDAJ YERİ : DOLUSAVAK, ENERJİ KIRICI HAVUZ YAKINI

KOT : 1,580.25 m

DERİNLİK : 15.00 m

SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY

YERALTISUYU SEVİYESİ : 4.60 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	PRESİYOMETRE DENEYİ		AÇIKLAMA
					Net Limit Basınç (P^*L_{net}) (kg/cm^2)	Elastiste Modülü (Ep) (kg/cm^2)	
0.00							
		35					**(0.00-4.50 m) YAMAÇ MOLOZU / AYRIŞMIŞ KAYA,** 0.00-2.90 m Kum, açık kahve renkli, çakıllı siltli 2.90-4.50 m arası ayrışmış kaya
2.00		44			8.50	78.70	
		71					
4.00		50			5.50	47.80	
		27	0	W3			**(4.50-15.00 m) ANDEZİT,** Gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, iyi dayanımlı, parçalı-kırıklı, verev çatlaklı, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, iki yönlü sık eklemli, eklemler 45° - 90° eğimli, kil ve FeO dolgulu, çatlaklar arasında kırmızımsı kahve renkli alterasyon yüzeyleri gözlenmekte. 0.00-9.50 m yoğun çatlaklı, kil dolgulu, 9.50-15.00 m seyrek çatlaklı. 5.7-5.85 m, 6.0-6.25 m, 6.6-7.0 m, 7.8-8.0 m, 8.3-8.36 m, 9.3-9.4 m, 11.0-11.25 m, 12.35-12.5 m, 13.0-13.1 m, 14.15-14.30 m parçalı-kırıklı
6.00		73	16		5.70	45.00	
		100	0	W2	73.70	1,888.80	
8.00							
10.00					78.20	3,375.30	
			47				
			44				
12.00			27	W1-W2	77.70	3,200.70	
			20				
14.00			0		77.10	3,041.90	

KUYU SONU : 15.00 m

SONDAJ NO : SK-8P

SONDAJ YERİ : DERİVASYON KONDÜVİSİ BAŞLANGICI

KOT : 1,589.94 m

DERİNLİK : 10.50 m

SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY

YERALTISUYU SEVİYESİ : 3.55 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	PRESİYOMETRE DENEYİ		AÇIKLAMA
					Net Limit Basınç (P^*L_{net}) (kg/cm^2)	Elastiste Modülü (Ep) (kg/cm^2)	
0.00							
		50					**(0.00-2.50 m) ALÜVYON** Kum, açık kahve renkli, çakıllı siltli
2.00		70					
		40					
		100	46	W3			**(2.50-5.10 m) TÜFLÜ KUMTAŞI** Açık kahve renkli, orta-çok ayrışmış, zayıf-orta dayanımlı
4.00		73		W3-W4			
		50	0				
6.00		100		W1-W2	3.70	27.20	**(5.10-10.50 m) KİLTAŞI,** Siyahımsı gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, zayıf-çok zayıf dayanımlı, iki yönlü eklemli, yer yer killeşmiş. 5.65-6.35 m, 6.70-7.20 m, 8.50-9.50 m arası parçalı-kırıklı, 7.20-7.65 m, 8.0-8.50 m, 10.0-10.2 m, 10.40-10.50 m arası çok parçalı-kırıklı
		83	17				
8.00		90		W2	4.60	43.40	
		54	0				
		90					
10.00		95		W1-W2	4.70	28.80	
		70					

KUYU SONU : 10.50 m

SONDAJ NO : SK-9P

SONDAJ YERİ : DERİVASYON KONDÜVİSİ SONU YAKINI

KOT : 1,582.52 m

DERİNLİK : 10.00 m

SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY

YERALTISUYU SEVİYESİ : 5.27 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	PRESİYOMETRE DENEYİ		AÇIKLAMA
					Net Limit Basınç (P^*L_{net}) (kg/cm^2)	Elastiste Modülü (Ep) (kg/cm^2)	
0.00							
2.00		67			7.50	89.60	**(0.00-6.60 m) YAMAÇ MOLOZU** 0.00-4.50 m Kil, kahve renkli, çakıllı kumlu 4.50-6.10 m Çakıl, kırmızımsı sarımsı gri renkli
4.00					7.90	93.70	6.10-6.60 m Blok, yeşilimsi sarımsı gri renkli
6.00		27			5.00	96.30	**(6.60-10.00 m) ANDEZİT,** Gri renkli, orta-çok ayrışmış, orta-iyi dayanımlı, çatlaklar 40°-45° eğimli, çatlak yüzeyleri dalgalı pürüzlü, sık eklemli, eklemler iki yönlü, kil ve FeO dolgulu. 7.80-8.00 m, 9.80-10.00 m arası parçalı-kırıklı
		76					
8.00		88	0		68.30	1,041.00	
		86	26	W3-W4			
10.00		81	17		74.00	1,911.20	

KUYU SONU : 10.00 m

SONDAJ NO : SK-10

SONDAJ YERİ : GÖLET GÖVDESİ, MANSAP / MEMBA BATARDOSU

KOT : 1,593.36 m

DERİNLİK : 10.00 m

SONDAJ YÖNÜ : DÜŞEY

YERALTISUYU SEVİYESİ : 3.15 m

DERİNLİK (m)	LİTOLOJİ	KAROT (%)	RQD (%)	AYRIŞMA	GEÇİRİMLİLİK		AÇIKLAMA
					K (cm/s)	Lugeon (L)	
0.00							
2.00		45			$4.40x10^{-3}$		**(0.00-2.00 m) YAMAÇ MOLOZU** Kum kahve renkli, çakıllı siltli killi
		47	0	W2-W3	$2.16x10^{-3}$		**(2.00-4.40 m) KUMTAŞI**, Sarımsı kırmızımsı kahve renkli, orta- zayıf dayanımlı, az-orta derecede ayrışmış
4.00		100	43	W2	$1.15x10^{-3}$		
				W2-W3			
6.00		80	0	W1-W2		15.04	**(4.40-10.00 m) KİLTAŞI,** Koyu gri renkli, az ayrışmış-ayrışmamış, zayıf - orta dayanımlı, 10° eğimli tabakalı, 9 cm kalın. kumtaşı arabantlı. 4.4-4.5 m, 5.0-5.5 m, 6.0-6.1 m, 6.9-7.0 m, 7.5-7.65 m, 8.0-8.35 m, 8.7-9.4 m çok parçalı-kırıklı
			16	W1			
8.00		100				5.70	
		74	0	W1-W2		15.52	
10.00		82					

KUYU SONU : 10.00 m

EK-3: Karot Fotoğrafları


BAYBURT - MERKEZ ÇAYIRÖZÜ GÖLETİ
SK-1
SN.NO: 4/4
EFOL MÜH...
SK-1
SN.NO: 4
% 100
% 100
% 100
% 100
BAYBURT_MERKEZ. ÇAYIRÖZÜ GÖLETİ, TEMEL ARAŞTIRMALARI
SONDAJ NO: SK: 2P
SANDIK NO: 5
DERİNLİK. 17.60 - 21.50
BİTİŞ TARİHİ;
EFOL MÜH.
% 100
% 100


BAYBURT_MERKEZ. GAMIRÖZÜ. GÖLETİ. TEMEL ARAŞTIRMALARI
SONDAJ. NO: SK:3
SANDIK. NO: 8.
DERİNLİK, 22.00- 25.00 m.
% 100
% 100
% 100


BAYBURT- MERKEZ GAMIRÖZÜ
GÖLETİ
SK-4P
7/7
İFOL MÜHENDİSLİK
% 100
% 100
% 100
% 100

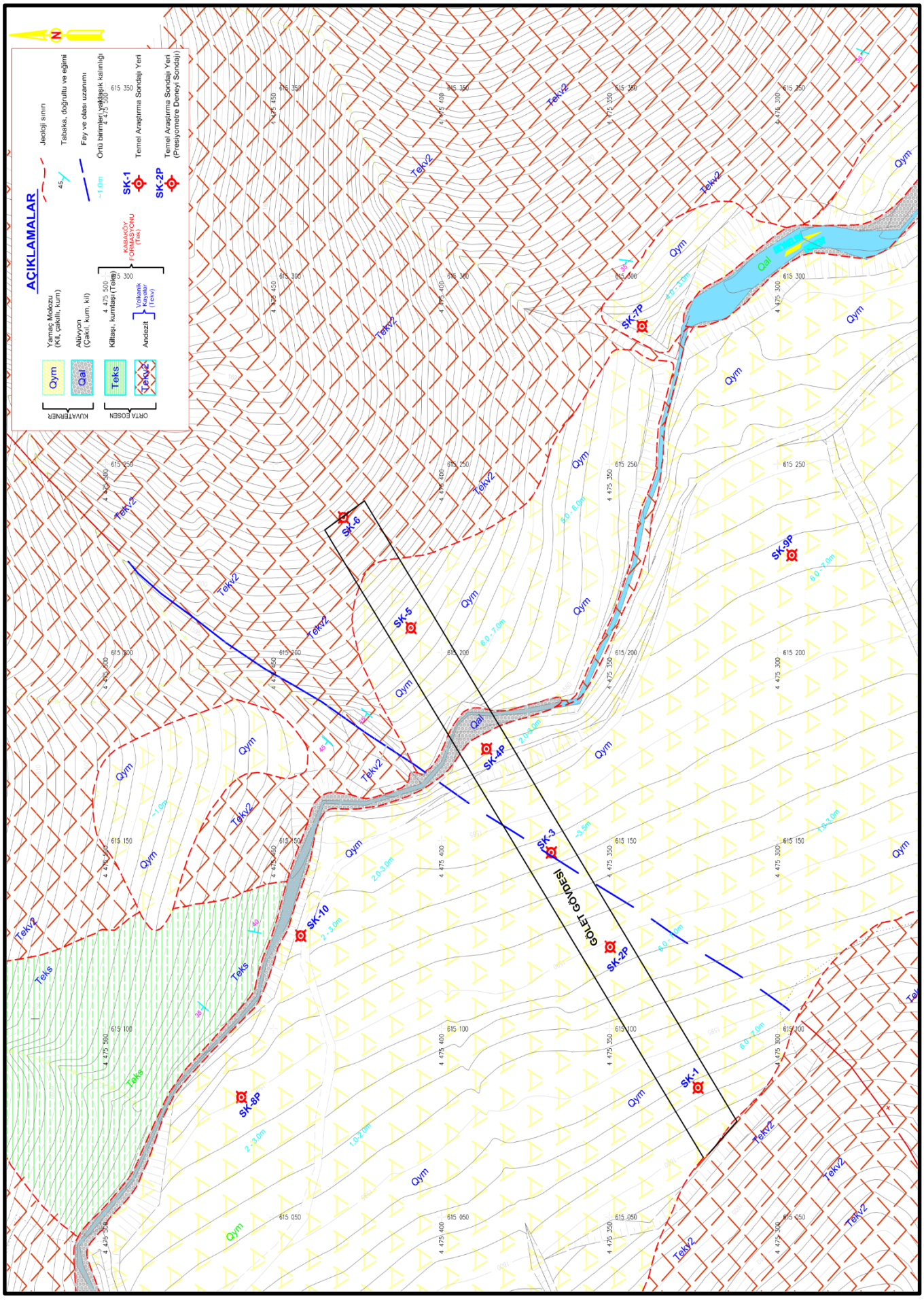

BAYBURT - MERKEZ CAYIRÖZÜ
GÖLETİ
SK-5
SN.NO: 4
E.FOL MÜHENDİSLİK..
SK-5
SN.NO. 4
% 54
% 56
17.00
18.00
19.00
% 60
% 67
20.00
% 63
16.80m
21.00m
CAYIRÖZÜ GÖLETİ
SK-6
S.N: 5
SK-6
SN.NO 5
% 100
% 80
% 75
% 100
18.00m
16.80m
17.00m


BAMBURT-MERKEZ-CAMIRÖLÜ
GÖLETİ
SK-7.P
SN.NO: 3/3
İFOL MÜH...
SK-7.P
S.N.NO: 3
% 100
% 100
% 100
% 90

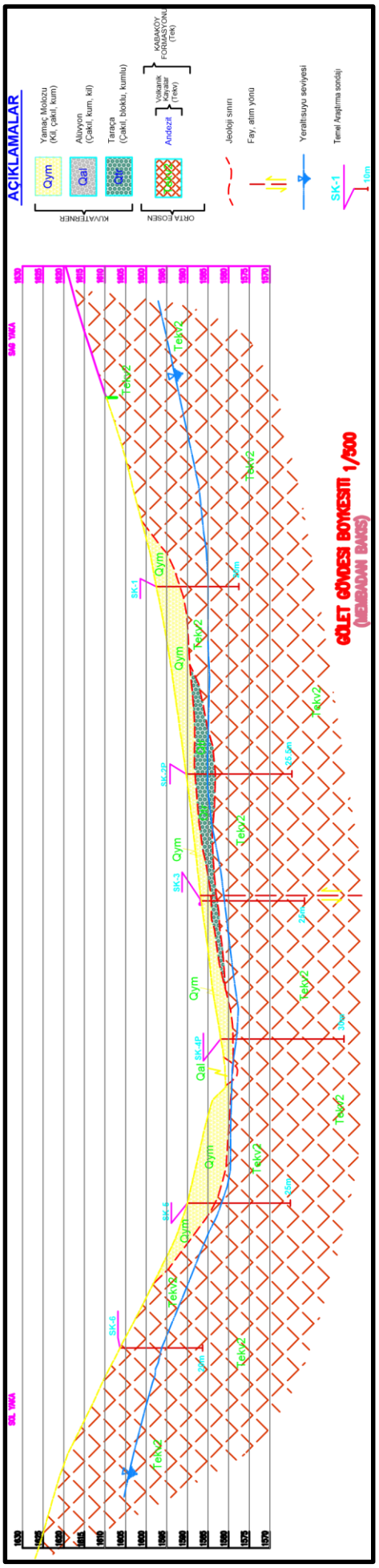

ÇAMIRÖZÜ GÖLETİ
SK-9P
S.N: 2
SK.9.P.
S:NO.2.
% 88
% 86
K.k.
% 91

EK-4 GÖLET ALANININ JEOLOJİ HARİTASI

1/500



EK-5 GÖL ALANININ JEOLOJİK KESİTİ



ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Trabzon iline bağlı araklı İlçesinde doğdu. İlkokulu Araklı Aytaş ilkokulunda, orta ve lise eğitimini Zonguldak Ereğli lisesinde tamamladı. 2008 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünü tamamladı.

2010 yılında kısa dönem er olarak vatani görevini bitirdi. 2013 yılının Ocak ayında DSİ 4. Bölge Müdürlüğünde sözleşmeli Mühendis olarak iş hayatına atıldı. 2013 yılının Ağustos ayında DSİ 22. Bölge Müdürlüğüne Jeoloji Mühendisi olarak atandı halen aynı görevi sürdürmektedir.