

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇAYDEĞİRMENİ (DEVREK-ZONGULDAK) HİDROELEKTRİK SANTRAL
ALANININ JEOLojİK VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERHAN ALKAN

TEMMUZ 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇAYDEĞİRMENİ (DEVREK-ZONGULDAK) HİDROELEKTRİK SANTRAL
ALANININ JEOLojİK VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erhan ALKAN

DANIŞMAN : Dr. Öğr. Üyesi Gürkan BACAĞ

İKİNCİ DANIŞMAN: Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ

ZONGULDAK

Temmuz 2019

KABUL:

Erhan ALKAN tarafından hazırlanan “Çaydeğirmeni (Devrek-Zonguldak) Hidroelektrik Santral Alanının Jeolojik Ve Jeoteknik Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir. 26/07/2019

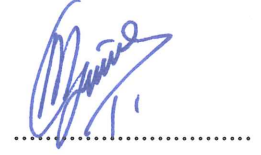
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gürkan BACAK

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü



Üye : Prof. Dr. Melih GENİŞ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü



Üye : Doç. Dr. Ersin KOLAY

Yozgat Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

....../....../2019



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”


Erhan ALKAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇAYDEĞİRMENİ (DEVREK-ZONGULDAK) HİDROELEKTRİK SANTRAL ALANININ JEOLJİK VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Erhan ALKAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gürkan BACAK

İkinci Danışman: Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ

Temmuz 2019, 127 sayfa

Bu çalışma elektrik santrali olarak yapımı planlanan Çaydeğirmeni Projesi kapsamında yer alan regülatör, su alma yapısı ve santral yerlerinin mühendislik jeolojisi aşamalarını kapsamaktadır. Bu çalışma; sahadaki birimlerin jeolojik-jeoteknik özelliklerini ortaya koymak, olası sorunları belirlemek ve bunlara uygun önerilerini sunmak amacıyla yapılmıştır.

Çalışma alanındaki birimlerin özelliklerini ortaya koyabilmek için öncelikle inceleme alanı ve çevresinin 1:100 000 ve 1:25 000 ölçekli jeoloji haritaları ve jeolojik kesitleri çizilmiştir. Çaydeğirmeni Projesi kapsamında 6 adet, toplamda 126 metre temel sondajı açılmıştır. Açılan sondaj kuyularında, çeşitli seviyelerde 22 adet permeabilite, 8 Lugeon ve toplam 22 adet presiyometre deneyi yapılmıştır. Açılan sondajlar ve yerinde yapılan deneyler sonucunda birimlerin yatay ve düşey yönlerdeki dağılımları ve jeoteknik özellikleri belirlenmiştir. Sahadan

ÖZET (devam ediyor)

toplanan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri (su içeriği, likit limit, plastik limit, plastisite indisi, XRD ile kil türü ve miktarının belirlenmesi ve tek eksenli şişme basıncı testi) gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca elde edilen sonuçlardan yararlanılarak Phase 2 yazılımı ile sayısal gerilme çözümlemeleri yapılmış, yapıya ait yer değiştirme miktarları belirlenmiştir. Böylece yapı yerinin taşıma gücü, maksimum toplam oturma miktarı, şişme potansiyeli, geçirimsizlik ve duraylılık gibi özellikleri ortaya konulmuş ve zeminin taşıma gücünün iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çayaltı, HES, Santral, Baraj, Yenilenebilir Enerji

Bilim Kodu: 606.04.01.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL PROPERTIES OF HYDROELECTRIC POWER PLANT AREA IN ÇAYDEĞİRMENİ (DEVREK-ZONGULDAK)

Erhan ALKAN

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geology Engineering**

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Gürkan BACAK

Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet KARAKAŞ

July 2019, 127 pages

This study covers the engineering geology phases of proposed Caydegirmeni Project, which consists of regulator, water intake and power plant construction sites. This study was carried out to reveal geological and geotechnical properties of rock and soil strata underneath foundations of the structures and to determine the possible problems and to make appropriate recommendations. In order to reveal the characteristics of the units in the study area, firstly 1:100.000 and 1:25.000 scaled the geological maps and geological cross sections of the study area and its environs were drawn. Within the scope of Caydegirmeni Project, a total of 126 meters of drillings were performed at 6 different boreholes. In the bore holes, 22 permeability, 8 Lugeon and 22 pressuremeter tests were performed at various rock and soil layers (depths). As a result of the drillings and in-situ tests, the distribution of the units in the horizontal and

ABSTRACT (continued)

vertical directions and their geotechnical properties were determined. Laboratory experiments (water content, liquid limit, plastic limit, plasticity index, clay type and quantity with XRD, uniaxial swelling pressure test) were performed on samples collected from the field.

In addition, by using the obtained results, numerical stress analyzes were made by using Phase 2 software and vertical total displacements of the structure were determined. Thus, the characteristics of the building site such as bearing capacity, maximum total settlement, swelling potential, permeability and stability were revealed and some suggestions were made to improve the carrying capacity of the ground.

Keywords: Cayaltı, Hydroelectric Power Plant, Dam, Renewable Energy

Science Code: 606.04.01.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesi ve değerlendirme sürecindeki katkılarından dolayı tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Gürkan BACAK'a, ve çalışma sürecinde katkılarını esirgemeyen, Prof. Dr. Melih GENİŞ'e, Doç. Dr. Ersin KOLAY'a, Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BUZKAN'a ve desteğini esirgemeyen aile fertlerime en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmaları sırasında gerekli olan, Çaydeğirmeni (Devrek-Zonguldak) Hidroelektirik Santral alanına ait inceleme ve araştırma raporlarından da yararlandığımız, Ada Grup Jeoteknik Limited Şirketine ve projenin gerçekleştirilmesinde büyük katkısı olan Reis RS Enerji Elektrik Üretim Anonim Şirketi, Bayır Mühendislik Proje İnşaat Enerji Üretim Turizm Ticaret Taahhüt Ltd Şirketlerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
 BÖLÜM 1 GİRİŞ	 1
1.1 TEZİN AMACI VE ÖNEMİ.....	1
1.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
 BÖLÜM 2 COĞRAFİK ÖZELLİKLER.....	 5
2.1 KONUM.....	5
2.2 ULAŞIM.....	6
2.3 MORFOLOJİ.....	7
2.4 İKLİM.....	7
2.5 BİTKİ ÖRTÜSÜ.....	7
 BÖLÜM 3 BÖLGENİN JEOLJİK VE JEOFİZİK ÖZELLİKLERİ.....	 9
3.1 BÖLGESEL JEOLJİ.....	9
3.2 STRATİGRAFİ	10
3.2.1 Bolu Granitoyidi (Peb)	10

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.2.2 Aydos Formasyonu (Oa)	10
3.2.3 Yılanlı Formasyonu (Dcy)	11
3.2.4 Alacağzı Formasyonu (Ca)	11
3.2.5 Kozlu Formasyonu (Cko)	14
3.2.6 Karadon Formasyonu (Cka)	14
3.2.7 İnaltı Formasyonu (Jki)	14
3.2.8 Kilimli Formasyonu (Kk)	14
3.2.9 Yemişliçay Formasyonu (Ky)	15
3.2.10 Akveren Formasyonu (Kta)	15
3.2.11 Yığılca Formasyonu (Tey)	16
3.2.12 Çaycuma Formasyonu (Teç)	16
3.2.13 Alüvyon (Qal)	16
3.3 BÖLGENİN YAPISAL JEOLJİSİ	16
3.3.1 Kıvrımlar	17
3.3.2 Kırıklar ve Çatlaklar	18
3.3.3 Faylar	18
3.4 İNCELEME SAHASININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ	19
3.5 İNCELEME ALANININ DEPREMSELLİĞİ VE MÜHENDİSLİK JEOFİZİĞİ ÇALIŞMALARI	22
 BÖLÜM 4 MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI	 35
4.1 YÜZEY ARAŞTIRMALARI	35
4.2 TEMEL ARAŞTIRMALARI	36
4.2.1 Sondaj Çalışmaları	36
4.3 ARAZİ DENEYLERİ	38
4.3.1 Basınçsız Su Testi (Permeabilite Testi)	38
4.3.2 Basınçlı Su Testi (BST)	41
4.3.3 SPT (Standart Penetrasyon Deneyi)	44
4.3.4 Presiyometre Deneyi	54
4.4 LABORATUVAR DENEYLERİ	60

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

4.4.1 Likit Limit, Plastik Limit ve Plastisite İndisi Tayini.....	61
4.4.2 Şişme Deneyi – Şişme Davranışı	62
4.5 JEOLojİK VE JEOTEKNİK KOŞULLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	67
4.5.1 Aks Yerinin Geçirimliliği.....	67
4.5.2 Göl Alanının Geçirimliliği	69
4.5.3 Aks Alanı Örtü Birimleri ve Kaya Türleri	70
BÖLÜM 5 SAYISAL GERİLME ÇÖZÜMLEMELERİ.....	71
5.1 MODELLEME AŞAMALARI	72
5.2 MALZEME DAVRANIŞI VE ÖZELLİKLERİ.....	73
5.3 ÇÖZÜMLEME SONUÇLARI	74
BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
6.1 SAHA İNCELEME VE GÖZLEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	77
6.2 JEOFİZİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	77
6.3 ARAZİ DENEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	79
6.3.1 Basıncsız Su Deneyi (Permeabilite) Sonucu	79
6.3.2 Basıncılı su testi (BST) sonucu	79
6.3.3 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) Sonucu	79
6.3.4 Presiyometre Deney Sonucu	80
6.3.5 Likit Limit, Plastik Limit, Plastisite İndisi İle İlgili Deney Sonucu	80
6.3.6 Şişme Deneyi Sonucu.....	81
6.3.7 Sayısal Gerilme Çözümleme Sonucu.....	81
6.4 ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR.....	85
BİBLİYOGRAFYA	91

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

EK AÇIKLAMALAR 93

ÖZGEÇMİŞ 127



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Çalışma sahası yerbulduru haritası.	6
Şekil 3.1 Bölgesel jeoloji haritası	12
Şekil 3.2 İnceleme alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.	13
Şekil 3.3 İnceleme alanı yüzeyde akarsu yatağı boyunca alüvyon yayılımları.	19
Şekil 3.4 İnceleme alanı akarsu alüvyon örneğinin makroskopik görünümü	20
Şekil 3.5 İnceleme alanında akarsu sedimanlarına ait litolojik bileşenler.	21
Şekil 3.6 Alüvyonda yapılan sondajlara ait karot örnekleri	21
Şekil 3.7 Çaycuma Formasyonu'na ait killi seviyeden alınan karot örneklerinden görünüm... 21	
Şekil 3.8 Yeni Deprem Tehlike Haritası	23
Şekil 3.9 AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasında inceleme alanına ait PGA hesaplaması	23
Şekil 3.10 İnceleme alanı ve çevresindeki (100 km yarıçap-dairesel) etkin depremlerin büyüklüklerine göre dağılımları	24
Şekil 3.11 İnceleme sahası için elde edilen büyüklük-oluşum sayısı ilişkisi.....	28
Şekil 3.12 İnceleme sahası için 50 yılda, %50 aşılma olasılığına bağlı hesaplanan ivme-aşılma olasılığı değerleri ve grafiği.....	29
Şekil 4.1 Basıncsız su testi deneyinde kuyu zonu-yeraltı su seviyesi ilişkisi	39
Şekil 4.2 Lugeon deneyinin yapıış şeması	42
Şekil 4.3 Efektif Basınc-Emilme Katsayısı Grafikleri üzerinden Lugeon değerinin belirlenmesi.	43
Şekil 4.4 Kumlu zeminde oturan temellerin boyutlandırılması için abaklar.....	53
Şekil 4.5 Ç2-RSK-1 (19-19.50 m) ve Ç2-SSK-2 (19-19.50 m) örneklerine ait Likit limit grafikleri	62
Şekil 4.6 Tek eksenli şişme deney düzeneği	63
Şekil 4.7 Ç2-RSK-1, 19-19.50 m örneği -XRD grafiği	65
Şekil 4.8 Eksenel şişme gerilmesinin zamanla değişimi.	66
Şekil 4.9 Eksenel şişme birim deformasyonunun zamanla değişimi.	66
Şekil 4.10 Lugeon değerlerinden enjeksiyon derinliğinin belirlenmesi.....	68
Şekil 5.1 Santral gövdesi ve oturduğu kaya kütlesi ortamı sonlu elemanlar ağı oluşturularak yapılan modeli	72
Şekil 5.2 Barajın rezervuar bölümüne en yüksek seviyede su basıncı ilave edilerek elde edilen modellemenin tüm aşamaları.....	73
Şekil 5.3 Baraj gövdesinin, rezervuarın boş iken oturma miktarı çözümlemesi.....	75
Şekil 5.4 Baraj gövdesinin, rezervuarın suyla dolu durumundaki oturma miktarı çözümlemesi.....	75



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 İnceleme alanı koordinat değerleri.....	6
Çizelge 3.1 Akarsu yatağı alüvyon örneğinin mikroskobik inceleme sonuçları.....	20
Çizelge 3.2 Bölgenin probabilistik (olasılıksal) olarak deprem tehlike analizi için verileri....	25
Çizelge 3.3 İnceleme alanından alınan sismik hız ve tabaka kalınlıkları.....	30
Çizelge 3.4 Vs hızları ve Vs hızlarına bağlı zeminlerde kıvam durumu.....	31
Çizelge 3.5 Vp/Vs verilerine göre zeminlerin doyumluk dereceleri	32
Çizelge 3.6 Saha zemin yoğunluk değerlerinin Vp hız değerlerine bağlı yoğunluk sınıflaması	32
Çizelge 3.7 Poisson Oranı Gözeneklilik değerlendirmesi.....	33
Çizelge 3.8 Saha zemin elastisite modülü değerlerinin Vp ve Vs hız değerlerine bağlı yoğunluk sınıflaması.	33
Çizelge 4.1 Çaydeğirmeni-2 HES Projesi Sondajlarına ait bilgiler	38
Çizelge 4.2 Permeabilite deneyi sonuçları ve kaya sınıfı.....	41
Çizelge 4.3 BST test aralığı ve sonuçları	44
Çizelge 4.4 SPT-N'e göre daneli zeminlerde kıvam ile q_u (taşıma gücü) ve içsel sürtünme açısı (Θ) değerleri arasındaki ilişkiler.	45
Çizelge 4.5 Farklı araştırmacılar tarafından önerilen T_{ij} uzunluğu düzeltme katsayıları	46
Çizelge 4.6 Farklı araştırmacılar tarafından önerilen örtü yükü (C_N) düzeltme faktörleri.....	47
Çizelge 4.7 Şahmerdan enerji oranı ve enerji düzeltme faktörleri	47
Çizelge 4.8 SPT darbe sayılarına bağlı olarak zemin taşıma gücü değerlerinin belirlenmesinde kullanılan eşitlikler	48
Çizelge 4.9 HES 2 Santral alanı SPT deneyi taşıma gücü değerleri yazılım çıktısı	50
Çizelge 4.10 HES 2 Regülatör alanı SPT deneyi taşıma gücü değerleri yazılım çıktısı.....	51
Çizelge 4.11 Santral alanı taşıma yükü hesabında kullanılan veriler.....	53
Çizelge 4.12 Regülatör gövdesi ve santral yeri için taşıma gücü ve oturma miktarları.....	59
Çizelge 4.13 Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santral Projesi numunelerinden gerçekleştirilen laboratuvar deney sonuçları	61
Çizelge 4.14 Ç2-RSK-1 (19-19.50 m) ve Ç2-SSK-2 (19-19.50 m) killi örneklerle ait Likit limit, Plastik limit ve Plastisite İndisi Değerleri	62
Çizelge 4.15 Ç2RSK-1, 19-19.50 m'den alınan killi örnek üzerinde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sayısal veriler.	65
Çizelge 4.16 Şişme potansiyeli sınıflaması (SINTEF 2013).....	66
Çizelge 5.1 Çözümlemelerde kullanılan malzeme özellikleri.....	73
Çizelge 5.2 Baraj tabanında oluşan düşey yer değiştirme (oturma) miktarı	74



EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Ek 1: Çaydeğirmeni (Çayaltı) HES-2 Projesi Proje Özellikleri	93
Ek 2: Yapı Yeri Jeoloji Haritası	96
Ek 3: Yapı Yeri A-A Jeoloji Kesiti	
Ek 4: Çaydeğirmeni (Çayaltı) HES-2 Regülatörü Göl Alanı ve Çevresi Jeoloji Haritası ve Kesiti.....	98
Ek 5: Çaydeğirmeni (Çayaltı) HES-2 Yapıyeri Sondajı A-A' Kesiti	99
Ek 6: Çayaltı Hes-2 Regülatörü Yapı Yeri D-D' Kesiti.....	100
Ek 7: Basıncsız Su Testi (Permeabilite) için Hesaplamalarda Kullanılan C_s Abağı.....	101
Ek 8: Permeabilite Deneyi Hesaplamaları	102
Ek 9: BST Testi Kuyu Logu Verileri	104
Ek 10: Temel Araştırma Sondaj Logu.....	110
Ek 11: Ç2-RSK-2 Sondaj Kuyusu Presiyometre Test Verileri	114
Ek 12: Taşıma Gücü Faktörü (k) Tespiti İçin Hazırlanmış Grafikler	121
Ek 13: Temeller İçin Şekil Faktörleri (λ_d , λ_c)	122
Ek 14: Çaydeğirmeni (Çayaltı-2) Hidroelektrik Santral Alanı Görüntüleri	123



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

γ_{kuru}	: Kuru Birim Hacim Ağırlığı
γ_d	: Doğal birim hacim ağırlı
n	: Gözeneklilik Oranı
e	: Boşluk Oranı
w	: Su İçeriği
S	: Doygunluk Derecesi
σ_c	: Tek Eksenli Basınç Dayanımı
F	: Yenilme Anındaki Yük
L	: Deney zonu uzunluğu
D	: Örneğin Çapı
%	:Yüzde
M	: Magnitüt (Depremın Büyüklüğü)
Km	: Kilometre
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
Lu	: 10 atm Basınca uyarlı Lugeon Değeri
F	: Güvenlik katsayısı
ϵ_d	: Çapsal Birim Deformasyon
ϵ_l	: Eksenel Birim Deformasyon
E	: Elastisite modülü
K	: Permeabilite
Q	: Kuyuya verilen suyun debisi
r_e	: Efektif kuyu yarıçapı
r_1	: Borunun dış yarı çapı
Cs	: Abaktan elde edilen iletkenlik katsayı,

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

H	: Kuyu tabanı ile yeraltı su tablası arasındaki mesafe
r	: Çakma botunun dış yarıçapı
h	: Boru Uzunluğu
h'	: Enjeksiyon perdesinin derinliği
t	: Deney süresi
C _w	: Yeraltı suyu etki katsayısı
c	: Jet grout uygulaması geçirimsizlik katsayısı
k _d	: Temel boyutuna göre katsayı
γ	: Presiyometre hesaplamalarında zemin yoğunluğu
P _{LE} *	: Eşdeğer Net Limit Basınç
λ_2, λ_3	: Temel tipi ve şekline bağlı katsayılar
P	: Net taşıma basıncı (Proje yükü)
μ	: Poisson oranı
E _A	: Hacimsel etki bölgesine karşılık gelen eşdeğer elastisite modülü
E _B	: Deviatorik etki bölgesine karşılık gelen eşdeğer elastisite modülü
P ₀	: Yatay İçsel Basınç
R	: Temel yarı genişliği
R ₀	: Röper çapı
S	: Oturma miktarı
W _s	: Kuru ağırlık
W	: Su içeriği
W _w	: Sulu ağırlık
W _{dö}	: Deney öncesi ağırlık
W _{ds}	: Deney sonrası ağırlık

KISALTMALAR

B	: Temel genişliği
D	: Temel genişliği
CH	: Yüksek plastisiteli inorganik killler (USCS sınıflaması)
Do	: Dolomit
D-B	: Doğu Batı yönlü

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

GD	: Güney-Doğu yönlü
K-G	: Kuzey-Güney yönlü
D-B	: Doğu-Batı yönlü
KB	: Kuzeybatı
GD	: Güneydoğu
GB	: Güneybatı
KD	: Kuzeydoğu
GP	: Fena derecelenmiş çakıl-kum karışımları (USCS sınıflaması)
HCl	: Hidroklorik asit
KB	: Kuzey Batı
YASS	: Yer Altı Su Seviyesi
Mk	: Mikritik Kalsit
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
SPT N	: Düzeltilmiş Standart Penetrasyon Deney sonucu
RQD	: Kaya Kalite Göstergesi (Rock quality designation)e
Spk	: Spar Kalsit
ISRM	: Uluslararası Kaya Mekaniği Birliği
HES	: Hidroelektrik Santrali
Peb	: Bolu Granitoyidi
Oa	: Aydos Formasyonu
Dcy	: Yılanlı Formasyonu
Ca	: Alacaağzı Formasyonu
Cko	: Kozlu Formasyonu
Cka	: Karadon Formasyonu
Jki	: İnaltı Formasyonu
Kk	: Kilimli Formasyonu
Ky	: Yemişliçay Formasyonu
Kta	: Akveren Formasyonu
Tey	: Yığılca Formasyonu
Tec	: Çaycuma Formasyonu (Kiltaşı)
Qal	: Alüvyon
PGA	: En Büyük Yer İvmesi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
URL	: İnternet Sitesi adresi
xM	: En büyük magnitud değeri
MD	: Süreye Bağlı
ML	: Lokal
Ms	: Yüzey Dalgası
Mb	: Body-Wave
ESC	: Avrupa Sismologlar Komitesi
ϑ	: Poisson Oranı
MASW	: Multichannel Analisis Surface Waves (Yüzey dalgaları çok kanallı analizi)
ZD	: Jeofiziksel yerel zemin sınıfı (Orta-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları)
V_s	: Sekonder Dalgası Sismik Hızı
V_p	: Primer Dalgası Sismik Hızı
BST	: Basıncılı Su Testi
Pe	: Efektif Basınç
Θ	: İçsel Sürtünme Açısı
qu	: Zemin Taşıma gücü
qa	: Emniyetli zemin taşıma gücü
CR	: Tij Uzunluğu Düzeltme Faktörü
C_N	: Örtü Yüğü Düzeltme Faktörü
C_e	: Şahmerdan Enerji Düzeltme Faktörü
Er	: Şahmerdan Enerji Oranı
Dr	: Doktor
Em	: Elastik Modül
XRD	: X-Ray Difraktometre
LL	: Likit Limit
PL	: Plastik Limit
PI	: Plastisite İndisi
NP	: Plastik değil
C	: Kil Yüzdesi
A	: Zemin Aktivitesi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

S	: Şıme Potansiyeli
USCS	: Birleştirilmiş Zemin Sınıfı
UD	: Bozulmamış, örselenmemiş örnek
k	: Yatay Birincil Gerilmelerin Düşey Birincil Gerilmelere Oranı
MPa	: Mega Paskal
kPa	: Kilo Paskal
KN	: Kilo Newton





BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 TEZİN AMACI VE ÖNEMİ

Bu çalışma, elektrik santrali olarak yapımı planlanan Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santral Projesi kapsamında yer alan regülatör, su alma yapısı ve santral yerlerinin mühendislik jeolojisi aşamalarını kapsamaktadır. Çalışma; yapı ve yakın çevresindeki birimlerin jeolojik - jeoteknik özelliklerini ortaya koymak, olası sorunları belirlemek ve bunlara uygun önerilerini sunmak amacıyla yapılmıştır. Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santral Projesine ait özellikler Ek-1’de ayrıntılı olarak sunulmuştur. Tez yazarı Yüksek Lisans Öğrencisi Erhan ALKAN ilgili projenin gerçekleştirilmesi esnasında çeşitli aşamalarda 2012-2013 yılları arasında şantiye mühendisi olarak görev yapmıştır.

Çalışma alanındaki birimlerin özelliklerini ortaya koyabilmek için öncelikle inceleme alanı ve çevresinin 1:100 000 ve 1:25 000 ölçekli jeoloji haritaları hazırlanmış, sonra Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santral kapsamında 6 adet, toplamda 126 m temel sondajı açılmıştır. Açılan sondaj kuyularında, ilerlemeye paralel olarak uygun seviyelerde 22 adet basınçsız su deneyi (Permeabilite testi) ve her 2 metrede bir olmak üzere toplam 22 adet Presiyometre Deneyi yapılmıştır. Açılan sondajlar ve yerinde yapılan deneyler sonucunda birimlerin yatay ve düşey yönlerdeki dağılımları ve jeoteknik özellikleri belirlenmeye çalışılmış, alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri (su içeriği, likit limit, plastik limit, plastisite indisi tayini, XRD ile kil türü ve miktarı ve şişme deneyi analizi) ve Phase 2 (Rocscience 2006) bilgisayar yazılımı ile sayısal gerilmeve çözümlmeleri gerçekleştirilmiştir. Öncelikle jeolojik yapının belirlenmesi ve daha sonra jeoteknik özelliklerin ortaya konulması sonucunda projeye esas gerekli verilerin derlenmesi sağlanmıştır. Bunlara bağlı olarak da yapı yerinin taşıma gücü, oturma miktarı, şişme potansiyeli, geçirimsizlik ve duraylılık gibi özellikleri ortaya konulmuştur.

1.2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ralli (1933), bölgede dağılım gösteren jeolojik formasyonlardaki kömürlü seviyelerde jeolojik ve paleontolojik incelemelerde bulunmuş, özellikle kömür damarı içeren, şeyl çamurtaşı, silttaşı ve kumtaşından oluşan Alacaagzı Formasyonu'nu bölge genelinde ilk kez adlandırmıştır.

Tokay (1955), Filyos Çayı Ağızı Amasra-Bartın-Kozcağzı-Çaycuma bölgesinde detay jeolojik incelemelerde bulunmuş formasyon bazında jeolojik ayırtlama yapmış, bölgede dağılım gösteren formasyonları sedimantolojik ve stratigrafik kapsamda ayrıntılı şekilde sınıflandırmıştır.

Ketin ve Gümüş (1963) platform türü karbonatlardan oluşan İnaltı Formasyonunda detay stratigrafik, sedimantolojik ve yapısal jeolojik incelemelerde bulunmuş bölgede dağılım gösteren formasyonları tektonik prensipleri kapsamında ayrıntılı şekilde yorumlamıştır.

Saner vd. (1979), Batı Pontidlerin ve komşu havzaların oluşumlarını levha tektoniği kavramı kapsamında ele alarak açıklamış, ayrıca çalışmasında bölgemizde yayılım gösteren kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşan Yılanlı Formasyonunu litolojik olarak tanımlayarak adlandırmış ve yaşlandırmıştır (Altun ve Aksay 2002).

Kaya vd. (1986), inceleme alanında andezit, tuf, aglomera ve volkanojenik kumtaşlarından oluşan, aynı zamanda volkanik kökenli doğal oluşumlu agrega hammaddesi olarak işletilebilir seviyeler içeren Yığılca Formasyonunun ilk adlamasını yapmış, formasyonun yayılımı, kalınlığı, litolojik özellikleri ve paleontolojik yaşlandırmasını gerçekleştirmiştir.

Yergök vd. (1987), Batı Karadeniz Bölgesi'nin jeolojisi konusundaki çalışmalarında, bölgede yayılım sunan jeolojik birimlerin litolojik ve yapısal özellikleri incelenmiş, birimleri grup, formasyon ve üye olarak ayrıntılı bir şekilde sınıflandırmışlardır (Altun ve Aksay'dan 2002).

Çoban (1988), Batı Karadeniz Bölgesi'nde Üst Kretase yaşlı Alaplı-Akçakoca arasındaki volkanitlerin petrokimyasal özellikleri konusundaki çalışmasında; andezit, bazaltik andezit ve bazalt olarak tanımladığı volkanitleri kalkalkalen karakterde oldukları, Üst Kretase'de Tetis okyanus kabuğunun Pontid kıtası altına dalmasıyla bu tip kalkalkalen volkanitlerin geliştiğini belirtmiştir.

Bacak (1992), Karadon Mevkii ve çevresinin jeolojisini ve bölgedeki şiferton potansiyelinin varlığı ve rezervi konusunda çalışmalarda bulunmuştur.

Keskin vd. (1999), Zonguldak-Devrek-Filyos Çayı Agregalarının jeolojik kökeni, zemin özellikleri ve rezervi konusunda inceleme yapmışlardır.

Buzkan (1996), Zonguldak bölgesi kum-çakıl-kırmataş yataklarının etüdü konusundaki çalışmasında, Zonguldak ve çevresindeki kum-çakıl ve kırmataş yataklarının dağılımı, jeolojisi, petrografik özelliklerini çalışmış olup, bölgedeki en kaliteli yatakların Alaplı-Karadeniz Ereğlisi arasında dağılım sunduğunu vurgulamıştır.

Toksöz Topçu (2006), Karadeniz Ereğli-Devrek karayolu üzerindeki Aydınlar Köyü yakınlarında görülen, Üst Kretase yaşlı Alaplı Formasyonu, Cangaza Bazalt Üyesi kırmataşlarının, agrega olma özellikleri ile beton üretiminde kullanılabilirliği araştırmıştır. Cangaza bazaltlarının agrega olarak kullanılabilirliği yanında, beton üretiminde de kullanılabileceğini belirlemiştir.

Bacak (2008), Zonguldak batısında yer alan (Kozlu-Krd. Ereğli) andezitik volkanitlerinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri, doğal beton ve yol agregası olarak endüstriyel kullanılabilirlikleri konusunda çalışmıştır.

Yılmaz (2009), Zonguldak batısında yer alan (Kozlu-Krd. Ereğli) volkanitlerinin jeolojik özellikleri ve endüstriyel kullanılabilirliği konusunda yapmış olduğu çalışmada agregalarda saha jeolojik özellikleri, petrografik özellikleri, agrega ve beton deneylerini yapmış, bölgedeki andezitik agregaların endüstriyel kullanılabilir özellikte olduklarını ortaya koymuştur.

HES-1 ve HES-2 (2012), Adagrup Jeolojik-Jeoteknik Ltd.Şti. Balgat/Ankara Jeolojik Test Firması Tarafından Yapılmış olan “HES-1, HES-2 sahası ve inşaatı detay inceleme raporunda Zonguldak İli Devrek İlçesi Çayaltı (Çaydeğirmeni)-1-2 HES ve Regülatörü Santral Yerine Ait İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu” adlı çalışmalarda bölgede yapılacak olan HES-1 ve HES-2 santrallerine ait zemin etüd ve jeoteknik çalışmaları ayrıntılı olarak verilmiştir.

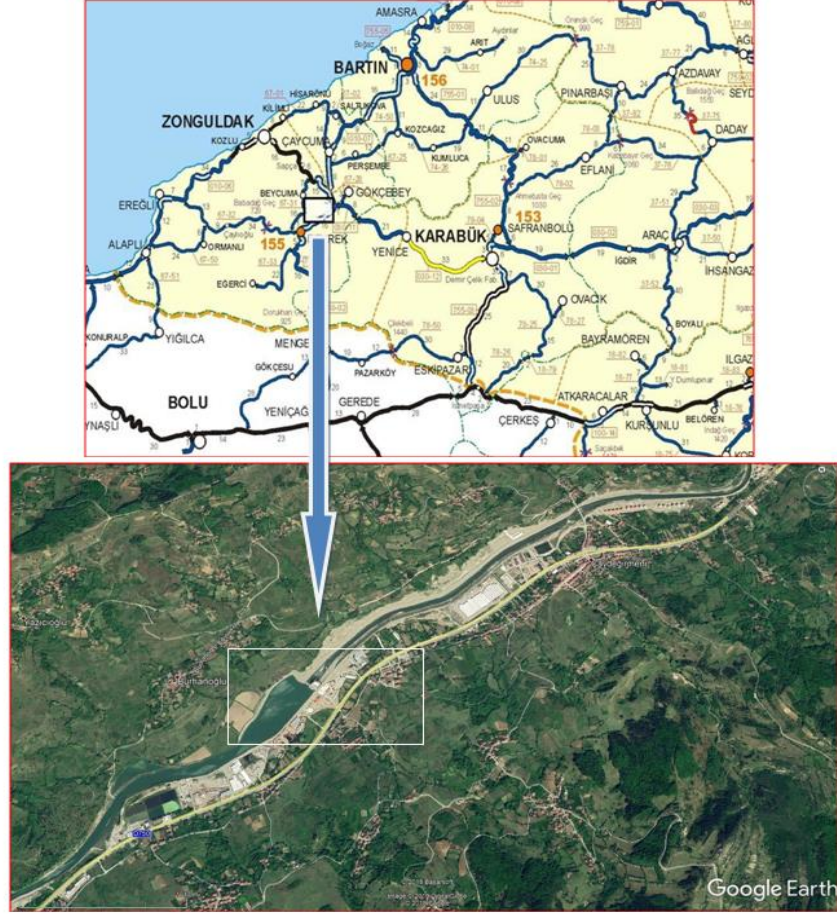


BÖLÜM 2

COĞRAFİK ÖZELLİKLER

2.1 KONUM

Çalışma alanı, Kuzey Batı Anadolu Bölgesinde, Zonguldak ili sınırları içerisinde, Devrek İlçesi Çaydeğirmeni Beldesi, Çaydeğirmeni Mevkiinde “Devrek Çayı” üzerinde yer alan HES 2 baraj gövdesinin bulunduğu alanı ve yakın çevresini kapsamaktadır. Saha çalışmalarında 1:100.000 ölçekli Zonguldak F27 ve F28 paftaları temel olmak üzere, yaklaşık 1000 km²’lik alan içerisindeki çeşitli kesimlerde yayılım gösteren Çaycuma Formasyonu ve Alüvyonal oluşumlara ait sedimanter birimler çalışılmış olup (Şekil 2.1), inceleme alanına yer alan HES-2 baraj gövdesine ait koordinatlar Çizelge 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Çalışma sahası yerbulduru haritası.

Çizelge 2.1 İnceleme alanı koordinat değerleri

Nokta	Enlem	Boylam
1	4.71427	32.045481
2	41.270833	32.046309
3	41.270308	32.045811
4	41.270847	32.044973
5 (Merkez)	41.270828	32.045209

2.2 ULAŞIM

Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santral alanı Batı Karadeniz bölgesi, Zonguldak iline bağlı Devrek ilçesine 13 km uzaklıkta Zonguldak-Çaycuma Karayolunun kuzeyinde Burhanoğlu-Çayboyu yerleşim yerleri civarında yer almaktadır. Baraj aks yeri Çayboyu mahallesinin güneybatısında Devrek Çayı üzerindedir. Aks yerine Devrek Çayının Çayboyu mahallesi civarında yer alan

köprü üzerinden ulaşılmaktadır. Çalışma alanına yaklaşık 2 km asfalt yoldan, daha sonra 500 m kadar toprak yoldan gidilerek ulaşılmaktadır.

2.3 MORFOLOJİ

Çalışma alanı içerisindeki başlıca yükseltiler kuzeydoğu-güneybatı gidişlidir. Bölgedeki başlıca yükselti; Radar Tepedir (220 m). Diğer yükseltiler, Çaycuma çevresindeki doruklar Tavacık Tepe (399 m), Kuruolukbaşı Tepe (455 m), Sandıkbaşı Tepe (506 m) ve Dinlence Tepe (488 m)'dir. Karadeniz kıyısına doğru yaklaştıkça yükselti artarak falezler meydana getirmekte, iç bölgelere doğru yaklaştıkça, yumuşak peneplen bir topografya özelliği göstermektedir. Çalışma alanı içerisinde izlenen Filyos Çayının diğer kolları; Yenice Nehri, Köroğlu Deresi, Ulu Su, Gerede Çayı, Melan Çayı, Akçay, Soğanlı Çayı vb. birçok isimleri vardır. Filyos Çayının başladığı kaynak, Köroğlu Deresidir. Çay, Bolu'nun Dörtdivan ve Gerede ilçelerinden, Ilgaz Dağlarından, Melan Vadisinden geçip, Kastamonu'ya girmektedir. Kastamonu'dan da Zonguldak'a gelen çay, Filyos ilçesinde Karadeniz'e dökülür.

2.4 İKLİM

Bölge çevresindeki bitki örtüsü nedeniyle yağışlı bir iklime sahiptir. Kışın yağmur ve kar şeklinde olan yağışlar, ilkbahar ve sonbaharda sık yağmur şeklindedir. Tipik karadeniz ikliminin görüldüğü bölgede, genelde kışlar yağışlı ve soğuk, yazlar ılıman, nadiren sıcak ve yağışsız geçmektedir.

2.5 BİTKİ ÖRTÜSÜ

Çalışma alanının büyük bir bölümü yeşil maki tipi bitki ve ormanlarla kaplıdır. Bitki örtüsü de, çalışma alanının güneyine doğru, morfolojiye bağlı olarak artış görülür. Bölgede sık fundalık ve kestane ağaçlarının yanında gürgen, defne, meşe ve çam türleri de yaygındır.



BÖLÜM 3

BÖLGENİN JEOLojİK VE JEOFİZİK ÖZELLİKLERİ

3.1 BÖLGESEL JEOLojİ

Coğrafik anlamda Batı Karadeniz Bölgesi içinde yer alan inceleme alanı ve çevresi jeolojik anlamda Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden biri olan ve Karadeniz kuşağını kapsayacak biçimde Pontidler (Ketin 1966) veya İstanbul Zonu (Okay 1989) gibi isimlerle tanımlanan bölgede yer almaktadır. Önceki yıllarda İstanbul Zonu'nun bölgeye Doger öncesinde yerleşmiş bir nap olduğu kabul edilirken (Şengör et al. 1984) sonraki çalışmalarda zonun Moeziya Platformundan koparak Kretase'de günümüzdeki konumuna yerleştiği ileri sürülmüştür (Okay et al. 1994).

Genel anlamda Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde Kandilli, Zonguldak, Devrek ve Dirgine arasında kalan, çalışma alanının da içersinde bulunduğu bölgede temelde (güneyde) Prekambriyen yaşlı granit bileşimli kayalardan oluşan Bolu Granitoyidi izlenir. Bunların üzerinde sırasıyla Alt Ordovisiyon yaşlı karasal kumtaşı, çamurtaşı ve çakıltaşından oluşan Kurtköy Formasyonu; kuvarsitik kumtaşı, konglomera ve çamur taşlarından oluşan Aydos Formasyonu Orta Ordovisiyen- Alt Devoniyen yaşlı şeyl, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşan Ereğli Formasyonu, Orta Devoniyen-Alt Karbonifer yaşlı kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşan Yılanlı Formasyonu bulunur. Yılanlı Formasyonu üste doğru geçişli olarak şeyl, çamurtaşı, kumtaşı ve kömür içeren Namuriyen yaşlı Alacaağzı Formasyonu, Westfaliyen yaşlı konglomera, kumtaşı, şeyl, çamurtaşı ve kömürden oluşan Karadon Formasyonuna geçer. Bunların üzerinde Jura Alt Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşan İnaltı Formasyonu ve konglomera, kumtaşı, çamurtaşlarından oluşan İnciğez Üyesi diskordan olarak yer alır. Bölgede Alt Kretase; Kilimli Formasyonu ile temsil edilir. Genelde kumtaşı ve şeyllerden oluşan formasyon Velibey Üyesi, Sapça Üyesi ve Tasmaca Üyesine ayrılır. Üzerlerinde ise sırayla Üst Kretase yaşlı vokonojenik kumtaşı, tuf, aglomera, andezit ve bazaltlarla temsil edilen Yemişliçay Formasyona ile pelajik yarı pelajik kireçtaşları ve karbonatlı çamur taşlarından

oluşan Kapanboğazı Üyesi; Üst Kampaniyen- Alt Eosen yaşlı yarı pelajik kireçtaşı, şeyl kalkarenit kumtaşı ve konglomeralardan oluşan Akveren Formasyonu; bazalt andezitten oluşan Cangaza Volkanik Üyesi; Alt-Orta Eosen yaşlı aglomera, tuf, andezit, bazalt ve volkonojenik kumtaşlarından oluşan Yığılca Formasyonu ve Kumtaşı-şeyl-konglomera-kıltaşından oluşan Çaycuma Formasyonu yer almaktadır (Altun ve Aksay 2002).

3.2 STRATİGRAFİ

Çalışma alanının içinde yer aldığı bölgede Prekambriyen ve Kuvaterner yaş aralığında gelişmiş birimler yüzeyleir (Şekil 3.1, 3.2). Bu birimler ve genel litolojik özellikleri yaşlıdan gence doğru özetle aşağıdaki gibi verilebilir.

3.2.1 Bolu Granitoyidi (Peb)

Granodiyorit, tonalid granit, gabro türü plutonikler ve bunları dayk şeklinde kesen lamprofir ve apliterden oluşan birim Erendil vd. (1991) tarafından “Bolu Granitoyidi” olarak adlandırılmıştır. Birimin yerleşme derinlikleri 5 ile 2 km arasında değişmektedir. Araştırma alanı dışında bölgenin güneyinde Devrek-Mengen karayolu ve çevresinde yüzlek verirler. Granitik kayalardan gerçekleştirilen iz element ve izotop çalışmaları; kontamine (bulaşmış) olmuş volkanik yay mağmatizması ürünü olduklarını göstermiş olup Prekambriyen yaşlıdır (Ustaömer 1996, Altun ve Aksay’dan 2002).

3.2.2 Aydos Formasyonu (Oa)

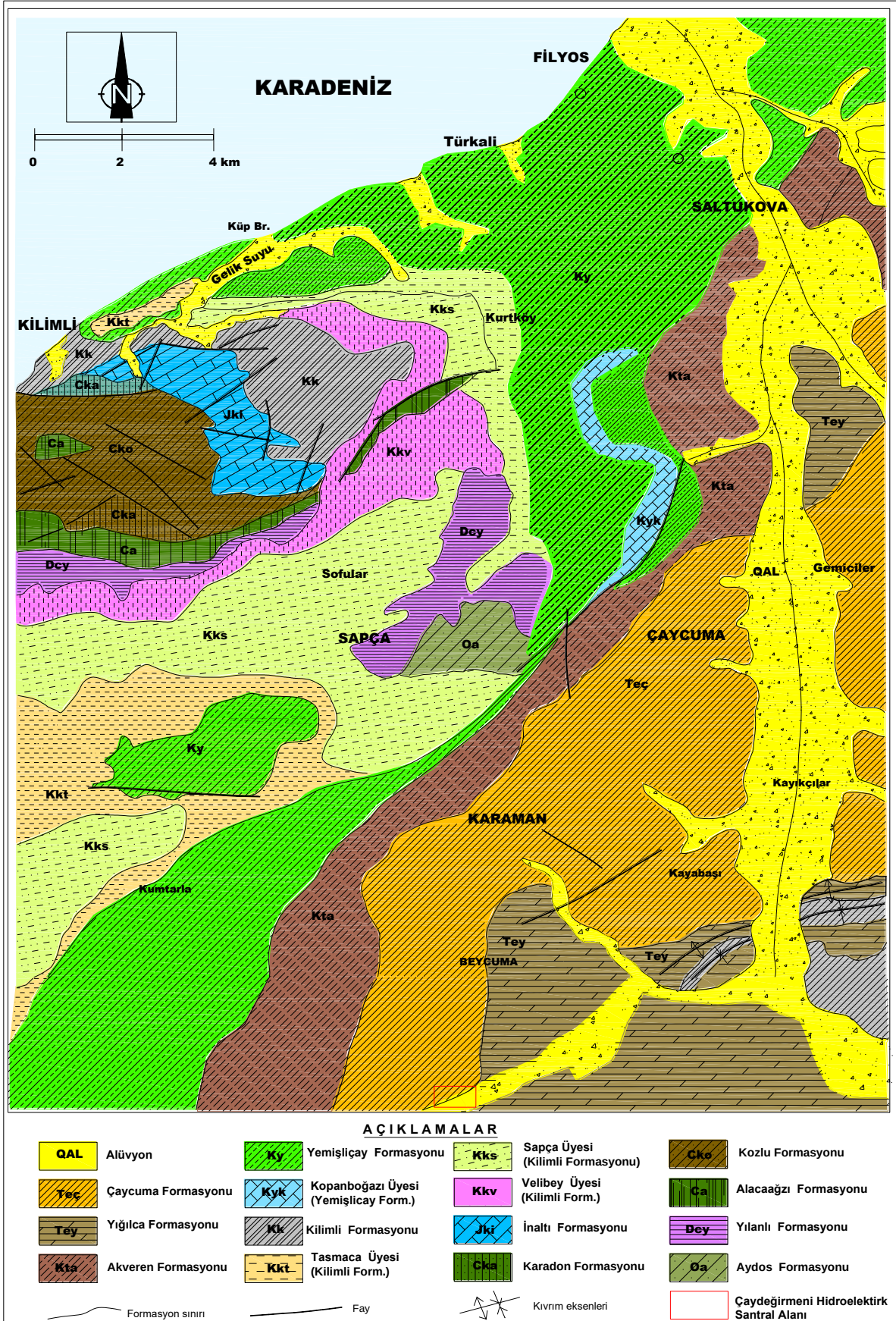
Kuarsitik kumtaşı, konglomera ve çamur taşından oluşan birim bu çalışmada da kullanılan şekliyle “Aydos Formasyonu” olarak Önalın (1982) tarafından adlandırılmıştır. Birim genellikle kuvars arenitlerden (kumtaşı) oluşur. Çalışma alanında Sapça, Keller, Güdüllü Köyleri arasında geniş yayılım sunar. Ayrıca birim yer yer çakıllı kuvars, kumtaşı, konglomera ile çamurtaşı ve şeyleri kapsar. Kalınlığı 50-200 m, yayılımı 5-6 km² arasında değişim sunan birimde fosil bulgusuna rastlanılmamıştır. Aydos Formasyonu inceleme alanı içerisinde üstünde yer alan Yılanlı Formasyonu ile ve çalışma alanı sınırları dışında yayılım sunan, Bolu Granitoyidi ile uyumsuz dokanaklara sahiptir. Birim oluşum ortamı açısından sahil-sığ deniz ortamını temsil etmektedir (Gedik ve Önalın 2001).

3.2.3 Yılanlı Formasyonu (Dey)

Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit ardışımından meydana gelen ilk kez Saner vd. (1979) tarafından adlanması yapılan bu birim, Zonguldak Karbonifer mostrasının güney kanadında ve Bartın kuzeyinde geniş mostraları bulunmaktadır. Yılanlı Formasyonu, kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit, çörtlü kireçtaşı ardalanmasından meydana gelir. Kireçtaşı ve dolomit genellikle Devoniyen yaşlı kayalarda izlenmesine karşın, çört yumrulu ve çört bantlı kireçtaşları Vizeyen yaşlı kayalarda daha fazla izlenmektedir. Birimin rengi, gri, siyah, koyu kahve ve açık kahve gibi değişik renklerde olmaktadır. İstifin kalınlığı Zonguldak dolayında 1500 m civarındadır. Taban ilişkisi Değirmenağzı civarında Alacaagzı Formasyonu üzerine uyumlu olarak geldiği gözlenir (Bacak 2008). Yılanlı Formasyonu Zonguldak dolayında resifal özelliktedir. Yaşı içindeki fosillere göre Devoniyen-Vizeyen'dir (Yalçın ve Gürdal 1995).

3.2.4 Alacaagzı Formasyonu (Ca)

Kumtaşı, kıltaşı, silttaşı ve kömür ardalanmasından meydana gelir. Batıda Armutçuk, Alacaagzı, Çavuşağzı, Değirmenağzı dolayında mostralarda halinde izlenir. Daha doğuda ise Bartın'ın kuzeyinde Gavurpınarı ve Amasra-Tarlaagzı yöresinde izlenmektedir. İstif, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, şeyl ve kömür ardışımından meydana gelir. Rengi, yeşil, haki ve sarı renklerde olmaktadır. Birimin içinde bol bitki izlerinin olması denizel koşullardan delta ortamı çökellerine geçişi göstermektedir. Zonguldak dolayında 250-350 metre kalınlık göstermesine karşın, Armutçuk yöresinde 1000 metreden fazladır. Altındaki Yılanlı Formasyonu ile tedrici geçişli izlenmektedir. Bu formasyon genelde delta önü çökelleri ile temsil edilmiştir. Armutçuk ve Alacaagzı yörelerinde formasyonun alt kesimleri delta önü çökelleri olmasına karşın üst seviyeleri organik maddece zengin, kalınlıkları 10 cm ile 1 m arasında değişen kömürlü seviyeler içeren delta düzlüğü çökelleri olarak izlenir. İstifin içindeki kömürlü seviyelerde yapılan palinolojik analizlere göre yaşı Namuriyen'dir (Yalçın ve Gürdal 1995).



Şekil 3.1 Bölgesel jeoloji haritası (Bacak ve Konakçı 2016).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner		Alüvyon-Yamaç Molozu (Qal) Uyumsuzluk Çaycuma Formasyonu (Teç) Kumtaşı, Şeyl, Konglomera
	Alt-Orta Eosen (1000 m.)		Yığılca Formasyonu (Tey) Ky: Kopanboğazı Üyesi Aglomera, Tuf, Andezit, Bazalt, Volkanojenik kumtaşı
	Üst Kampaniyen-Alt Eosen (500 m.)		Akveren Formasyonu (KTA) Yarı Pelajik Kireçtaşı, Şeyl, Marn, kumtaşı, Bazalt, Andezit
MESOZOYİK	Üst Kretase (1100 m.)		Yemişliçay Formasyonu (Ky) Ky: Kopanboğazı Üyesi Volkanojenik Kumtaşı, Tuf, Aglomera, Andezit, Bazalt, Şeyl, Marn
	Alt Kretase (650 m.)		Kilimli Formasyonu (KK) Kks: Sapça Üyesi Kkt: Tasmaca Üyesi Kkv: Velibey Üyesi Kumtaşı, Şeyl, Marn
	Üst jura-Alt Kretase (350 m.)		İnaltı Formasyonu (Jki) Neritik Kireçtaşı
	Westfaliyen B-C (350 m.)		Uyumsuzluk Karadon Formasyonu (Cka) Konglomera, Çamurtaşı, Şeyl, Çamurtaşı, Kumtaşı, Kömür
PALEOZOYİK	Westfaliyen - A (700 m.)		Kozlu Formasyonu (Cko) Konglomera, Çamurtaşı, Kumtaşı, Kömür
	Namuriyen (300 m.)		Alacaagzı Formasyonu (Ca) Şeyl, çamurtaşı, kumtaşı, Kömür
	Orta Devoniyen-Alt Karbonifer (500 m.)		Yılanlı Formasyonu (Dcy) Kireçtaşı, Dolomitik Kireçtaşı, Dolomit
	Alt Ordovisiyen (200 m.)		Aydos Formasyonu (Oa) Konglomera, kumtaşı, çamurtaşı
PREKAMBRIYEN			Uyumsuzluk Bolu Granitoidi (Peb) Granodiyorit, Granit, Gabro, Tonalit,

Şekil 3.2 İnceleme alanı ve çevresinin geliştirilmiş stratigrafik kesiti (Alan ve Aksay 2002).

3.2.5 Kozlu Formasyonu (Cko)

Zonguldak Taşkömürü Havzasının işletilebilir nitelikte ortalama 20 adet kömür damarı içeren üretif birimidir. Batıda Armutçuk ve Alacağzı dolayında, doğuya doğru Zonguldak, Kozlu, Üzümez, Karadon yörelerinde izlenir. Kozlu Formasyonu konglomera, kumtaşı, kilitaşı, silttaşı ve kömür ardışıklı olarak izlenir. Konglomeralar değişik boyutlarda, hemen hemen tümüyle iyi yuvarlaklaşmış, kuvarsit, mağmatik, metamorfik, kayaç çakıllarından oluşmuş, kumtaşları inceden-kaba taneliye kadar değişebilmektedir. Kömür damarlarının kalınlığı santimetreden birkaç metreye kadar değişmektedir. İstif Bartın ve Zonguldak yöresinde 800 metre kalınlık kalınlıktadır. Altındaki Alacağzı formasyonu ile ilişkisi tedrici geçişli izlenmektedir. Kozlu Formasyonu örgülü ve menderesli akarsu sistemlerinin egemen olduğu görülür. Kömürlerde yapılan palinolojik tayinlere göre birimin yaşı Westfaliyen-A'dır (Yalçın ve Gürdal 1995).

3.2.6 Karadon Formasyonu (Cka)

Bu formasyon, Kozlu, Üzümez, Karadon ve doğuda Bartın dolayında mostralar vermektedir. Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kilitaşı, kömür ve bazı refrakter killeri (şiferton) bu istif içerisinde yer alır. Kömür damarlarının adeti, kalınlıkları ve yayılımı, Kozlu formasyonuna oranla önemsiz sayılabilecek boyuttadır. Birimin kalınlığı 300-450 m arasında değişmektedir. Taban ilişkisi Kozlu formasyonu ile tedrici geçişli olarak gözlenir. Gözlenen sedimanter yapıları ile Kozlu formasyonu benzerlik gösterir. Kömürlerde yapılan palinolojik analizlere göre yaşı Westfaliyen-BCD'dir (Yalçın ve Gürdal 1995).

3.2.7 İnaltı Formasyonu (Jki)

Genellikle platform türü karbonatlardan oluşan birim Ketin ve Gümüş (1963) tarafından adlandırılmıştır. Bej, beyaz ve gri renklerde orta-kalın tabakalı, kısmen masif ve dolomitik olan birim ortalama kalınlığı 350-400 m olup, Orta Jura-Alt Kretase yaşlıdır (Aydın vd. 1987, Alan ve Aksay'dan 2002).

3.2.8 Kilimli Formasyonu (Kk)

Bu ad ilk defa Saner vd. (1981) tarafından verilmiştir. Bu formasyon, Zonguldak'ın batı kesimlerinde izlenmesine karşın, Zonguldak'ın doğusunda Kilimli yöresinde ve Amasra

dolayında sıkça izlenmektedir. Bu birim, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltası aralanmasından meydana gelir. Renk, gri, kurşuni, kül rengindedir. Kalınlığı 700 m dolayındadır. Alttaki Zonguldak formasyonu üzerindeki geçişi keskin, fakat uyumludur. Kilimli Formasyonunun alt dokanak ilişkisi genelde tektoniktir. Amasra ve Zonguldak'taki iki paleoyükselti arasında kalan ve tektonik etkiler sonucu kırılmış vadiler boyunca çökelen bu birim, Kilimli yakın çevresi derin deniz, Amasra dolayısı ise sığ kesimleri karakterize etmektedir. İstif içindeki ammonit fosillerine göre yaşı Apsiyen'dir (Yalçın ve Gürdal 1995).

3.2.9 Yemişliçay Formasyonu (Ky)

Ada yayı volkanizmasının ürünlerinin hakim olduğu birimin adlanması Ketin ve Gümüş (1963) tarafından yapılmıştır. Yay volkanizmasının ürünleri olarak ortaya çıkmış, volkanosedimanter bir istif olup, sığdan derin denize kadar çökelleri kapsamaktadır. Yemişliçay Formasyonu genel olarak tuf, tüfid, aglomera, konglomera, kumtaşı, şeyl, andezitik ve bazaltik volkanitler ile volkanosedimanterlerden oluşur. Formasyonda üye bazında Kapanboğazı Üyesi bulunmaktadır. Bu birim ise; kırmızı-bordo renkli mikritik dokulu pelajik kireçtaşları ile karbonatlı çamurtaşı aralanmasından oluşmaktadır (Ketin ve Gümüş 1963).

Alt dokanağı Kilimli Formasyonu ile, üstte ise Akveren Formasyonu ile geçişli izlenmiştir. Toplamda 1000 m kalınlığa ulaşan birimin yaşı Üst Kreatese'dir (Aydın vd. 1987, Alan ve Aksay'dan 2002). İnceleme sahası içerisinde araştırma konusu olan volkanitler Yemişliçay Formasyonu içerisinde yer almaktadır.

3.2.10 Akveren Formasyonu (Kta)

Altta kumlu karbonatlar üstte doğru killi kireçtaşları çamurtaşları marnlı turbiditler ve volkanitlerden oluşan birim ilk defa Ketin ve Gümüş (1963) tarafından adlandırılmıştır. Volkanitler Cangaza Volkanit üyesi olarak sınıflandırılmıştır (Yergök vd. 1987, Altun ve Aksay 2002'den). Kalınlığı 1000 m'ye kadar ulaşan birimin yaşı Glamotruncana Lapparenti Brotzen G, Nummulites fosil türlerine göre Üst Kampaniyen–Alt Eosen olarak belirlenmiştir. Birim üstte Yığılca ve Çaycuma Formasyonları ile geçişlidir (Alan ve Aksay 2002).

3.2.11 Yığılca Formasyonu (Tey)

Andezit, bazalt, tuf, aglomera ve volkanojenik kumtaşlarından oluşan birim ilk defa Kaya et al. (1986) tarafından adlandırılmıştır. Lavların hakim olduğu kesimde yaygın kaya türü andezit olup, Çaycuma Formasyonu birimlerine geçiş gösterir. Devrek-Zonguldak karayolu Beycuma ayrımı ve çevresinde en iyi bir biçimde izlenen birim 100-150 m kalınlığa sahiptir. Birimin yaşı Alt-Orta Eosen olarak belirlenmiştir (Altun ve Aksay 2002).

3.2.12. Çaycuma Formasyonu (Teç)

Ereğli-Zonguldak ve Bartın güneyinde geniş mostraları izlenir. Açık sarı, kirli beyaz, kumtaşı, silttaşı, kiltası ardalımalı türbiditik özellikler gösteren aglomera, tuf ve marn ara seviyeli bir istifdir. Kalınlık 1200 metre dolayında olmakta, taban ilişkisi Yahyalar Formasyonu ile geçişlidir. Genel olarak aşınan, taşınan ve volkanik patlamalarla çökme havzasına ulaşan malzemelerden meydana gelen Beycuma istifinin bazı kesimlerini içeren ortaç ve daha sonra iraksak türbiditler olarak yorumlanabilir. Biriminden derlenen fosillere göre (Discoaster Elegans, Discoaster Mirus, Willoxon, Spherolitus Sp.) yaşı Alt-Orta Eosen'dir (Yalçın ve Gürdal 1995).

3.2.13 Alüvyon (Qal)

Bölgede akarsu yataklarındaki eski çukurlar üzerinde gelişmiş düz alanlardaki Kuvarterner oluşumlu kum, çamur, çakıl çökelleridir.

3.3 BÖLGENİN YAPISAL JEOLJİSİ

İnceleme alanının içersinde yer aldığı bölgede temeldeki birimleri etkileyen Hersiniyen orojenezi ile Üst Kretase ve sonrasındaki birimleri etkileyen Alpin Orojenezinin etkileri görülmektedir. Bu hareketler formasyonlarda K-G yönlü kıvrımlanmalara, D-B yönlü kırılanmaya neden olmuştur. Bölgede Siluriyen ve Devoniyen yaşlı birimlerin hafif kıvrımlanma göstermesi, Yılanlı Formasyonu ile Alacağzı Formasyonu dereceli geçişli olması; Hersiniyen Orojenezinin Akadiyen fazının etkin olmadığını göstermektedir. Paleozoyik zamanın Karbonifer devrinde bugünkü Karadenizin bulunduğu bölgede Pontid adında bir yarımada bulunuyordu. Bu yarımadanın kuzeyinde Rus Denizi, güneyinde ise Paleotetis Okyanusu mevcuttu. Hersiniyen

orojenik etkisi; Paleotetis'in kapanarak Kuzey Anadolu'nun altına girmesiyle, havzanın güneyini yükseltmiş, Karadon ve Gelik kömür havzası açık deniz etkisinden kesilerek subsidans olaylarına bağlı olarak bölgede yaygın olarak izlenen otokton, ekonomik kömür yatakları oluşmuştur (Bacak 1992).

Jura sonu, Kretase başında Alpin orojenik etkisinde kalan havza yeni yükselim ve K-G yönlü sıkışma kuvvetlerinin etkisiyle kıvrımlanarak Karadon ve Gelik bölgelerinde antiklinal oluşumu gerçekleştirmiştir. Havza Alt Kretase döneminde neritik karbonatların çökeldiği bir bölge olmuştur. Karbonatlar kömürlü seviyeler üzerine transgressif olarak yerleşmişlerdir. Benzer zaman aralığında kumtaşı ve şeyl litolojisinin yaygın olarak izlendiği Kilimli Formasyonu'na ait birimlerin uyumlu çökelişi gelişmiştir. Üst Kretase'de Neotetis'in yakınsaması ile kuzeye dalma batma olayına bağlı olarak tüm Batı Karadeniz Bölgesinde Tetis Okyanusunun kapamasına bağlı olarak gelişim sunan yay volkanizmasının karakteristik ürünlerinin izlendiği, volkanosedimanter formasyonlar (Yemişliçay, Akveren ve Yığılca Formasyonları) yaygındır. Bölgede Kretase'den itibaren Zonguldak-Karadeniz Ereğli-Devrek arası blok hareketlerinin ve geniş volkanik faaliyetlerin başlamasıyla tektonik açıdan aktif bir bölge olarak gelişimini sürdürmüştür. Orta Eosen sonrası meydana gelen sıkışma deformasyonuna bağlı tektonik olaylar sonucunda inceleme alanı içinde önemli tektonik hareketler gelişmiştir (Yergök vd. 1987, Altun ve Aksay'dan 2002).

3.3.1 Kıvrımlar

Bölgede sıkışma kuvvetlerinin etkisiyle kıvrımlar meydana gelmiştir. Kasaptarla Tepe, Karakoçak Tepe, Çamca Tepe ve Karabayır Tepe çevresinde izlenen bir asimetrik senklinal ve devamındaki antiklinal içinde Alcaağzı Formasyonu ve iç kısımlarda Kozlu ve Karadon Formasyonları yer almaktadır. Zonguldak erezyon penceresi de birçok D-B gidişli fay ile bölünmüş bir senklinal ile küçük bir antiklinalden meydana gelmektedir. Bu pencere büyük bir senklinaryum olarak ele alındığında, Kuzey kanadı Karadeniz içinde kalmakta olup, D-B yönlü enine gidişi bulunmaktadır. Zonguldak, Gelik güneyinden geçen antiklinal ve senklinal yapılarının aksel gidişi D-B yönündedir. Mesozoyik'te antiklinalin kuzey kanadında Öküşne Kireçtaşları (İnaltı Formasyonu) çökelişi sunmuş olup, birimde yersel ve küçük ölçekte kıvrımlı tabakalanmalar gözlenmektedir (Yergök vd. 1987, Altun ve Aksay 2002'den).

3.3.2 Kırıklar ve Çatlaklar

İnceleme alanı içinde yüzeyleyen kayalar üzerinde gözlenen çatlaklar çoğunlukla tektonik hareketlere bağlı olarak gelişim sunmuş olmakla birlikte özellikle volkanitlerin yaygın olarak izlendiği Beycuma yol ayrımı (Zonguldak-Devrek yolu üzeri), Saltukova, Filyos ve Türkali çevresinde masif yapılar sunan volkanitlerde özellikle Saltukova kesiminde yersel olarak lavların soğuması ve akış debileri ile ilgili gelişim sunan paralel eklemli düzenli sütun yapılarının gelişimi izlenmiştir. Özellikle çalışma alanındaki volkanitlerin detay saha yapısal özellikleri bölümünde verilmiş olan doğal çatlak sistemleri ve eklem takımlarında genel anlamda açıklıkları 2 cm'den daha küçük olanlarda killi dolguya rastlanılmazken daha büyük olanlarda yer yer silisifiye karbonatlı ve killi dolgular izlenmiştir. Çatlaklar hafif ve orta pürüzlü yüzeyle sahiptir (Yergök vd. 1987, Altun ve Aksay 2002'den) .

3.3.3 Faylar

İnceleme alanı ve içinde bulunduğu bölgede izlenen faylar D-B veya KD-GB doğrultulu olup, bölge genelinde K-G ve KB-GD yönlü sıkışma sonucu oluşmuşlardır. Zonguldak ve çevresinde ortaya çıkan tektonik kuşakların hemen hepsi yatay hareketlerin ve tektonik olaylara bağlı olarak gelişim sunmuş olan bindirme özelliğindeki (düşük açılı ters fay) süreksizlik düzlemleridir.

Zonguldak Paleozoyik birimlerinin güneyinde kalan kesimde Yılanlı Formasyonu ile Alacaagzı Formasyonunu ve yer yer de Kozlu ve Karadon Formasyonlarını yan yana getiren ters fayların çoğunun kökeni orta Eosen sonunda ortaya çıkan basınç deformasyonları sonucudur. Bölgedeki normal faylar, ters faylarda olduğu gibi çoğunlukla ya yapı değiştirmiş ya da Mesozoyik ve Tersiyer istifi altında kalmışlardır. Normal fayların büyük bir çoğunluğu Alt Kretase başında Zonguldak Formasyonu'nun çökmesi devam ederken meydana gelmişlerdir. Bu sırada çekme kuvvetleri daha önce oluşan Paleozoyik ve Üst Jura-Alt Kretase karbonatlarını kırarak horst ve graben sistemlerini oluşturmuşlardır. Havzada irili ufaklı havzaların oluşumuna neden olan normal fay sistemleri Ereğli havzasının kuzeyinin ve Köseağzı-Armutcuk arasında izlenen normal fay sistemi, Türbekaya Tepe-İlksuağzı'nda D-B doğrultulu fay sistemi ve çalışma alanının dışında Zonguldak doğusunda Arıt-Kurucaşile normal fay sisteminden oluşmaktadır (Yergök vd. 1987, Altun ve Aksay 2002'den).

3.4 İNCELEME SAHASININ JEOLojİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanı; HES 2 baraj gövdesi ve çevresinde yer alan kesimde jeolojik olarak akarsu alüvionu ve Çaycuma Formasyonu'na ait birimler yayılım sunmaktadır (Ek 2, Ek 3, Ek 4, EK 5). İnceleme sahası boyunca HES-2 baraj gövdesi, santral binası ve ünitelerinin oturacağı kesimde morfolojik eğim bulunmamakta olup (%0-10) genelde yatay veya yataya yakın bir akarsu yatağı ve buna bağlı geniş yayılımlı vadi yapısı gelişimi izlenmiştir (Şekil 3.3). Akarsu yatağının sağ ve sol sahiline ait yamaçlarda doğal şev yükseklikleri 7m'den düşüktür.



Şekil 3.3 İnceleme alanı yüzeyde akarsu yatağı boyunca alüvyon yayılımları.

Sahada gerçekleştirilen sondaj verilerine göre yüzeyde ortalama 20 m kalınlıkta olan, akarsu yatağı boyunca yayılım sunan alüvyon malzeme; orta-kalın kalınlıkta (10-25 cm) tabakalanmalıdır. Yüzeyden ortalama 20m'den sonra, Çaycuma Formasyonu'na ait killi kayalardan oluşan seviye başlamaktadır. Alüvyon; Genelde blok, iri çakıl-kum boyutu tane boyu aralığında, yarı yuvarlak-yuvarlak, kısmen yarı köşeli tanelerden oluşmaktadır. Taneler genelde; feldispat, kuvars, kuvarsit, kumtaşı, hematit, andezit ve kireçtaşı bileşenlerinden oluşmaktadır.. Buna göre Çok kaba kum boyutu (0.5-1 mm; %60-65) , Kaba kum boyutu (0.3-0.6 mm; %20-25), Orta Çakıl boyutu (20-25 mm; %15-20), Kaba Çakıl boyutu (30-55 mm; %5-10) oranlarında olup, tane dağılımı litolojik olarak; %50-55 Feldispat, %20-25 Kireçtaşı, %5-10 Kumtaşı, %5-10 Kuvar ve Kuvarsit, %5-7 Andezit, %5 Hematit bileşiminden oluşmaktadır (Şekil 3.4, 3.5). Sahadan alınan iri kum-çakıl tane boyu aralığına sahip akarsu yatağı alüvyon örneğinin binaküler mikroskopta kabaca petrografik incelemesinde bileşenlere ait tane boyu dağılımı ve bulunum oranları Çizelge 3.1'de özetle verilmiştir. Alüvyon malzeme akarsu yatağı boyunca sağ ve sol kenarlar boyunca yaklaşık 87500 m² lik alanda yatay konumda

yayılım sunmaktadır. Saha incelemelerinden ve sondaj karotlarından görüleceği üzere, Devrek Çayının taşıdığı çakıl, kum, silt ve kil boyutu malzemeden oluşan Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimin sahada en temel birimi oluşturduğu görülmüştür (Şekil 3.6). İnceleme alanı ve yakın çevresine ait detay jeoloji haritası Ek 2 ve Ek 4’de sunulmuştur.



Şekil 3.4 İnceleme alanı akarsu alüvyon örneğinin makroskopik görünümü

Çizelge 3.1 Akarsu yatağı alüvyon örneğinin mikroskobik inceleme sonuçları

Tane Türü	Tane Bileşim Oranı (%)	Tane Boyu (mm)		% Oran	Tane Şekli
Feldispat	50-55	Kaba Çakıl	27-55	5	Yarı Yuvarlak-Yuvarlak
Kireçtaşı	18-20		20-27	5-20	
Kuvars-Kuvarsit	5-10	Orta Çakıl	20-27	55-60	
Kumtaşı	5-10			20-25	
Andezit	5-7	Çok Kaba Kum	0.5-1	20-25	Yarı Köşeli-Köşeli
Hematit	4-5		0.3-0.6		



Şekil 3.5 İnceleme alanında akarsu sedimanlarına ait litolojik bileşenler.



Şekil 3.6 Alüvyonda yapılan sondajlara ait karot örnekleri

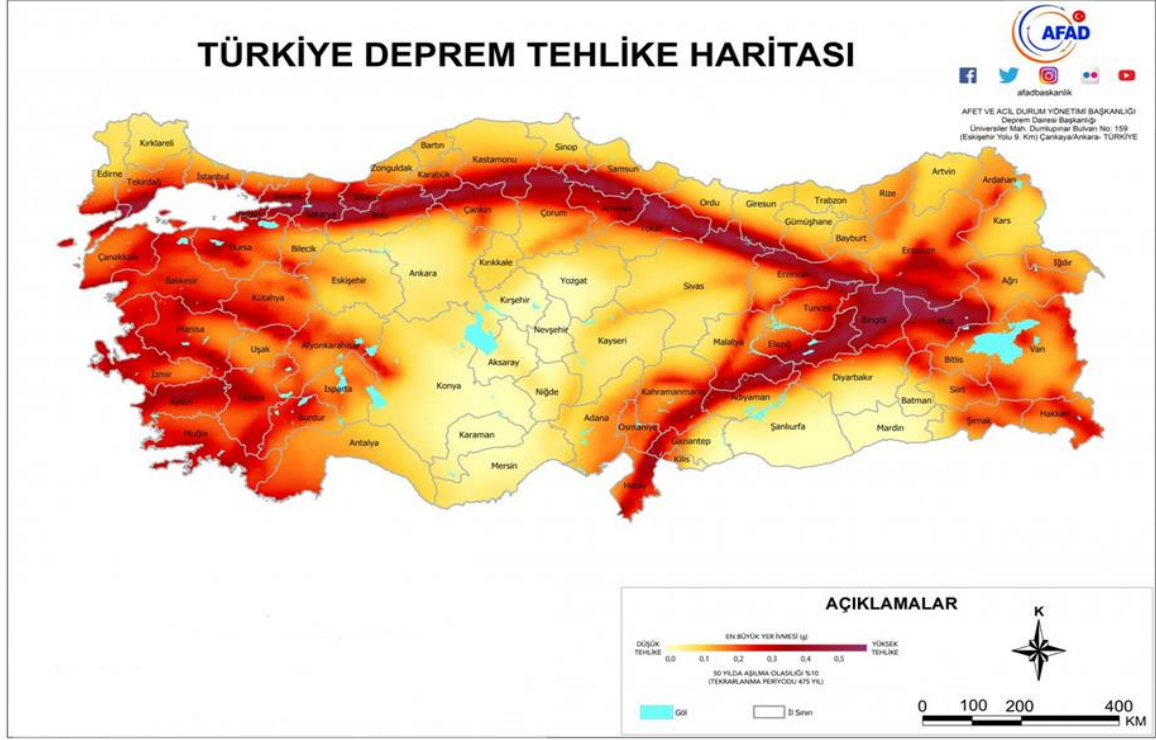
Çaycuma Formasyonuna ait birimler; sahanın dışında Çaydeğirmeni Beldesi ve çevresinde yüzeyleme vermektedir. Bu birime ait kilaşları inceleme sahası içerisinde gerçekleştirilen sondajlarda ortalama 18-25m derinlikte kesilmiştir (Şekil 3.7). Sondajlarda kesilen seviye bazında saha içindeki birime ait litolojik özellik; kahverengi-sarımsı renklerde, masif görünümlü, yüksek plastisiteli killi kayalardan oluşmaktadır.



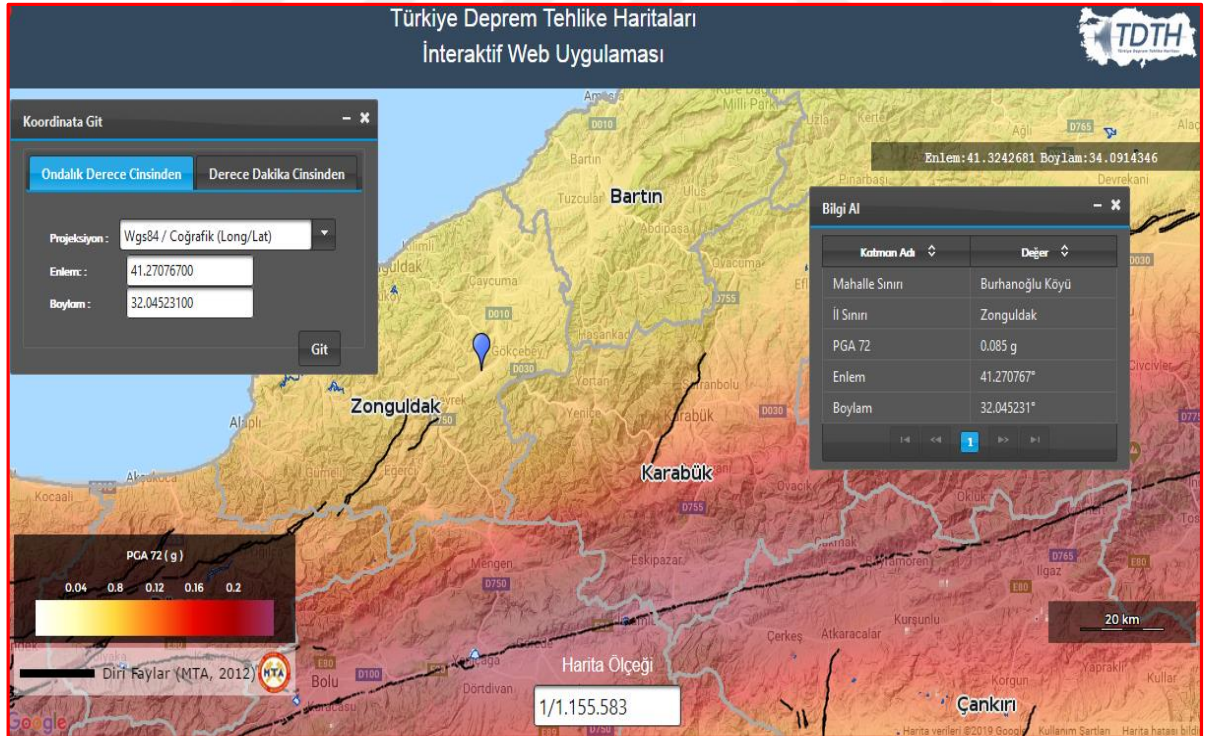
Şekil 3.7 Çaycuma Formasyonu'na ait killi seviyeden alınan karot örneklerinden görünüm.

3.5 İNCELEME ALANININ DEPREMSELLİĞİ VE MÜHENDİSLİK JEOFİZİĞİ ÇALIŞMALARI

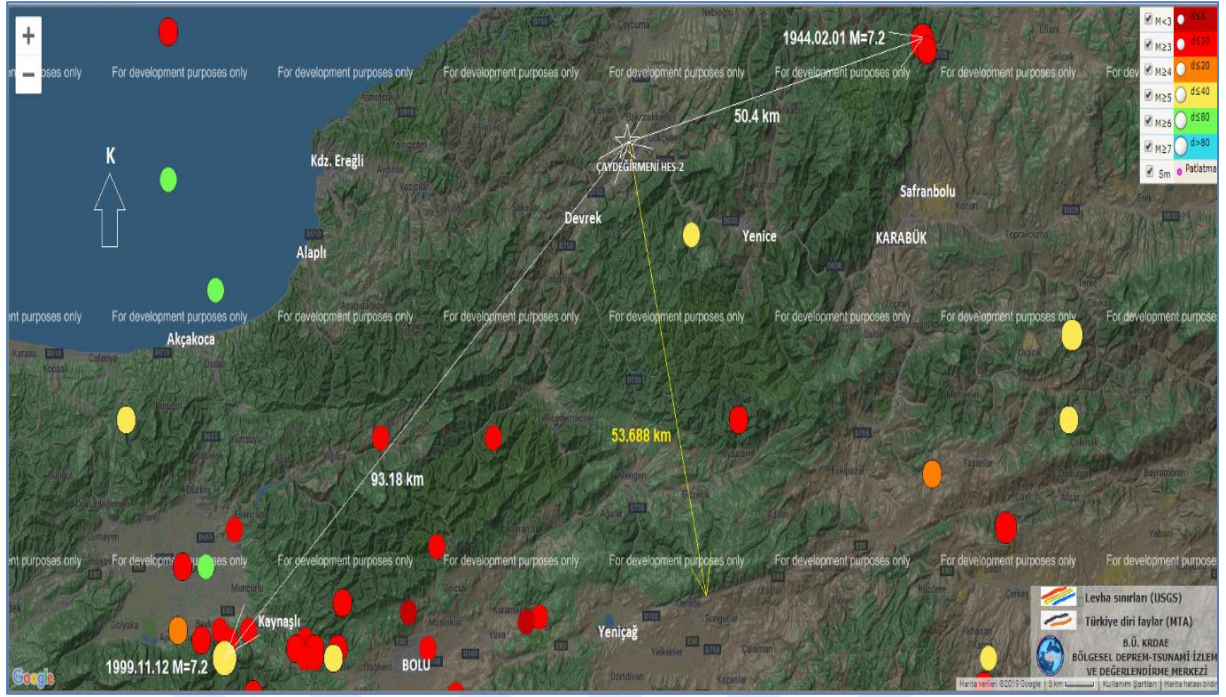
Karadeniz Bölgesinde deprem açısından Kuzey Anadolu Fayı (KAF) önem taşımaktadır. Bu fay, doğrultu atımlı ve sağ yönlü aktif bir fay özelliğindedir. Kuzey Anadolu Fayının etkisi ile inceleme alanın bulunduğu kesimin yakınlarında son yüzyıl içerisinde meydana gelen depremler; M=7, 1944 Gerede Depremi, M=7.1, 1967 Adapazarı Depremi M=6.8 ve 1999 Düzce Depremi M=7.2'dir. Deprem Araştırma Dairesi'nin 1996 yılında basmış olduğu Zonguldak ili mevcut deprem derecelerini gösterir haritasında; 2. derece deprem bölgesinde bulunan inceleme sahası, 2018 yılı AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasında İnceleme sahası koordinat değerleri sistem uygulamasına girildiğinde (41.270767° Enlem, 32.045231° Boylam) ise; Deprem yer hareketi düzeyi DD-3 (50 yılda aşılma olasılığı %50 ve tekrarlanma periyodu 72 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi) için; sonuç çıktıları; PGA (en büyük yer ivmesi) değeri 0.085g değerinde olup, Yerel Zemin sınıfı; ZD olan (Orta-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları) bir bölgede yer almaktadır (Şekil 3.8, Şekil 3.9). İnceleme alanında yer alan Çaydeğirmeni hidroelektrik santral (HES) baraj gövdesinin Kuzey Anadolu Fay Hattına yatay istikamette harita üzerinden okunan ortalama uzaklığı 53.688 km olup, sahanın 100 km yarıçapındaki alanda gelişim sunan depremlere ait en yüksek büyüklük değeri olarak; M=7.2 değerinde olan 2 adet lokasyon belirlenmiştir. Bunlar; 1944 İnecay-Safranbolu (Karabük) ve 1999 Düzce depremlerinin olduğu noktalardır (Şekil 3.10).



Şekil 3.8 Yeni Deprem Tehlike Haritası (URL-1).



Şekil 3.9 AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasında inceleme alanına ait PGA hesaplaması (URL-2).



Şekil 3.10 İnceleme alanı ve çevresindeki (100 km yarıçap-dairesel) etkin depremlerin büyüklüklerine göre dağılımları (URL-3).

İnceleme alanı içinde bilinen bir deprem odak merkezi olmamakla birlikte, çevresinde büyüklüğü 5’den büyük olan depremlerin inceleme alanı üzerinde etkili olabileceği ön görülmüştür. İnceleme alanı içinde kaydedilmiş herhangi bir depremin merkez noktası olmamasından dolayı inceleme alanında yer kabuğunda oluşabilecek deprem kaynaklı doğal sarsıntıların yol açtığı kütleli denge bozulmalarının herhangi bir etkisi görülmemektedir.

Zonguldak ilinin yaklaşık 150 km güneyinden Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun yaklaşık 180 km uzunluğundaki “Gerede Segmenti” geçmektedir. Aynı zamanda Karadeniz iç kesimlerinde oluşan orta ve büyük deprem üreten aktif ters faylar da Zonguldak ve civarını yakından etkilemektedir. 1968 Bartın depremi Karadeniz kıyı şeridinde gerçekleşmiş olan en büyük depremdir. Deprem sırasında Amasra yakınında kıyının 30-40 cm yükseldiği gözlenmiştir (Ketin ve Abdülseamoğlu 1970). Bartın depreminin odak mekanizması çözümü ters faylanma özelliği göstermektedir (Alptekin vd. 1985).

İnceleme sahasına ait deprem yer hareketi düzeyinin ve sahaya ait PGA; maksimum ivme değerinin belirlenmesinde diğer bir yöntem olarak; “Zemin Jeofizik Yazılımı” kullanılmıştır (URL-5). Yazılımda HES-2 baraj alanının yaklaşık 100 km yarıçapındaki çevresel dairesel

alanında 1900’lü yıllardan günümüze değin gerçekleşmiş ve kayıt altına alınan depremlere ait veriler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Bölgenin probabilistik (olasılıksal) olarak deprem tehlike analizi için verileri (URL-4)

No	Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	xM
1	07.04.2018	21:16:31.33	40.86	31.66	6	4.9
2	02.05.2015	12:45:57.19	40.84	32.49	1.8	4.1
3	04.09.2014	03:53:01.28	41.64	32.51	4.5	4
4	24.11.2013	20:49:37.67	40.78	31.87	7.6	4.8
5	01.04.2009	18:08:47.58	40.8	31.05	8.9	4
6	12.11.2008	11:57:34.74	40.78	31.92	6.2	4.1
7	20.04.2006	14:10:19.70	41.69	32.47	8	4.1
8	13.04.2004	21:47:22.60	40.75	31.64	10	4.6
9	25.07.2003	07:21:32.20	40.89	31.53	8	4.3
10	23.07.2002	20:06:43.30	40.96	32.64	5	4
11	26.08.2001	00:41:12.80	40.98	31.54	6	4.6
12	14.02.2000	06:56:34.60	40.98	31.78	9	4.8
13	20.01.2000	10:35:58.50	40.88	31.27	6	4.2
14	05.01.2000	14:10:04.20	40.85	31.27	8	4.1
15	20.12.1999	03:27:19.90	40.87	31.01	8	4
16	29.11.1999	10:30:45.20	40.84	31.53	9	4
17	21.11.1999	22:27:32.30	40.77	31.5	9	4.2
18	20.11.1999	08:44:13.20	40.78	31.47	8	4.2
19	19.11.1999	14:01:13.10	40.85	31.04	11	4.3
20	19.11.1999	10:27:59.70	40.87	31.01	9	4.3
21	17.11.1999	08:15:26.20	40.8	31.46	9	5
22	16.11.1999	17:51:17.00	40.79	31.6	1	4.9
23	16.11.1999	07:49:38.60	40.7	31.63	4	4
24	15.11.1999	16:26:54.70	40.82	31.19	5	4.1
25	13.11.1999	10:10:34.40	40.82	31.57	8	4.3
26	13.11.1999	09:59:20.70	40.9	31.09	2	4.2
27	13.11.1999	08:36:17.80	40.75	31.23	8	4
28	13.11.1999	08:33:41.20	40.77	31.5	1	4.1
29	13.11.1999	08:02:31.30	40.81	31.18	1	4
30	13.11.1999	04:21:00.00	40.75	31.33	10	4
31	13.11.1999	04:10:00.00	40.74	31.38	10	4.2
32	13.11.1999	03:57:00.00	40.75	31.12	10	4.2
33	13.11.1999	03:27:00.00	40.77	31.37	10	4
34	13.11.1999	02:59:00.00	40.75	31.15	10	4.2
35	13.11.1999	01:57:00.00	40.75	31.35	10	4

Çizelge 3.2 (devam ediyor)

No	Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	xM
36	13.11.1999	01:02:00.00	40.75	31.4	10	4.3
37	13.11.1999	00:15:00.00	40.73	31.5	10	4.3
38	12.11.1999	23:11:00.00	40.73	31.41	10	4
39	12.11.1999	22:38:00.00	40.76	31.3	10	4.1
40	12.11.1999	22:21:00.00	40.75	31.39	10	4.8
41	12.11.1999	21:38:00.00	40.76	31.1	10	4.4
42	12.11.1999	20:54:00.00	40.76	31.38	10	4.5
43	12.11.1999	19:16:00.00	40.74	31.38	10	4.7
44	12.11.1999	19:07:00.00	40.77	31.2	10	4.5
45	12.11.1999	19:00:00.00	40.75	31.09	10	4.2
46	12.11.1999	18:24:00.00	40.76	31.11	10	4.7
47	12.11.1999	18:14:00.00	40.75	31.36	10	5
48	12.11.1999	18:05:00.00	40.7	31.7	10	4.7
49	12.11.1999	17:57:00.00	40.74	31.4	10	4.8
50	12.11.1999	17:54:00.00	40.77	31.26	10	4.7
51	12.11.1999	17:52:00.00	40.76	31.22	10	4.8
52	12.11.1999	17:30:00.00	40.75	31.45	10	5.2
53	12.11.1999	17:27:00.00	40.75	31.4	10	5.2
54	12.11.1999	17:23:00.00	40.76	31.16	10	5.1
55	12.11.1999	17:17:00.00	40.75	31.1	10	5.2
56	12.11.1999	16:57:20.80	40.74	31.21	10	7.2
57	06.09.1999	19:44:29.40	40.85	31.07	3	4
58	29.08.1999	10:23:15.90	40.82	31.22	16	4
59	29.08.1999	10:14:55.30	40.88	31.23	7	4.8
60	17.08.1999	09:02:12.00	40.77	31.11	16	5
61	17.10.1986	10:33:06.10	41.2	32.39	12	4.4
62	28.06.1979	21:22:09.40	40.78	31.85	0	4.7
63	03.11.1978	09:35:03.40	40.91	32.35	10	4.2
64	18.02.1976	23:07:09.30	41.88	32.42	3	4.4
65	04.06.1975	02:57:05.00	41.09	32.3	0	4
66	21.10.1973	22:50:30.50	40.7	32.41	5	4.1
67	04.07.1972	06:17:19.20	41.7	32.44	10	4.1
68	20.09.1971	10:57:35.10	41.58	32.44	10	4.3
69	20.09.1971	08:02:36.90	41.54	32.66	10	4.1
70	05.07.1971	16:52:48.80	41.75	32.48	5	4.4
71	04.05.1970	13:47:33.40	41.88	32.67	10	4.3
72	25.02.1969	13:43:50.80	41.56	32.27	31	4.3
73	10.01.1969	16:33:14.90	41.66	32.47	18	4.6
74	28.09.1968	03:25:53.00	41.75	32.1	38	4.1
75	10.09.1968	01:48:42.10	41.69	32.39	33	4.2
76	09.09.1968	11:49:20.10	41.66	32.22	33	4.6

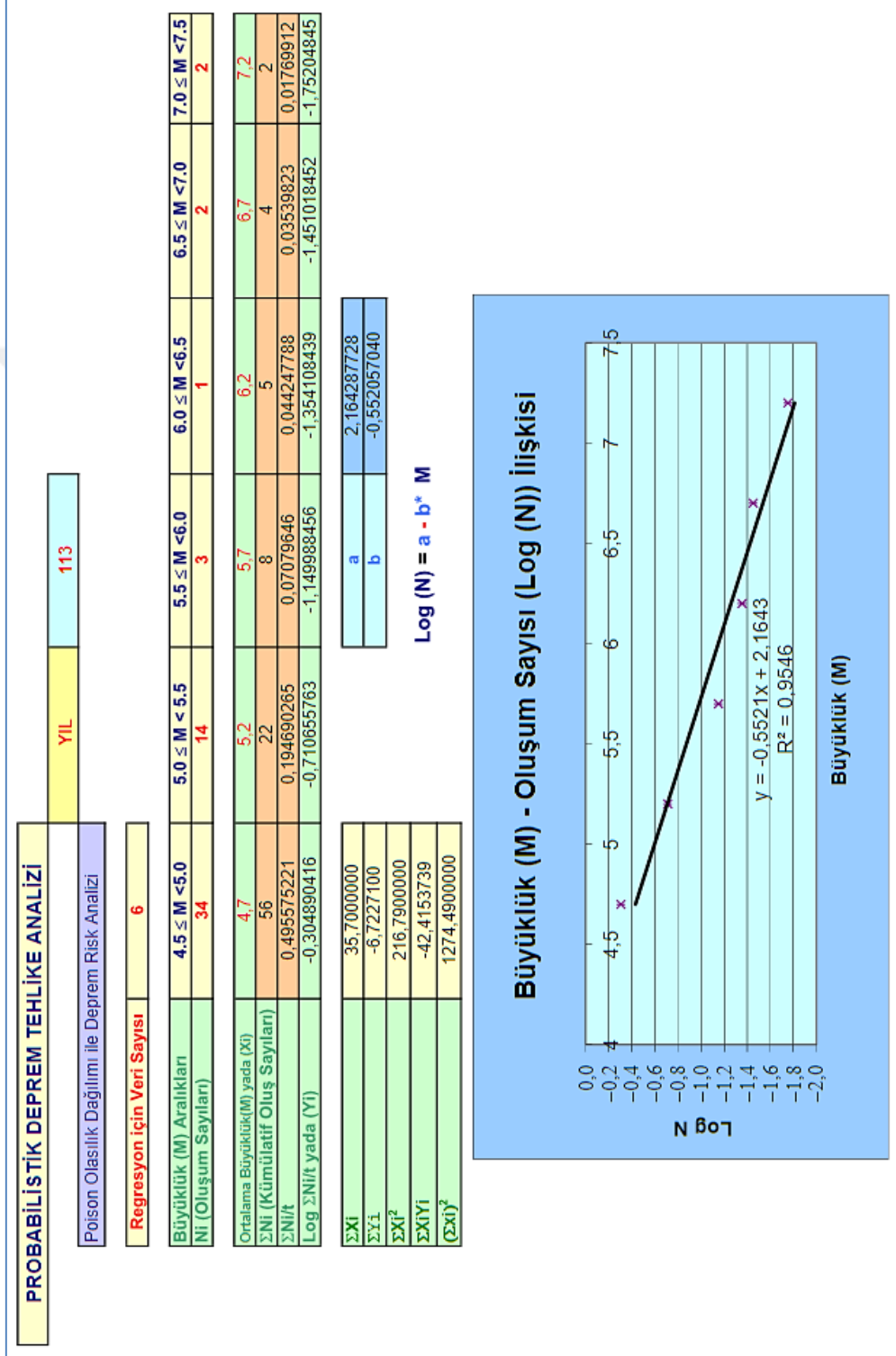
Çizelge 3.2 (devam ediyor)

No	Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	xM
77	03.09.1968	21:08:18.50	41.77	32.08	55	4.5
78	03.09.1968	14:09:10.50	41.81	32.33	14	4.7
79	03.09.1968	12:22:01.60	41.78	32.45	33	4.4
80	03.09.1968	10:56:15.50	41.76	32.5	11	4.7
81	03.09.1968	09:13:12.10	41.78	32.25	33	4.6
82	03.09.1968	08:19:52.60	41.81	32.39	5	6.5
83	19.06.1964	00:50:24.60	40.74	32.83	33	4.8
84	30.05.1957	14:29:51.50	40.65	31.24	10	4.5
85	30.05.1957	13:07:56.90	40.62	31.78	10	4.5
86	27.05.1957	07:05:14.80	40.84	31.17	80	4.9
87	27.05.1957	06:20:37.40	41.14	31.19	80	4.5
88	26.05.1957	09:16:40.70	41.42	31.09	10	5.2
89	07.09.1953	03:59:04.10	41.09	33.01	40	6
90	13.08.1951	18:33:33.60	40.88	32.87	10	6.9
91	12.03.1951	08:56:32.00	42	31.8	30	4.9
92	13.05.1949	20:14:07.00	40.94	32.71	20	5.3
93	19.12.1947	17:31:17.80	40.71	32.82	10	5.2
94	08.03.1945	10:07:10.90	41.85	32.44	10	5.3
95	05.04.1944	04:40:43.10	40.84	31.12	10	5.6
96	10.02.1944	12:05:26.60	41	32.3	10	5.5
97	02.02.1944	03:33:17.10	40.74	31.44	40	5.3
98	01.02.1944	21:24:00.00	41.4	32.7	10	5.5
99	01.02.1944	06:08:52.30	40.7	31.27	10	5.3
100	01.02.1944	03:22:39.90	41.41	32.69	10	7.2
101	01.02.1940	05:12:56.00	41	33	30	5.2
102	15.05.1933	03:23:05.50	41.26	31.09	60	4.9
103	05.02.1933	05:30:00.00	41.5	31.5	10	4.6
104	27.04.1929	22:18:06.30	40.51	31.43	70	4.9
105	08.04.1929	01:12:14.00	41.2	32.2	30	4.8
106	05.04.1929	23:18:15.00	41.5	31.5	33	4.9
107	05.04.1929	08:26:55.30	41.61	31.23	10	4.8
108	22.10.1905	03:42:00.00	41	31	27	5.4

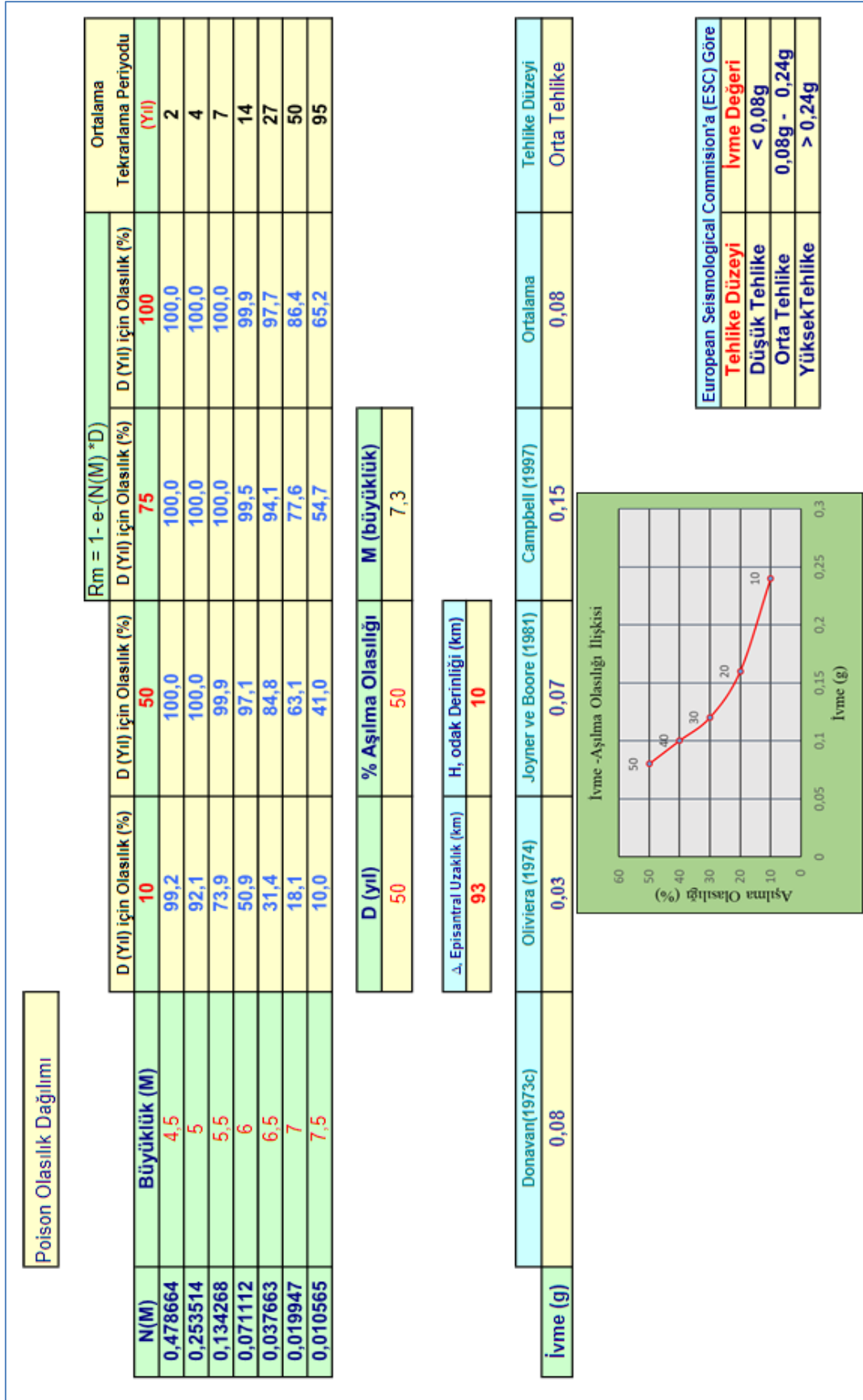
xM: Verilen magnitüd

“Zemin Jeofizik Analizi” yazılımından elde edilen sayısal sonuçlar Özçep (2006)’ya göre yorumlandığında; inceleme alanı için elde edilen 50 yıl ve % 50 aşılma oranı için deprem büyüklüğü 7.2 olarak hesaplanmıştır. inceleme alanı 100 km yarıçaplı dairesel alan içerisinde M=7.2 lik maksimum deprem büyüklüğü dikkate alındığında, PGA (en büyük yer ivmesi) değerinin belirlenmesinde Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde oluşmuş olan 1999 düzce depremine ait kayıt değerleri kullanılmıştır. Çeşitli aşılma oranları için Joyner ve Boore (1981)

azalım ilişkisi modeline göre sahada bazında 50 yıl içinde aşılma olasılığı %50 olacak şekilde oluşabilecek ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0.080g (0.78 m/s²) olarak belirlenmiştir (Şekil 3.11, Şekil 3.12).



Şekil 3.11 İnceleme sahası için elde edilen büyüklük-oluşum sayısı ilişkisi



Şekil 3.12 İnceleme sahası için 50 yılda, %50 aşılma olasılığına bağlı hesaplanan ivme-aşılma olasılığı değerleri ve grafiği

Jeofizik Çalışmaları kapsamında hidroelektrik barak alanı ve çevresinde gerçekleştirilen Zonguldak İli Devrek İlçesi Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santral ve Regülatör alanına ait İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Çalışmalarına ait ilgili raporun sayısal verilerinden de yararlanılmıştır. Elde edilen sayısal verilerden yorumlamalar yapılmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilmiş olan çalışmalar özetle aşağıdaki gibidir.

- Sismik Kırılma Yöntemi,
- MASW Yöntemi
- V_p (Boyuna) ve V_s (Enine) dalga hızlarının belirlenmesi,
- Suyu Doygunluk Oranı
- Yoğunluk
- Poisson Oranı (ν : Boyutsuz)
- Dinamik Elastisite Modülü (E)

Sismik Kırılma Yöntemi ve Verilerin Değerlendirilmesi; Sismik hızlar bir zeminin (kayacın) yoğunluğuna ve elastisite parametrelerine bağlıdır. Elastik parametreler ise kayaç litolojisine göre değişir. Kayaçlarda mineral türleri, tane büyüklüğü, dağılım şekli, gözeneklilik, taneler arası su miktarı vb. Saha bazında gerçekleştirilen sismik kırılma yönteminden toplam sismik veriler üzerinde kırılma ve MASW analizleri birlikte değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında Sismik 1- ve Sismik-2 profillerinden elde edilmiş olan verilere göre; inceleme alanındaki sismik kırılma yöntemiyle elde edilen sismik hız ve tabaka kalınlıkları Çizelge 3.3 de verilmiştir.

Çizelge 3.3 İnceleme alanından alınan sismik hız ve tabaka kalınlıkları (HES-2 2012).

Profil No	Tabaka	V_p	V_s	h
Sismik-1		(m/s)	(m/s)	(m)
	1 (Alüvyon)	358	171	4.00
	2 (Killi birim)	1850	247	-
Sismik-2	1 (Alüvyon)	355	173	3.75
	2 (Killi birim)	1750	248	-

MASW yöntemi S dalgasıyla doğrudan ilişkilidir. Bu yöntem çok kanallı yüzey dalgası analizi olarak bilinmektedir. İngilizce olarak açılımı ise "Multichannel Analysis Surface Waves" dir. Bu yöntemle beraber yerle ilgili bazı parametreler elde edilir. Bunlardan bazıları; makaslama

modülü, poisson oranı, elastisite modülü, sismik büyütme ve bir çok parametre elde edilir. Esas amaç; yeraltı ortamının S dalgası hızlarının belirlenmesidir. Daha çok şehir içinde yapılan jeofizik çalışmalarda sismik kırılma yönteminin yanında yaygın olarak kullanılmaktadır. S dalgası analizinde şehir gürültüleri oldukça minimum düzeye inmektedir. MASW ile veri elde etmek bu yüzden oldukça kolaydır (URL 6). Bu çalışma sığ yeraltı yapılarının incelenmesinde Rayleigh tipi yüzey dalgalarının dispersif özelliğinden yararlanır. Yüzey dalgaları diğer tüm sismik dalga türleri arasında en güçlü enerjiye ve en yüksek sinyal/gürültü oranına sahiptir. Bu çalışmada “Sara Doremi” marka 12 kanallı bir simograf, 12 adet 4.5 Hz P Jeofonu ve enerji kaynağı olarak 8 kg’lık balyoz kullanılarak, 2 profilde ölçü alınmıştır (HES1 2012). Ölçülen MASW değerlerine göre Vs hızları ve elde edilen Vs hız verilerine göre zeminin değerlendirmesi Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Vs hızları ve Vs hızlarına bağlı zeminlerde kıvam durumu (HES 1 2012)

Derinlik (m)	Vs (m/s)	Vs Dalga Hızı (m/s)	Zemin Durumu
0-5	159-196	<300	Gevşek
5-15	199-268	300-600	Orta Sıkı
15-25	258-321	600-800	Sıkı
25-30	285-327	>800	Çok Sıkı

Çizelge3.4’den görüleceği üzere; saha bazında 0-5 m ve 5-15 m arası (<300 m/s); gevşek, 15-25 m arası; (<300, 300-600 m/s) gevşek-orta sıkı, 25-30 m arası (<300, 300-600 m/s) gevşek-orta sıkı zemin özelliğinde olduğu görülmektedir.

Sisimik hız oranı (V_p/V_s); zeminin sıklığını ve suya doygunluğunu göstermektedir. Bu oranın artması ortamın suya doygun olduğunu göstermektedir. Sismik hız oranlarına göre 1. Tabaka 2.07, 2. Tabaka için ise 7.1-7.5 arasında V_p/V_s oranları bulunmuştur. Hız oranlarına göre Salem (2000) sınıflamasında; 1. tabaka doygun değil, kısmen doygun, 2. tabaka tam doygun zeminlerden oluşmaktadır (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5 Vp/Vs verilerine göre zeminlerin doygunluk dereceleri (HES 1 2012)

Vp/Vs (Saha ölçümü)		Vp/Vs (Oransal sınıf aralığı)	Suya Doymunluk Dereceleri
1. Tabaka	2. Tabaka		
Vp=355-358m/s	Vp=1750-1850m/s	1.28-2.11	Doygun değil
Vs= 171-173 m/s	Vs= 247-248 m/s	1.97-2.65	Kısmen doymun
Vp/Vs= 2.07-2.07	Vp/Vs= 7.1-7.5	2.30-3.20	Tam doymun

Jeofiziksel olarak yoğunluk; boyuna dalga hızına göre amprik olarak Telford (1976) tarafından önerilen eşitlik 3.1'deki değerlere bağlı hesaplanabilmektedir.

$$d=0.31*(V_p)^{0.25} \quad (3.1)$$

$$d= \text{Yoğunluk (g/cm}^3\text{-t/m}^3\text{)}$$

V_p: Boyuna dalga hızı (m/s)

İnceleme alanında 1. Tabakada (alüvyon) yoğunluğu d₁ =1.35 g/cm³, 2. Tabakanın (killi birim) yoğunluğu d₂=2.01-2.03 g/cm³ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Keçeli (1990) zemin birimlerinin yoğunluk sınıflamasına göre; birinci tabaka düşük yoğunlukta, 2. tabaka ise; yüksek yoğunlukta zeminden oluşmaktadır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6 Saha zemin yoğunluk değerlerinin Vp hız değerlerine bağlı yoğunluk sınıflaması (HES 1 2012).

Saha Zemin Yoğunluk Değerleri d=0.31*V _p ^{0.25} (g/cm ³ -t/m ³)	Yoğunluk (kN/m ³)	Tanımlama
1. Tabaka (Alüvyon) : d ₁ = 1.35 2. Tabaka (Killi birim): d ₂ = 2.01-2.03	12	Çok düşük
	12-19	Düşük
	14-19	Orta
	19-22	Yüksek
	>22	Çok Yüksek

Sahaya ait litolojik birimlerin Vp ve Vs hız değerleri kullanılarak hesaplanan Poisson oranı değeri Keçeli (1990)'a göre eşitlik 3.2'deki değerler kullanılarak belirlenmiştir.

Poisson oranı; σ

$$\vartheta = \frac{\left(\frac{Vp^2}{Vs^2}\right)^{-2}}{2\left(\frac{Vp^2}{Vs^2}\right)^{-1}-1} \quad (3.2)$$

İnceleme alanından elde edilen veriler Keçeli (1990) sınıflamasına göre değerlendirildiğinde;

1. Tabaka (alüvyon) Poisson oranı ortalama $\vartheta_1=0.49$ değerinde olup, gözenekli ortamı,
2. Tabaka (killi birim) Poisson oranı ortalama ise $\vartheta_2= 0.35$ olup, orta derecede gözenekli ortamı göstermektedir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 Poisson Oranı Gözeneklilik değerlendirmesi (HES 1 2012)

Saha Zemin Poisson Oranı Değerleri (ϑ)	Poisson Oranı (ϑ)	Değerlendirme
1. Tabaka (alüvyon) : $\vartheta_1 = 0.49$ 2. Tabaka (killi birim) : $\vartheta_2 = 0.35$	0.0-0.25	Gözeneksiz
	0.25-0.35	Orta derecede Gözenekli
	0.36-0.50	Gözenekli

Dinamik Elastisite Modülü (E :kg/cm²); Zeminin dayanıklılığını, çimentolanma oranını gösterir. Jeofiziksel olarak bir profil boyunca alınan hız verilerinin oranı olarak eşitlik 3.3'deki değerler kullanılarak hesaplanmaktadır (Keçeli 1990, Uyanık 2015).

$$E = \frac{\partial \cdot Vs^2}{100} * 3 \left(\frac{\left(\frac{Vp^2}{Vs^2}\right)^{-4}}{\left(\frac{Vp^2}{Vs^2}\right)^{-1}} \right) \quad (3.3)$$

Alanda 1. Tabaka elastisite modülü $E_1=1066-1083$ kg/cm², 2. Tabakada ise $E_2=3674-3699$ kg/cm² arası değerlerdedir. Elastisite modülü değerleri (Keçeli 1990)'a göre; 1. tabakanın gevşek, 2. tabakanın ise orta-sağlam zemin sınıfında olduğunu göstermektedir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 Saha zemin elastisite modülü değerlerinin Vp ve Vs hız değerlerine bağlı yoğunluk sınıflaması.

Saha Zemin Elastisite Modülü Değerleri (E : kg/cm ²)	Elastisite Modülü (kg/cm ²)	Tanımlama
1. Tabaka (alüvyon): 1066-1083 2. Tabaka (killi birim): 3674-3699	0-2000	Gevşek
	2000-10000	Orta sağlam
	10000-30000	Sağlam
	>30000	Çok sağlam



BÖLÜM 4

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÇALIŞMALARI

İnceleme alanında saha jeoloji çalışmaları yapılarak HES 2 baraj gövdesinin oturacağı alan belirlenmiş ve daha sonra yapılacak sondajlı çalışmalar için ön bilgiler elde edilmiştir. Belirlenen yerlerde sondajlar ve yerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar deneyleri için örnekler alınmıştır. Mühendislik jeolojisi çalışmaları kapsamında; Yüzey araştırmaları (Sondaj çalışmaları; temel sondajları), Arazi Deneyleri (SPT testi, Basıncsız su testi/ Permeabilite, Lugeon, Presiyometre Testi) ve devamında Laboratuvar deneyleri (Elek analizi, tek eksenli ve üç eksenli basınç dayanımı, Atterberg limitleri, XRD, kil boyutu ve oranının belirlenmesi, Şişme potansiyeli) ile zemin indeks ve fiziksel Özelliklerini belirlemeye yönelik çalışmalar değerlendirilmiş ve gerçekleştirilmiştir. Ayrıca HES-2 hidroelektrik santrali bünyesinde oluşan gerilme ve yer değiştirmelerin hesaplanmasında sonlu elemanlar çözümleme yöntemi esas olan “Phase 2” (Rocscience 2007) bilgisayar yazılımı ile sayısal gerilme çözümleme ve modellenmesi yapılmıştır.

4.1 YÜZEY ARAŞTIRMALARI

Yüzey araştırmalarında 1:25000 ve 1:1000 ölçekli jeoloji haritalarının, jeolojik kesitlerin çıkarılması ve revizyonu yapılmıştır (Şekil 3.1, 3.2, Ek 1, 2, 3). Ayrıca saha jeolojik ve morfolojik, ortam özelliklerinin fotoğraflanması, lokal kesit alımları, petrografik inceleme ve tanımlamalar, deneysel incelemeler için yüzeysel akarsu sediman örnekleri ve sondaj örneği (killi birimden) örnek alımları gerçekleştirilmiştir. Pek çok gözlem noktasında yapılan değerlendirmelerle birimlerin jeolojik- jeoteknik özellikleri, akarsu yatağının konumu, morfolojik özellikleri gibi; HES-2 baraj alanı hakkında gözlem ve incelemeler yapılmıştır.

4.2 TEMEL ARAŞTIRMALARI

İnceleme alanında mühendislik yapılarının oturacağı yerlerde birimlerin yatay ve düşey yöndeki dağılımlarını tespit etmek, yerinde deneyler ve örnek almak amacı ile 6 adet, toplam 126 m temel sondajı yapılmıştır. Açılan sondaj kuyularında, ilerlemeye paralel olarak 22 adet Basıncsız Su Deneyi (Permeabilite), 8 adet Basıncılı Su Testi (Lugeon) ve 22 adet Presiyometre deneyi yapılmıştır. Sondajlar ve yerinde yapılan deneyler sonucunda birimlerin yatay - düşey dağılımı ve jeoteknik özellikleri belirlenmeye çalışılmış, laboratuvar deneyleri için örnekler alınmıştır.

4.2.1 Sondaj Çalışmaları

İnceleme alanında 6 adet toplam 126 m temel sondajı yapılmıştır. Sondajlara ait özet bilgiler aşağıda ve Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Ç2-RSK-1 (Regülatör Aksı Sağ Sahil): Sağ yamaçta, 56 m kotunda 24 metre derinliğinde düşey olarak açılmıştır. Kuyuda 0,00-17,50 metre arasında alüvyon, 17.50, 24.00 m arasında kil birimleri geçilmiştir. Alüvyon birimi çakıllı, bloklu, az siltli kumdan oluşmaktadır. Birim içerisindeki çakıllar kireçtaşı, kumtaşı, volkanik ve sedimanter kökenli. Alüvyon birimin yapılan deneylerde SPT değerleri SPT-N: 24-R aralığındadır. Kil birimi kahverengi sarımsı renkli, konsolide olmuş, yüksek plastisitelidir. Kil birimin SPT değerleri SPT-N:30-35 aralığındadır. Kuyuda yeraltı su seviyesi genelde 3.60 m olarak ölçülmüştür.

Ç2-RSK-2 (Regülatör Aksı Sol Sahil): Sol yamaçta, 55 m kotunda 28 metre derinliğinde düşey olarak açılmıştır. Kuyuda 0.00-21.00 m arasında alüvyon, 21.00-28.00 m arasında kil birimleri geçilmiştir. Alüvyon birimin SPT değerleri SPT-N: 20-R aralığındadır. Kil birimi kahverengi sarımsı renkli, konsolide olmuş, yüksek plastisitelidir. Kil birimin SPT değerleri SPT-N: 27-37 aralığındadır. Kuyuda yeraltı su seviyesi genelde 1.80 m olarak ölçülmüştür.

Ç2-SSK-1 (Santral Yeri): Sol sahilde 60 m kotunda, 22 m derinliğinde düşey olarak açılmıştır. Kuyuda 0.00-15.00 m arasında alüvyon, 15.00-22.00 m arasında kil birimleri geçilmiştir. Alüvyon birimi çakıllı, bloklu, az siltli kumdan oluşmaktadır. Birim içerisindeki çakıllar kireçtaşı, kumtaşı, volkanik ve sedimanter kökenlidir. Alüvyon birimin SPT değerleri SPT-N:17-R aralığındadır. Kil

birimi kahverengi sarımsı renkli, konsolide, yüksek plastisitelidir. Birimin SPT değerleri SPT-N:26-48 aralığındadır. Yeraltı su seviyesi genelde 2.55 m olarak ölçülmüştür.

Ç2-SSK-2 (Santral Yeri): Sol sahilde, 55 m kotunda, 17 m derinliğinde düşey olarak açılmıştır. Kuyuda 0.00-14.50 m arasında alüvyon, 14.50-17.00 m arasında kil birimleri geçilmiştir. Alüvyon birimin yapılan deneylerde SPT değerleri SPT-N:24-R aralığındadır. Kil birimi kahverengi sarımsı renkli, konsolide, yüksek plastisitelidir. Kil birimin SPT değerleri SPT-N:27-31 aralığındadır. Kuyuda yeraltı su seviyesi genelde 2.20 m olarak ölçülmüştür.

Ç2-SSK-3 (Santral Yeri): Sol sahilde, 60 m kotunda, 22 m derinliğinde düşey olarak açılmıştır. Kuyuda 0.00-16.00 m arasında alüvyon, 16.00-22.00 m arasında kil birimleri geçilmiştir. Alüvyon birimin SPT değerleri SPT-N:19-R aralığındadır. Kil birimi kahverengi sarımsı renkli, konsolide olmuş, yüksek plastisitelidir. Kil birimin SPT değerleri SPT-N:22-33 aralığındadır. Kuyuda yeraltı su seviyesi genelde 2.65 m olarak ölçülmüştür.

Ç2-YSK-1 (Yükleme Havuzu): Sol sahilde 58 m kotunda, 13 m derinliğinde düşey olarak açılmıştır. Kuyuda 0.00-13.00 m arasında alüvyon birimi geçilmiştir. Alüvyon birimi çakıllı, bloklu, az siltli kum özelliğinde, çakıllar kireçtaşı, kumtaşı, volkanik ve sedimanter kökenlidir. Alüvyon birimin SPT değerleri SPT-N: 28-R aralığındadır. Kuyuda yeraltı su seviyesi genelde 2.40 m olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.1 Çaydeğirmeni-2 HES Projesi Sondajlarına ait bilgiler

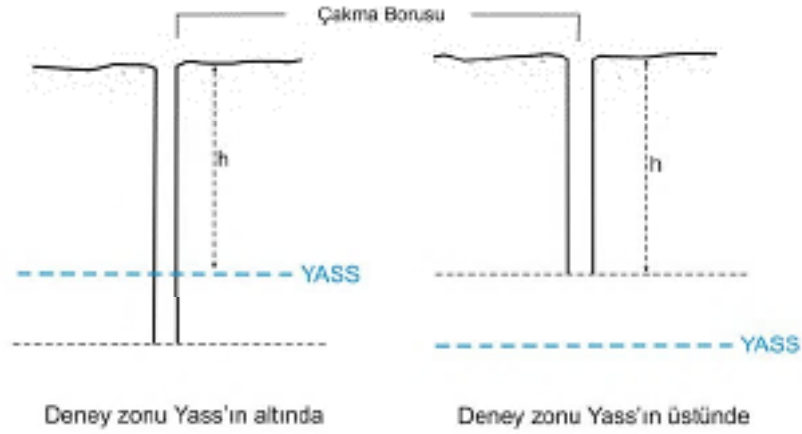
Sondaj No	Derinlik (m)	Litolojik Birim	Yeraltı Su Seviyesi (m)
Ç2-RSK-1	0.00-17.50	Alüvyon: Çakıllı, boklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, volkanik, sedimanter kökenli, yer yer köşeli, genel olarak yuvarlak.	3.60
	17.50-24.00	Kil: Kahverengi-sarımsı renkli, konsolide, yüksek plastisiteli kil.	
Ç2-RSK-2	0.00-21.00	Alüvyon: Çakıllı, boklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, volkanik, sedimanter kökenli, yer yer köşeli, genel olarak yuvarlak.	1.80
	21.00-28.00	Kil: Kahverengi-sarımsı renkli, konsolide, yüksek plastisiteli kil.	
Ç2-SSK-1	0.00-15.00	Alüvyon: Çakıllı, boklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, volkanik, sedimanter kökenli, yer yer köşeli, genel olarak yuvarlak.	2.55
	15.00-22.00	Kil: Kahverengi-sarımsı renkli, konsolide, yüksek plastisiteli kil.	
Ç2-SSK-2	0.00-14.50	Alüvyon: Çakıllı, boklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, volkanik, sedimanter kökenli, yer yer köşeli, genel olarak yuvarlak.	2.20
	14.50-17.00	Kil: Kahverengi-sarımsı renkli, konsolide, yüksek plastisiteli kil.	
Ç2-SSK-3	0.00-16.00	Alüvyon: Çakıllı, boklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, volkanik, sedimanter kökenli, yer yer köşeli, genel olarak yuvarlak.	2.65
	16.00-22.00	Kil: Kahverengi-sarımsı renkli, konsolide, yüksek plastisiteli kil.	
Ç2-YSK-1	0.00-13.00	Alüvyon: Çakıllı, boklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, volkanik, sedimanter kökenli, yer yer köşeli, genel olarak yuvarlak.	2.40

4.3 ARAZİ DENEYLERİ

Çaydeğirmeni HES projesi kapsamında açılan sondajlarda basınçsız su testleri (permeabilite) ve presiometre deneyleri yapılmıştır. Gerekleştirilen deneylere ait veriler ve değerlendirmeler aşağıda verilmiştir.

4.3.1 Basınçsız Su Testi (Permeabilite Testi)

Bu yöntem, zemine sondaj makinesi veya boru çakma yöntemi ile kuyu açma işlemiyle yürütülmektedir. Su derinlikleri beşer dakika ara ile ölçülerek seviye değişimleri olup olmadığı kontrol edildikten sonra, boru 2 m daha çakılarak deney tekrar edilmekte ve tüm zemin içinde boydan boya geçirimsizlik deneyi uygulanmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Basıncsız su testi deneyinde kuyu zonu-yeraltı su seviyesi ilişkisi (Şekercioğlu 2007).

Sabit su seviyesini oluşturabilmek için, çakma borusunun içi, belirli bir seviyeye kadar (tercihen boru ağzı) su ile doldurulduktan sonra, kuyuya verilen suyun miktarı ve ne kadar zamanda verildiği forma işlenerek, sabit su seviyesi oluşturulduktan sonra, bu seviyeyi sabit tutmak için, 10 dakikada verilen su miktarı ölçülmekte ancak, kuyuya su verildiği halde sabit seviye oluşturulamaz ise, yüksek kapasiteli pompa ile 10 dakika süre ile kuyuya verilen su miktarı ölçülüp, kaydedilmekte ve bu şekilde sabit seviye oluşturularak deney uygulanmaktadır. Bu işlemlerden sonra, çakma borusu amaca uygun olarak 1.50–3.00 m daha çakıldıktan sonra, çakma borusunun içi tabana kadar temizlenerek deney tamamlanmaktadır. Deney sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesi deney yapılan seviyenin yeraltısuyu tablasının üzerinde veya altında olmasına göre ayrı ayrı yapılmaktadır.

Yeraltısuyu tablası altında deney yapılması halinde eşitlik 4.1 ve 4.2 de verilen değerler kullanılarak iki farklı yaklaşımla Permeabilite değeri hesaplanabilmektedir (Şekercioğlu 2007, Akyüz 2010).

$$K = 1.67 \times 10^{-3} \frac{Q}{\left(Cs + 4 \frac{r_1}{r_e}\right) r_e \times H} \text{ eşitliği kullanılmaktadır.} \quad (4.1)$$

K = Permeabilite (cm/sn)- (m/sn)

Q = Kuyuya verilen suyun debisi (cm³/sn)-(Lt)

r_e = Efektif kuyu yarıçapı (cm)-(m)

r_1 = Borunun dış yarı çapı (cm)-(m)

Cs = Abaktan elde edilen iletkenlik katsayısı, (Ek 7)

H = Kuyu tabanı ile yeraltı su tablası arasındaki mesafe/kuyudaki suyun yüksekliği (cm)-(m)

$$K = \frac{Q}{5.5rxhxt} \quad (4.2)$$

K = Permeabilite (cm/sn)- (m/sn)

Q = 10 dk da kuyuya verilen suyun debisi (cm³/sn)-(lt)

t= Zaman (sn)

r= Çakma borunun dışı yarı çapı (cm)-(m)

h= Boru Uzunluğu- (m)

Gerçekleştirilen basınçsız su testlerinin detay veri ve sonuçları sondaj loglarında (Ek 8) verilmiştir. Ayrıca basınçsız su testlerinin uygulandığı her bir sondaj kuyusu için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmış olup, sonuçlar US Bureau Of Reclamation (1977)'nin geçirimsizlik katsayısı sınıflaması göz önünde bulundurularak, özellikleri Çizelge 4.2' de sunulmuştur.

Ç2-RSK-1 (Regülatör Alanı Sağ Sahil): Alüvyon birimde yapılan permeabilite deneylerine göre alüvyon birimde geçirimsizlik 2.9×10^{-1} cm/sn – 4.1×10^{-1} cm/sn arasında değişmekte olup “çok geçirimsiz” bir özellik göstermektedir.

Ç2-RSK-2 (Regülatör Alanı Sol Sahil): Alüvyon birimde yapılan permeabilite deneylerine göre alüvyon birimde geçirimsizlik 2.2×10^{-1} cm/sn – 3.8×10^{-1} cm/sn arasında değişmekte olup “çok geçirimsiz” bir özellik göstermektedir.

Ç2-SSK-1 (Santral Yeri): Alüvyon birimde yapılan permeabilite deneylerine göre alüvyon birimde geçirimsizlik 2.6×10^{-1} cm/sn – 4.6×10^{-1} cm/sn arasında değişmekte olup “çok geçirimsiz” bir özellik göstermektedir.

Ç2-SSK-2 (Santral Yeri): Alüvyon birimde yapılan permeabilite deneylerine göre alüvyon birimde geçirimsizlik 1.9×10^{-1} cm/sn – 3.9×10^{-1} cm/sn arasında değişmekte olup alüvyon birim “çok geçirimsiz” bir özellik göstermektedir.

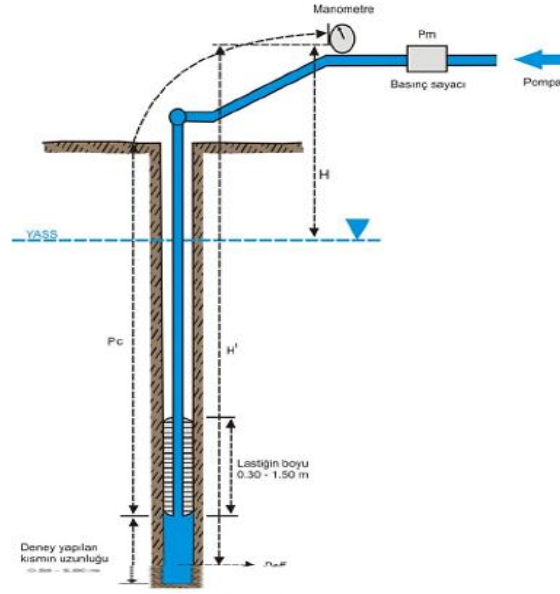
Çizelge 4.2 Permeabilite deneyi sonuçları ve kaya sınıfı

Sondaj no	Litolojik Birim	Permeabilite K (cm/s)	Kaya Sınıfı
Ç2-RSK-1	Alüvyon(Qal)	$2.9 \times 10^{-1} - 4.1 \times 10^{-1}$	Çok geçirimli
Ç2-RSK-2	Alüvyon(Qal)	$2.2 \times 10^{-1} - 3.8 \times 10^{-1}$	Çok geçirimli
Ç1-SSK-1	Alüvyon(Qal)	$2.6 \times 10^{-1} - 4.6 \times 10^{-1}$	Çok geçirimli
Ç1-SSK-2	Alüvyon(Qal)	$1.9 \times 10^{-1} - 3.9 \times 10^{-1}$	Çok geçirimli

4.3.2 Basıncılı Su Testi (BST)

Kayaçların geçirimliliğinin saptanması amacıyla, basınç altında kuyuya su enjeksiyonu yapma yöntemidir. Genellikle kayaçlarda açılan araştırma sondajlarında yapılmaktadır (Şekil 7.1). Deneyi ilk defa uygulayan Maurice Lugeon, geçirimlilik birimini, 10 atm gerçek basınç altında 1 dakikada, 1 m uzunluğundaki deney zonunda litre olarak basılan suyun miktarı olarak belirlemiştir. Deneye başlamadan önce deney zonu, basınçsız su verilerek doldurulmakta ve suyun verilmeye başlamasından basıncın yükselmeye başladığı ana kadar giden su miktarı kaydedilmektedir.

Deney sırasında uygulanan basınçlar kayacın özelliklerine göre değişmekte olup, bu konuda belirlenmiş bir standart olmamakla beraber 2,4,6,8,10 atm'lik basınç kademeleri yaygın olarak uygulanmaktadır. Deney sırasında her basınç kademesinde 10 dakika beklenerek, su kaçakları beşer dakikalık aralarla kaydedilmektedir. Deneyde uygulanacak kademe boyunun uzunlukları, kayacın fiziksel ve yapısal özelliklerine göre değişmektedir. Geçirimsiz ve üniform özellikli bir kayaçta, 5-10 m'lik kademeler uygulanabileceği gibi, çok geçirimli ve değişken özellikteki kayaçlarda, kademe boyu 1 metreye kadar düşürülebilmektedir. Çok geçirimli ve su kaçaklarının değişim gösterdiği zonlarda ise, geri dönüşlü basınçların uygulanması gerekmektedir (Şekercioglu 2007).



Şekil 4.2 Lugeon deneyinin yapılış şeması (Şekercioglu 2007)

BST testleri inceleme alanının yaklaşık 1 km güneyinde aynı formasyona ait birimlerde yapılmakta olan Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santrali projesi inceleme alanında gerçekleştirilen sondajlarda kesilen kayaçların (kıltaşı ve sittaşı) geçirimliliğini belirlemek için, geri dönüşlü olarak 10 dakika boyunca her basınç kademesindeki (2, 4, 6, 8, 10, 8, 6, 4, 2) su kaçakları tespit edilmiştir. Deneyin yapıldığı sondaj kademelerindeki manometre basıncı (Pm), Emilen suyun miktarı (Lt), statik yük (Ps) değerlerinden Tij ve Manşonlarda (Tij boyutu 50X3000 mm, tij uzunluğu toplam 80 m) yük kaybı abağı yardımıyla yük kaybı değerleri bulunmuş (Pc), Efektif basınç (Peff) ve Emilme katsayıları (Lu) hesaplanarak, elde edilen sonuçlar her deney zonu için grafik yardımıyla çizilen eğriden 10 atm basınca karşılık gelen emilme katsayısı Lugeon birimi olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3). Ayrıca eşitlik 4.3’de verilen eşitlik kullanılarak, inceleme alanında bulunan kayaçların geçirimliliği numerik olarak da belirlenebilmektedir (Şekercioglu 2007).

10 atmosfer basınca kadar çıkılması halinde;

$$Lu = \frac{q \times 10}{t \times L} \quad (4.3)$$

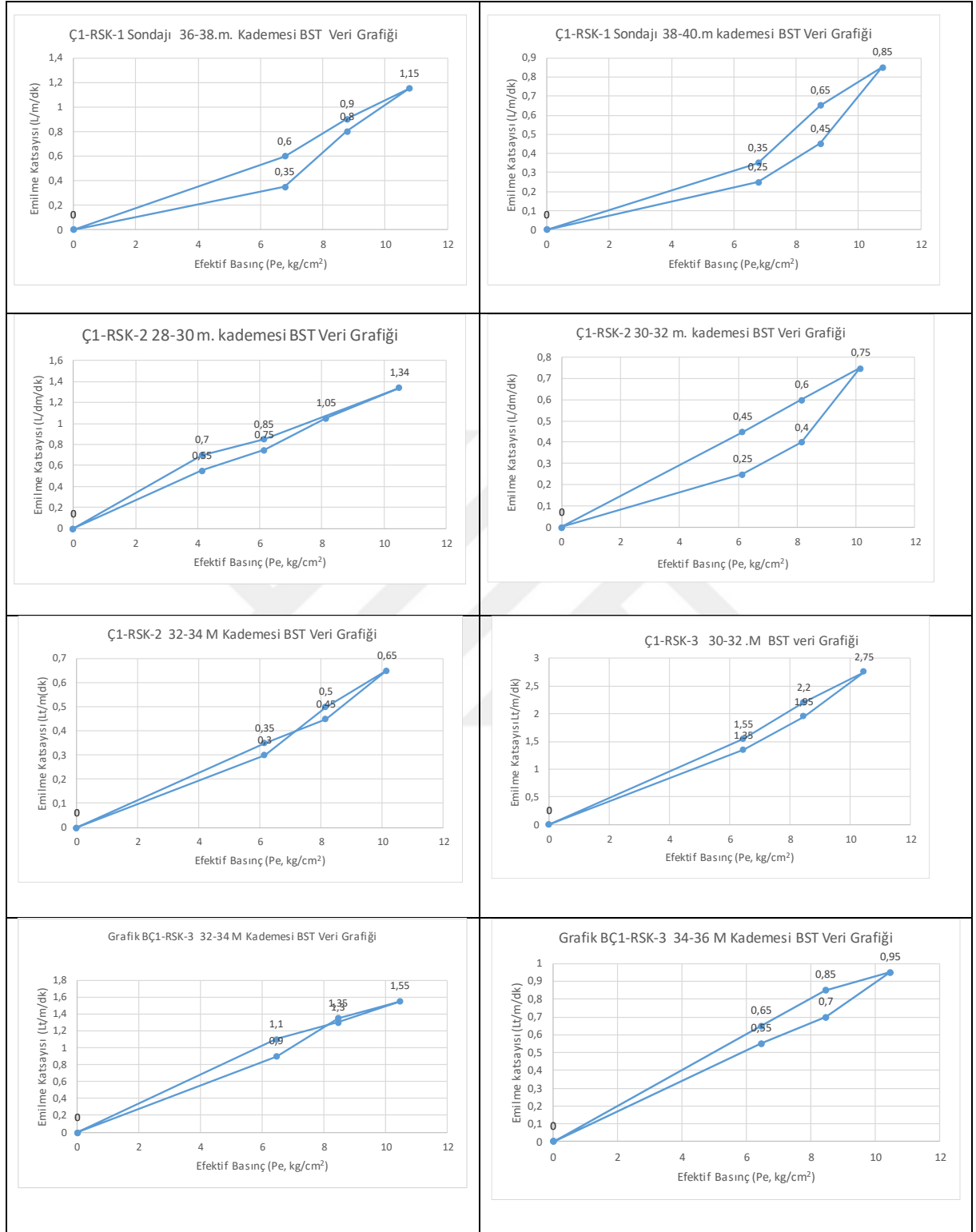
Lu = 10 atm basınca uyarlı lugeon değeri

q = Deney süresince kademedeki toplam kayıp (lt)

t = Deney süresi (dk)

L = Deney Zonu Uzunluğu

Şekil 4.3 Efektif Basınç-Emilme Katsayısı Grafikleri üzerinden Lugeon değerin belirlenmesi.



Gerçekleştirilen basınçlı su testlerine (BST) ait veriler sondaj loglarında detaylarıyla verilmiştir (Ek 9). Basınçlı su testlerinin (BST) uygulandığı her sondaj için kısa değerlendirmeler yapılmış olup, özet sonuçlar Çizelge 4.3’de sunulmuştur.

Ç1-RSK-1 (Regülatör Aksı Sol Sahil): Yapılan basınçlı su testlerine göre, kuyuda geçirimsizlik 0.77-1.05 Lugeon arasında değişmektedir. Genelde geçirimsiz bir özellik göstermektedir.

Ç1-RSK-2 (Dolusavak): Yapılan basınçlı su testlerine göre, kuyuda geçirimsizlik 0.64-1.24 Lugeon arasında değişmektedir. Genelde geçirimsiz-az geçirimli bir özellik göstermektedir.

Ç1-RSK-3 (Regülatör Aksı Sol Sahil): Yapılan basınçlı su testlerine göre, kuyuda geçirimsizlik Silttaşı biriminin lugeon değeri 1-62-2.62 civarında olup az geçirimlidir. Kiltası birimi ise 0.5-0.93 Lugeon arasında değişmekte olup geçirimsiz olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3 BST test aralığı ve sonuçları (HES 2 Rapor 2012)

Sondaj no	Litolojik Birim	Test Zonu Aralığı (m)	Lugeon (Lu)
Ç1-RSK-1	Kiltası (Teç)	34.50-40.00	0.77-1.05
Ç1-RSK-2	Kiltası (Teç)	28.00-35.00	0.64-1.24
Ç1-RSK-3	Silttaşı (Teç)	30.00-33.00	1.62-2.62
	Kiltası (Teç)	33.00-40.00	0.50-0.93

4.3.3 SPT (Standart Penetrasyon Deneyi)

Standart penetrasyon testi (SPT) örselenmemiş örnek alımının zor olduğu kum zeminler için geliştirilmiş bir arazi deney yöntemi olup siltli ve killi zeminlerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. İnceleme alanında bulunan zeminin mühendislik özelliklerinin yerinde belirlenmesi amacıyla Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmıştır. 76 cm yükseklikten düşürülen 63.5 kg ağırlığındaki şahmerdanın 30 cm'lik ilerleme için gereken darbe adedinin belirlenmesi olarak özetlenebilen Standart Penetrasyon Deneyi'nin (SPT), dış çapı 50 mm, iç çapı 35 mm ve uzunluğu 650 mm olan standart tip boyuna yarık numune alıcının şahmerdanın serbest düşmesi ile zemine 15 cm lik kademeler halinde toplamda 45 cm çakılması için gerekli darbe adeti tespit edilir. İlk 15 m lik kısım oturma kapasitesi olarak, son iki kademedeki darbe sayısı toplamı ise SPT-N olarak tanımlanır. Sondajlar sırasında zemin tabakalarının profil, sıklık, kıvam durumu ve fiziksel özelliklerini belirlemek için sondajlarda her 1.5 metrede bir SPT için ölçüm alınmıştır (Ek10). Terzaghi ve Peck (1948)'in SPT sınıflandırmasına göre çalışma alanında yayılım sunan kırıntılı malzeme, darbe sayısı ortalama değerlerine göre “çok

katı” olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca SPT (N) değerine; göre SPT(N) = 30-50 aralığında olduğundan; içsel sürtünme açısı değeri (Θ): 36-41° arasında olabileceği ön görülmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 SPT-N’e göre daneli zeminlerde kıvam ile q_u (taşıma gücü) ve içsel sürtünme açısı (Θ) değerleri arasındaki ilişkiler.

SPT (N)	Kıvam	qu (MPa)	SPT (N)	İçsel Sürtünme Açısı (Θ)	
	Terazghi ve Peck (1948)			Peck (1974)	Meyerhof (1956)
<2	Çok Yumuşak	<2.5			
2-4	Yumuşak	2.5-5	< 4	<29	<30
4-8	Orta	5-10	4 - 10	29-30	30-35
8-15	Katı	10-20	10 -30	30-36	35-40
15-30	Çok Katı	20-40	30-50	36-41	40-45
>30	Sert	>40	>50	>41	>45

SPT ile elde edilen arazi darbe sayıları çeşitli parametrelerden etkilenmektedir. Bu parametrelerin büyük bir kısmı deney sırasında kullanılan ekipmanla ilgilidir. SPT incelemelerinde arazi darbe sayıları için düzeltme faktörlerinin belirlenmesi gereklidir. Ayrıca Deney sırasında sıklıkla kullanılan 3 esas şahmerdan tipi olup (Çivili, Güvenli, Donut tip), Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santral sahası SPT deneylerinde “donut tipi” şahmerdan kullanılmıştır.

Tij uzunluğu düzeltme faktörü (CR) Tij uzunluğundaki azalmaya bağlı olarak SPT arazi darbe sayılarının azaldığı bilinmektedir. Numune alıcıya aktarılan enerjinin tij uzunluğuna bağlı olarak düzeltilmesi gerekmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından önerilen düzeltme katsayıları Çizelge 4.5’de görülmektedir.

Çizelge 4.5 Farklı araştırmacılar tarafından önerilen Tij uzunluğu düzeltme katsayıları (Sivrikaya ve Toğrol 2002).

Tij uzunluğu (m)	C_R		
	Skempton [1986]	Seed vd. [1985]	Youd ve Idriss [1997]*
< 3	-	0.75	-
3 – 4	0.75	1.0	0.75
4 – 6	0.85	1.0	0.85
6 – 9	0.95	1.0	0.95
> 9	1.0	1.0	-
9 – 30	-	-	1.0
> 30	-	-	< 1.0

HES-2 sahasında gerçekleştirilen SPT incelemeleri sırasında BW serisi 1.5-3 m aralığında tijler kullanılmıştır. Bu verilere göre tij uzunluğu düzeltme faktörü; $C_R:0.75$ olarak alınmıştır.

Diğer bir düzeltme faktörü; sondaj çapı düzeltme faktörüdür (C_B). Sondaj çapının 115 mm'den küçük olduğundan SPT arazi deneyi değerlerinde düzeltme yapılması gerekmemektedir (Skempton 1986, Sivrikaya ve Toğrol 2002'den, Çobanoğlu ve Çelik 2008).

Vuruş sayısı sıklığı düzeltme faktörü (C_{BF}); kumlarda oluşabilecek boşluk suyu basıncının etkilerini gidermek için uygulanmakta olup, sadece yeraltı su seviyesi altındaki koşullar için, tokmak vuruş sıklığı 30-40 vuruş için bu düzeltme değeri 1 olarak alınır (Decourt 1990, Çobanoğlu ve Çelik 2008). İnceleme sahasına ait SPT deneyi vuruş değerleri 30-40 aralığında dağılım gösterdiğinden vuruş sayısı sıklığı düzeltme faktörü (C_{BF}): 1 olarak alınmıştır.

Örtü yükü düzeltme faktörü (C_N); Özellikle her uygulamada muhakkak yapılması gereken faktörlerdendir. SPT darbe sayılarının derinlik değerlerinden bağımsız olarak ortaya konulabilmesi için. Ölçülen SPT-N arazi değerleri 100 kPa'lık standart bir basınca göre düzeltilmektedir. İnceleme sahası için elde edilen değerlerin hesaplanmasında kullanılan JEOTEK yazılımında Bowles (1988)' e göre düzeltme faktörü hesaplanmış olup, Çizelge 4.6'da çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen eşitlikler sunulmuştur.

Çizelge 4.6 Farklı araştırmacılar tarafından öneilen örtü yükü (C_N) düzeltme faktörleri (Sivrikaya ve Toğrol 2002).

Kaynak	Düzeltilme Faktörü (C_N)	
Teng [1962]*	$C_N = 50 / (10 + 0.15\sigma_v')$	(2)
	$C_N = 4 / (1 + 0.04\sigma_v')$ $\sigma_v' < 72$	(3)
Bazaraa [1967]*	$C_N = 4 / (3.25 + 0.01\sigma_v')$ $\sigma_v' > 72$	(4)
Peck vd. [1974]*	$C_N = 0.77 \cdot \log_{10} 2000 / \sigma_v'$	(5)
Seed [1976]*	$C_N = 1 - 1.25 \cdot \log_{10} 0.01\sigma_v'$	(6)
Tokimatsu ve Yoshimi [1983]	$C_N = 1.7 / (0.7 + 0.01\sigma_v')$	(7)
Liao ve Whitman [1986]	$C_N = (1 / 0.01\sigma_v')^{0.5}$	(8)
	$C_N = 2 / (1 + 0.01\sigma_v')$ orta sıkı ince kumlar	(9)
Skempton [1986]	$C_N = 3 / (2 + 0.01\sigma_v')$ sıkı kaba kumlar	(10)
	$C_N = 1.7 / (0.7 + 0.01\sigma_v')$ sıkı ince kumlar	(11)
Bowles [1988]	$C_N = (95.76 / \sigma_v')^{0.5}$	(12)

Teorik olarak yaklaşık 63.5'kg lık bit kütlenin ortalama 76 cm yükseklikten düşürülmesi sırasında 475 joule'luk enerji oluşmaktadır. Kayıplardan dolayı tijlere aktarılan enerji daha düşük seviyede olacaktır. Enerji düzeltme faktörü (C_E); Şahmerdan enerji oranının (E_r), 60 sayısına bölünmesi ile hesaplanmakta olup çeşitli araştırmacılara göre önerilen enerji oranı ve düzeltme faktörleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. İnceleme sahasında gerçekleştirilen SPT deneylerinde “donut türü” şahmerdan kullanıldığından enerji düzeltme oranı %45 ve düzeltme faktörü (C_E); 0.75 olarak alınmıştır.

$$C_E = E_r / 60 \quad (4.4)$$

C_E : Şahmerdan düzeltme faktörü

E_r : Şahmerdan enerji oranı

Çizelge 4.7 Şahmerdan enerji oranı ve enerji düzeltme faktörleri (Sivrikaya ve Toğrol 2002).

Kaynak	Tokmak Tipi	E_r (%)	C_E
Seed vd. [1984]*	Otomatik	78	1.30
	Güvenli	60	1.00
	Halka (Donut)	45	0.75
Seed vd. [1985]	Halka (Donut)	45	0.75
	Güvenli	60	1.00
	Trip	100	1.67
Youd ve Idriss [1997]*	Halka (Donut)	30–60	1.50-1.00
	Güvenli	42–72	0.70-1.20
	Otomatik-trip halka	48-78	0.80-1.00

Zemin araştırmalarında SPT-N değerleri zeminin hem fiziksel ve hem de mekaniksel olarak tanımlanması ve yüzeysel temellerin taşıma güçlerinin belirlenmesi aşamasında ortaya çıkmaktadır. Yukarıda açıklanan düzeltmeler ile SPT-N değerlerinin eşitlikler 4.4 ve 4.6’da belirtilen ifadelerle gerçek değerlerine dönüştürme işlemlerinin yapılması gerekmektedir;

$$N_{60} = N * C_E * C_B * C_R * C_S * C_{BF} \quad (4.5)$$

$$N'_{60} = N * C_N * C_E * C_B * C_R * C_S * C_{BF} = N_{60} * C_N \quad (4.6)$$

Burada;

N_{60} = Teorik serbest düşme, tokmak enerjisinin % 60’ına göre düzeltilmiş vuruş sayısı, N'_{60} = Teorik serbest düşme, tokmak enerjisinin % 60 ve efektif düşey gerilme 100 kPa değerine göre düzeltilmiş vuruş sayısıdır. SPT darbe sayılarına bağlı taşıma gücü analizlerinde literatürde yaygın olarak karşılaşılan eşitlikler Çizelge 4.8’de görölmektedir.

Çizelge 4.8 SPT darbe sayılarına bağlı olarak zemin taşıma gücü değerlerinin belirlenmesinde kullanılan eşitlikler (Çobanoğlu ve Çelik 2008).

Meyerhof [1956]		
$q_a = 12N * k_d$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²) (15)
$q_a = 8N * \left(\frac{B + 0.305}{B} \right)^2 * k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²) (16)
Bowles [1988]		
$q_a = 20N * k_d$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²) (17)
$q_a = 12.5N * \left(\frac{B + 0.305}{B} \right)^2 * k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²) (18)
Terzaghi ve Peck [1967]		
$q_a = N / 0.05$	$B \leq 1.22$ m ise	(kN/m ²) (19)
$q_a = \frac{N}{0.08} * \left(\frac{B + 0.3}{B} \right)^2 * k_d$	$B > 1.22$ m ise	(kN/m ²) (20)

Burada;

qa: izin verilebilir taşıma gücü

N : 30 cm zemine giriş için SPT darbe sayısı

B : temel genişliği (m)

D : temel derinliği (m)

kd: Temel boyutuna göre katsayı

$$k_d = 1 + 0.33 * \left(\frac{D}{B} \right) \leq 1.33 \quad (4.7)$$

olarak ifade edilmektedir. Bu bağıntılar, kumlu zeminlerde yer alan temeller ve oturmanın 25 mm olduğu koşul için geliştirilmişlerdir. Terzaghi ve Peck (1967) tarafından önerilen hesap yönteminin yeraltı su tablasının temel derinliğinden itibaren en az 2B derinlikte olması koşulu için kullanılabilmektedir (Çobanoğlu ve Çelik 2008).

Bu çalışmada incelenen HES 2 baraj sahası SPT verileri ele alınarak oluşturulan durumlar için DR JEOTEK yazılımı kullanılmıştır (URL-7). Yazılımdan, çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmiş olan izin verilebilir taşıma gücü değerleri belirlenmiştir. Yapılan tüm hesaplamalarda temel derinliği 5m olarak alınmış olup, Santral alanı ve regülatör alanına ait hesaplanan sonuçlar Çizelge 4.9 ve 4.10'da sunulmuştur.

Çizelge 4.9 HES 2 Santral alanı SPT deneyi taşıma gücü değerleri yazılım çıktısı

SPT Örnek No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	SPT-N ₃₀	Enerji Oranı (ER)	C _E	C _B	C _R	C _S	N ₆₀	σ _{vc} (kPa)
1	1,0	17,6		45	0,75	1	0,75	1	0,0	18
2	2,0	17,6	30	45	0,75	1	0,75	1	16,9	35
3	3,0	17,6	24	45	0,75	1	0,75	1	13,5	53
4	4,0	17,6		45	0,75	1	0,85	1	0,0	70
5	5,0	17,6	25	45	0,75	1	0,85	1	15,9	88
6	6,0	17,6	64	45	0,75	1	0,95	1	45,6	106
7	7,0	17,6		45	0,75	1	0,95	1	0,0	123
8	8,0	17,6		45	0,75	1	0,95	1	0,0	141
9	9,0	17,6	68	45	0,75	1	0,95	1	48,5	158
10	10,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	176
11	11,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	194
12	12,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	211
13	13,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	229
14	14,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	246
15	15,0	17,6	27	45	0,75	1	1	1	20,3	264
	(N1)60	N'								
Ortalama SPT N	32	48								
YAS derinliği (m) (D_w)	2,18									
Temel derinliği (m) (D_f)	5,00									
Temel genişliği (m) (B)	37,60									
İzin verilebilir oturma (mm) (S)	25,4									
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ HESAPLARI										
Peck vd. (1974) Yöntemi										
		kPa	kg/cm ²							
q _{em} (YAS temel altından en az B kadar derinde)		0,00	0,00							
q _{em} (YAS zemin yüzeyinde ise)		0,00	0,00							
q _{em} (0 < D _w < D _f +B için)		274,92	2,80							
Meyerhof (1956) Yöntemi										
		kPa	kg/cm ²							
q _{em} (D _f ≤ B ≤ 1,2 m)										
q _{em} (B > 1,2 m)		403,64	4,12							
Das (1984) Yöntemi										
		kPa	kg/cm ²							
q _{net}		626,71	6,39							
q _{em} (FS=3 için)		208,90	2,13							
Bowles (1988) Yöntemi										
		kPa	kg/cm ²							
q _{em} (B ≤ 1,2 m için)										
q _{em} (B > 1,2 m için)		630,41	6,43							

Çizelge 4.10 HES 2 Regülatör alanı SPT deneyi taşıma gücü değerleri yazılım çıktısı

SPT Örnek No	Derinlik (m)	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	SPT-N ₃₀	Enerji Oranı (ER)	C _E	C _B	C _R	C _S	N ₆₀	σ _{vc} (kPa)
1	1,0	17,6		45	0,75	1	0,75	1	0,0	18
2	2,0	17,6	28	45	0,75	1	0,75	1	15,8	35
3	3,0	17,6	24	45	0,75	1	0,75	1	13,5	53
4	4,0	17,6		45	0,75	1	0,85	1	0,0	70
5	5,0	17,6	29	45	0,75	1	0,85	1	18,5	88
6	6,0	17,6	62	45	0,75	1	0,95	1	44,2	106
7	7,0	17,6		45	0,75	1	0,95	1	0,0	123
8	8,0	17,6		45	0,75	1	0,95	1	0,0	141
9	9,0	17,6	76	45	0,75	1	0,95	1	54,2	158
10	10,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	176
11	11,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	194
12	12,0	17,6	74	45	0,75	1	1	1	55,5	211
13	13,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	229
14	14,0	17,6		45	0,75	1	1	1	0,0	246
15	15,0	17,6	84	45	0,75	1	1	1	63,0	264
	(N1)60	N'								
Ortalama SPT N	38	55								
YAS derinliği (m) (D_w)	3,55									
Temel derinliği (m) (D_f)	5,00									
Temel genişliği (m) (B)	11,50									
İzin verilebilir oturma (mm) (S)	25,4									
ZEMİN EMNİYET GERİLMESİ HESAPLARI										
Peck vd. (1974) Yöntemi										
		kPa	kg/cm ²							
q _{em} (YAS temel altından en az B kadar derinde)		0,00	0,00							
q _{em} (YAS zemin yüzeyinde ise)		0,00	0,00							
q _{em} (0 < D _w < D _f +B için)		366,15	3,73							
Meyerhof (1956) Yöntemi										
		kPa	kg/cm ²							
q _{em} (D _f ≤ B ≤ 1,2 m)										
q _{em} (B > 1,2 m)		528,33	5,39							
Das (1984) Yöntemi										
		kPa	kg/cm ²							
q _{net}		886,70	9,04							
q _{em} (FS=3 için)		295,57	3,01							
Bowles (1988) Yöntemi										
		kPa	kg/cm ²							
q _{em} (B ≤ 1,2 m için)										
q _{em} (B > 1,2 m için)		824,47	8,41							

Yazılım çıktılarından görüleceği üzere; regülatör alanı sağ sahil kesiminde açılan Ç2-RSK-1 sondajından elde edilen SPT verilerinden; zemin emniyetli taşıma gücü; Peck vd (1974)' e göre; 366.15 kPa (3.73 kg/cm²), Ç2-SSK-2 sondajından elde edilen SPT verilerine göre ise; santral alanı kesiminde ise zemin emniyetli taşıma gücü; Peck vd (1974)' e göre; 274.92 kPa (2.80 kg/cm²) olarak bulunmuştur. “DR JEOTEK” yazılımı kullanılarak elde edilen taşıma yükü değerleri bir başka yöntem olarak; santral alanı için Meyerhof'un (1956), Bowles'ın (1988) ve

Terzaghi ve Peck'in (1967) eşitlikleri ve önerileri kullanılarak manuel olarak hesaplanmış olup, hesaplamalar ile ilgili veriler aşağıdaki gibidir.

Santral Alanı İçin

$$q_a = 8 * N * \left[\frac{B+0.305}{B} \right]^2 * k_d \quad (4.8)$$

N' : Düzeltilmiş SPT-N darbe sayısı

B: Temel genişliği

Kd: Temel boyutlarına göre katsayı

kd değeri eşitlik 4.7'ye göre hesaplandığında;

$$k_d = 1 + \left[0.33 * \left(\frac{5}{37.6} \right) \right] = 1.04; (\leq 1.33 \text{ olmalı}).$$

Kum-çakıl (ince) –kum-silt- silt-kum karışımından oluşan zeminlerde yer alan temellere genelde 25.4 mm oturmaya karşı gelen zemin emniyet gerilmesi için; 4.7 ve 4.8'de verilen eşitlikler kullanılır.

Santral alanı için taşıma gücü;

- Meyerhof (1956) Taşıma gücü önerisine göre;

$$N' = 48$$

Kd = 1.04 olup, eşitlik 4.8'den,

$$q_a = 405.86 \text{ kPa}$$

- Bowles (1988) Taşıma gücü önerisine göre;

$$q_a = 12.5 * N * \left[\frac{B+0.305}{B} \right]^2 * k_d \quad (4.9)$$

$$K_d = 1.04$$

$$q_a = 633.98 \text{ kPa}$$

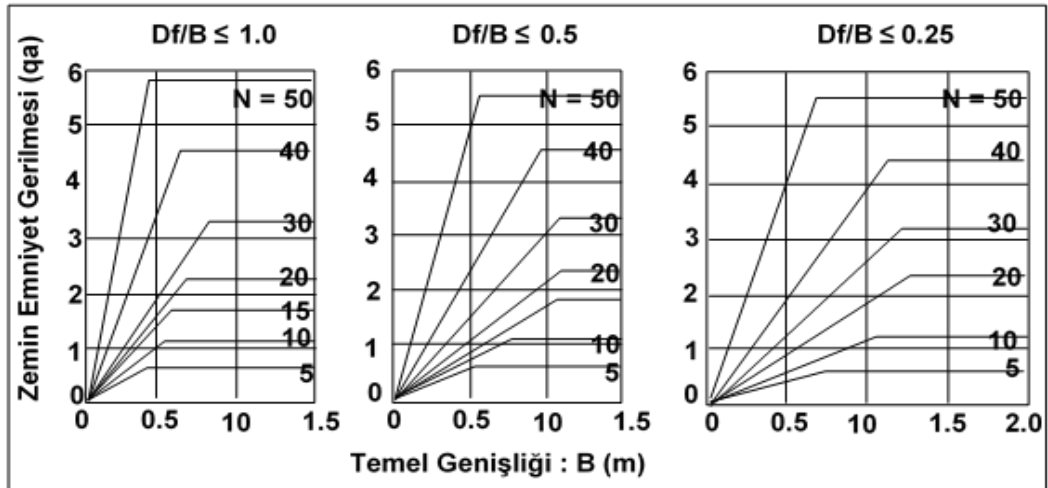
- Terzaghi ve Peck (1967) Taşıma gücü önerisine göre;

Sondaj verileri Çizelge 4.11’de verilmiş olup, manuel olarak hesaplanan SPT-N30 ortalaması 39.66, N ortalama değeri ise 38.92’dir.

Çizelge 4.11 Santral alanı taşıma yükü hesabında kullanılan veriler.

Derinlik m	Birim hacim ağırlık kN/m ³	σ'_v kN/m ²	CN	SPT-N ₃₀	N'
2	17.60	35.20	1.35	30	40.50
3	17.60	52.80	1.21	24	29.04
5	17.60	88.00	1.04	25	26.00
6	17.60	105.60	0.98	64	62.72
9	17.60	158.40	0.84	68	57.12
15	17.60	264.00	0.67	27	18.09
				SPT-N30 Ortalama	N' Ortalama
				39.66	38.92

$D_f/B = 5/37.6 = 0.13$ olup, Şekil 4.4’den; Santral alanı kesiminde Kumbasar ve Kip 1999’a göre; zeminin emniyet gerilmesi; $q_{a=}$: 460kN/m² (4.60 kgf/cm²) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.4 Kumlu zeminde oturan temellerin boyutlandırılması için abaklar (Kumbasar ve Kip 1999).

Elde edilen değere yeraltı su seviyesinin etkisinin hesaplanması gerekir. Yeraltı suyu yüzeyden itibaren $(D_f + B)$ derinliği içinde ise Şekil 4.4'den belirlenen zemin emniyet gerilmeleri değeri yeraltı suyu etkisi (C_w) değeri oranında azaltılır.

$$C_w = 0.5 + 0.5 * \left[\frac{D_w}{D_f + B} \right] \quad (4.10)$$

$$C_w = 0.5 + 0.5 * \left[\frac{2.18}{5 + 37.6} \right] \text{ Eşitlik 4.10'a göre } C_w = 0.525 \text{ olup,}$$

$$q_a = 460 \times 0.525 = 241.50 \text{ kN/m}^2 = \text{kPa}; (2.415 \text{ kg/cm}^2 : 0.24 \text{ MPa}) \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

4.3.4 Presiyometre Deneyi

Presiyometre deneyi, temel altı zemin özelliklerini belirleyen kuyu içi yükleme deneylerinden birisidir. Bu deneyde temel fikir, zeminin basınç-deformasyon ilişkilerini ölçmek için zeminde açılan silindirik bir boşluğun genişletilmesidir. Zeminin deformasyon anlayışı, 1930'lu yıllarda, Alman araştırmacı Koegler tarafından ortaya konulmasına rağmen, presiyometrenin bulunuşu 1950 ortalarına rastlar. Bu tarihlerde Dr. Mr. Louis Menard adlı bir araştırmacı, presiyometre deney aletini icat etmiştir. 1960'lı yılların başlarında da presiyometre cihazlarını imal etmeye başlamıştır (Baquelin et al. 1978).

Presiyometre deneyi kuyu içinde gerçekleştirilen yerinde (In situ) bir deneydir. Çapsal olarak genişleme özelliğine sahip silindirik bir sonda kullanılarak, kuyu içinde gerçekleştirilir. Çapsal genişlemeye neden olacak basınç kuyu duvarlarına uygulanır. Esasen deney kuyu çeperlerinde yer alan zeminin gerilme-deformasyon özelliğini ortaya koyar. Deney sonunda limit basınç (Pl) ve presiyometre deformasyon modülü (EM) elde edilir. Pl, sondanın hacmi, orijinal zemin boşluğu hacminin iki katına ulaşıldığı basınçtır (ASTM 1994). EM, düzeltilmiş basınç-hacim eğrisinin pseudo-elastik kısmının eğiminden hesaplanır ve deformasyon modülü olarak adlandırılır. Bu deney metodu, yerinde zeminin gerilme deformasyon tepkisini verir. Elde edilen Pl ve EM değerleri, temel tasarımında ve jeoteknik analizlerde kullanılır.

Presiyometre deney aleti; dairesel basınç verilerek zeminde dairesel deformasyon oluşturan silindir şeklinde bir sonda (prop) ve buna kabloyla bağlı kumanda panosundan oluşan bir cihazdır. Cihaz; Menard tarafından geliştirildiği için cihaza Menard tipi presiyometre aleti denilmektedir. Kullanılan sondaların çapları zemin özelliğine göre değişir. Sonda çeşidine göre

kuyu çapları 46 mm, 66 mm veya 76 mm olmaktadır. Bu projede 66 mm çapında açılan temel sondaj kuyusu içerisinde deneyler yapılmıştır.

Presiyometre Deneyinde; sondaj kuyusunda belirli aralıklarla (bu projede 2,0 metrede bir adet) kuyu içine yerleştirilen sonda ile kuyu duvarına kademeli olarak radyal basınç verilir ve kuyu cidarında oluşan deformasyonlar 15-30-60 saniye aralıklarla ölölür. Buna göre x - ekseninde basınç seviyelerini (kg/cm²), y-ekseni'nde bu seviyelerde oluşan hacim değişimlerini (cm³) gösterecek şekilde Basınç-Deformasyon grafikleri çizilir. Bu grafikler sonucunda zeminin her seviyesi için Menard Elastik Modölü (Em) ve Limit Basınç değerleri saptanır. Bu değerlere dayanılarak Menard formölasyonları kullanılarak taşıma gücü ve oturma miktarları her kuyu ve civarı için ayrı ayrı hesaplanır. Bu incelemede presiyometre deneylerinden elde edilen çeşitli kademelere ait ölüm değerleri ve oluşturulan Basınç-deformasyon grafikleri, hespalanan Menard Elastik modölü (Em) ve Limit basınç değerleri Ek 11'de zet olarak sunulmuştur. Menard değişik zemin yapıları için (sert, sıkı, yumuşak, sert tabakalı, sert-yumuşak tabakalanmalı zeminler ile rijit ve fleksiböl temeller) farklı eşitlikler oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan, Menard eşitlikleri aşağıdaki gibidir.

Taşıma gücü hesabı; Presiyometrik verilere göre Menard'ın yarı ampirik eşitliği ile hesaplanır (Menard 1967, HES-2 2012'den).

$$q_U = q_0 + k.(P_L - P_0) \quad (4.11)$$

q_u : Temel zeminin taşıma gücü

q_0 : Zeminin temel seviyesindeki düşey içsel basınç (sürşarj basıncı)

k : Temelin geometrik karakteristiklerine ve zeminin özelliğine bağlı katsayı (Ek 12)

P_L = Limit Basınç

P_0 = Yatay İçsel Basınç

$$q_0 = D \cdot \gamma \quad (4.12)$$

D : Temel derinliği

γ : Zemin yoğunluğu

$$q_a = q_0 + k.(P_{LE}^*)/F \quad (4.13)$$

q_a = Zeminin Emniyetli Taşıma Gücü

F = Güvelik Katsayısı (3 alınmıştır.)

P_{LE}^* = Eşdeğer Net Limit Basınç ($P_L - P_0$)

$$P_{LE}^* = (P_{L1}^* \times P_{L2}^* \times P_{L3}^*)^{1/3} \quad (4.14)$$

P_{L1}^* = Temel Seviyesinin +R, +3R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması

P_{L2}^* = Temel seviyesinin +R, -R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması

P_{L3}^* = Temel seviyesinin -R, - 3R arasındaki net limit basınç değerlerinin geometrik ortalaması

($R = B/2$)

Oturma hesapları Menard'a göre (1967) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır..

$$S = \frac{1 + \mu}{3 \times E_B} \times P \times R_0 \times (\lambda_2 \times R)^\alpha + \frac{\alpha \times R \times P \times \lambda_3}{4.5 \times E_A} \quad (4.15)$$

P = Net taşıma basıncı (Proje Yüğü; 4kg/cm²)

R = Temel Yarı genişliği ($B/2$)

R_0 = Röper Çapı (30.00 cm)

μ = Poisson oranı (0.35 alınmıştır)

λ_2, λ_3 = Temel tipi ve şekline bağlı katsayılar (Ek 13)

α = Zemin cinsine ve E_p/PL oranına bağlı kaya tipi faktörü

E_A = Hacimsel etki bölgesine karşılık gelen eşdeğer E_p Modülü

E_B = Deviatorik etki bölgesine karşılık gelen eşdeğer E_p Modülü

Gerçekleştirilern sondajlardan elde edilen veriler yukarıda verilen eşitlikler ile değerlendirilmiş olup taşıma gücü ve oturma miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 4.12).

Regülatör alanı: Regülatör alanında Ç2-RSK-2 numaralı temel sondaj kuyusunda presiyometre deneyleri yapılmıştır. Temel zeminin taşıma gücü ve temel altında oluşacak oturma miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

- Taşıma Gücü

Ç2-RSK-2 nolu kuyu ve civarı için;

Temel Boyutları; B=11.50 m, L=16.85 m, D=5.00 m kabul edilmiştir.

D = Temel Seviyesi

B = Temel Genişliği

$$P^*_{L2} = 7.76 \text{ kg/cm}^2 (0.776 \text{ MPa})$$

$$P^*_{L3} = 9.60 \text{ kg/cm}^2 (0.960 \text{ MPa})$$

$$P^*_{LE} = (7.76 \times 9.60)^{1/2} = 8.63 \text{ kg/cm}^2 (0.863 \text{ MPa})$$

D/B ve P^*_{LE} değerlerine bağlı olarak $k=1$ olarak alınmıştır.

Taşıma gücü:

q_u : Temel zeminin taşıma gücü

q_0 : Zeminin temel seviyesindeki düşey içsel basınç (sürşarj basıncı)

k : Temelin geometrik karakteristiklerine ve zeminin özelliklerine bağlı katsayı

P^*_L = Net Limit Basınç

P_0 = Yatay İçsel Basınç

$$q_u = q_0 + k.(P^*_{LE}) \quad (4.16)$$

$$q_u = 1 \times (8.63) = 8.63 \text{ kg/cm}^2 (0.863 \text{ MPa})$$

Zeminin emniyetli taşıma gücü

q_a = Zeminin Emniyetli Taşıma Gücü

F = Güvelik Katsayısı (3 alınmıştır)

P^*_{LE} = Eşdeğer Net Limit Basınç ($P_L - P_0$)

$$q_a = q_0 + k.(P^*_{LE}/F)$$

$$q_a = 1 \times (8.63/3) = 2.88 \text{ kg/cm}^2 (0.288 \text{ MPa}) (\text{örtü yükü hariç})$$

- Oturma Miktarı

Regülatör alanında, Ç2-RSK-2 sondaj kuyusu ve civarı için oluşacak oturma miktarları Menard eşitliği kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Ç2-RSK-2 nolu kuyu ve civarı için;

Emniyetli taşıma gücü $q_a = 2.88 \text{ kg/cm}^2$ (0.288 MPa) bulunmuştur. Proje yükü 4.00 kg/cm^2 olarak kabul edilmiş olup bu yük altında oluşacak hacimsel değişmelere ve kayma deformasyonlarına bağlı oturmalar hesaplanmıştır. Mikro deformasyonlara bağlı oturmalar ihmal edilmiştir.

Temel Boyutları $B=11.10 \text{ m}$, $L=16.85 \text{ m}$, $D=5.00 \text{ m}$ kabul edilmiştir.

$P = 4 \text{ kg/cm}^2$ (0.4 MPa) alınmıştır

$R = 555 \text{ cm}$

$R_0 = 30,00 \text{ cm}$

$\mu = \text{Poisson oranı}$ (0.35 alınmıştır)

P_L , E_P , E_P/P_L , ve D/B oranlarına bağlı olarak;

$\lambda_2 = 1.33$ (Ek 13), $\lambda_3 = 1.16$ (Ek 13), $\alpha = 1/3$ (Ek 13)

$E_A = 149,66 \text{ kg/cm}^2$ (14.96 MPa)

$E_B = 186.95 \text{ kg/cm}^2$ (18.69 MPa)

Bu değerler çerçevesinde $P=4 \text{ kg/cm}^2$ (0.4 MPa) için oturma miktarı S ;
 $S = 1.908 \text{ cm}$ civarındadır.

$D/B = 0.45$ olduğundan oturma miktarı %10 artırılır.

Buna göre oturma miktarı; $S = 2.09 \text{ cm}$ 'dir.

Santral alanı: Santral alanında Ç2-SSK-2 numaralı temel sondaj kuyusunda presiyometre deneyleri yapılmıştır. Temel zeminin taşıma gücü ve temel altında oluşacak oturma miktarları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

- **Taşıma Gücü**

Ç2-SSK-2 nolu kuyu ve civarı için;

Temel Boyutları $B=37.60 \text{ m}$, $L=26.15 \text{ m}$, $D=5.00 \text{ m}$ kabul edilmiştir.

$D = \text{Temel Seviyesi}$

$B = \text{Temel Genişliği}$

$P^*_{LE} = 9.84 \text{ kg/cm}^2$ (0.98 MPa)

D/B ve P^*_{LE} değerlerine bağlı olarak $k=0.8$

$$\text{Taşıma gücü } q_u = q_0 + k.(P^*_{LE})$$

q_u : Temel zeminin taşıma gücü

q_0 : Zeminin temel seviyesindeki düşey içsel basınç (sürşarj basıncı)

k : Temelin geometrik karakteristiklerine ve zeminin özelliklerine bağlı katsayı

P^*_{LE} = Net Limit Basınç

P_0 = Yatay İçsel Basınç

$$q_u = q_0 + k.(P^*_{LE})$$

$$q_u = 0.8 \times (9.84) = 7.87 \text{ kg/cm}^2 \text{ (0.78 MPa)}$$

$$\text{Zeminin emniyetli taşıma gücü } q_a = q_0 + k.(P^*_{LE}/F)$$

q_a = Zeminin Emniyetli Taşıma Gücü

F = Güvelik Katsayısı (maksimum izin verilebilir oturma miktarı 2.54 cm'e göre; 3 olarak alınmıştır)

P^*_{LE} = Eşdeğer Net Limit Basınç ($P_L - P_0$)

$$q_a = q_0 + k.(P_{LE}/F)$$

$$q_a = 0.8 \times (9.84/3) = 2.62 \text{ kg/cm}^2 \text{ (0.262 MPa) (örtü yükü hariç)}$$

- Oturmalar

Temel derinlikleri ve genişliklerinin yüksek olması, presiyometre hesaplamaları için gerekli olan E_A ve E_B değerleri için veri aralığı olmamasından dolayı santral alanı için presiyometre deneylerinden oturma miktarları hesaplanamamıştır. Gerçekleştirilebilen hesaplamalara ait detaylar Regülatör gövdesi ve santral yeri için ayrı ayrı belirlenmiş ve toplu sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Regülatör gövdesi ve santral yeri için taşıma gücü ve oturma miktarları

Çalışma Alanı	Kuyu No	Temel Kazı derinliği ($D_f = m$)	Nihai Taşıma Gücü q_u	Güvenlik Sayısı (F)	Emniyetli. Taşıma Gücü q_a	Sürşarj Yükü (kg/cm^2)
Regülatör Alanı	Ç2RSK-2	5	8.63 kg/cm^2 (0.86 MPa)	3	2.88 kg/cm^2 (0.28 MPa)	-
Santral Alanı	Ç2SSK-2	5	7.87 kg/cm^2 (0.78 MPa)		2.62 kg/cm^2 (0.26 MPa)	-
Çalışma Alanı		Kuyu No		Proje Yükü		Oturma Miktarı
Regülatör Alanı		RSK-2		4 kg/cm^2 (0.4 Mpa)		2.09 cm

4.4 LABORATUVAR DENEYLERİ

İnceleme sahası temel araştırma sondaj çalışmaları sırasında kuyulardan alınan örselenmiş, örselenmemiş ve kaya (karot) numuneler üzerinde, zemin ve kaya birimlerinin fiziksel ve mekanik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla; elek analizi, birim hacim ağırlık, su içeriği ve tek eksenli basınç dayanımı tayini deneyleri TS 1900-1 (2006), TS 1900-2 (2006) standartına uygun olarak gerçekleştirilmiştir (HES-2 2012).

Çizelge 4.13 de sunulan, HES-2 proje raporundan elde edilen laboratuvar deney sonuçlarına ek olarak, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen laboratuvar deney ve incelemeleri ise sırasıyla; TS 1900-1/T2 (2015) standartına uygun olarak; Casagrande Yöntemi ile likit limit ve plastik limit, plastisite indisi tayini, ISRM (1989) önerisi ve Bilir (2011) yöntemine uygun olarak killi UD-1 örneği üzerinde (Ç2-RSK-1, 19-19.50 m) tek eksenli şişme deneyi ile şişme potansiyeli ve şişme davranışının belirlenmesi, XRD çekimi ile kil türünün ve oranının incelemesi şeklinde yer almaktadır.

Ç2-RSK-1 (Regülatör Alanı): Regülatör alanında, 56.00 m kotunda 24.00 metre derinliğinde düşey olarak açılmıştır. Kuyuda geçilen alüvyon birimden alınan 4 adet örselenmiş numune üzerinde yapılan deneylere göre, birim genel itibarıyla az siltli, az kumlu çakıl malzemeden oluşmakta olup USCS'ye göre "GP" (Fena derecelenmiş çakıl-kum karışımları) zemin sınıfındadır. Alüvyon birimin altındaki killi sedimanter birimden alınan UD numunesi üzerinde yapılan laboratuvar deneylere göre; biriminin kayma parametreleri c (kohezyon)= 0,55 kg/cm² ve ϕ (içsel sürtünme açısı)=6,4° derecedir. kil birim USCS'ye göre "CH" (Yüksek plastisiteli inorganik killer) zemin sınıfında olup doğal birim ağırlığı 1,90 gr/cm³'dür.

Ç2-SSK-1 (Santral Alanı): Santral alanında, 60.00 m kotunda 22.00 metre derinliğinde düşey olarak açılmıştır. Kuyuda geçilen alüvyon birimden alınan 4 adet örselenmiş numune üzerinde yapılan deneylere göre, birim genel itibarıyla az siltli, az kumlu çakıl malzemeden oluşmakta olup USCS'ye göre "GP" (Fena derecelenmiş çakıl-kum karışımları) zemin sınıfındadır. Alüvyon birimin altında bulunan killi sedimanter birimden alınan "UD" numunesi üzerinde yapılan laboratuvar deneylere göre; birim USCS'ye göre "CH" (Yüksek plastisiteli inorganik killer) zemin sınıfındadır (Çizelge 4.13).

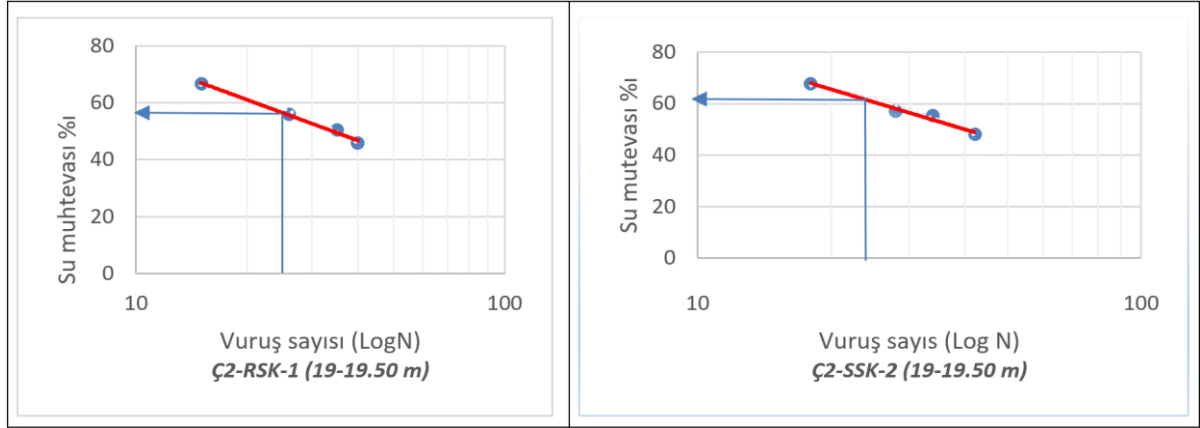
Çizelge 4.13 Çaydeğirmeni Hidroelektrik Santral Projesi numunelerinden gerçekleştirilen laboratuvar deney sonuçları (HES-2 2012).

ÇAYDEĞİRMENİ PROJESİ			Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Su İçeriği (W)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	Üç Eksenli Basınç Dayanımı	
			#4	#200	LL	PL	PI				c	ϕ
Kuyu No	Örnek	Seviye	%	%	%	%	%	USCS	%	gr/cm ³	MPa	derece
Ç2-RSK1	SPT	3.00-3.45	75.13	0.88		NP		GP	7			
Ç2-RSK1	SPT	9.00-9.45	72.56	0.94		NP		GP	7			
Ç2-RSK1	SPT	13.50-13.95	75.46	0.25		NP		GP	6	1.74		
Ç2-RSK1	SPT	16.50-16.95	73.71	0.14		NP		GP	9			
Ç2-RSK1	UD-1	19.00-19.50	9.50	83.50	59	21	38	CH	17	1.90	0.055	6.40
Ç2-SSK2	SPT	1.50-1.95	74.96	0.69		NP		GP	5			
Ç2-SSK2	SPT	6.00-6.45	73.28	0.30		NP		GP	7	1.76		
Ç2-SSK2	SPT	7.50-7.95	70.44	0.95		NP		GP	8			
Ç2-SSK2	SPT	13.50-13.95	69.73	0.91		NP		GP	10			
Ç2-SSK2	UD-2	19.00-19.50	8.03	85.32	60	20	40	CH	12	1.89	0.053	6

4.4.1 Likit Limit, Plastik Limit ve Plastisite İndisi Tayini

Killi seviyeyi kesen karot örneklerinden (Ç2RSK-1 19-19.5m, Ç2SSK-2 19-19.5 m) Casagrande yöntemi ile vuruş sayısı ve su muhtevası değerlerinden likit limit değerleri ve devamında plastik limit ve plastisite indisi değerleri belirlenmiştir. Ç2-RSK-1 (19-19.50 m) örneği için; Likit limit %58, Plastik Limit %21.15, Plastisite indisi 36.85, Ç2-SSK-2 (19-19.50 m) örneği için ise; Likit limit %61.60, Plastik Limit %20.40, Plastisite indisi 41.20 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5, Çizelge 4.14).

Şekil 4.5 Ç2-RSK-1 (19-19.50 m) ve Ç2-SSK-2 (19-19.50 m) örneklerine ait Likit limit grafikleri



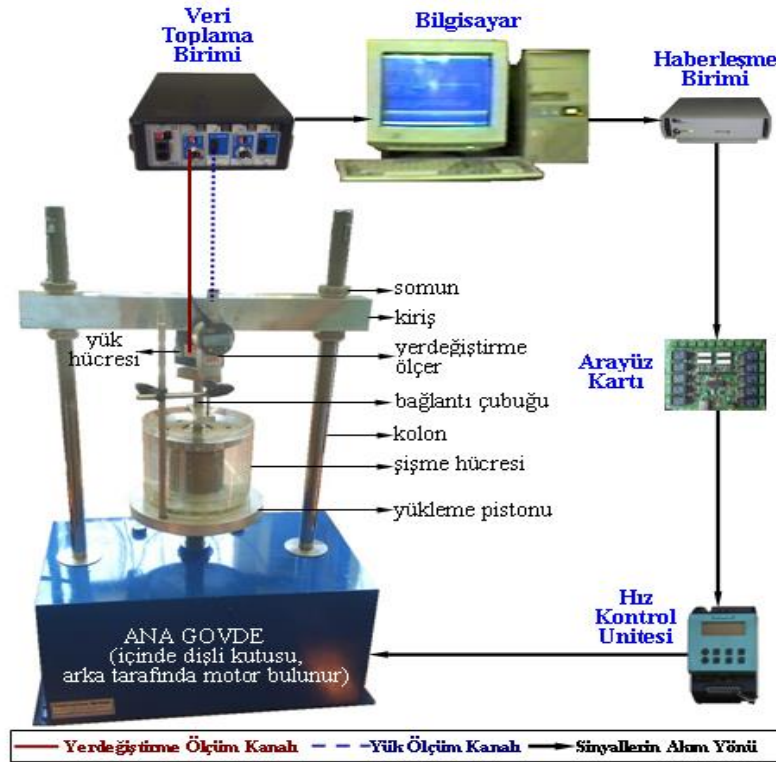
Çizelge 4.14 Ç2-RSK-1 (19-19.50 m) ve Ç2-SSK-2 (19-19.50 m) killi örneklere ait Likit limit, Plastik limit ve Plastisite İndisi Değerleri

Ç2-RSK-1 (19-19.50 m)	Likit Limit : %58				Plastik Limit : %21.15 Plastisite İndisi : 36.85
Vuruş Sayısı	40	35	26	15	
Yaş Numune+Kap (g)	57.10	62.02	68.28	73.42	35.15
Kuru Numune+Kap (g)	48	52	57	57.40	32.61
Kap (g)	28.70	32	38	33.4	20.60
Su Miktarı (g)	9.10	10.02	11.28	16.02	2.30
Kuru Numune (g)	19.30	20	19	24	12.01
Su Muhtevası (%)	46	50.10	56	66.75	19.10
Ç2-SSK-2 (19-19.50 m)	Likit Limit: %61.60				Plastik Limit: %20.4 Plastisite İndisi : 41.20
Vuruş Sayısı	42	34	28	18	
Yaş Numune+Kap (g)	58.32	62.90	71.02	75.95	37.5
Kuru Numune+Kap (g)	48.72	51.85	59	58.75	34.70
Kap (g)	28.7	32	38	33.40	21.02
Su Miktarı (g)	9.6	11.05	12.02	17.20	2.80
Kuru Numune (g)	20.02	19.85	21.00	25.35	13.68
Su Muhtevası (%)	47.96	55.60	57.24	67.85	20.46

4.4.2 Şişme Deneyi – Şişme Davranışı

Şişme deneyi HES-2 Santral binasının bulunduğu alanda gerçekleştirilen akarsu alüvyon birimi altında yer alan killi seviyeleri içeren ve kuru yoğunluğu 1.96 g/cm olan, Çaycuma Formasyonundan (Teç) alınan sondaj karot örneği (Ç2-RSK-1, 19-19.50 m) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sondajdan düzgün şekilde, verimi yüksek karot elde edilemediğinden dolayı elde edilen örnekler 200[#] lik elekten geçecek şekilde halkalı değirmende ortalama 15 dk. kadar öğütülerek, ince toz haline getirilmiş, sıkıştırılarak hazırlanmış örnekte şişme deneyi

gerçekleştirilebilmiştir. Kil içeren örnek etüvde ortalama 105 c’de 1 gün süreyle kurutulmuş, sonrasında kuru yoğunluğu belirlenmiştir. Öğütülen malzeme aynı kuru yoğunluğu verebilecek şekilde Yeşil (1991) ve Bilir (2010) tarafından geliştirilen özel aparat kullanılarak deney için hazırlanmıştır. Örnek hazırlama aparatının çapı 54 mm olup, örnek yüksekliği istenildiği gibi ayarlanabilmektedir. ISRM (1989) şişme deneylerinde kullanılacak örnek çapının 50-100 mm arasında , kalınlığının ise; 20-30 mm arasında seçilmesini önermiştir. ISRM (1979)’a göre ise kalınlık en az 15 mm veya maksimum tane çapının 10 katı (hangisi büyük ise) olmalı ve çapın ise kalınlığın 2.5 katından az olmamalı, yükseklik değerinin ise 20 mm civarında olması önerilmektedir. Bilgisayar kontrollü şişme düzeneği, tek eksenli hücre ve eksenel yükleme ünitesinden oluşan ana gövde ve veri toplama ve kontrol ünitesinden meydana gelir (Şekil 4.6).

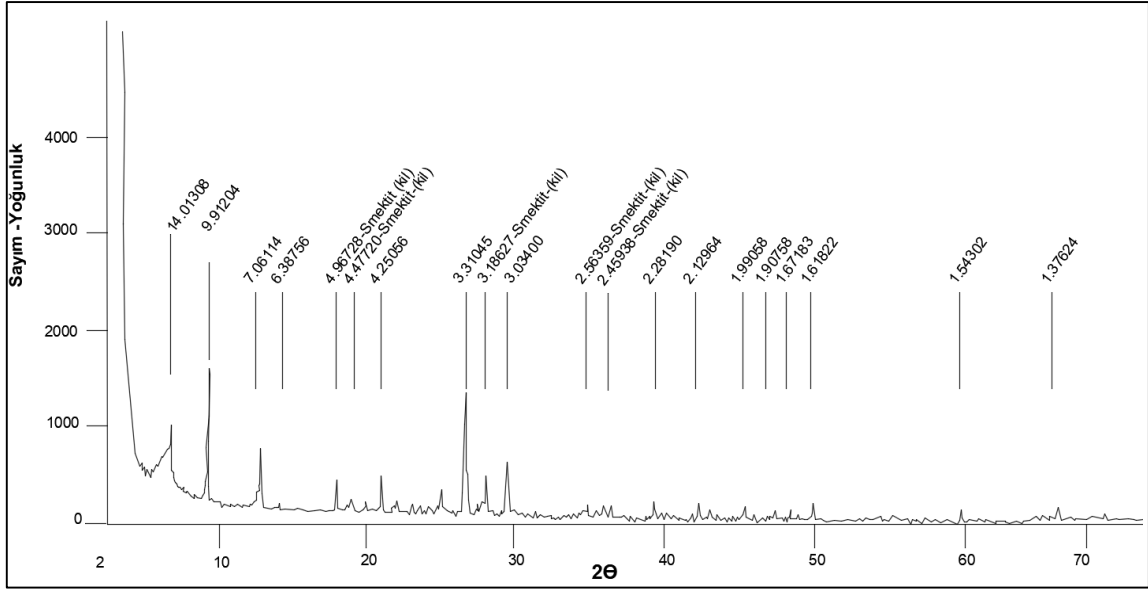


Şekil 4.6 Tek eksenli şişme deney düzeneği (Bülbül ve Bilir 2011).

Tek eksenli şişme hücresi, içinde gözenekli taş bulunan alt ve üst yükleme başlıklar, çelik halka, hücreyi birleştiren alt ve üst yanal başlıklar ve su kabından oluşur. Eksenel yükleme ünitesi; redüktör, iki adet kolon, kiriş, 4 adet somun, yükleme pistonu, 20 kN kapasiteli ve 0.001 kN hassasiyetli yük hücresi, 50 mm hareket mesafesine sahip 10 µm hassasiyetindeki dijital yerdeğiştirme ölçer, bağlantı çubuğu ve motordan ibarettir. Veri toplama ve kontrol ünitesi; bir bilgisayar, veri toplama birimi, haberleşme birimi, arayüz kartı, hız kontrol ünitesi ve veri

toplama ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır Visual Basic’de yazılan veri toplama ve kontrol programı hem düzenekten gelen verileri belirli aralıklarla kaydetmekte hem de bu verilere göre çeşitli kontroller yaparak motorun yük basmasını (ileriye doğru çalışmasını) veya yükü kaldırmasını (geriye doğru çalışmasını) sağlamaktadır. Çalışma prensibi ISRM (1989) tarafından önerilen şişme deney yöntemleri ile Yeşil (1991) tarafından geliştirilen şişme deney yöntemlerinin esaslarına dayanan yazılım, maksimum şişme yükünün belirlendiği (motorun yük bastığı) Yer değiştirme Kontrol Programı ve maksimum yerdeğiştirmenin saptandığı (motorun yükü kaldırdığı) Yük Kontrol Programı’ndan oluşmaktadır. Deney yönteminin amacı, yanal yöndeki hareketi kısıtlanmış örneğin, önce yerdeğiştirme Kontrol Programını uygulayarak eksenel şişme gerilmesini bulmak daha sonra örnek üzerindeki yükün belirli oranlarda düşürüldüğü Yük Kontrol Programını birkaç kez kullanarak eksenel şişme birim deformasyonlarını belirlemektir. Deney yönteminin işleyişi ile ilgili ayrıntılar Bilir (2011) tarafından ayrıntılı olarak verilmiştir.

Ç2RSK-1, (19-19.5 m) örneğinin XRD (tüm kayaç ve kil bileşeni) çözümlemeleri İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği X-Işınları Merkezi’nde yapılmıştır. Tek eksenli şişme deney düzeneği ile gerçekleştirilen deneyde kil örneğinin maksimum şişme gerilmesi 0.85 MPa, en yüksek eksenel şişme birim deformasyonu % 13.34 olup, bu örneğe ait likit limiti %58 (Ç2-RSK-1, 19-19.50 m örneği) ve plastik limiti %21.5 olarak; Casagrande deneyi ve yoğrulma deneyi (plastik limit deneyi) ile belirlenmiştir. XRD verilerine göre; Tüm kayaçtaki kil boyutu tane içeriği ortalama % 22 civarında olup, bu orandaki kil bileşeninin % 60-65 lik kısmını Simektit-karışık katman (illit-mika vb) ve % 35-40 lık kısmı ise kil dışı minerallerden (Kuars, Feldispat ve Kalsitten oluşmaktadır (Şekil 4.7).

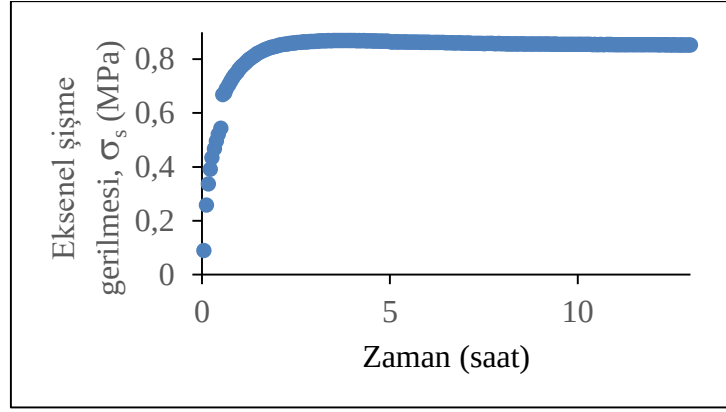


Şekil 4.7 Ç2-RSK-1, 19-19.50 m örneği -XRD grafiği

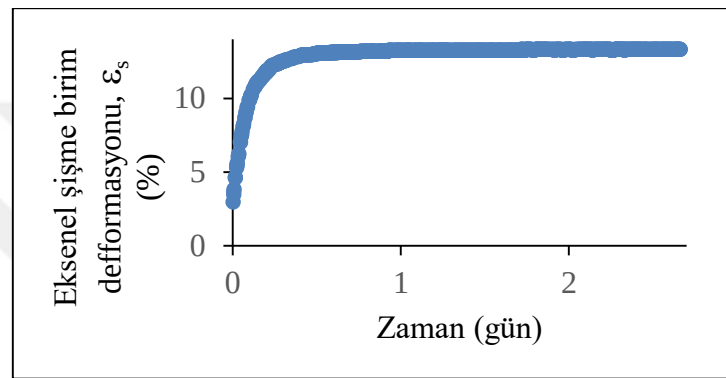
Şişme Davranışı: HES-2 Santral binası bölgesi killi seviyeye sahip Çaycuma Formasyonu (TEÇ) Ç2RSK-1, 19-19.50 m’den alınan killi örnek üzerinde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen çeşitli sayısal parametreler Çizelge 4.15’de verilmektedir. Eksenel şişme gerilmesi ve eksenel şişme birim deformasyonunun zamanla değişimi ise sırasıyla Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 4.15 Ç2RSK-1, 19-19.50 m’den alınan killi örnek üzerinde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sayısal veriler.

Su İçeriği (W, %)				
Doğal (W _n)		Deney öncesi (W _{dö})		Deney sonrası (W _{ds})
		3.71		26.15
Deney Numunesi				
Yoğunluk (d _{dn} , g/cm ³)		Ağırlık (g)	Yükseklik (h, mm)	
1.96		79.45	17.69	
Şişme Verileri				
Eksenel şişme gerilmesi (σ _s , MPa)		Eksenel şişme birim deformasyonu (ε _s , %)		
0.85		0.17		
0.04		13.34		
Deney öncesi (W _{dö})				
Kap No	Dara	Y+D+K	D+K	Su İçeriği (%)
3 (Üst)	18.805	34.295	31.0293	26.72
C (Alt)	21.744	38.215	34.8433	25.74
32 (Orta)	231.221	82.825	70.152	26.00
				Ort: 26.15
Deney sonrası (W _{ds})				
8	22.6409	28.112	27.9247	3.44
30	21.734	28.778	28.5146	3.88
Ws =(D+K)-Dara Ww= (Y+D+K)-(D+K) W = (Ww/Ws) X100 (su içeriği) Ws: Kuru ağırlık, Ww: Sulu ağırlık, W:Su içeriği				Ort: 3.71



Şekil 4.8 Eksenel şişme gerilmesinin zamanla değişimi.



Şekil 4.9 Eksenel şişme birim deformasyonunun zamanla değişimi.

Tek eksenli şişme deney düzeneği ile elde edilen eksenel şişme gerilmesi (σ_s , MPa) ve eksenel birim deformasyon (ϵ_s , %) sonuçları; SINTEF (2013) sınıflamasına göre “çok yüksek şişme potansiyeline sahip ve yüksek aktiviteli kil” örneği olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.16). Yüksek şişme gerilmesinin nedeni smektit olup, kayacın suyla teması ile parçalara ayrılması, dağılması ve hacminin artması şeklinde etkisi görülmektedir.

Çizelge 4.16 Şişme potansiyeli sınıflaması (SINTEF 2013).

Sınıflama	Şişme Basıncı (MPa)	Tanımlama
Çok Yüksek	>0.75	Yüksek aktif
Yüksek	0.30-0.75	Orta aktif
Orta	0.10-0.30	Düşük aktif
Düşük	<0.10	Aktif değil

4.5 JEOLJİK VE JEOTEKNİK KOŞULLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.5.1 Aks Yerinin Geçirimsizliği

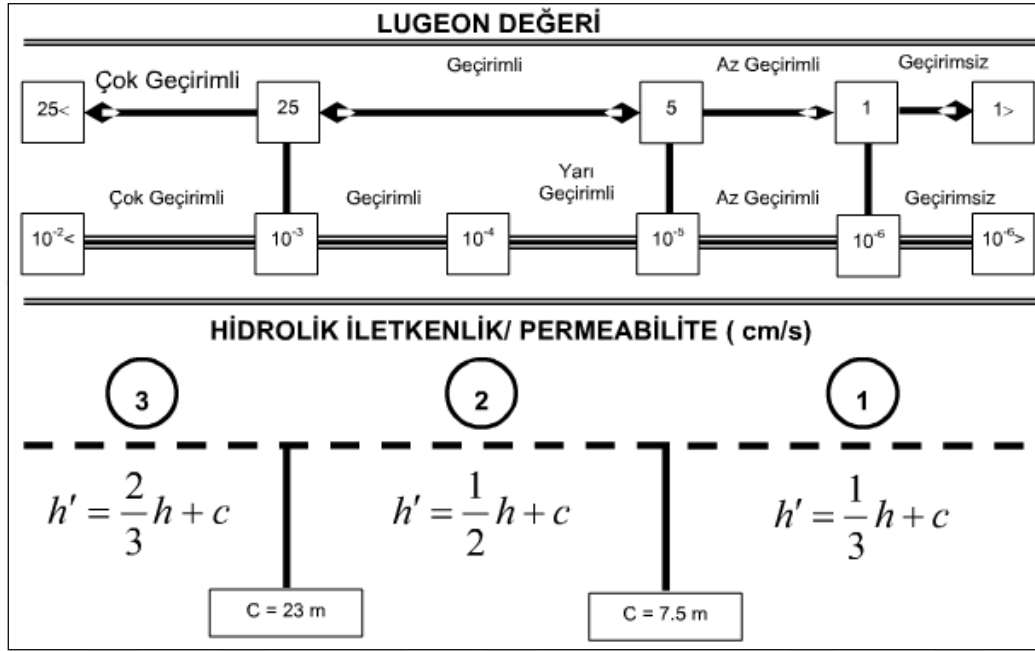
Çaydeğirmeni Regülatör yeri Burhanoğlu-Çayboyu yerleşim yerleri civarında Devrek Çayının üzerinde yer alır. Tesis yerinde açılan sondajlarda kaya birimlerine rastlanmamıştır. Ancak inceleme alanı ve çevresinde Çaycuma formasyonu yüzeylemektedir. Çalışma alanında, vadi tabanında ve dere kenarlarında, kalınlığı 21.00 metreyi bulan, çakıllı, yer yer killi, az siltli, iri bloklu, ince-iri kumlu malzemeden oluşan akarsu alüvyonu yer almaktadır. Alüvyon birimin altında ise Çaycuma Formasyonuna ait yüksek plastisiteli, kahverengi-sarımsı renkli geçirimsiz killi birim bulunmaktadır. Devrek çayının bu kısmı yerleşim alanlarına yakın olmasından dolayı, bu kısım boyunca sağ sahilde yol dolgusu, yer yer beton paneller ve yer yer riprap malzemesiyle kaplanmış şevler bulunmaktadır. Regülatör alanında sol sahilde de Çaydeğirmeni HES projeleri kapsamında beton paneller yapılarak Devrek çayının sağ ve sol sahillerle bağlantısının kesilmesi uygun olacaktır.

Çaydeğirmeni regülatör aksı üzerinde Ç2RSK-1 ve Ç2RSK-2 sondaj kuyuları açılmış olup bu kuyuların tamamında geçilen alüvyon birimde permeabilite deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarından inceleme alanında talvegte ve yamaçlarda yer alan alüvyon birim “çok geçirimli” olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca regülatör alanında alüvyon birimin altında yer alan kil birimi ise “geçirimsiz” olarak değerlendirilmiştir.

Proje kapsamında sıyırma kazısının 5.00 metre civarında olması durumunda, çok geçirimli olarak değerlendirilen alüvyon birimde iyileştirilme yapılması gerekmektedir. Proje alanında yer alan birimlerin, taşıma gücü ve oturma koşulları da göz önüne alındığında talvegte yer alan alüvyon birimde geçirimsizliğin enjeksiyon ya da jet grout uygulamaları ile birlikte sağlanması uygun görülmektedir. Bu durumda bu alanda yapılacak sıyırma kazısı yamaçlarda 2-4 m; gövde altında ise 5.00-7.00 metre civarında olması beklenmektedir.

Regülatör inşaatının kuru ortamda yapılabilmesi için memba batardosu yapılmalıdır. Regülatör alanında baraj aksı boyunca, taşıma gücünü arttırmak, oluşabilecek oturmaları önlemek ve tabandaki geçirimsizliğin sağlanması amacıyla uygulamada yaygın olarak başvurulmuş DSİ (2003) “Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi”, TS EN 12716 (2019) “Özel Jeoteknik Uygulamalar-Jet Enjeksiyonu” Standartları dikkate alınarak jet grout yöntemi

uygunlanması önerilebilir. Basınçlı su testi sonuçları ile su yapılarının geçirimsizlik yönünden sorunsuz hale getirilmesi için iyileştirme yöntemleri yapılmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılan enjeksiyon perdesidir. Elde edilen Lugeon değerleri kullanılarak Şekil 4.13’de verilen değerlerden enjeksiyon perdesinin derinliği tespit edilir. Uygulanacak jet grout yöntemi için minimum kuyu derinlikleride bu yöntemle belirlenmiştir.



Şekil 4.10 Lugeon değerlerinden enjeksiyon derinliğinin belirlenmesi (Şekercioğlu 2007).

Enjeksiyon derinliğinin hesaplanmasında aşağıda belirtilen 3 bölge göz önünde bulundurulur.

1 numaralı bölgede: $h' = 1/3 h + c$ (4.17)

2 numaralı bölgede : $h' = 1/2h + c$ (4.18)

3 numaralı bölgede : $h' = 2/3 h + c$ olmaktadır. (4.19)

Burada ;

h' : Enjeksiyon perdesinin derinliği (m)

h : Delik üst kotu ile barajın maksimum su kotu arasındaki düşey uzaklık (m)

c : Katsayı (kayacın geçirimsizliğine göre değişir, Şekil 4.13’den belirlenir)

Regülatör alanında bulunan ana kaya birimleri genel itibariyle geçirimsizdir. Ancak üst seviyelerde yer alan alüvyon birim çok geçirimli olup hidrolik iletkenliği 10^{-4} cm/s ile 10^{-1} cm/s arasında olup ortalama 10^{-2} cm/s civarlarındadır. Bu alanda bulunan alüvyon birim Şekil 4.13'e göre 3 nolu bölgede yer almaktadır. Dolayısıyla;

$h' = 2/3h + c$; $h' = 2/3 \times 10 + 23 = 30$ metre olup, bu değer sayısal olarak hesaplanmış minimum enjeksiyon/jet grout derinliğidir. Ancak alüvyon birimin kalın olması, taşıma gücünün düşük olması ve oturmaların meydana gelebilecek olması sebebiyle enjeksiyon/jet grout kuyularının alüvyonu geçerek kil birimi içerisinde 10-15 metre ilerlemesi önerilebilir.

Elde edilen basınçlı su testi sonuçları dikkate alındığında baraj yerinde geçirimsizliğin temini amacıyla jet grout perde enjeksiyonu çalışmalarının geçirimli seviyeler boyunca yapılması ve enjeksiyon sınırının geçirimsiz birimlere bağlanması gerekmektedir. Buna göre; yukarıda verilen değerlerden yola çıkarak baraj yerinde geçirimsizlik değerleri 3 nolu bölge içerisinde kalmakta olup baraj yerindeki jet grout derinliğinin talvegde 30-35 m, yamaçlarda ise 35-40 m olarak planlanması önerilebilir.

Bunun yanı sıra regülatör alanında aks yeri dışında kalan alanda da taşıma gücünü arttırmak ve oturmaları azaltmak amacı ile alüvyon birimin tamamında ve kil birimin bir kısmında enjeksiyon uygulanmalıdır. Bu amaçla bu alanda yapılacak enjeksiyon derinlikleri en az $1,5 \times B$ (B =Temel Genişliği) civarında olmalıdır. Buna göre; regülatör Alanı B : 11.50 metre. Minimum Enjeksiyon Derinliği: 20.00 metredir. Dolayısıyla sıyırma kazısından sonra talvegde 20-25 metre, yamaçlarda ise 25-30 metre civarında iyileştirme yapılması uygun olacaktır. Zemin iyileştirme enjeksiyonlarının tamamlanmasında sonra yapı yerlerinde açılacak karotlu temel araştırma kuyusundan alınacak numuneler üzerinde gerekli inceleme ve deneyler gerçekleştirilerek istenen değerlere ulaşıp ulaşılmadığının teyit edilmesi önemlidir.

4.5.2 Göl Alanının Geçirimsizliği

Göl alanında dere yatağında ortalama 21.00 metre kalınlığa ulaşan alüvyon birim yer almaktadır. Alüvyon birimin altında ise yüksek plastisiteli, kahverengi-sarımsı renkli geçirimsiz killi birim bulunmaktadır. Çalışma alanındaki alüvyon birimde yapılan permeabilite deneylerine göre birim “çok geçirimli” özelliktedir. Devrek Çayının bu kısmı yerleşim alanlarına yakın olmasından dolayı, bu kısım boyunca sağ sahilde yol dolgusu, yer yer beton

paneller ve yer yer riprap malzemesiyle kaplanmış şevler bulunmaktadır. Göl alanı boyunca sol sahilde de Çaydeğirmeni HES-2 projesi kapsamında beton paneller yapılarak Devrek Çayının sağ ve sol sahillerle bağlantısının kesilmesi gerekmektedir. Ayrıca göl alanında sağ sahilde de beton panel olmayan kısımlarda panellerle kaplanması uygun olacaktır.

4.5.3 Aks Alanı Örtü Birimleri ve Kaya Türleri

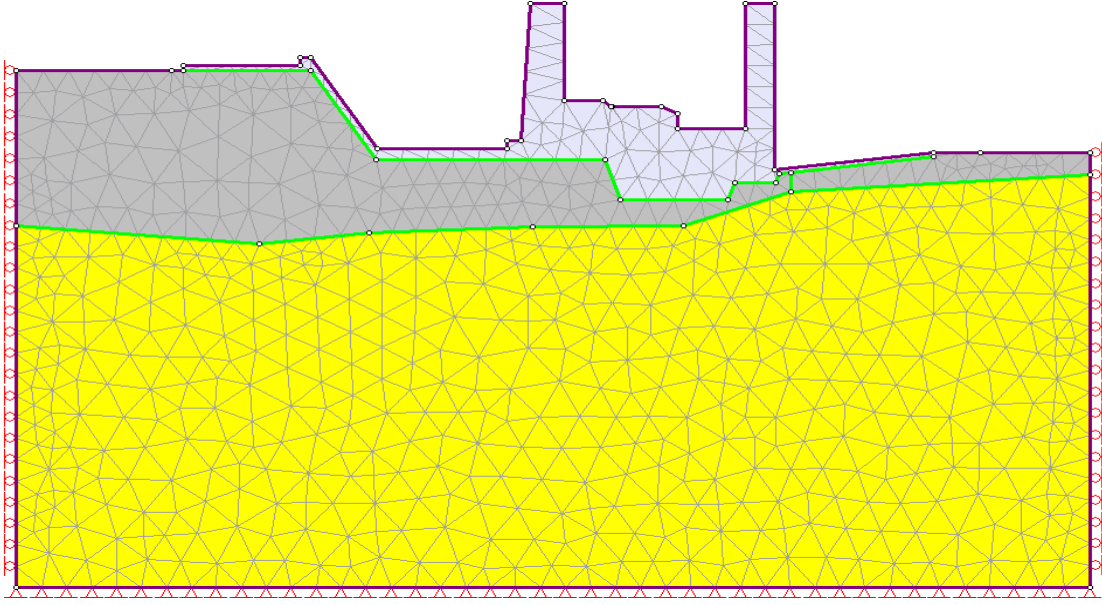
Aks yerinde vadi boyunca ve yamaçlara doğru, kalınlığı 21.00 metreye kadar ulaşan alüvyon birim bulunmaktadır. Alüvyon birim yer yer killi, az siltli, orta-iri kumlu, bloklu, orta-iri çakıllı malzemeden oluşmakla birlikte sıkı bir yapıdadır. Alüvyon birimin altında ise sarımsı-kahverenkli yüksek plastisiteli kil birim yer almaktadır. Regülatör aksı sol sahilde sanayi bölgesiyle Devrek Çayını ayıran, yaklaşık 5.00 metre yüksekliğinde yol dolgusu yer almaktadır. İnceleme alanında açılan sondajlarda sert kaya birimine rastlanmamıştır. Alüvyon birimden alınan örselenmiş numuneler üzerinde yapılan deneylere göre birim GP zemin sınıfında olup az miktarda (< %10) ince (silt-kil) malzeme içermektedir (HES 2 2012).

BÖLÜM 5

SAYISAL GERİLME ÇÖZÜMLEMELERİ

Hidroelektrik santrali bünyesinde oluşan gerilme ve yer değiştirmelerin hesaplanmasında sonlu elemanlar çözümleme yöntemi esas olan Phase 2 (Rocscience 2006) bilgisayar yazılımı kullanılmıştır. Modelleme yaklaşımının detayları alt başlıklarda sunulmuştur. Hidroelektirik santral gövdesi ve oturduğu kaya kütlesi ortamı sonlu elemanlar ağı oluşturularak model kurulmuştur. Sonlu elemanlar ağı için 3 düğümlü (node) üçgen elemanlar kullanılmıştır (Şekil 5.1). Oluşturulan tüm elemanların ağ kalitesi iyi olup, üçgenlerin kenar uzunluk oranları 30'dan küçük, en küçük üçgen iç açısı 2° 'den büyük ($>2^\circ$), en büyük iç açısı 175° 'den küçüktür.

Modelin sınır koşulları baraj gövdesinin ve rezervuarda biriken su kütlesinin oluşturacağı ilave gerilmelerden etkilenmemesi amacıyla yeteri kadar mesafede konumlandırılmıştır. Modelin yan kenarlarında yatay yönde harekete kısıtlı, düşey yönde harekete ise izin veren sınır koşulu seçilmiştir. Bu seçim modelin gravite yüklemesi altında birincil gerilmelerin oluşturulmasına olanak sağlamıştır. Modelin tabanı ve köşe noktaları hem yatay hemde düşey yönde harekete izin vermeyecek şekilde sabitlenmiştir (Şekil 5.1). Çözümlemede ortamdaki birincil gerilmelerin oluşturulması için gravite yüklemesi yapılmıştır. Sahada daha önce yapılmış birincil gerilme ölçümleri bulunmadığı için her bir derinlik seviyesinde oluşan yatay birincil gerilmelerin düşey birincil gerilmeye oranı (k) 1 olarak varsayılmıştır.

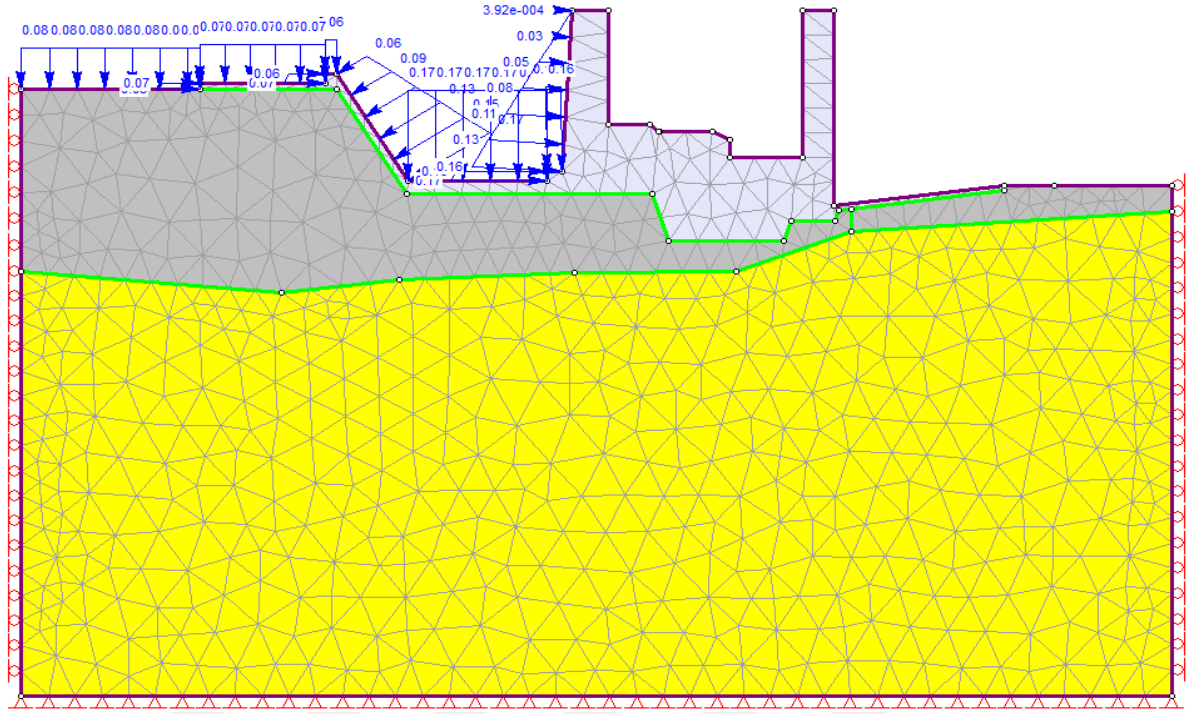


Şekil 5.1 Santral gövdesi ve oturduğu kaya kütlesi ortamı sonlu elemanlar ağı oluşturularak yapılan modeli

5.1 MODELLEME AŞAMALARI

Modelleme başlıca üç aşamada yapılmıştır.

1. Aşama: Bu aşamada barajın oturacağı zemin ve kaya kütlesinin kendi ağırlığı altında sıkışması gerçekleştirilmiştir. Böylece ortamda birincil gerilmeler oluşturulmuştur. Bu aşamada oluşan yer değiştirmeler anlamlı olmadığı için bir sonraki aşamada sıfırlanmıştır.
2. Aşamada: Betonarme baraj gövdesi oluşturulmuş,
3. Aşamada ise; Barajın rezervuar bölümüne en yüksek seviyede su basıncı ilave edilmiştir. Modellemenin tüm aşamaları Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2 Barajın rezervuar bölümüne en yüksek seviyede su basıncı ilave edilerek elde edilen modellemenin tüm aşamaları

5.2 MALZEME DAVRANIŞI VE ÖZELLİKLERİ

Baraj gövdesi alanında; sahada yapılan sondajlardan elde edilen verilere göre baraj gövdesi altında alüvyon malzeme ve killi kırıntılı birim (Teç) yer almaktadır. Baraj gövdesi ve diğer yapılar alüvyon dan oluşan seviyede oturmaktadır. Baraj gövdesi altında ortalama alüvyon kalınlığı 15m. olup, altta killi-kırıntılı birim (Teç) başlamaktadır. Sayısal çözümleme analizlerinde killi-kırıntılı birim (Teç) ve alüvyon zeminin (Al) elastiko-plastik malzeme davranışı gösterdiği ve Mohr-Cloumb yenilme ölçütüne uygun davranış gösterdiği varsayımı yapılmıştır. Çözümlemelerde kullanılan malzeme özellikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Çözümlemelerde kullanılan malzeme özellikleri

Malzemeler	İçsel sürtünme açısı (°)	Kohezyon (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Young Modülü (Mpa)	Poisson Oranı	Birim Hacim Ağırlık (KN/m ³)
Alüvyon (Qal)	36	0.01	0	107	0.49	17.60
Killi Birim (Teç)	6.40	0.55	0.055	370	0.35	19
Beton	47	4.60	1.80	30 000	0.20	27

Beton değerlerinde; TS 500 (2000) standartı dikkate alınmıştır.

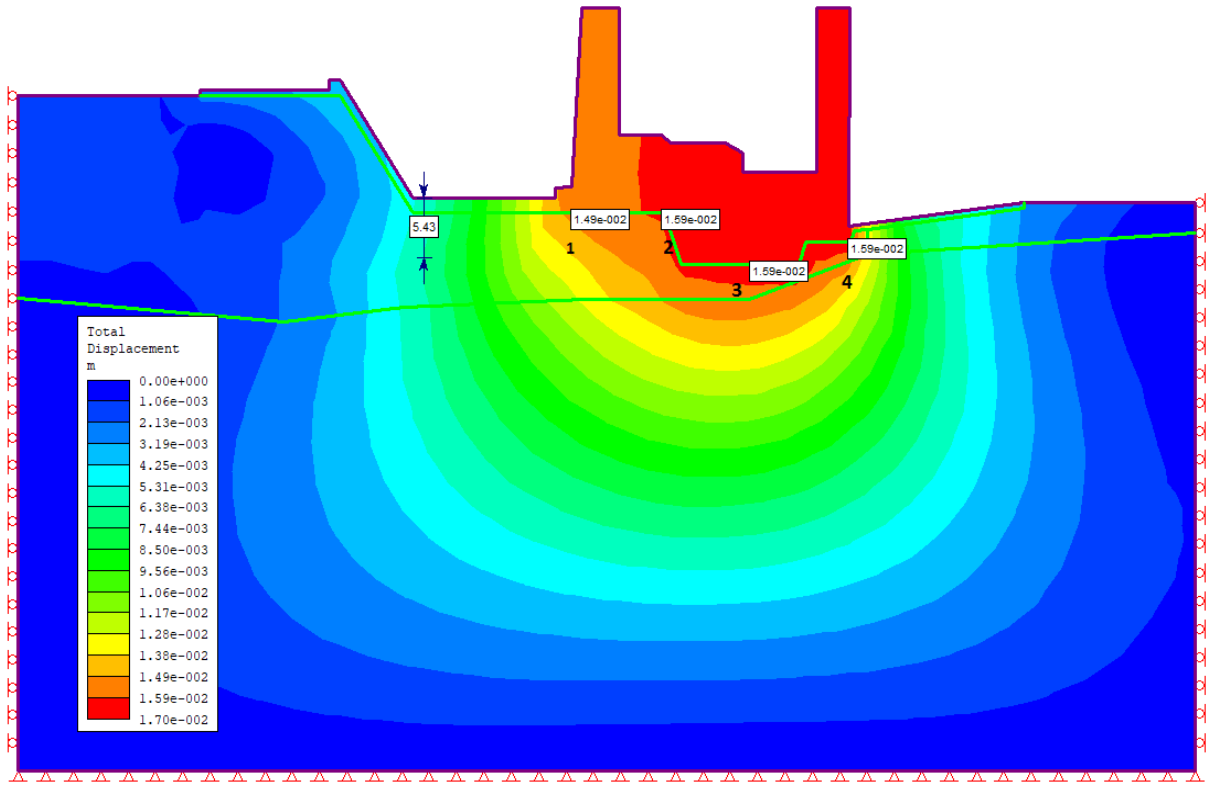
5.3 ÇÖZÜMLEME SONUÇLARI

Çözümleme sonuçları baraj gövdesinin oluşturulmasından sonraki aşamada barajın boş ve dolu olduğu durumlar için incelenmiştir. Baraj gövdesinin oluşturulduğu 2. aşama sonrasında baraj tabanında oluşan yer değiştirmeler Şekil 5.6'daki gibi olup, sayısal veriler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

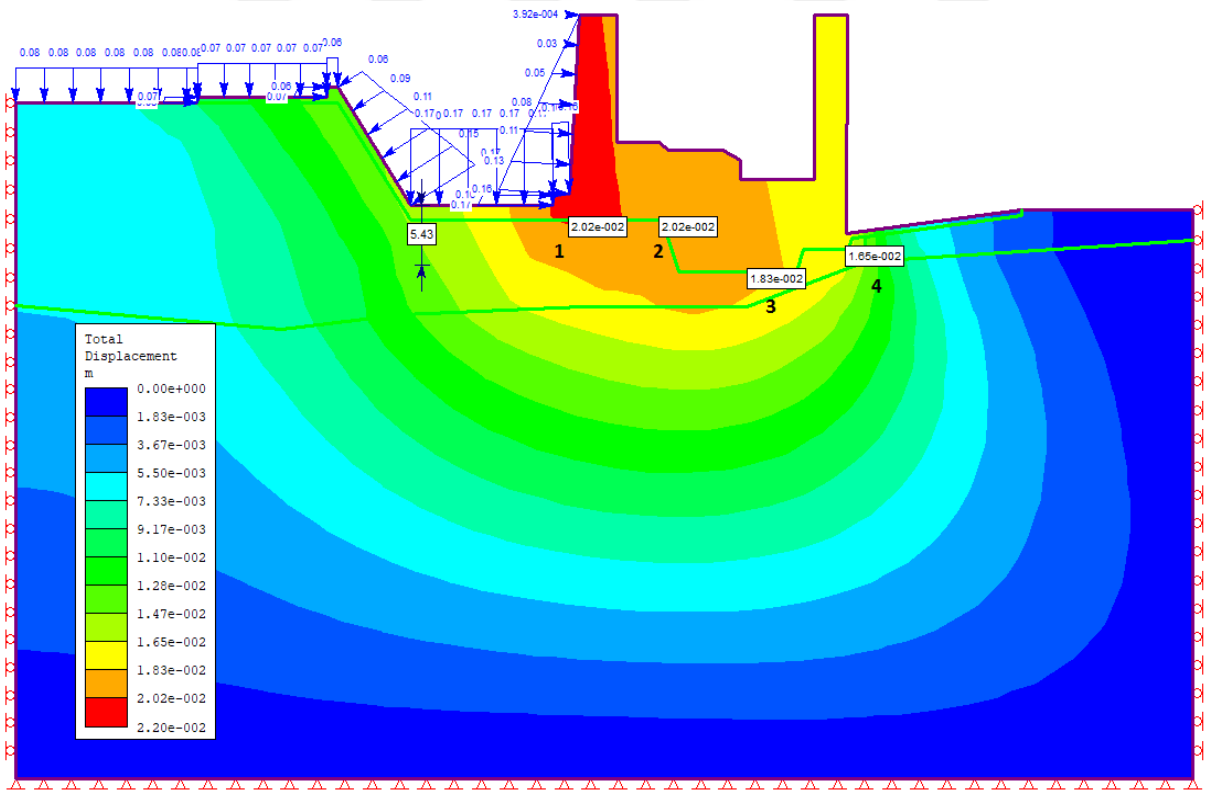
Çizelge 5.2 Baraj tabanında oluşan düşey yer değiştirme (oturma) miktarı

Düşey yer değiştirme (Oturma) Noktaları	Yer değiştirme miktarı (cm)	
	2.Aşama (Baraj Boş)	3.Aşama (Baraj Su Dolu)
1 Nokta (Membra)	1.49	2.02
2 Nokta	1.59	2.02
3 Nokta	1.59	1.83
4 Nokta (Mansap)	1.59	1.65

Barajın boş olduğu durumda baraj gövdesinin yapılmasıyla oluşan en büyük yer değiştirme değerleri; memba yönünde; 1.49 cm, mansap yönünde; 1.59 cm olarak belirlenmiştir. Baraj gövdesinde herhangi bir plastik zon (yenilme bölgesi) her iki aşama içinde söz konusu değildir. Barajın tam kapasite ile suyla dolu olduğu durumda (Su yüksekliği 16 m); membadan mansap yönüne doğru elde edilen en büyük yer değiştirme değerleri; memba yönünde 2.02 cm, mansap yönünde; 1.65 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 5.3, 5.4).



Şekil 5.3 Baraj gövdesinin, rezarvuvarın boş iken oturma miktarı çözümlemesi



Şekil 5.4 Baraj gövdesinin, rezarvuvarın suyla dolu durumundaki oturma miktarı çözümlemesi



BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 SAHA İNCELEME VE GÖZLEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İnceleme alanı ve çevresi jeolojik anlamda Türkiye'nin ana tektonik birliklerinden biri olan ve Batı Karadeniz kuşağını kapsayacak biçimde Pontidler (Ketin 1966) veya İstanbul Zonu (Okay 1989) olarak adlanan tektonik birlik içerisinde yer almaktadır.

Baraj gövdesi, santral binası ve ünitelerinin oturacağı kesimde morfolojik eğim bulunmamakta olup (%0-10) genelde yatay veya yataya yakın bir akarsu yatağı ve buna bağlı geniş yayılıma sahip vadi yapısı gelişimi izlenmiştir. Akarsu yatağının sağ ve sol sahiline ait yamaçlarda doğal şev yükseklikleri 7m'den düşüktür (Şekil 3.3).

İnceleme alanı; HES 2 baraj gövdesi ve çevresinde yer alan kesimde jeolojik olarak akarsu alüvonu (Qal) ve Çaycuma Formasyonu'na (Teç) ait birimler yayılım sunmaktadır. Sondaj verilerine göre yüzeyde ortalama 20 m kalınlıkta olan, akarsu yatağı boyunca yayılım sunan akarsu alüvyonu, yüzeyden ortalama 20 m'den sonra, Çaycuma Formasyonu'na ait killi kayalardan oluşan seviye başlamaktadır. Alüvyonun tane dağılımı makroskobik-binaküler mikroskop incelemelerinde mineral bileşim oranı olarak; %50-55 Feldispat, %20-25 Kireçtaşı, %5-10 Kumtaşı, %5-10 Kuvars ve Kuvarsit, %5-7 Andezit, %5 Hematit bileşiminden oluşmaktadır. Çok kaba kum boyutu (0.5-1 mm; %60-65), Kaba kum boyutu (0.3-0.6 mm; %20-25), Orta Çakıl boyutu (20-25 mm; %15-20), Kaba Çakıl boyutu (30-55 mm; %5-10) oranlarındadır (Şekil 3.4, 3.5).

6.2 JEOFİZİK VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İnceleme alanı içinde bilinen bir deprem odak merkezi olmamakla birlikte, çevresinde büyüklüğü 5'den büyük olan depremlerin etkili olabileceği ön görülmüştür. Ayrıca; Deprem

Araştırma Dairesi'nin (2006) Zonguldak ili mevcut deprem derecelerini gösterir haritasında; 2. derece deprem bölgesinde bulunan inceleme sahası, 2018 yılı AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasında İnceleme sahası koordinat değerleri girildiğinde (41.270767° Enlem, 32.045231° Boylam) ise; Deprem yer hareketi düzeyi DD-3 (50 yılda aşılma olasılığı %50 ve tekrarlanma periyodu 72 yıl olan deprem yer hareketi düzeyi) için; PGA (En büyük yer ivmesi) değeri 0.085g değerinde, Yerel Zemin sınıfı; ZD olan (Orta-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları) bir bölgede yer aldığı belirlenmiştir (Şekil 3.8, Şekil 3.9).

Benzer bir çalışma ise “Zemin Jeofizik Yazılımı” kullanılarak elde edilmiştir. Yazılımda HES-2 barajının 100 km yarıçapındaki çevresindeki dairesel alanda 1900’lü yıllardan günümüze değin gerçekleşmiş ve kayıt altına alınan deprem verilerine göre çözümleme yapılmıştır. Sonuca göre; sahada 50 yılda aşılma olasılığı %50 olacak şekilde oluşabilecek ortalama en büyük yer ivmesi değeri 0.080g (0.78 m/s^2) olarak belirlenmiştir.

Jeofizik Çalışmaları kapsamında; HES-2 baraj alanı ve çevresinde gerçekleştirilen Zonguldak İli Devrek İlçesi Çayaltı (Çaydeğirmeni)-1 ve 2 HES ve Regülatörü Santral Yerine ait İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Çalışmalarına ait ilgilili raporun jeofizik çalışmaları ile ilgili sayısal verilerinden de yararlanılmıştır (HES1 2012, HES 2 2012).

Bu verilere göre; 1. Tabaka Poisson oranı ortalama $\nu_1=0.35$ değerinde olup, düşük gözenekli ortamı (killi birim), 2. Tabaka Poission oranı ortalama ise $\nu_2= 0.49$ olup, gözenekli ortamı (alüvyon) göstermektedir.

İnceleme sahasında 1. Tabaka (alüvyon) elastisite modülü $E_1=1066-1083 \text{ kg/cm}^2$, 2. Tabakada (killi birim)ise $E_2=3674-3699 \text{ kg/cm}^2$ (367.4-369.9 MPa) arası değerlerdedir. Elastisite modülü değerleri Keçeli (1990)’ye göre; 1.tabakanın “gevşek”, 2. tabakanın ise “orta derecede sağlam” zemin sınıfında olduğu şeklinde yorumlanabilir.

İnceleme alanında 1. Tabakada (alüvyon) yoğunluğu $d_1 =1.35 \text{ g/cm}^3$ (13.5 kN/m^3), 2. Tabakanın (killi birim) yoğunluğu $d_2=2.01 \text{ g/cm}^3$ (20.1 kN/m^3) olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Keçeli (1990) zemin birimlerinin yoğunluk sınıflamasına göre; birinci tabaka (alüvyon) “düşük yoğunlukta”, 2. Tabaka (killi birim) ise; “yüksek yoğunlukta” zeminden oluşmaktadır.

6.3 ARAZİ DENEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İnceleme alanında mühendislik yapılarının oturacağı yerlerde birimlerin yatay ve düşey yöndeki dağılımlarını tespit etmek, yerinde deneyler yapmak ve örnek almak amacı ile 6 adet toplam 126 m temel sondajı yapılmıştır. Açılan sondaj kuyularında, ilerlemeye paralel olarak 22 adet Basıncsız Su Deneyi (Permeabilite), 8 adet Basıncılı Su Testi (Lugeon) ve 22 adet Presiyometre deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere göre inceleme alanında talvegte ve yamaçlarda yer alan alüvyon birim “çok geçirimli” olarak değerlendirilmiştir. Regülatör alanında alüvyon birimin altında yer alan killi birim ise “geçirimsiz” olarak değerlendirilmiştir.

Santral binası alanında Ç2-SSK-1, Ç2-SSK-2 ve Ç2-SSK-3 numaralı temel araştırma sondajları yapılmıştır. Bu sondajlardan elde edilen sonuçlara göre; santralin inşa edileceği alanda üst seviyelerde yer alan alüvyonun kalınlığı 16.00 m ye kadar ulaşmaktadır. Bu alanda açılan sondajlarda ana kayaya girilmemiştir. Sahada ortalama yeraltı suyu seviyesi yüzeyden itibaren; 1.80-3.60 m aralığında değişim sunmaktadır.

6.3.1 Basıncsız Su Deneyi (Permeabilite) Sonucu

Deney gerçekleştirilen seviyeye ait (alüvyon) permeabilite değerleri 1.9×10^{-1} - 4.6×10^{-1} cm/s değerlerinde olup; sonuçlar US Bureau Of Reclamation (1977)’nin geçirimsizlik katsayısı sınıflamasına göre “Çok Geçirimli Kaya” sınıfında yer almaktadırlar.

6.3.2 Basıncılı su testi (BST) sonucu

Deney seviyesinde bulunan killi birim (Kiltaşı; Teç) basıncılı su testi değerleri 0.5-0.93 (Lu) Lugeon arasında değişmekte olup, birim Şekercioğlu 2007’ye göre; “Geçirimsiz” birim sınıfında değerlendirilmiştir

6.3.3 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) Sonucu

Dr-JEOTEK yazılımı kullanılarak zemin emniyetli taşıma gücü; Peck vd (1974)’ e göre; 366.15 kPa (3.72 kg/cm^2), ÇSSK-2 sondajından elde edilen SPT verilerine göre ise; santral alanı kesiminde ise zemin emniyetli taşıma gücü; Peck vd (1974)’ e göre; 274.92 kPa (2.80 kg/cm^2) olarak belirlenmiştir

Bir başka yöntem olarak; santral alanı için Meyerhof'un (1956), Bowles'ın (1988) ve Terzaghi ve Peck'in (1967) eşitlikleri ve önerileri kullanılarak matematiksel olarak da manuel hesaplamalar yapılmış olup, santral alanı kesiminde; Meyerhof (1956) Taşıma gücü önerisine göre; izin verilebilir taşıma güçleri; $q_a = 405.86 \text{ kPa}$ (4.05 kg/cm^2), Bowles (1988) Taşıma Gücü önerisine göre ise; $q_a = 633.98 \text{ kPa}$ (6.33 kg/cm^2), Kumbasar ve Kip (1999)'a göre ise zemin emniyet gerilmesi $q_a = 460 \text{ kN/m}^2$ (460 kPa ; 4.60 kg/cm^2) olarak hesaplanmıştır. Kumbasar ve Kip (1999)'a göre belirlenen zemin emniyet gerilmesi değeri yeraltı suyu seviyesi dikkate alındığında, yeraltı suyu etkisi (C_w) değeri oranında azaltıldığında hesaplamadan $q_a = 241.50 \text{ kN/m}^2$ (241 kPa ; 2.415 kg/cm^2) olarak elde edilmiştir. Değerlerden görüleceği üzere değişik araştırmacıların önerilerine göre gerek yazılım ve gerekse manuel sayısal hesaplamalardan elde edilen sonuçların birbirleri ile uyumlu oldukları anlaşılmaktadır.

6.3.4 Presiyometre Deney Sonucu

Santral alanı için: Ç2SSK-2 sondajından elde edilen hesaplamalara göre; nihai taşıma gücü $q_u = 7.87 \text{ kg/cm}^2$ (0.78 MPa), Emniyetli Taşıma gücü $q_a = 2.62 \text{ kg/cm}^2$ (0.26 MPa)'dir.

Regülatör Alanı için: Ç2RSK-2 sondajından elde edilen hesaplamalara göre; nihai taşıma gücü $q_u = 8.63 \text{ kg/cm}^2$ (0.86 MPa), Emniyetli Taşıma gücü $q_a = 2.88 \text{ kg/cm}^2$ (0.28 MPa) olup, bu kesimde oturma miktarı ise 2.09 cm olarak belirlenmiştir.

Üst seviyelerde yer alan alüvyon birimin (Q_{al}) ortalama emniyetli taşıma gücü 2.80 kg/cm^2 (0.28 MPa) olup yeterli görünmemektedir. Yapı temelinin alüvyon birime oturtulması halinde taşıma gücü probleminin giderilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır.

6.3.5 Likit Limit, Plastik Limit, Plastisite İndisi İle İlgili Deney Sonucu

Killi seviyeyi kesen karot örneklerinden (Ç2RSK-1 19-19.5m, Ç2SSK-2 19-19.5 m) Casagrande yöntemi ile vuruş sayısı ve su muhtevası değerlerinden likit limit değerleri ve devamında plastik limit ve plastisite indisi değerleri belirlenmiştir.

Ç2-RSK-1 (19-19.50 m) örneği için; Likit limit %58, Plastik Limit %21.15, Plastisite indisi 36.85, Ç2-SSK-2 (19-19.50 m) örneği için ise; Likit limit %61.60, Plastik Limit %20.40, Plastisite indisi 41.20 olarak belirlenmiştir. Ayrıca Aletsel analiz yöntemlerinden; XRD

yöntemine göre; deneyde kullanılan killi örneğin % 60-65 lik kısmını Simektit-karışık katman (illit-mika vb) ve % 35-40 lık kısmı ise kil dışı mineralden (Kuars, Feldispat ve Kalsitten oluşmaktadır.

6.3.6 Şişme Deneyi Sonucu

Gerçekleştirilen tek eksenli şişme deney sonucuna göre; Eksenel Şişme Gerilmesi (σ_s) ; 0.04 Mpa iken; %13.34 oranında Eksenel şişme birim deformasyonu (ϵ_s , %), Eksenel Şişme Gerilmesi (σ_s); 0.85 MPa iken, %0.17 oranında Eksenel şişme birim deformasyonu (ϵ_s , %) değeri belirlenmiştir. Bu deneysel sonuçlar; SINTEF (2013) önerisine göre ise; çok yüksek şişme potansiyeli, yüksek aktiviteli malzeme (kil) sınıflamasında yer almaktadır. Ç2-RSK-1, (19-19.5 m) örneğinde yüksek şişme gerilmesi oluşmasının sebebi ise şişme özelliğine sahip simektit minerali varlığı olarak yorumlanabilir. Taşıma yükü hesaplamalarında alüvyon birim altında temelde yer alan killi birime ait düşük 0.85MPa'lık (0.085 kg/cm^2) eksenel şişme gerilmesi (σ_s) değer dikkate alınması yararlı olacaktır.

6.3.7 Sayısal Gerilme Çözümleme Sonucu

Hidroelektrik santrali bünyesinde oluşan gerilme ve yer değiştirmelerin hesaplanmasında sonlu elemanlar çözümleme yöntemi esas olan Phase 2 (Rocscience 2006) bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır. Hidroelektirik santral gövdesi ve oturduğu kaya kütlesi ortamı sonlu elemanlar ağı oluşturularak ortamsal model oluşturulmuştur. Çözümleme sonuçları özellikle baraj gövdesinin oluşturulmasından sonraki aşamada; baraj gölet alanının boş ve suyla dolu olduğu durumlar için incelenmiştir. Barajın boş olduğu durumda baraj gövdesinin yapılmasıyla oluşan en büyük oturma değerleri; mansap yönünde; 1.3 cm, menba yönünde; 1.26 cm olarak belirlenmiştir. Baraj gövdesinde herhangi bir plastik zon (yenilme bölgesi) her iki aşama içinde söz konusu değildir. Barajın tam kapasite ile suyla dolu olduğu durumda (Su yüksekliği; 16 m) ; Mansaptan menba yönüne doğru elde edilen en büyük oturma değerleri; Mansap yönünde 1.9 cm, Menba yönünde; 1.33 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 5.2, Şekil 5.3, 5.4).

6.4 ÖNERİLER

Aks yerinin geçirimsizliğinin sağlanması amacıyla; Regülatör alanında baraj aksı boyunca, taşıma gücünü arttırmak, oluşabilecek oturmaları önlemek ve tabandaki geçirimsizliğin

sağlanması amacıyla uygulamada yaygın olarak başvurulmuş DSİ (2003) “Temel Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi”, TS EN 2716 (2019) “Özel Jeoteknik Uygulamalar-Jet Enjeksiyonu” Standartları dikkate alınarak jetgrout yöntemi uygulanması önerilebilir.

Basınçlı su testi sonuçları ile su yapılarının geçirimsizlik yönünden sorunsuz hale getirilmesi için iyileştirme yöntemleri uygulanmalıdır. Gerek saha da gerçekleştirilen sondaj verilerinden ve gerekse sahadan elde edilen Lugeon değerleri kullanılarak hesaplanan enjeksiyon/jetgrout derinliğinin minimum 30m olması gerektiği belirlenmiştir. Ancak alüvyon birimin kalın olması, taşıma gücünün düşük olması ve oturmaların meydana gelebilecek olması sebebiyle enjeksiyon/jet grout kuyularının alüvyonu geçerek kil birimi içerisinde 10-15 metre ilerlemesi ve jet grout derinliğinin talvegde 30-35 m, yamaçlarda ise 35-40 m olarak planlanması önerilebilir.

Bunun yanı sıra regülatör alanında aks yeri dışında kalan alanda da taşıma gücünü arttırmak ve oturmaları azaltmak amacı ile alüvyon birimin tamamında ve kil birimin bir kısmında da enjeksiyon uygulanmalıdır. Regülatör Alanı B: 11.50 metre. Minimum Enjeksiyon Derinliği: 20 metredir. Dolayısıyla sıyırma kazısından sonra talvegde 20-25 metre, yamaçlarda ise 25-30 metre civarında iyileştirme yapılması uygun olacaktır. Zemin iyileştirme enjeksiyonlarının tamamlanmasında sonra yapı yerlerinde açılacak karotlu temel araştırma kuyusundan alınacak numuneler üzerinde gerekli teknik inceleme ve deneyler gerçekleştirilerek istenen değerlere ulaşıp ulaşılmadığının teyit edilmesi son derece önemlidir.

Üst seviyelerde yer alan alüvyon birimin taşıma gücü $2.80-3.73 \text{ kg/cm}^2$ olup yeterli görünmemektedir. Yapı temelinin alüvyon birime oturtulması halinde taşıma gücü probleminin giderilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Regülatör alanında yapılan presiyometre deneyi neticesinde, temelin alüvyon birime oturtulması durumunda, meydana gelebilecek maksimum oturma miktarının 3.08 cm civarında olacağı belirlenmiştir.

Santral ve regülatör binası alanında bulunan killi birim aynı litolojik özelliklere sahip olup yüksek plastisitelidir. Ayrıca alt seviyede yer alan kil birimin, şişme potansiyeli “yüksek” ve şişme testi sonucunda elde edilen Eksenel Şişme Gerilmesi (σ_s); 0.85 MPa’dır.

Sahada yapılması uygun olacak olan alüvyon enjeksiyonu ile taşıma gücü arttırılarak oturmaların önüne geçebilmek mümkün görünmektedir. Enjeksiyon veya Jet Grout uygulamalarından sonra bu alanda gerçekleştirilecek kontrol amaçlı deneyler ve presiyometre deneyleri ile taşıma gücü oturma miktarları tekrar hesaplanmalıdır.

İnceleme alanının eğimi 0-10° derece arasında olup, yamaçlarda herhangi bir duraysızlık meydana gelmesi beklenmemektedir. Yeraltısuyu altında yapılacak kazılarda ise alüvyonun silt ve kil içeriğine göre kazı oranları 1 düşey 3 yataya kadar çıkarılabilir. Proje alanının çok yağış alan bir bölgede olmasından dolayı yarma sevi hendeklerinin kaplanması uygun olacaktır.

Çaydeğirmeni Hidroelektirk Santrali projesi kapsamında yapılacak olan Baraj Gövdesi ve Santral inşaatları beton agrega malzemesi gerekli olacaktır. Bu amaçla proje alanına yakın civarda uygun doğal yapı malzemeleri alanları araştırılmıştır. Proje alanı içinde ekonomik taşıma mesafesi içinde (10 km) nitelik ve nicelik olarak uygun alüvyon gereç alanı; Devrek Çayı yatağında bulunmaktadır. Bu amaçla Devrek Çayı örnekleri üzerinde uygunluk deneyleri (petrografikl analiz, elek analizi, atterberg limitleri, proktor, Los Angeles vb) gerçekleştirilerek, kullanıma uygunluğu belirlenmelidir.



KAYNAKLAR

- Akyüz S** (2010) Kargı baraj yeri (Çorum) litolojik birimlerin geçirgenlik özellikleri yönünden incelenmesi. *Yüsek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 134 s.
- Alan İ ve Aksay A** (2002) 1:100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Zonguldak E27 ve F27 Paftaları. No 28 Jeoloji Etüdları Dairesi.
- Alptekin Ö, Nabalek J L ve Toksöz M N** (1985) 3 Eylül 1968 Bartın Depreminin Kaynak Mekanizması ve Karadeniz'in Aktif Tektoniği Hakkında Düşünceler, Deprem Araştırma Bülteni Ankara, Sayı 50, 5-28.
- Altun İ E ve Aksay A** (2002) 1:100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ereğli F26 Paftaları, Jeolojik İnceleme Raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, No 27, Ankara, 111.
- ASTM** (1994) Annual book of ASTM Standarts-Section 4, Construction, V. 0408 Soil and Rock; Building Stones. *ASTM Publication*, 978 p.
- Bacak G** (1992) Karadon Mevkii ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri ve Şiferton Potansiyelinin Araştırılması. *Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 48 s.
- Bacak G** (2008) Zonguldak Batısında Yeralan (Kozlu-Krd. Ereğli) Volkanitlerinin Jeolojik Özellikleri ve Endüstriyel Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *ZKÜ Araştırma Fonu Projesi, 2. Gelişme Raporu* (yayımlanmamış), Bilimsel Araştırma Projesi Başkanlığı, Proje Kod No: 2007/2-45-05-07, Zonguldak, 30 s.
- Bacak G ve Konakçı M** (2016) Batı Karadeniz Bölgesinde yer Alan Üst Kretase yaşlı Volkanitlerin Petrografik ve Jeokimyasal özellikleri. *Uluslararası 7. Jeokimya Sempozyumu, 16-18 Mayıs 2017, Likya Hotel, Manavgat-ANTALYA, Sempozyum Bildiri Özet Kitabı*, ISBN: 978-605-136-280-9. Ankara Üniv. Yayınevi, 268-269.
- Baquelin, F, Jezequel, J F and Shields D H** (1978) The Pressuremeter and Foundation Engineering. Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld, Germany, 617 p.
- Bazaraa A R S** (1967) Use of the standard penetration test for estimating settlements of shallow foundations on sand. *Ph.D. thesis*, University of Illinois, Urbana, IL.
- Bilir M E** (2011) Swelling problems and triaxial swelling behavior of claystone: A case study in Tire, Turkey. *Scientific Research and Essays*, 6 (5): 1106-1116.
- Bowles J E** (1984) *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. 2.d Edition, McGraw-Hill, Singapore. 571 pp.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Bowles, J E** (1988) *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill Publication, USA,1004p,
- Buzkan İ** (1996) Zonguldak Bölgesi Kum-Çakıl-Kırmataş Yataklarının Etüdü. 1. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Ed. Ergin Arıoğlu vd. TMMOB, 69-83.
- Bülbül M S ve Bilir M E** (2011) Çan Yenice Linyit Ocağı (Çanakkale) Killerinin Şişme Davranışı. *KAYAMEK'2011-X. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu/ ROCMEC'2011-Xth Regional Rock Mechanics Symposium*, Ankara , Turkey,63-71.
- Çoban F** (1988) Batı Karadeniz Bölgesinde Üst Kretase yaşlı Akçakoca Volkanitlerinin Petrokimyasal Özellikleri. *İstanbul Üniv. Jeoloji Müh. Dergisi*, 30: 43-48.
- Çobanoğlu İ ve Çelik S B** (2008) Standart Penetrasyon testinde (SPT) Uygulama Kaynaklı Hataların Zemin Araştırma Sonuçlarına Etkisi. *DSİ Teknik Bülteni*, Sayı: 103, 31-39. DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Dairesi Başkanlığı 06100 Yücepete – Ankara.
- DSİ** (2016) Temel Sondaj ve Enjeksiyon Şartnamesi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısuları Dairesi Başkanlığı, No:18349, Ankara, 43.
- Erendil M, Aksay A, Kuşçu İ, Oral A, Tunay G ve Temren A** (1991) *Bolu Masifi ve Çevresinin Jeolojisi*. MTA Rap. MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi No: 9425, Ankara, 120.
- Gedik İ ve Önalın M** (2001) Çamdağ (Sakarya ili) Paleozoyik stratigrafisine yeni bir yaklaşım. *İ.Ü. Müh. Fak., Yerbilimleri Dergisi*, 25: 85-96.
- Genç D** (2011) *Zemin Mekaniği ve Temeller*, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın No: 100, ISBN 978-9944-89-555-2, Ertem Basımevi, Ankara, 848.
- HES-1** (2012) Zonguldak İli, Devrek İlçesi Çayaltı (Çaydeğirmeni)-1 Regülatörü ve HES Projesi Kesin Proje Aşaması Mühendislik Jeolojisi Raporu, Ada Grup Jeoteknik LTD, Ankara, 848.
- HES-2** (2012) Zonguldak İli, Devrek İlçesi Çayaltı (Çaydeğirmeni)-2 Regülatörü ve HES Projesi Kesin Proje Aşaması Mühendislik Jeolojisi Raporu, Ada Grup Jeoteknik LTD, Ankara 848.
- ISRM** (1989) Suggested methods for laboratory testing of argillaceous swelling rocks, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 26 (5): 415-426.
- Joyner W B and D M Boore** (1981) *Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley*. California, earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.* 71: 2011-2038.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kaya O, Wiedmanm J and Kozur H** (1986) Premiminary Report On The Stratigraphy, Age And Scructure Of The So-Called Late-Paleozoic And/Or Triassic Melange Or Sture Zone Complex Of Northwestern And Western Turkey. *Yerbilimleri Dergisi*, 9 (13): 1-16.
- Kayabaşı A** (2014) Taşıma Gücü ve Oturma İncelemelrinde Menard Pressiyometre Deneyinin Uygulanması: Kuloğlu HES Regülatörü Yerinde Bir Örnek Çalışma (Kars, Türkiye), TMMOB-Jeoloji Müh. Odası, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 38 (2): 73-102.
- Keçeli A D** (1990) Zemin Emniyet Gerilmesinin Sismik Metodlar ile Tayini. *Jeofizik Dergisi*, Ankara, Turkiye, 4: 83-92.
- Ketin İ ve Gümüş A** (1963) *Sinop-Ayancık Arasında III. Bölgeye Ait Sahaların Jeolojisi*. TPAO Raporu No:288, Ankara.
- Ketin İ** (1966) Anadolunun tektonik birlikleri (tectonic units of Anatolian Asia minor). *MTA Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 66: 20-34.
- Ketin İ ve Abdülselamoğlu Ş** (1970) *Bartın Depreminin Etkileri*. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Ankara, 12, 66-76.
- Liao, S S and Whitman R V** (1986) “Overburden Correction Factors for SPT in Sand”, *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 112 (3): 373-377.
- Me'nard L** (1967) Essais pressiome'triques dans le rocher, Notice Etudes Pressiome'triques Louis Me'nard D21.
- Meyerhof G G** (1956) Shallow Foundations, *JSM FD ASCE*, 91: 21-31.
- Okay A İ** (1989) Tectonic Units and Sutures in the Pondides, Northern Turkey. *Tectonic Evolution of the Tethyan Region*: ed. A.M.C. Şengör, Nato Advanced Science İnstitute (ASI) Series (Publ.) 109-116.
- Okay A İ, Şengör A M C and Görür N** (1994) Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding regions. *Geology*, 22: 267-270.
- Önalın M** (1982) Pendik Bölgesi İle Adaların Jeolojisi ve Sedimanter Özellikleri, *Doçentlik Tezi (yayımlanmamış)*, İstanbul Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi Jeoloji Bölümü, İstanbul, 85.
- Özçep F** (2006) Zeminlerin Statik ve Dinamik Analizi, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Eğitim Yayınları No: 6, 551 Sayfa, ISBN No: 9944-89-195-9, Ankara.
- Peck R B, Hanson W E and Thombum T H** (1974) Foundation Engineering. 2nd ed. John Wiley & Sons, N.Y.
- Ralli G** (1933) *Zonguldak-Ereğli Havzası Kömür Durumu*. MTA Raporu No:12, Ankara, 55.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Rocscience** (2006) PHASE2: Finite Element Analysis for Excavations and Slopes.
<https://www.rocscience.com/support/program-downloads>
- Sağlamer A** (1979) *Standart Penetrasyon Deneyi Nedir, Ne Değildir*. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Türk Milli Komitesi Bülteni, 1, 4, 267-271.
- Saner S, Siyako M, Aksoy Z, Bürkan K A ve Demir O** (1981) *Zonguldak Dolayının Jeolojisi*,. TPAO Raporu, No: 187, Ankara.
- Saner S, Taner İ, Aksoy Z, Siyako M ve Bürkan K A** (1979) *Karabük-Safranbolu Bölgesinin jeolojisi*. TPAO Raporu, No: 1322, Ankara.
- SINTEF** (2013) Test Raport for Swelling Properties, Ed. Simon Alexande Hagen, SINTEF Building and Infrastructure, 2013-03-14, PP 3, Postboks 4760 Sluppen No:7465 Trondheim-NORWAY.
- Sivrikaya, O ve Toğrol, E** (2002) *Standart Penetrasyon Deneyinin Türkiye'deki Uygulaması*. Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 9. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, Eskişehir, 158 – 167.
- Şekercioğlu, E** (2007) Yapıların projelendirilmesinde mühendislik jeolojisi. *JMO yayınları*, No:28, 4. Baskı, 117.
- Şengör A M C, Yılmaz Y and Sungurlu O** (1984) Tectonics of the mediterranean cimmerides: Nature and evolution of The western termination of Paleotethys. *The Geological Evolution Of The Eastern Mediterranean*, ed. J.E. Dixon And A.H.F. Robertson, *Geological Society Of London Special Publication*, pp. 77-112.
- Teng, W C** (1962) Foundation Design, third edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.Y.
- Tokay M** (1955) Filyos Çayı ağzı Amasra-Bartın-Kozcağz-Çaycuma bölgesinin jeolojisi. *MTA Dergisi* 46: 58-74.
- Tokimatsu K and Yoshimi Y** (1983) Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT-N Value and Fines Content, *Soil and Foundations*, 23 (4): 56–74.
- Toksöz Topçu H** (2006) Zonguldak-Bartın Arasındaki Cangaza Bazaltlarının Agregat Olma Özellikleri ve Beton Üretiminde Kullanılabilirliği, *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 96 s.
- TS 1900-1/T2** (2015) İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri-Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini. TSE, Ankara, No:112, 2 s.
- TS EN 12716** (2019) Özel Jeoteknik Uygulamalar-Jet Enjeksiyon, (Execution of special geotechnical work - Jet grouting), Türk Standardları Enstitüsü. No.112, Ankara, 40 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- TS1900-1** (2006) İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini, TSE, Ankara. No.112, 93 s.
- TS1900-2** (2006) İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, TSE, Ankara, No.112, 64.
- TS 500** (2000) Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TSE, ICS 91.080.40 Ankara, No:112, 67.
- URL-1** <<https://www.afad.gov.tr/tr/26539/Yeni-Deprem-Tehlike-Haritasi>>, Ziyaret tarihi: 2019
- URL-2** <<https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>>, Ziyaret tarihi:2019
- URL-3** <<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>>, Ziyaret tarihi:2019
- URL-4** <<http://www.koeri.boun.edu.tr>>, Ziyaret tarihi:2019
- URL-5** <<https://sites.google.com/site/ferozcep/programs>>, Ziyaret tarihi:2019
- URL-6** <<http://jeofizikalemi.blogspot.com/2016/10/masw-yontemi-nedir.html>>, Ziyaret tarihi:2019
- URL-7** <<https://biz.nevsehir.edu.tr/mutluhanakin>>, Ziyaret tarihi:2019
- US Bureau of Reclamation** (1977) Permaibility Tests in Inddividual Drill Holes and Wells. In: Ground Watwer Manuel. Dept. of the Interior, US Bureou of Reclamation, Washington, DC, 317-342.
- Uyanık O** (2015) Deprem Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi ve Şehir Planlaması için Makro ve Mikro Bölgelendirmelerin Önemi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Isparta, e-ISSN 1308-652919 (2): 24-38.
- Yalçın M N ve Gürdal G** (1995) Zonguldak Taşkömür Havzasının Genel Jeolojisi ve Kozlu K20/G Sondaj Kuyusu Stratigrafisi, *TÜBİTAK- MAM Özel Yayını*, 45-65.
- Yeşil M M** (1991) Determination of Three Dimensional Swelling Characteristics of Clay Bearing Rocks, *A Doctor of Philosophy Thesis in Mining Engineering*, METU, Ankara, 109.
- Yılmaz S A** (2009) Zonguldak Batısında Yer Alan (Kozlu-Kdz. Ereğli) Volkanitlerin Jeolojik Özellikleri Ve Endüstriyel Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış)*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 99.



BİBLİYOGRAFYA

- Aydın M, Serdar H S, Şahintürk Ö, Yazman M, Çokuğraş R, Demir O ve Özçelik Y** (1987) Çamdağ (Sakarya)-Sünnicedağ (Bolu) yöresinin jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 30: 1-14.
- Liao S S and Whitman R V** (1986) Overburden Correction Factors for SPT in Sand, *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 112 (3): 373–377.
- Meyerhof G G** (1956) Shallow Foundations, *J SM FD ASCE*, 1 91: 21-31.
- Seed H B** (1979) Soil liquefaction and cyclic mobility evaluation for level ground during earthquakes. *ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 105: 201-255.
- Seed H B, Tokimatsu K, Harder L F and Chung R M** (1985) Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations, *ASCE Journal of Geotechnical Engineering*, 111i 12: 1425–1445.
- Seed H B, Woodward R J and Lundgren R** (1962) Prediction of swelling potential for compactedclays, *Journal of Soil Mechanics and Foundation Division ASCE*, Vol. 88 (SM3), pp. 53–87.
- Skempton A W** (1986) Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Overconsolidation, *Geotechnique*, 36 (3): 425-447.
- Terzaghi, K and Peck, R B** (1948) *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, Inc, London.
- Terzaghi K and Peck R B** (1967) *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley & Sons Publication, New York, 729.
- Ustaömer P A** (1996) Bolu Yedigöller Granit Kayaçlarının Petrojenezi ve Metalojenezi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış), Maden Yatakları-Jeokimya Programı, İstanbul, 365.
- Yergök A F, Akman Ü, Tekin F, Karabalık N, Arbas A, Akat U, Armağan F ve Karakullukçu H** (1987) *Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi*, 1. MTA Raporu, No:8273, Ankara.
- Youd T L and Idris I M** (1997) Summary Report: Proceedings of the NCEER Workshop On Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, NCEER 97-0022, Salt Lake City, Utah.



EK AÇIKLAMALAR

Ek 1: Çaydeğirmeni (Çayaltı) HES-2 Projesi Proje Özellikleri (HES 2 2012).

Amacı	:	Enerji
-------	---	--------

HİDROLOJİ

Regülatör Yeri Yağış Alanı	:	2950.00	km ²
Yıllık Toplam Doğal Akım	:	727.84	km ² (Mevcut Durum)
Yıllık Ort. Debi	:	23.13	m ³ /s(Mevcut Durum)
Proje Taşkın Debileri	Q ₍₁₀₀₎	: 485.9	m ³ /s
	Q ₍₅₀₎	: 433.3	m ³ /s
	Q ₍₂₅₎	: 381.0	m ³ /s
	Q ₍₁₀₎	: 311.0	m ³ /s
	Q ₍₅₎	: 256.0	m ³ /s
	Q ₍₂₎	: 173.0	m ³ /s

DOLUSAVAK, DÜSÜ HAVUZU, ÇAKIL GEÇİDİ

Savak Tipi	:	Kontrollü, Dolu Gövdeli
Savak Esik Kotu	:	54.50 m
Çakıl Geçidi Esik Kotu	:	53.50 m
Talveg Kotu	:	53.50 m
Temel Kotu	:	48.95 m
Talvegden Yükseklik	:	1.00 m
Temelden Yükseklik	:	4.55 m
Regülatör Çevre Düzenleme Kotu	:	61.00 m
Taskın Su Kotu	:	59.00 m
Dolu Savak Dizayn Debisi (Q 100)	:	485.90 m ³ /s
Gövde Uzunluğu	:	68.50 m

Kapak Adedi : 5 adet
Kapak Ebatları : 5.50 x 4.50 (4 adet) 5.50 x 5.50 (1 adet)
Düsü Havuzu Taban Kotu : 51.40 m

SU ALMA YAPISI

Su Alma Giriş Taban Kotu : 54.50 m
Su Alma Yapısı Tasarım
Debisi : 55.00 m³/s
İşletme kotu : 59.00 m

SANTRAL BİNASI

Santral Tipi : Açıkta İnşa Edilmiş
Boyutları : 32.00 m x 20.10 m x 20.50 m
Temelden Yükseklik : 31.50 m
Kurulu Güç : 6.786 MW m / 6.517 MW e
Kuyruk Suyu Kotu : 45.00 m

KUYRUKSUYU TARAMASI

Kesiti : Trapez
Taban genişliği : 60 m
Sev eğimi : 1D / 2Y
Başlangıç kotu : 43.15 m
Bitiş kotu : 42.95 m
Kazı uzunluğu : 3100 m
Kazı kübaşı : 2 045 225 m³

ENERJİ ÜRETİMİ (MEVCUT DURUM)

Güvenilir enerji üretimi : 5.44 GWh / yıl
Sekonder enerji üretimi : 14.48 GWh / yıl
Toplam enerji üretimi : 19.92 GWh / yıl

ENERJİ ÜRETİMİ (MEVCUT DURUM-2)

Güvenilir enerji üretimi	: 7.92GWh / yıl
Sekonder enerji üretimi	: 12.74 GWh
Toplam enerji üretimi	: 20.66 GWh

ENERJİ ÜRETİMİ (GELİSMELİ DURUM)

Güvenilir enerji üretimi	: 9.54 GWh
Sekonder enerji üretimi	: 11.19 GWh
Toplam enerji üretimi	: 20.73 GWh

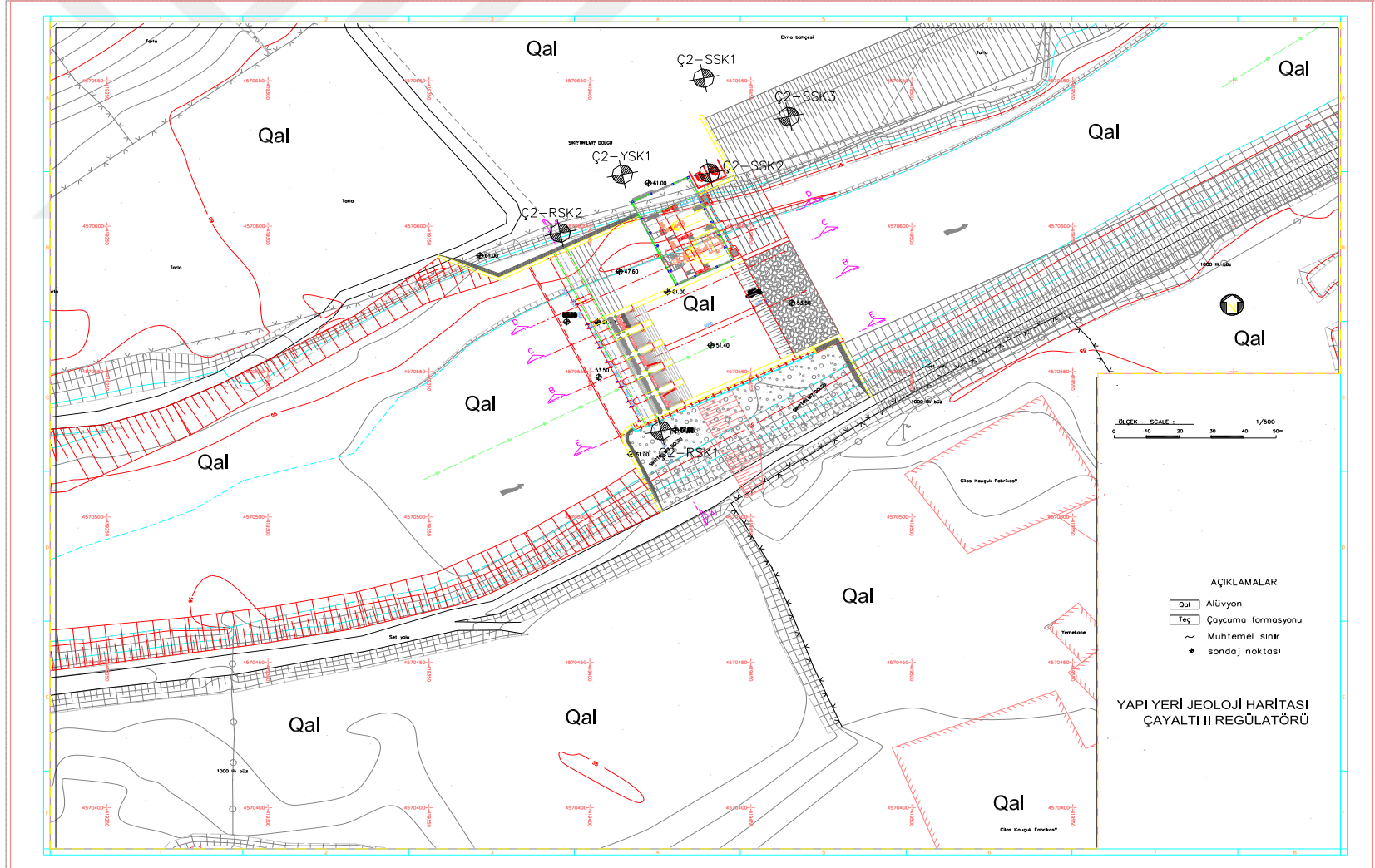
TÜRBİN

Adedi	: 2
Tipi	: S tipi,kaplan türbini
Kurulu Gücü	: $6.169 \text{ MW m} + 0.617 = 6.786 \text{ MW m}$
Tasarım Debisi	: $5 + 50 = 55.00 \text{ m}^3/\text{s}$
Brüt Düsü	: 14.00m
Net Düsü	: 13.67 m
Senkron (Dönüş) Hizi	: 250 d/dak (Büyük) / 750 d/dak (Küçük)
Maksimum Dehide Verim	: 0.92

JENERATÖR

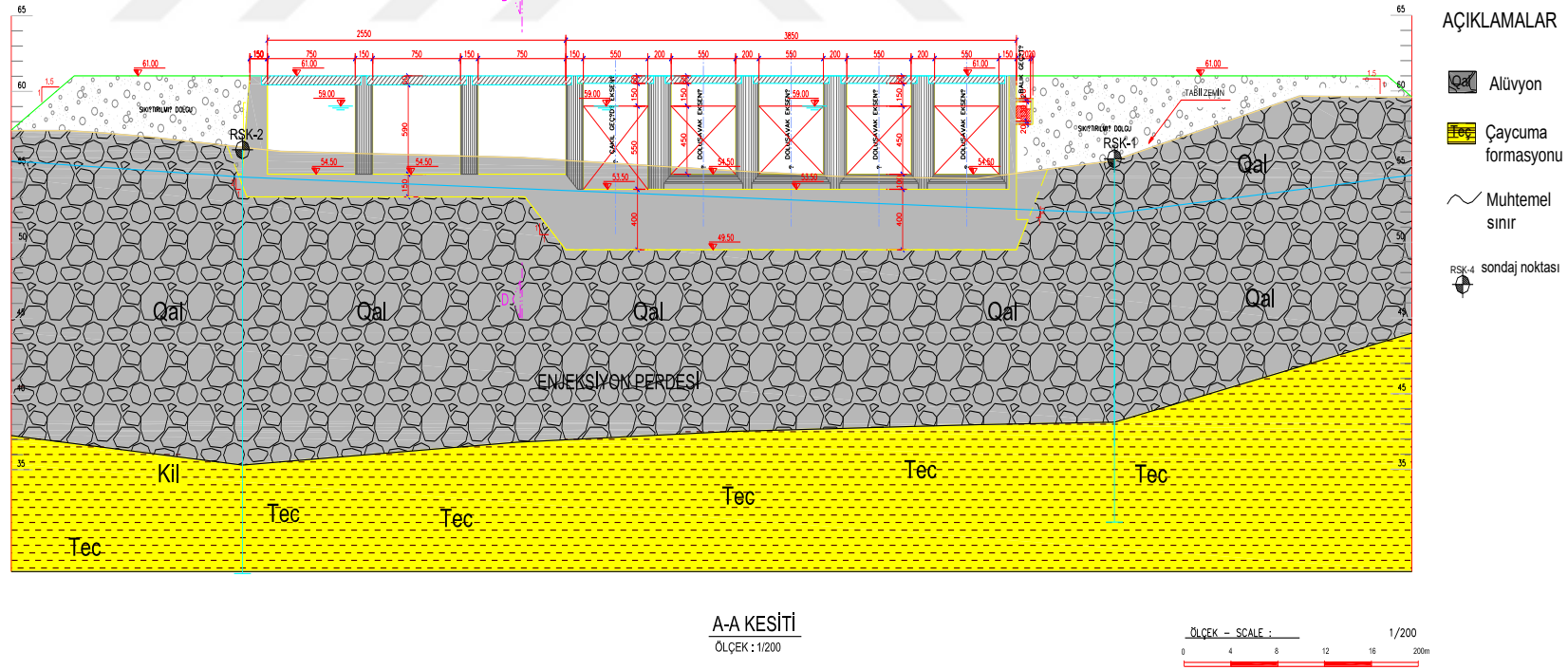
Adedi	: 2
Tipi	: Yatay eksenli senkron generatör
Çalışma Sekli	: Devamlı
Normal Gücü	: $1 \times 6800 \text{ kVA} / 1 \times 680 \text{ kVA}$
Uç Gerilimi	: 6.3 kV
Güç Faktörü	: 0.90
Frekansi	: 50 Hz
Dönüş Hizi	: 250 d/dak (Büyük) / 750 d/dak (Küçük)
Tahrik Sekli	Türbin miline direkt akuple
İkaz Sekli	: Fırçasız döner diyotlu
Kısa Devre Oranı	: 0.75'ten büyük
İzolasyon Sınıfı	: F

Ek 2: Yapı Yeri Jeoloji Haritası (HES 2 2012)

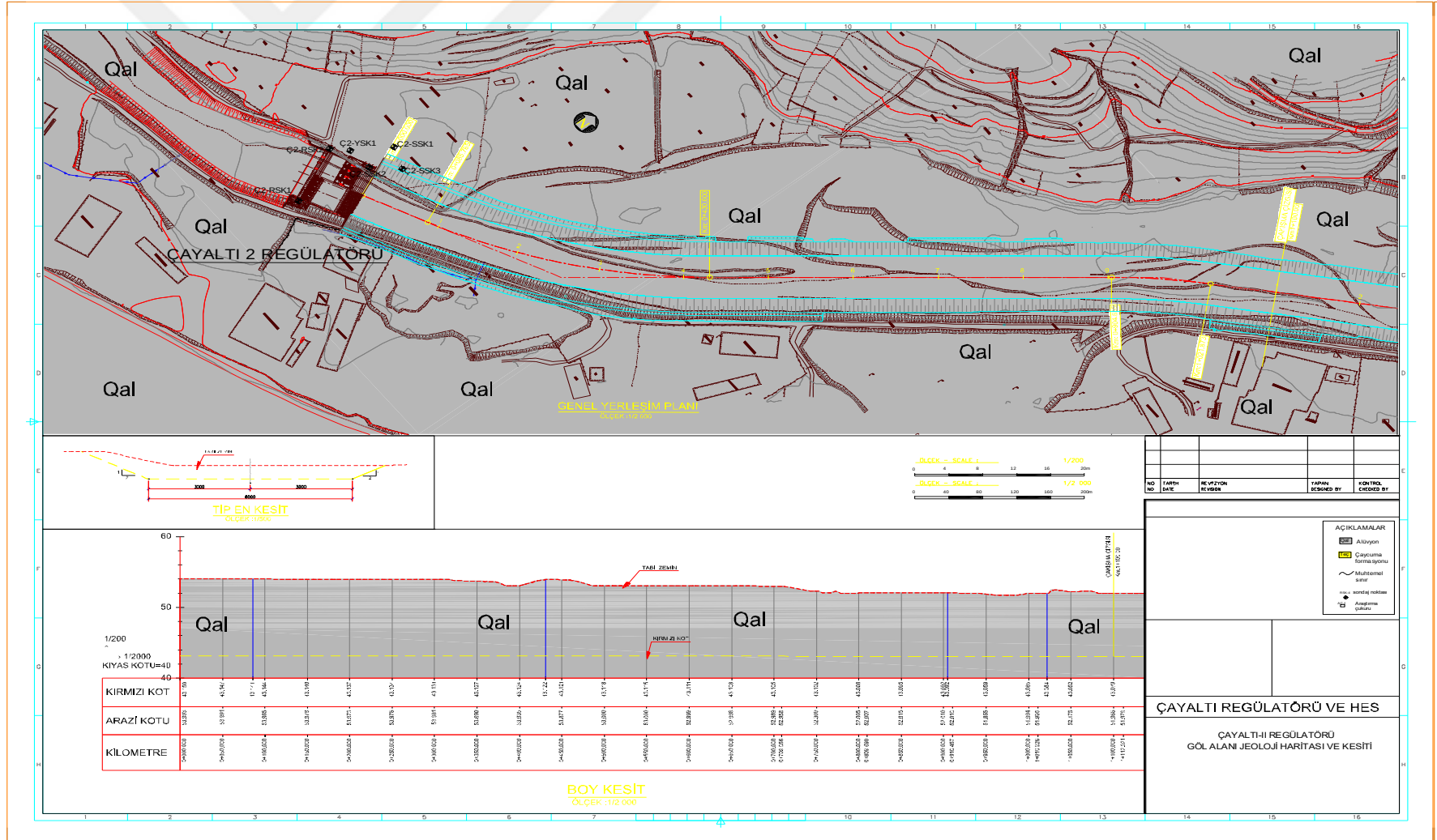


Ek 3: Yapı Yeri A-A Jeoloji Kesiti (HES 2 2012)

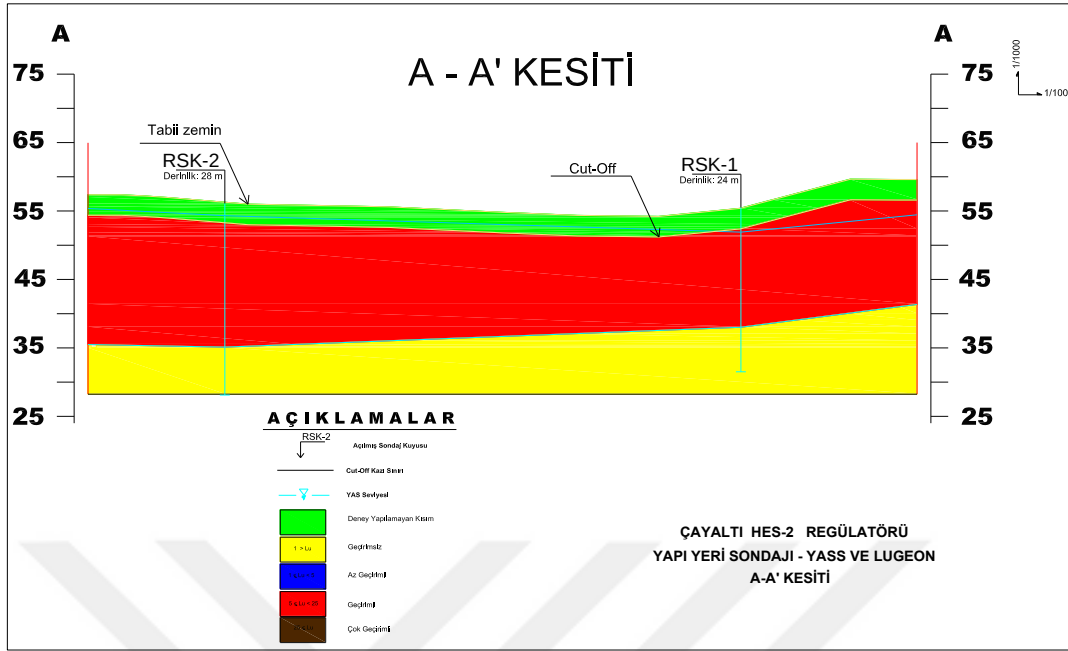
ÇAYALTI II REGÜLATÖRÜ YAPI YERİ A-A' JEOLOJİ KESİTİ



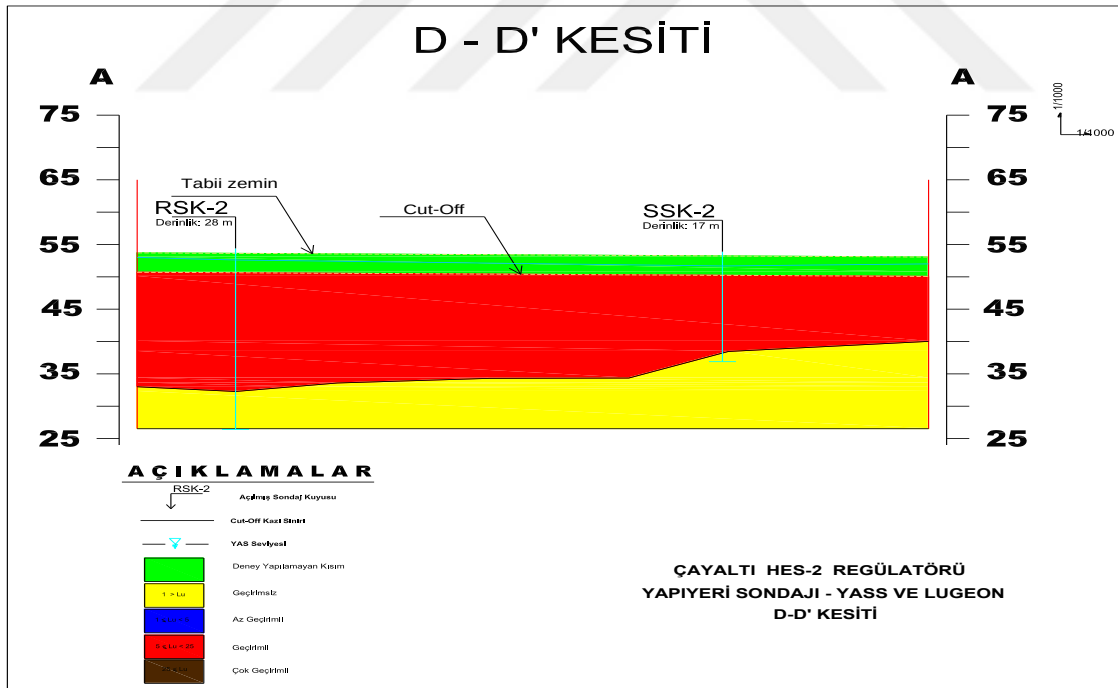
Ek 4: Çaydeğirmeni (Çayaltı) HES-2 Regülatörü Göl Alanı ve Çevresi Jeoloji Haritası ve Kesiti (HES 2 2012)



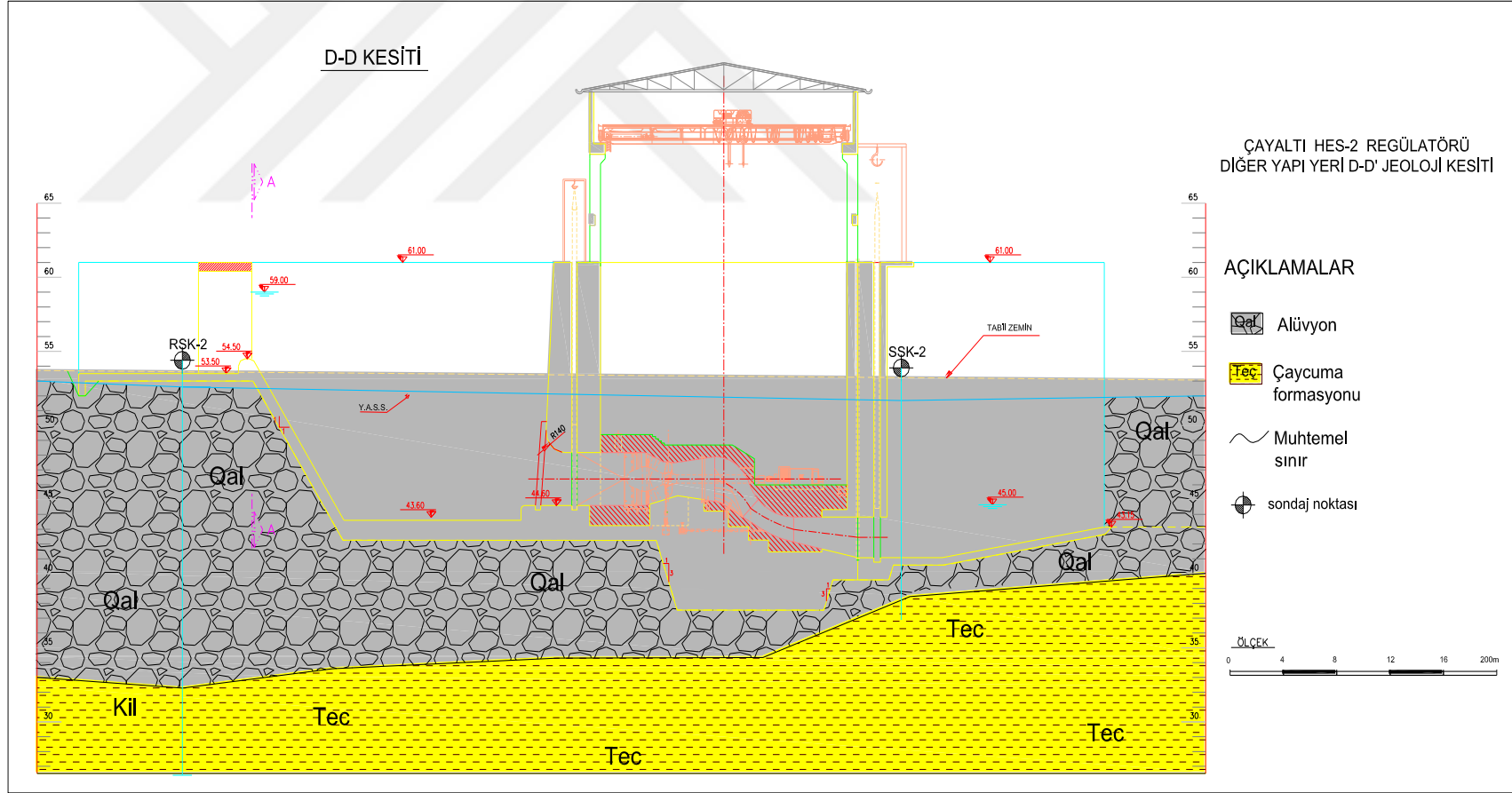
Ek 5: Çaydeğirmeni (Çayaltı) HES-2 Yapıyeri Sondajı A-A' Kesiti (HES 2 2012)



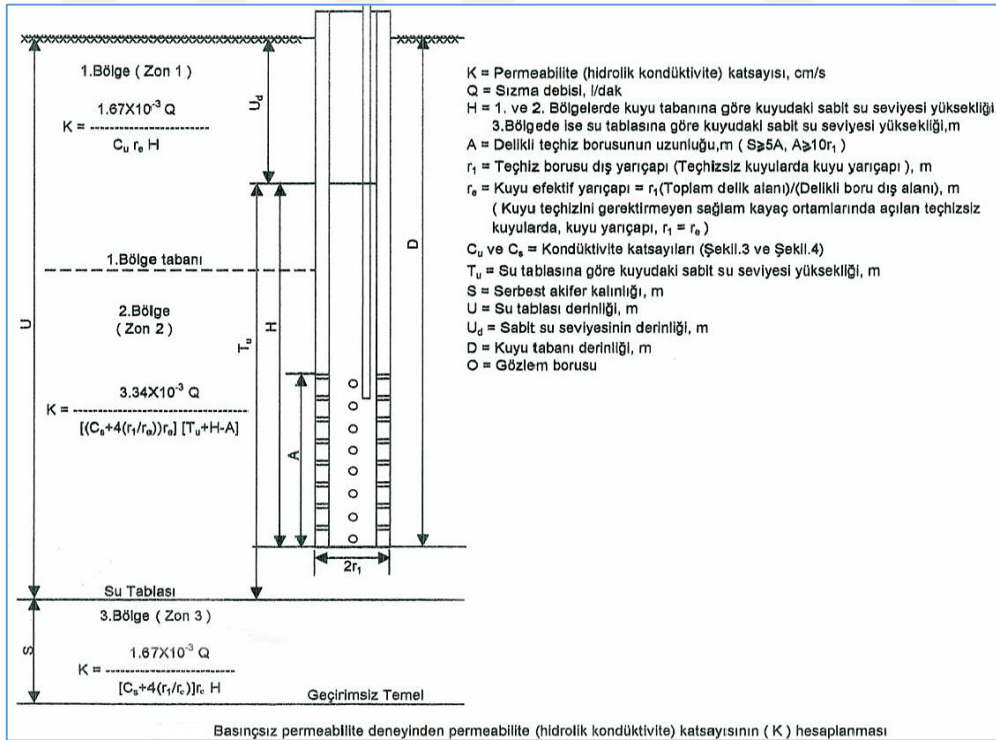
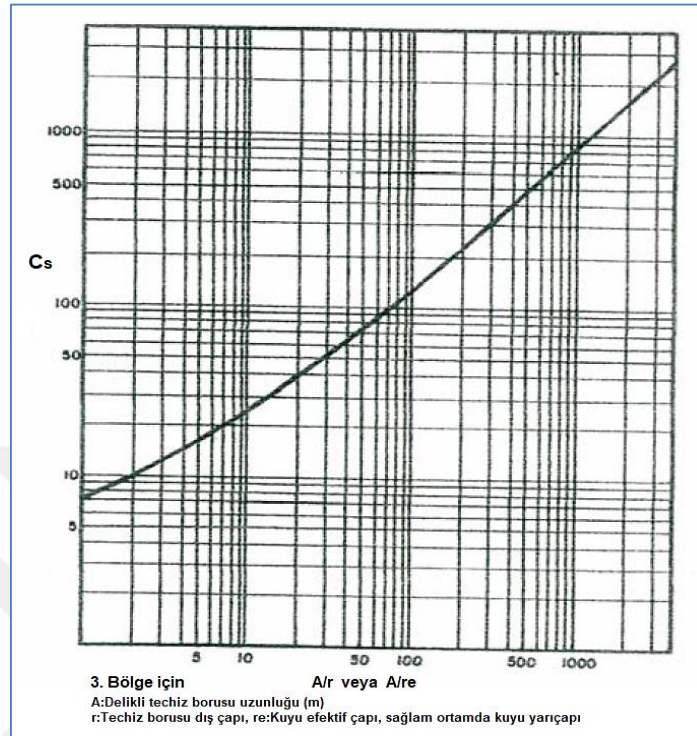
Çaydeğirmeni HES-2 Yapıyeri Sondajı D-D' Kesiti



Ek 6: Çayaltı Hes-2 Regülatörü Yapı Yeri D-D' Kesiti (Hes 2 2012)



Ek 7: Basıncsız Su Testi (Permeabilite) için Hesaplamalarda Kullanılan C_s Abağı
(Şekercioğlu 2007)



Ek 8: Permeabilite Deneyi Hesaplamaları (HES 2 2012)

PERMEABİLİTE DENEYİ HESAPLAMALARI							
PROJE ADI:				ÇAYALTI 2 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ			
KUYU NO:		YAS:		KUYU NO:		YAS:	
Ç2-RSK1		3,60 m		Ç2-RSK1		3,60 m	
Derinlik(m)	3-5 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	71	4,1E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	5-7 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	56	3,2E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	8-10 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	50	2,86E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	10-12 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	57	3,3E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	13-15 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	63	3,6E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)		K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)				Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)		K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)				Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10

PERMEABİLİTE DENEYİ HESAPLAMALARI							
PROJE ADI:				ÇAYALTI 2 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ			
KUYU NO:		YAS:		KUYU NO:		YAS:	
Ç2-RSK2		1,80 m		Ç2-RSK2		1,80 m	
Derinlik(m)	3-5 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	66	3,8E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	5-7 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	61	3,5E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	8-10 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	44	2,52E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	10-12 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	49	2,8E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	13-15 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	55	3,1E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	16-18 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	52	3,0E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10
Derinlik(m)	18-20 m	K(cm/sn)		Derinlik(m)		K(cm/sn)	
Q(debi)	39	2,2E-01		Q(debi)			
r (cm)	3,80	c	1.504	r (cm)	3,80	c	1.504
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50
L (m)	1,50	t (dk)	10	L (m)	1,50	t (dk)	10

PERMEABİLİTE DENEYİ HESAPLAMALARI									
PROJE ADI: ÇAYALTI 2 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ									
KUYU NO:	Ç2-SSK1	YAS: 2,55 m			KUYU NO:	Ç2-SSK1	YAS: 2,55 m		
Derinlik(m)	3-5 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	81	4,6E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)	5-7 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	77	4,4E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)	8-10 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	62	3,55E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)	10-12 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	68	3,9E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)	13-15 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	46	2,6E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)		K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)					Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)		K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)					Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	

PERMEABİLİTE DENEYİ HESAPLAMALARI									
PROJE ADI: ÇAYALTI 2 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ									
KUYU NO:	Ç2-SSK2	YAS: 2,20 m			KUYU NO:	Ç2-SSK2	YAS: 2,20 m		
Derinlik(m)	3-5 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	62	3,5E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)	5-7 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	54	3,1E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)	8-10 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	41	2,35E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)	10-12 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	45	2,6E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)	13-15 m	K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)	34	1,9E-01			Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)		K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)					Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	
Derinlik(m)		K(cm/sn)			Derinlik(m)		K(cm/sn)		
Q(debi)					Q(debi)				
r (cm)	3,80	c	1.504		r (cm)	3,80	c	1.504	
H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50		H (m)	20,00	ΔH (kg/cm ²)	0,50	
L (m)	1,50	t (dk)	10		L (m)	1,50	t (dk)	10	

Ek 9: BST Testi Kuyu Logu Verileri

C1-RSK-1 (HES 2 2012)

Sondaj No: C1-RSK.1 Sayfa No: 3

ÇAYALTI 1 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU																							
DERİNLİK (m)	Günlük Durum		Örnek Tipi ve No	Kuyu Çapı ve Kes. Üç	Muhafaza Bonusu ve Çim.	Sondaj Suyu (Rank ve %)	Basıncılı Su Deneyi				Basıncısız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri			JEOLOJİK KESİT	BST Deney Ekipmanı		
	İlerleme (m)	Su Seviyesi (m)					Basınç (kg/cm ²)	1 inçl 5 dk. kayıp	2 inçl 5 dk. kayıp	Toplam Kayıp	Lugeon	Su Kaybı (lt.)	K (cm/s)	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	SPT-N	Taşınma Gücü (kg/cm ²)	Karot Yüzdesi (%)		RQD (%)	Süreklilik Sıklığı (m)	Ayrılma Derecesi
37,00	↑	↑					2	1	2	3											34.50-40.00 m Kiltaş Gri-siyah renkli, laminalı, kırıklı-çatlaklı, yumuşak, dağılgan, çatlak yüzeyleri az pürüzlü, çatlak açılan 30-50 derece arasında.		
38,00							4	1	2	3													
39,00	19.01.2012						6	2	3	5													
40,00							10	3	7	10	1,05												
							11	7	18														
							12	7	19														
							13	7	20														
							14	7	21														
							15	7	22														
							16	7	23														
41,00							17	7	24														
42,00							18	7	25														
43,00							19	7	26														
44,00							20	7	27														
45,00							21	7	28														
46,00							22	7	29														
47,00							23	7	30														
48,00							24	7	31														
49,00							25	7	32														
50,00							26	7	33														
51,00							27	7	34														
52,00							28	7	35														
53,00							29	7	36														
54,00							30	7	37														
55,00							31	7	38														
							32	7	39														
							33	7	40														
							34	7	41														
							35	7	42														
							36	7	43														
							37	7	44														
							38	7	45														
							39	7	46														
							40	7	47														
							41	7	48														
							42	7	49														
							43	7	50														
							44	7	51														
							45	7	52														
							46	7	53														
							47	7	54														
							48	7	55														
							49	7	56														
							50	7	57														
							51	7	58														
							52	7	59														
							53	7	60														
							54	7	61														
							55	7	62														
							56	7	63														
							57	7	64														
							58	7	65														
							59	7	66														
							60	7	67														
							61	7	68														
							62	7	69														
							63	7	70														
							64	7	71														
							65	7	72														
							66	7	73														
							67	7	74														
							68	7	75														
							69	7	76														
							70	7	77														
							71	7	78														
							72	7	79														
							73	7	80														
							74	7	81														
							75	7	82														
							76	7	83														
							77	7	84														
							78	7	85														
							79	7	86														
							80	7	87														
							81	7	88														
							82	7	89														
							83	7	90														
							84	7	91														
							85	7	92														
							86	7	93														
							87	7	94														
							88	7	95														
							89	7	96														
							90	7	97														
							91	7	98														
							92	7	99														
							93	7	100														
							94	7	101														
							95	7	102														
							96	7	103														
							97	7	104														
							98	7	105														
							99	7	106														
							100	7	107														
							101	7	108														
							102	7	109														
							103	7	110														
							104	7	111														
							105	7	112														
				</																			

Ç1-RSK-2 (HES 2 2012)

ÇAYALTI 1 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU																																		
YERİ		REGÜLATÖR ALANI DOLUSAVAK					BAŞLANGIÇ TARİHİ					24.01.2012					SONDAJ NO			SAYFA NO														
İLİLÇE		ZONGULDAK-DEVREK					BİTİŞ TARİHİ					26.01.2012					Ç1-RSK-2			1														
KONUMU		DÜŞEY					MAKİNE TİPİ					D-500																						
DERİNLİĞİ		35,00m					SONDÖR										YER ALTI SUYU DURUMU																	
KOTU		65,00					LOGU HAZIRLAYAN-KONTROL					İsim					İmza					TARİH			DERİNLİK			AÇIKLAMA						
Koordinatları X		416135.55					HAZIRLAYAN															24.01.2012					0,85							
Y		4567174.33					KONTROL MÜH.															25.01.2012					1,00							
																						26.01.2012					1,00							
DERİNLİK (m)	İlerleme (m)	Su Seviyesi (m)	Örnek Tipi ve No	Kuyu Çapı ve Kes. Uç	Muhafaza Borusu ve Çim.	Sondaj Suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyi				Basıncız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA												
							Basınç (kg/cm²)	1 inçl 5 dk. kayıp	2 inçl 5 dk. kayıp	Lugeon	Su Kaybı (lt.)	K (cm/s)	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	SPT-N	Tajama Gücü (kg/cm²)	Karot Yüzdesi (%)	RQD (%)	Süreksizlik Sıklığı (m)			Ayrışma Derecesi											
1,00																						0,00-28,00 m												
2,00																																		
3,00																																		
4,00																																		
5,00																																		
6,00																																		
7,00																																		
8,00																																		
9,00																																		
10,00																																		
11,00																																		
12,00																																		
13,00																																		
14,00																																		
15,00																																		
16,00																																		
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)							GEÇİRİMLİLİK - K (cm/s)					KAYA NİTELİĞİ % (RQD)					SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (m)						AYRIŞMA DERECEİ (W)											
<1 Geçirimsiz							<10 ⁻⁴ Geçirimsiz					0 - 25 Çok Zayıf					<1 Masif					W1 Taze (Ayrışmamış)												
1 - 5 Az Geçirimli							10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵ Az Geçirimli					25 - 50 Zayıf					1 - 3 Az Çatlaklı-Kırıklı					W2 Az Ayrışmış												
5 - 25 Geçirimli							10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴ Yarı Geçirimli					50 - 75 Orta					3 - 10 Kırıklı					W3 Orta Derecede Ayrışmış												
>25 Çok Geçirimli							10 ⁻⁴ - 10 ⁻³ Geçirimli					75 - 90 İyi					10 - 50 Çok Çatlaklı-Kırıklı					W4 Çok Ayrışmış												
							>10 ⁻³ Çok Geçirimli					90 - 100 Çok İyi					>50 Parçalı					W5 Tamamen Ayrışmış												

ÇAYALTI 1 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU																								
DERİNLİK (m)	Genel Durum		Örnek Tipi ve No	Kuyu Çapı ve Kes. Uç	Muhafaza Borusu ve Çim.	Sondaj Suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi				Basınçsız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA		
	İlerleme (m)	Su Seviyesi (m)					Basınç (kg/cm ²)	1 inç 5 dk. kayıp	2 inç 5 dk. kayıp	Lugzon	Su Kaybı (lt.)	K (cm/s)	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	SPT-N	Taşınma Gücü (kg/cm ²)	Karot Yüzdesi (%)	RQD (%)	Süreksizlik Sıklığı (m)			Ayrışma Derecesi	
17,00	↑	↑												41	49	50/6	R		25	-	-	-		0.00-28.00 m
18,00																								
19,00									71	4.10E-01			33	40	48	88		23	-	-	-			
20,00													47	50/9		R								
21,00									50	2.90E-01			39	47	50/4	R		21	-	-	-			
22,00																								
23,00													41	50/11		R		14	-	-	-			
24,00									57	3.30E-01			50/11			R								
25,00																		18	-	-	-			
26,00													50/8			R								
27,00													50/6			R		20	-	-	-			
28,00																								
29,00																		58	51	3 - 10	w4		28.00-35.00 m	
30,00																					w3			
31,00																		66	57	3 - 10	w3			
32,00																					w4			
33,00																		61	52	3 - 10	w3			
34,00																		73	65	3 - 10	w3			
35,00																					w3			
36,00																								
37,00																								
38,00																								
39,00																								
40,00																								
41,00																								
42,00																								
43,00																								
44,00																								
45,00																								
46,00																								
47,00																								
48,00																								
49,00																								
50,00																								
51,00																								
52,00																								
53,00																								
54,00																								
55,00																								
56,00																								
57,00																								
58,00																								
59,00																								
60,00																								
61,00																								
62,00																								
63,00																								
64,00																								
65,00																								
66,00																								
67,00																								
68,00																								
69,00																								
70,00																								
71,00																								
72,00																								
73,00																								
74,00																								
75,00																								
76,00																								
77,00																								
78,00																								
79,00																								
80,00																								
81,00																								
82,00																								
83,00																								
84,00																								
85,00																								
86,00																								
87,00																								
88,00																								
89,00																								
90,00																								
91,00																								
92,00																								
93,00																								
94,00																								
95,00																								
96,00																								
97,00																								
98,00																								
99,00																								
100,00																								
101,00																								
102,00																								
103,00																								
104,00																								
105,00																								
106,00																								
107,00																								
108,00																								
109,00																								
110,00																								
111,00																								
112,00																								
113,00																								
114,00																								
115,00																								
116,00																								
117,00																								
118,00																								
119,00																								
120,00																								
121,00																								
122,00																								
123,00																								
124,00																								
125,00																								
126,00																								
127,00																								
128,00																								
129,00																								
130,00																								

Ç1-RSK-3 (HES 2 2012)

ÇAYALTI 1 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU																										
YERİ İL/İLÇE KONUMU DERİNLİKİ KOTU Koordinatları X Y		REGÜLATÖR ALANI SOL SAHİL ZONGULDAK-DEVREK DÜŞEY 43,00m 67.00 416147.45 4567208.21		BAŞLANGIÇ TARİHİ		19.01.2012		SONDAJ NO		Ç1-RSK-3		SAYFA NO		1												
				BİTİŞ TARİHİ		23.01.2012																				
				MAKİNE TİPİ		D-500																				
				SONDOR																						
				LOGU HAZIRLAYAN-KONTROL İsmi		İmza		TARİH		DERİNLİK		AÇIKLAMA														
HAZIRLAYAN				21.01.2012		4.20																				
KONTROL MUH.				22.01.2012		4.10																				
				23.01.2012		4.10																				
DERİNLİK (m)	Günlük Durum		Ölçüm Tipi ve No	Kuyu Çapı ve Kes. Uç	Muhafaza Borusu ve Çim.	Sondaj Suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi		Basıncsız Su Deneyi		SPT		Kaya Özellikleri		JEOLOJİK KESİT	TANIMLAMA										
	İlerleme (m)	Su Seviyesi (m)					Basınç (kg/cm²)	1. İnci 5 dk. kayıp	2. İnci 5 dk. kayıp	Toplam Kayıp	Lugeon	Su Kaybı (lt.)	K (cm/s)	0-15 cm			15-30 cm	30-45 cm	SPT-N	Taşınma Gücü (kg/cm²)	Karot Yüzdesi (%)	RQD (%)	Süreksizlik Sıklığı (m)	Ayrışma Derecesi		
1.00	19.01.2012	4.50 m	SPT-1	T - 76 mm VİDYE KRON	0.00 - 30.00 m. 89 mm. MUHAFAZA BORUSU	Kahverengi - Gri, %90 Devretili														13	-	-	-		0.00-30.00 m Alüvyon Çakıllı, bloklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, volkanik ve sedimenter kökenli, yer yer köşeli genel itibarıyla yuvarlaktır. 6.00-9.00 m ve 28.00- 30.00 m arası iri bloklu	
2.00														4	10	12	22		18	-	-	-				
3.00														6	9	13	22		20	-	-	-				
4.00												117	7.00E-03						16	-	-	-				
5.00	20.01.2012	4.35 m	SPT-2	T - 76 mm EMPRENYE ELMAS	0.00 - 30.00 m. 89 mm. MUHAFAZA BORUSU	Kahverengi - Gri, %90 Devretili								8	14	16	30		14	-	-	-				
6.00														11	17	20	37		19	-	-	-				
7.00														26	39	50/12	R		21	-	-	-				
8.00														21	32	38	70		22	-	-	-				
9.00	20.01.2012	4.35 m	SPT-3	T - 76 mm EMPRENYE ELMAS	0.00 - 30.00 m. 89 mm. MUHAFAZA BORUSU	Kahverengi - Gri, %90 Devretili							88	5.00E-01						21	-	-	-			
10.00														33	42	50/10	R		22	-	-	-				
11.00												80	4.60E-01						21	-	-	-				
12.00														38	50/13		R		22	-	-	-				
13.00	20.01.2012	4.35 m	SPT-4	T - 76 mm EMPRENYE ELMAS	0.00 - 30.00 m. 89 mm. MUHAFAZA BORUSU	Kahverengi - Gri, %90 Devretili								34	45	50/11	R		21	-	-	-				
14.00												67	3.80E-01						21	-	-	-				
15.00														40	50/12		R		21	-	-	-				
16.00																			21	-	-	-				
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)							GEÇİRİMLİLİK - K (cm/s)					KAYA NİTELİĞİ % (RQD)					SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (m)			AYRIŞMA DERECESESİ (W)						
<1 Geçirimsiz							<10 ⁻⁶ Geçirimsiz					0 - 25 Çok Zayıf					<1 Masif			W1 Taze (Ayrışmamış)						
1 - 5 Az Geçirimsiz							10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁵ Az Geçirimsiz					25 - 50 Zayıf					1 - 3 Az Çatlaklı-Kırıklı			W2 Az Ayrışmış						
5 - 25 Geçirimsiz							10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴ Yarı Geçirimsiz					50 - 75 Orta					3 - 10 Kırıklı			W3 Orta Derecede Ayrışmış						
>25 Çok Geçirimsiz							10 ⁻⁴ - 10 ⁻³ Geçirimsiz					75 - 90 İyi					10 - 50 Çok Çatlaklı-Kırıklı			W4 Çok Ayrışmış						
							>10 ⁻³ Çok Geçirimsiz					90 - 100 Çok İyi					>50 Parçalı			W5 Tamamen Ayrışmış						

Ç1-RSK-3 (HES 2 2012)

Sondaj No : Ç1-RSK-3

Sayfa No: 2

ÇAYALTI 1 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU																							
DERİNLİK (m)	Günlük Durum		Örnek Tipi ve No	Kuyu Çapı ve Kes. Üç	Muhafaza Borusu ve Çim.	Sondaj Suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyi					Basıncısız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri			JEOLOJİK KESİT	BST Deney Ekipmanı	
	İlerleme (m)	Su Seviyesi (m)					Basınç (kg/cm²)	1 inç 5 dk. kayıp	2 inç 5 dk. kayıp	Toplam Kayıp	Lugeon	Su Kaybı (lt)	K (cm/s)	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	SPT-N	Taşıma Gücü (kg/cm²)	Karot Yüzdesi (%)	RQD (%)		Süreksizlik Saklığı (m)	Ayrışma Derecesi
17.00	20.01.2012	4.35 m	11																			Alüvyon Çakıllı, bloklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, volkanik ve sedimenter kökenli, yer yer köşeli genel itibarıyla yuvarlıktır.	
18.00			11																				
19.00			11																				
20.00	21.01.2012	4.20 m	11																				
21.00			11																				
22.00			11																				
23.00			11																				
24.00			11																				
25.00			11																				
26.00	22.01.2012	4.10 m	11																				
27.00			11																				
28.00			11																				
29.00			11																				
30.00			11																				
31.00			11																				
32.00	22.01.2012	4.10 m	11																				
33.00			11																				
34.00			11																				
35.00			11																				
36.00			11																				
36.00			11																				

Ç1-RSK-3 (HES 2 2012)

Sonda| No: Ç1-RSK-3 Sayfa No: 3

ÇAYALTI 1 REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU

DERİNLİK (m)	Günlük Durum		Örnek Tipi ve No	Kuyu Çapı ve Kes. Uç	Muhafaza Bonusu ve Çim.	Sondaj Suyu (Renk ve %)	Basıncı Su Deneyi				Basıncız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri			JEOLOJİK KESİT	BST Deney Ekipmanı			
	İletme (m)	Su Seviyesi (m)					1 inçl 5 dk. kayıp	2 inçl 5 dk. kayıp	Toplam Kayıp	Lugeon	Su Kaybı (lt.)	K (cm/s)	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	SPT-N	Taşınma Gücü (kg/cm²)	Karat Yüzdesi (%)	RQD (%)		Süreksizlik Sıklığı (m)	Ayrılma Derecesi	Deneyde Kullanılan Tıç Cinsi: BW	Den. Kul. Pompa Kap.: 90 lt/dk
TANIMLAMA																								
37,00	22.01.2012	4,10 m	T - 76 mm EMPRENYE ELMAS	Kahverengi - Gri, %90 Devretti	0,73	2	1	3	4															
38,00						4	3	4	7															
39,00	6	4				4	8																	
40,00	8	4				6	10																	
41,00	10	9				6	15																	
42,00	8	8				5	13																	
43,00	6	4				5	9																	
44,00	4	4				3	7																	
45,00	2	2				3	5																	
46,00	2	1				1	2																	
47,00	4	1				2	3																	
48,00	6	2				4	6																	
49,00	8	5			4	9																		
50,00	10	6			5	11																		
51,00	8	4			3	7																		
52,00	6	2			3	6																		
53,00	4	2			2	4																		
54,00	2	1			1	2																		
55,00	2	5	7	12																				
	4	5	9	14																				
	6	10	12	22																				
	8	13	13	26																				
	10	19	14	33																				
	8	16	14	30																				
	6	15	12	27																				
	4	12	9	21																				
	2	8	9	17																				
33.00-40.00 m																								
Kiltaş																								
Gri-siyah renkli, laminalı, kırıklı-çatlaklı, çatlak açmaları 40-50 derece arasında, dağılgan, silttaş arabantlı, orta kaya kalitesinde Kiltaş.																								
40.00-43.00 m																								
Silttaş																								
Açık gri renkli, kiltaş arabantlı, kırıklı çatlaklı, çatlak yüzeyleri pürüzlü, kaya kalitesi orta nitelikte Silttaş.																								
KUYU SONU																								
43.00 m																								

Ek 10: Temel Araştırma Sondaj Logu (HES 2 2012)

ÇAYALTI HES-2 PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU																																																	
YERİ		REGÜLATÖR ALANI SAĞ SAHİL				BAŞLANGIÇ TARİHİ				05.02.2012				SONDAJ NO				SAYFA NO																															
İLİLÇE		ZONGULDAK-DEVREK				BİTİŞ TARİHİ				07.02.2012				Ç2-RSK-1				1																															
KONUMU		DÜŞEY				MAKİNE TİPİ				D-500				YER ALTI SUYU DURUMU																																			
DERİNLİĞİ		24,00m				SONDÖR								TARİH				DERİNLİK				AÇIKLAMA																											
KOT'U		56,00				LOGU HAZIRLAYAN-KONTROL				İsim				İmza				07.02.2012				3,50																											
Koordinatları		X : 419490,5				HAZIRLAYAN												08.02.2012				3,60																											
Y		4568874,87				KONTROL MÜH.												09.02.2012				3,60																											
DERİNLİK (m)		Günlük Durum		Su Seviyesi (m)		Örnek Tipi ve No		Kuyu Çapı ve Kes. Uç		Muhafaza Borusu ve Sondaj Suyu (Renk ve %)		Basınçlı Su Deneyi		Basınsız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				JEOLojİK KESİT		BST DeneyEkipmanı																							
		Basınç (kg/cm ²)										1 inci 5 dk. kayıp		2 inci 5 dk. kayıp		Toplam Kayıp		Lugeon		Su Kaybı (lt.)		K (cm/s)								Darbe Sayısı		0-15 cm		15-30 cm		30-45 cm		SPT-N		Taşma Gücü (kg/cm ²)		Karot Yüzdesi (%)		RQD (%)		Süreksizlik Sıklığı		Ayrışma Derecesi	
1,00	İlerleme (m)		05.02.2012		SPT-1		T - 76 mm VIDYE KRON		Kahverengi - Gri, %80 Devretti		71		4,10E-01		5		11		13		24		20		-		-		-		0,00-17,50 m																		
2,00					SPT-2						56		3,20E-01		15		24		38		62		11		-		-		-		Alüvyon Çakıllı, bloklu, yer yer iri bloklu, az siltli kum. Çakıllar kireçtaşı, kumtaşı, volkanik ve sedimater kökenli, yer yer köşeli genel itibariyle yuvarlaktır.																		
3,00					SPT-3						50		2,90E-01		25		34		42		76		18		-		-		-																				
4,00					SPT-4						57		3,30E-01		26		37		50/11		R		12		-		-		-																				
5,00					SPT-5						63		3,60E-01		22		33		41		74		15		-		-		-																				
6,00					SPT-6										30		42		50/9		R		16		-		-		-																				
7,00					SPT-7										38		50/12		R																														
8,00					SPT-8																																												
9,00					SPT-9																																												
10,00					SPT-10																																												
11,00																																																	
12,00																																																	
13,00																																																	
14,00																																																	
15,00																																																	
16,00																																																	
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)		GEÇİRİMLİLİK - K (cm/s)		KAYA NİTELİĞİ % (RQD)		SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (m)		AYRIŞMA DERECESESİ (W)																																									
<1 Geçirimsiz		<10 ⁻⁶ Geçirimsiz		0 - 25 Çok Zayıf		<1 Masif		W1 Taze (Ayrışmamış)																																									
1 - 5 Az Geçirimsiz		10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁵ Az Geçirimsiz		25 - 50 Zayıf		1 - 3 Az Çatlaklı-Kırıktı		W2 Az Ayrışmış																																									
5 - 25 Geçirimsiz		10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴ Yan		50 - 75 Orta		3 - 10		W3 Orta Derecede Ayrışmış																																									
>25 Çok Geçirimsiz		10 ⁻⁴ - 10 ⁻³ Geçirimsiz		75 - 90 İyi		10 - 50 Çok Çatlaklı-Kırıktı		W4 Çok Ayrışmış																																									
		>10 ⁻³ Çok Geçirimsiz		90 - 100 Çok İyi		>50 Parçalı		W5 Tamamen Ayrışmış																																									

ÇAYALTI HES-2 PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU

[illegible]

ÇAYALTI HES-2 PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU																							
YERİ		: SANTRAL YERİ				BAŞLANGIÇ TARİHİ		: 14.02.2012		SONDAJ NO		SAYFA NO											
İLİLÇE		: ZONGULDAK-DEVREK				BİTİŞ TARİHİ		: 15.02.2012		Ç2-SSK-2		1											
KONUMU		: DÜŞEY				MAKİNE TİPİ		: D-500		YER ALTI SUYU DURUMU													
DERİNLİĞİ		: 17,00m				SONDÖR				TARİH		DERİNLİK		AÇIKLAMA									
KOT'U		: 55.00				LOGU HAZIRLAYAN-KONTROL		İsim İmza		15.02.2012		2,15											
Koordinatları X		: 419502.9				HAZIRLAYAN				16.02.2012		2,20											
Y		: 4568961.84				KONTROL MÜH.				17.02.2012		2,20											
DERİNLİK (m)	Günlük Durum	İlerleme (m)	Su Seviyesi (m)	Örnek Tipi ve No	Kuyu Çapı ve Kes. Uç	Muhafaza Borusu ve Sondaj Suyu (Renk ve %)	Basıncılı Su Deneyi				Basıncsız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				JEOLÖJİK KESİT	BST Deney Ekipmanı	
	Basınç (kg/cm²)						1 inci 5 dk. kayıp	2 inci 5 dk. kayıp	Toplam Kayıp	Lugeon	Su Kaybı (lt.)	K (cm/s)	Darbe Sayısı				Taşıma Gücü (kg/cm²)	Karot Yüzdesi (%)	ROD (%)	Süreksizlik Sıklığı			Ayrışma Derecesi
													0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	SPT-N							
1,00																			13				
2,00																			21				
3,00																							
4,00																			19				
5,00																			15				
6,00																							
7,00																			11				
8,00																							
9,00																			16				
10,00																							
11,00																			22				
12,00																							
13,00																			20				
14,00																							
15,00																			59				
16,00																							
GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)		GEÇİRİMLİLİK - K (cm/s)				KAYA NİTELİĞİ % (RQD)				SÜREKSİZLİK SIKLIĞI (m)				AYRIŞMA DERECESESİ (W)									
<1	Geçirimsiz	<10 ⁻⁶				Geçirimsiz	0 - 25 Çok Zayıf				<1				W1 Taze (Ayrışmamış)								
1 - 5	Az Geçirimli	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁵				Az Geçirimli	25 - 50 Zayıf				1 - 3 Az Çatlaklı-Kırıklı				W2 Az Ayrışmış								
5 - 25	Geçirimli	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴				Yarı	50 - 75 Orta				3 - 10				W3 Orta Derecede Ayrışmış								
>25	Çok Geçirimli	10 ⁻⁴ - 10 ⁻³				Geçirimli	75 - 90 İyi				10 - 50 Çok Çatlaklı-Kırıklı				W4 Çok Ayrışmış								
		>10 ⁻³				Çok Geçirimli	90 - 100 Çok İyi				>50 Parçalı				W5 Tamamen Ayrışmış								

ÇAYALTI HES-2 PROJESİ - TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJ LOGU																											
DERİNLİK (m)	Günlük Durum		İlerleme (m)	Su Seviyesi (m)	Örnek Tipi ve No	Kuyu Çapı ve Kes. Uç	Muhafaza Borusu ve Çim.	Sondaj Suyu (Renk ve %)	Basınçlı Su Deneyi					Basıncsız Su Deneyi		SPT				Kaya Özellikleri				JEOLÖJİK KESİT	BST Deney Ekipmanı		
	15.02.2022	İlerleme (m)							Basınç (kg/cm²)	1 inci 5 dk. kayıp	2 inci 5 dk. kayıp	Toplam Kayıp	Lugeon	Su Kaybı (lt.)	K (cm/s)	Darbe Sayısı				Tajma Gücü (kg/cm²)	Karat Yüzdesi (%)	ROD (%)	Süreksizlik Sıklığı (m)		Ayrışma Derecesi	Deneyde Kullanılan Tij Cinsi: BW	Den. Kul. Pompa Kap.: 90 lt/dk.
																0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	SPT-N								
17,00	15.02.2022															10	13	17	31		78	-	-	-	-	14.50-17.00 m	Kil
18,00																										Kahverengi-sarımsı renkli.	KUYU SONU
19,00																										17.00 m	
20,00																											
21,00																											
22,00																											
23,00																											
24,00																											
25,00																											
26,00																											
27,00																											
28,00																											
29,00																											
30,00																											
31,00																											
32,00																											
33,00																											
34,00																											
35,00																											
36,00																											

↓

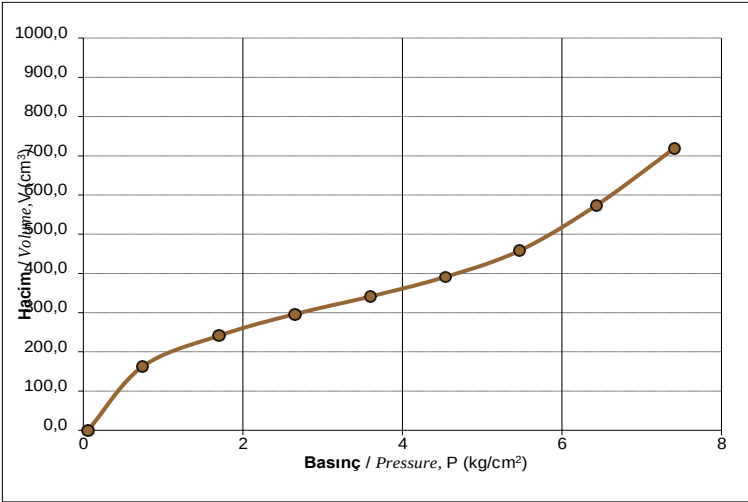
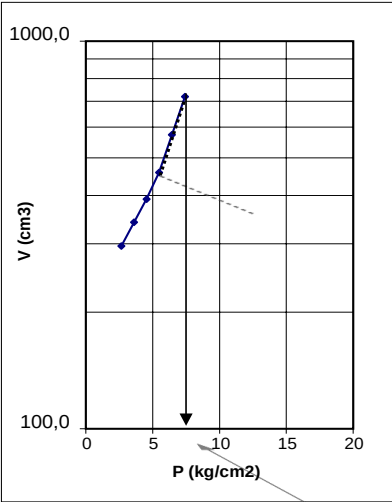
↓

					PRESİYOMETRE DENEYİ	
					PRESSUREMETER TEST	
PROJE ADI <i>Project Name</i>	ÇAYALTI HES-2 PROJESİ				<i>Deneyi Yapan</i>	
Presiyometre Türü <i>Type of Pressuremeter</i>	Menard GA	Sonda Çapı (mm) <i>Diameter of Probe</i>	NX	Sıfır Vol. Okumasındaki Hacim (cm ³) <i>Zero Volumeter Reading Corresponds to V_o</i>	790	
Kuyu No. <i>Borehole Number</i>	Ç2-RSK-2	Manometre Yüksekliği (m) <i>Height of Manometer</i>	0,60	Deney Derinliği (m) <i>Test Depth</i>	2,00	
Zemin Tipi <i>Type of Soil</i>	Alüvyon	Yeraltı Su Seviyesi (m) <i>Water Level (GWL)</i>	1,80	Tarih <i>Date of Test</i>	08.02.2012	

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
Kademe Artışı <i>Increment</i>	Deney Basıncı Volumeter Pressure kg/cm ²	Hacim Ölçer Okuması <i>1 min. volumeter reading cm³</i>	[2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ Hydrostatic Pressure kg/cm ²	Hacim Düzeltmesi Volume Correction cm ³	Düzeltilmiş Hacim Corrected Volume cm ³	Membran Düzeltmesi Membrane Correction kg/cm ²	Düzeltilmiş Basınç Corrected Pressure kg/cm ²
1	0	0	0,06	0,0	0,0	0,00	0,06
2	1	162	1,06	0,0	162,0	0,32	0,74
3	2	241	2,06	0,0	241,0	0,36	1,70
4	3	296	3,06	0,0	296,0	0,41	2,65
5	4	345	4,06	4,0	341,0	0,46	3,60
6	5	398	5,06	7,0	391,0	0,52	4,54
7	6	467	6,06	9,0	458,0	0,59	5,47
8	7	583	7,06	10,0	573,0	0,63	6,43
9	8	730	8,06	11,0	719,0	0,65	7,41

Belirlenen Değerler / Assesed Values	↘	Limit Bas. P _L * (kg/cm ²)	7,5	Elastisite Modülü E _m (kg/cm ²)	56
--------------------------------------	---	--	-----	---	----

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / Corrected Pressuremeter Curve

P _i (kg/cm ²)	1,7	V _i (cm ³)	241	ΔP (kg/cm ²)	2,84	P _L - P _i (kg/cm ²)	5,8
P _f (kg/cm ²)	4,54	V _f (cm ³)	391	ΔV (cm ³)	150	E / P _L *	9,60

					PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST		
PROJE ADI <i>Project Name</i>		ÇAYALTI HES-2 PROJESİ			<i>Deneyi Yapan</i>		
Presiyometre Türü <i>Type of Pressuremeter</i>	Menard GA	Sonda Çapı (mm) <i>Diameter of Probe</i>	NX	Sıfır Vol. Okumasındaki Hacim (cm³) <i>Zero Volumeter Reading Corresponds to V_o</i>	790		
Kuyu No. <i>Borehole Number</i>	Ç2-RSK-2	Manometre Yüksekliği (m) <i>Height of Manometer</i>	0,60	Deney Derinliği (m) <i>Test Depth</i>	4,00		
Zemin Tipi <i>Type of Soil</i>	Alüvyon	Yeraltı Su Seviyesi (m) <i>Water Level (GWL)</i>	1,80	Tarih <i>Date of Test</i>	08.02.2012		

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
Kademe Artışı <i>Increment</i>	Deney Basıncı <i>Volumeter Pressure</i> kg/cm²	Hacim Ölçer Okuması <i>1 min. volumeter reading</i> cm³	[2]+ Hidrostatik Basınç <i>[2]+ Hydrostatic Pressure</i> kg/cm²	Hacim Düzeltmesi <i>Volume Correction</i> cm³	Düzeltilmiş Hacim <i>Corrected Volume</i> cm³	Mebran Düzeltmesi <i>Membrane Correction</i> kg/cm²	Düzeltilmiş Basınç <i>Corrected Pressure</i> kg/cm²
1	0	0	0,06	0,0	0,0	0,00	0,06
2	1	146	1,06	0,0	146,0	0,34	0,72
3	2	217	2,06	0,0	217,0	0,41	1,65
4	3	261	3,06	0,0	261,0	0,49	2,57
5	4	291	4,06	4,0	287,0	0,53	3,53
6	5	314	5,06	7,0	307,0	0,57	4,49
7	6	337	6,06	9,0	328,0	0,61	5,45
8	7	364	7,06	11,0	353,0	0,68	6,38
9	8	409	8,06	12,0	397,0	0,73	7,33
10	9	486	9,06	13,0	473,0	0,79	8,27
11	10	590	10,06	13,5	576,5	0,86	9,20

Belirlenen Değerler / <i>Assessed Values</i>	↘	Limit Bas. P _L (kg/cm²)	9,2	Elastisite Modülü E _M (kg/cm²)	97
--	---	---------------------------------------	-----	--	----

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / *Corrected Pressuremeter Curve*

Hacim / Volume V (cm³)

Basınç / Pressure, P (kg/cm²)

V (cm³)

P (kg/cm²)

P _i (kg/cm²)	1,65	V _i (cm³)	217	ΔP (kg/cm²)	3,8	P _L - P _i (kg/cm²)	7,55
P _r (kg/cm²)	5,45	V _r (cm³)	328	ΔV (cm³)	111	E / P _L	12,82

PRESİYOMETRE DENEY LOGU			
Pressuremeter Test Log			
PROJE ADI / Project Name	KUYU NO / Borehole No		TARİH / Date
ÇAYALTI HES-2 PROJESİ	Ç2-RSK-2		08-10.02.2012
DENEY YERİ / Location	YAS / Gwl (m)		DENEYİ YAPAN
Regülatör Alanı Sol Sahil	1,80		
DÜŞÜNCELER / Remarks			KONTROL / Supervisor
Zemin Cinsi / Soil Type	ELASTİSİTE MODÜLÜ (Ep) Elasticity Modulus (kg/cm ²)	LİMİT BASINÇ (P _L) Limit Pressure (kg/cm ²)	YAS(m) TEMEL DİZAYNI / Foundation Design
0,00-21,00 m			
Alüvyon Çakıllı, bloklu az siltli kum.			B=2R

PRESİYOMETRE DENEY LOGU																																							
Pressuremeter Test Log																																							
PROJE ADI / Project Name		KUYU NO / Borehole No	TARİH / Date																																				
ÇAYALTI HES-2 PROJESİ		Ç2-RSK-2	08-10.02.2012																																				
DENEY YERİ / Location		YAS / Gwl (m)	DENEYİ YAPAN																																				
Regülatör Alanı Sol Sahil		1,80																																					
DÜŞÜNCELER / Remarks			KONTROL / Supervisor																																				
Zemin Cinsi / Soil Type	ELASTİSİTE MODÜLÜ (Ep) Elasticity Modulus (kg/cm ²)	LİMİT BASINÇ (P _L) Limit Pressure (kg/cm ²)	YAS(m) TEMEL DİZAYINI / Foundation Design																																				
Alüvyon																																							
21,00-28,00																																							
Kil Kahverengi- sarımsı renkli, konsolide, yüksek plastisiteli	<table border="1" style="display: none;"> <caption>Ep Data Points</caption> <thead> <tr> <th>Depth (m)</th> <th>Ep (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>21</td><td>344</td></tr> <tr><td>22</td><td>385</td></tr> <tr><td>24</td><td>353</td></tr> <tr><td>26</td><td>422</td></tr> <tr><td>28</td><td>397</td></tr> </tbody> </table>	Depth (m)	Ep (kg/cm ²)	21	344	22	385	24	353	26	422	28	397	<table border="1" style="display: none;"> <caption>PL Data Points</caption> <thead> <tr> <th>Depth (m)</th> <th>PL (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>21</td><td>14,1</td></tr> <tr><td>22</td><td>14,8</td></tr> <tr><td>24</td><td>14,5</td></tr> <tr><td>26</td><td>14,6</td></tr> <tr><td>28</td><td>16,1</td></tr> </tbody> </table>	Depth (m)	PL (kg/cm ²)	21	14,1	22	14,8	24	14,5	26	14,6	28	16,1	<table border="1" style="display: none;"> <caption>P* Data Points</caption> <thead> <tr> <th>Depth (m)</th> <th>P* (kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>21</td><td>11,53</td></tr> <tr><td>22</td><td>12,20</td></tr> <tr><td>24</td><td>11,85</td></tr> <tr><td>26</td><td>11,92</td></tr> <tr><td>28</td><td>13,71</td></tr> </tbody> </table>	Depth (m)	P* (kg/cm ²)	21	11,53	22	12,20	24	11,85	26	11,92	28	13,71
Depth (m)	Ep (kg/cm ²)																																						
21	344																																						
22	385																																						
24	353																																						
26	422																																						
28	397																																						
Depth (m)	PL (kg/cm ²)																																						
21	14,1																																						
22	14,8																																						
24	14,5																																						
26	14,6																																						
28	16,1																																						
Depth (m)	P* (kg/cm ²)																																						
21	11,53																																						
22	12,20																																						
24	11,85																																						
26	11,92																																						
28	13,71																																						

					PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST	
PROJE ADI <i>Project Name</i>		ÇAYALTI HES-2 PROJESİ			<i>Deneyi Yapan</i>	
Presiyometre Türü <i>Type of Pressuremeter</i>		Menard GA	Sonda Çapı (mm) <i>Diameter of Probe</i>	NX	Sıfır Vol. Okumasındaki Hacim (cm³) <i>Zero Volumeter Reading Corresponds to V_o</i>	790
Kuyu No. <i>Borehole Number</i>		Ç2-SSK-2	Manometre Yüksekliği (m) <i>Height of Manometer</i>	0,60	Deney Derinliği (m) <i>Test Depth</i>	2,00
Zemin Tipi <i>Type of Soil</i>		Alüvyon	Yeraltı Su Seviyesi (m) <i>Water Level (GWL)</i>	2,20	Tarih <i>Date of Test</i>	14.02.2012

[1] Kademe Artışı <i>Increment</i>	[2] Deney Basıncı Volumeter Pressure kg/cm²	[3] Hacim Ölçer Okuması 1 min. volumeter reading cm³	[4] [2]+ Hidrostatik Basıncı [2]+ Hydrostatic Pressure kg/cm²	[5] Hacim Düzeltmesi Volume Correction cm³	[6] Düzeltilmiş Hacim Corrected Volume cm³	[7] Mebran Düzeltmesi Membrane Correction kg/cm²	[8] Düzeltilmiş Basıncı Corrected Pressure kg/cm²
1	0	0	0,06	0,0	0,0	0,00	0,06
2	1	133	1,06	0,0	133,0	0,41	0,65
3	2	214	2,06	0,0	214,0	0,48	1,58
4	3	249	3,06	0,0	249,0	0,51	2,55
5	4	267	4,06	4,0	263,0	0,59	3,47
6	5	284	5,06	7,0	277,0	0,62	4,44
7	6	301	6,06	9,0	292,0	0,67	5,39
8	7	322	7,06	10,0	312,0	0,74	6,32
9	8	361	8,06	11,0	350,0	0,79	7,27
10	9	414	9,06	12,0	402,0	0,84	8,22
11	10	489	10,06	12,5	476,5	0,99	9,07
12	11	586	11,06	13,0	573,0	1,08	9,98

Belirlenen Değerler / Assesed Values		Limit Bas. P _{L*} (kg/cm²)	10,1	Elastisite Modülü E _M (kg/cm²)	170
--------------------------------------	--	--	------	--	-----

DÜZELTİLMİŞ PRESİYOMETRE EĞRİSİ / Corrected Pressuremeter Curve

P _i (kg/cm²)	2,55	V _i (cm³)	249	ΔP (kg/cm²)	3,77	P _L - P _i (kg/cm²)	7,55
P _f (kg/cm²)	6,32	V _f (cm³)	312	ΔV (cm³)	63	E / P _{L*}	22,57

					PRESİYOMETRE DENEYİ PRESSUREMETER TEST		
PROJE ADI Project Name		ÇAYALTI HES-2 PROJESİ			Deneyi Yapan		
Presiyometre Türü Type of Pressuremeter	Menard GA	Sonda Çapı (mm) Diameter of Probe	NX	Sıfır Vol. Okumasındaki Hacim (cm³) Zero Volumeter Reading Corresponds to V_o		790	
Kuyu No. Borehole Number	Ç2-SSK-2	Manometre Yüksekliği (m) Height of Manometer	0,60	Deney Derinliği (m) Test Depth		4,00	
Zemin Tipi Type of Soil	Alüvyon	Yeraltı Su Seviyesi (m) Water Level (GWL)	2,20	Tarih Date of Test		14.02.2012	

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
Kademe Artışı Increment	Deney Basıncı Volumeter Pressure kg/cm²	Hacim Ölçer Okuması 1 min. volumeter reading cm³	[2]+ Hidrostatik Basınç [2]+ Hydrostatic Pressure kg/cm²	Hacim Düzeltmesi Volume Correction cm³	Düzeltilmiş Hacim Corrected Volume cm³	Mebran Düzeltmesi Membrane Correction kg/cm²	Düzeltilmiş Basınç Corrected Pressure kg/cm²
1	0	0	0,06	0,0	0,0	0,00	0,06
2	1	100	1,06	0,0	100,0	0,32	0,74
3	2	153	2,06	0,0	153,0	0,38	1,68
4	3	168	3,06	0,0	168,0	0,49	2,57
5	4	185	4,06	4,0	181,0	0,55	3,51
6	5	210	5,06	7,0	203,0	0,57	4,49
7	6	244	6,06	9,0	235,0	0,62	5,44
8	7	300	7,06	11,0	289,0	0,64	6,42
9	8	366	8,06	12,0	354,0	0,74	7,32
10	9	473	9,06	12,5	460,5	0,85	8,21

Belirlenen Değerler / Assessed Values	↻	Limit Bas. P _L * (kg/cm²)	8,7	Elastisite Modülü E _M (kg/cm²)	145
---------------------------------------	---	---	-----	--	-----

Hacim / Volume, V (cm³)

Basınç / Pressure, P (kg/cm²)

V (cm³)

P (kg/cm²)

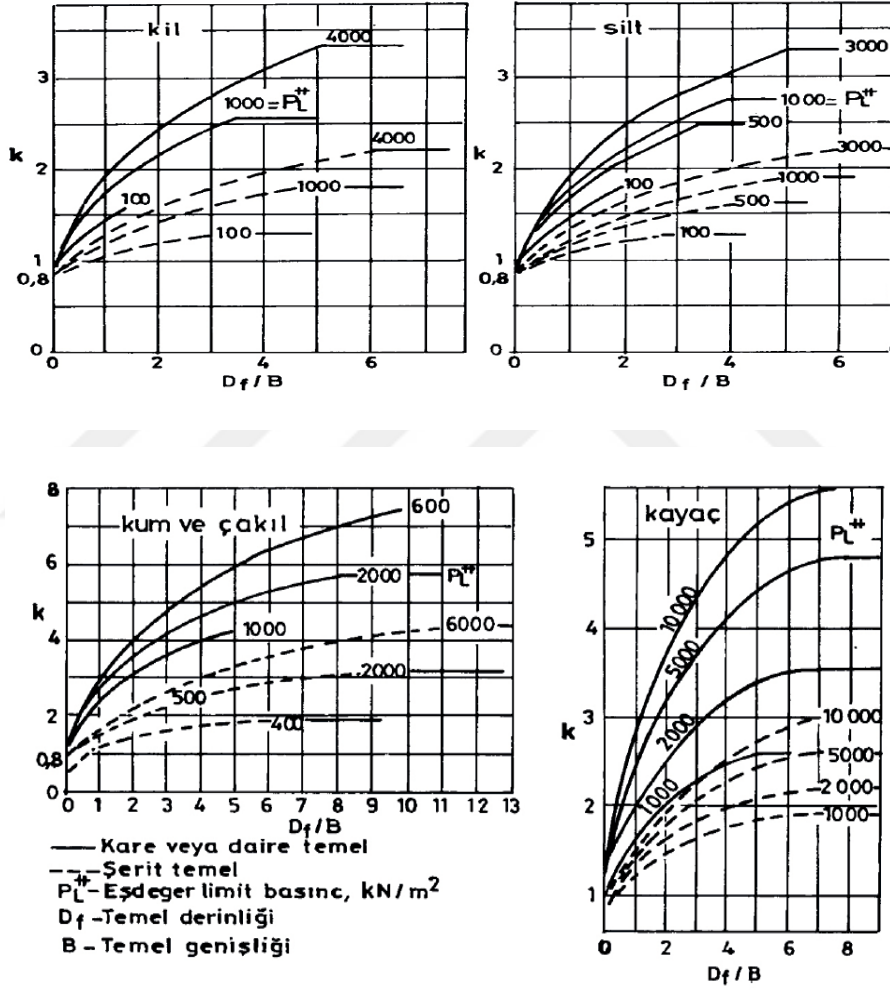
P _i (kg/cm²)	1,68	V _i (cm³)	153	ΔP (kg/cm²)	2,81	P _L - P _i (kg/cm²)	7,02
P _f (kg/cm²)	4,49	V _f (cm³)	203	ΔV (cm³)	50	E / P _L	20,61

Ek 12: Taşıma Gücü Faktörü (k) Tespiti İçin Hazırlanmış Grafikler

k: Taşıma Gücü Katsayısı

Zemin cinsi	k
Kohezyonlu	$1 + 0,2 B/L$
Daneli – gevşek	$1.1 + 0.2 B/L$
Daneli - sıkı	$1.2 + 0.4 B/L$

B = temel genişliği, L = temel uzunluğu



Ek 13: Temeller İçin Şekil Faktörleri (λ_d , λ_c) (Kayabaşı 2014)

L/B	1	2	3	5	20	
	Daire	Kare				
λ_d	1.0	1.12	1.53	1.78	2.14	2.65
λ_c	1.0	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50

Değişik zeminler için reolojik faktör(α) değerleri (Kayabaşı 2014)

ZEMİN CİNSİ	KİL		SİLT		KUM		KUM VE ÇAKIL	
E_M/P_L^*	E_M/P_L	α	E_M/P_L^*	α	E_M/P_L^*	α	E_M/P_L^*	α
Aşırı konsolide	>16	1	>14	2/3	>12	½	>10	1/3
Normal konsolide	9-16	2/3	8-14	½	7-12	1/3	6-10	¼
Ayrışmış veya yoğrulmuş	7-9	½		½		1/3		¼

Kaya Tipi	Aşırı kırıklı kayalar	Diğerleri	Hafif kırıklı veya aşırı ayrışmış
α	1/3	½	2/3



Ek 14: aydeğirmi (ayaltı-2) Hidroelektik Santral Alanı Görüntüleri









ÖZGEÇMİŞ

Erhan ALKAN 1987 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Zonguldak'ın Çaycuma İlçesine Bağlı Karapınar Beldesinde Karapınar İlköğretim okulunda tamamladı. Çaycuma Lisesinden mezun olduktan sonra 2007 yılında Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2012-2013 Yılları arasında Devrek Çayaltı Hidroelektrik Santrali İnşaatında Jeoloji Mühendisi olarak çalıştı. Halen 2013 yılında girdiği Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını sürdürmekte olup, 2016 yılından itibaren Zonguldak Karaman Belediyesi'nde Fen İşleri Müdürü olarak görev yapmaktadır.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres: Karaman Beldesi Merkez Mahallesi Sağlık Sokak. No:6-2 Daire: 9 Zonguldak.

Tel : (+90) 372 215 24 44

E-posta: erhanalkan67@hotmail.com