

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**ZALA (ARAÇ, KASTAMONU) HİDROELEKTRİK SANTRALİ YERİNDEKİ KAYA  
KÜTLELERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeo. Müh. Cihan Taner KOLCU**

**EKİM 2011  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ZALA (ARAÇ, KASTAMONU) HİDROELEKTRİK SANTRALİ YERİNDEKİ KAYA  
KÜTLELERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Jeoloji Mühendisi Cihan Taner KOLCU**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10.09.2011  
Tezin Savunma Tarihi : 20.10.2011**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY**

**Trabzon 2011**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Cihan Taner KOLCU tarafından hazırlanan**

**ZALA (ARAÇ, KASTAMONU) HİDROELEKTRİK SANTRALİ YERİNDEKİ KAYA**  
**KÜTLELERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Başlıklı bu çalışma Enstitü Yönetim Kurulunun 02 / 08 / 2011 gün ve 1416 sayılı kararıyla**  
**oluşturulan jüri tarafından tarihinde yapılan sınavda**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Fikri BULUT .....**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY .....**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Zekai ANGIN .....**

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

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

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

Laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarını esirgemeyen bölümümüz teknik elemanlarından Murat KAYIKÇI ve Erdoğan TİMURKAYNAK'a teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmasının belli aşamalarında yardımcı olan Jeo. Yük. Müh. Mustafa KANIK'a, arazi çalışmalarında desteğini esirgemeyen İnş. Müh. Özkan ALİOĞLU'na, Jeoloji Mühendisi Sayın İsmail GÖNAN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

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

C. Taner KOLCU

Trabzon 2011



## **TEZ BEYANNAMESİ**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Zala (Araç, Kastamonu) Hidroelektrik Santrali Yerindeki Kaya Kütlelerinin Jeoteknik Özelliklerinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 10.07.2011

**Cihan Taner KOLCU**

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ .....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı.....	2
1.3. Hidroelektrik Santraller.....	2
1.3.1. Hidroelektrik Santrallerin Ana Elemanları.....	3
1.3.2. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması.....	5
1.4. Türkiye'nin Enerji Kaynakları.....	7
1.4.1. Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli.....	8
1.5. Çalışma Alanının Genel Özellikleri.....	12
1.5.1. Coğrafik Konum.....	12
1.5.2. Ulaşım.....	14
1.5.3. İklim.....	15
1.5.4. Bölgesel Jeoloji.....	16
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	20
2.1. Genel Jeolojik ve Stratigrafik Çalışmalar.....	20
2.1.1. 1/25000 Ölçekli Jeolojik Haritanın Hazırlanması.....	20
2.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları.....	20
2.2.1. Sondaj Uygulamaları.....	21
2.2.2. Araştırma Çukuru.....	22
2.2.3. Jeofizik Yöntemler.....	23
2.2.4. Laboratuar Çalışmaları.....	24
2.2.4.1. Nokta Yükleme Deneyi.....	24

2.2.4.2	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı.....	25
2.2.4.3	Elek Analizi.....	26
2.2.4.4	Kıvam Limitleri.....	27
2.2.4.5	Kesme Kutusu Deneyi.....	29
3.	BULGULAR.....	30
3.1.	Genel Jeolojisi .....	30
3.1.1.	Araç Formasyonu.....	30
3.1.2.	Samatlar Formasyonu.....	34
3.1.3.	Alüvyonlar.....	35
3.2.	Mühendislik Jeolojisi.....	36
3.2.1.	Yüzey Çalışmaları.....	36
3.2.1.1.	Jeofizik Ölçümler.....	36
3.2.1.2.	Araştırma Çukurları.....	42
3.2.2.	Yer altı Çalışmaları.....	43
3.2.3.	Zemin ve Kaya Türlerinin Jeoteknik Özellikleri.....	50
3.2.4.	Santral Alanı Kaya Kütlelerinin Taşıma Gücü.....	55
3.2.5.	Santral Alanı Kaya Kütlelerinin Kazılabilirliği.....	57
3.2.5.1	Kazılabilirliğin Sismik Kırılma Yöntemiyle Belirlenmesi.....	57
3.2.5.2	Kazılabilirliğin Jeomekanik Özelliklerle Belirlenmesi.....	59
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	61
5.	KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

ZALA (ARAÇ, KASTAMONU) HİDROELEKTRİK SANTRALİ YERİNDEKİ  
KAYA KÜTLELERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Cihan Taner KOLCU

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hakan ERSOY

2011, 68 Sayfa

Bu çalışmada Batı Karadeniz Havzası'nda bulunan Zala HES ve Regülatör alanının (Araç, Kastamonu) oturacağı kaya kütlelerinin jeolojik ve jeoteknik özellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri arazi çalışmalarıyla belirlenmiş, araştırma çukurundan ve sondaj karotlarından alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda zeminlerin ve kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiş, tüm bu veriler ışığında santral binası yeri kaya kütlelerinin kazılabilirliği, taşıma gücü, stabilitesi gibi jeoteknik özellikleri araştırılmıştır. Çalışma alanındaki jeoteknik birimleri tanımlamak, yanal ve düşey devamlılıklarını belirlemek amacıyla yüzey (jeofizik ve araştırma çukuru) ve yeraltı çalışmaları (sondaj) gerçekleştirilmiş ve bu alanının 1/2500 ölçekli haritası hazırlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Zala, Kastamonu, jeoteknik, hidroelektrik, taşıma gücü, kazılabilirlik

Master Thesis

SUMMARY

INVESTIGATION OF GEOTECHNICAL PROPERTIES OF ROCK MASSES AT ZALA  
(ARAÇ, KASTAMONU) HYDROELECTRIC POWER PLANT

Cihan Taner KOLCU

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Geology Graduate Program  
Supervisor: Assis. Prof. Dr. Hakan ERSOY  
2011, 68 Pages

In this study, geological and geotechnical properties of the rock masses outcropping at Zala Hydroelectric complex (Araç, Kastamonu) in the Western Black Sea basin were investigated. On this subject, engineering properties of the rock masses were identified by the field researches, in consequence of experiments on the samples collected from the boreholes, the physical and the mechanical properties of the intact rocks were determined. As a result of all these data, geotechnical properties such as rock mass excavatability, bearing capacity and stability of rock masses were investigated, The geological units in the studied area are the Liyas aged Hamurkesen Formation and Quaternary alluvium. Surface (geophysical studies) and subsurface (drilling) studies were conducted for description of vertical and horizontal homogeneity of geotechnical units in the site, and 1/2500 scaled map was prepared.

**Key Words:** Zala, Kastamonu, geotechnical, hydroelectric, bearing capacity, excavatability

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1.1. Hidroelektrik santrallerin ana elemanları.....	4
Şekil 1.2. Hidroelektrik santrallerin ana elemanlarının genel görünümü.....	5
Şekil 1.3. Türkiye’de enerjinin üretim kaynaklarına göre dağılımı.....	7
Şekil 1.4. Türkiye’nin hidroelektrik potansiyel gelişimi.....	11
Şekil 1.5. İnceleme alanı yerbulduru haritası.....	13
Şekil 2.1. Açılan araştırma çukurlarının derinlik ve genişliklerini gösterir fotoğraf.....	22
Şekil 2.2. Sismik yansıma yöntemi.....	24
Şekil 2.3. Casagrande standart likit limit deneyi aleti.....	28
Şekil 2.4. Plastik limitin ölçülmesi.....	29
Şekil 2.5. Kesme kutusu deney aleti.....	29
Şekil 3.1. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası.....	31
Şekil 3.2. Akıncılar mevkiinde yüzeyleme veren masif kireçtaşları.....	32
Şekil 3.3. Kireçtaşları ve kilttaşlarına aitince kesit görünümü .....	33
Şekil 3.4. Şenyurt mevkiinde yüzeyleme veren ince orta kalın tabakalı Samatlar Formasyonu.....	34
Şekil 3.5. Araç çayı alüvyonlarından görünümeler.....	35
Şekil 3.6. İnceleme alanındaki yer altı ve yüzey çalışmalarının 3 boyutlu olarak gösterimi.....	37
Şekil 3.7. 1. serime ait düz-ters atış bulguları ve p dalgası uzaklık-zaman grafiği..	38
Şekil 3.8. 1. serime ait derinlik modeli ve S dalgası atış bulguları.....	39
Şekil 3.9. 2. serime ait düz-ters atış bulguları ve p dalgası uzaklık-zaman grafiği..	40
Şekil 3.10. 2. serime ait derinlik modeli ve S dalgası atış bulguları.....	41
Şekil 3.11. İnceleme alanında yapılan jeofizik ölçümlerden fotoğraflar.....	42
Şekil 3.12. Santral binası alanı ve santral alanında açılan sondajlar.....	43
Şekil 3.13. Açılan SK-1 nolu sondajın karot sandıkları.....	44
Şekil 3.14. Açılan SK-2 nolu sondajın karot sandıkları.....	45
Şekil 3.15. SK-1’e ait kuyu logu.....	46
Şekil 3.16. SK-2’e ait kuyu logu.....	48
Şekil 3.17. Santral binası ve çevresinin mühendislik jeolojisi haritası.....	53
Şekil 3.18. Santral binası ve çevresine ait enine jeolojik kesit.....	54
Şekil 3.19. RQD indirgeme yüzdesi grafiği.....	56

## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1.1. Dünya ve Türkiye hidroelektrik potansiyeli.....	11
Tablo 1.3. Ekonomik olarak yapılabilir HES projelerinin durumu.....	11
Tablo 1.4. İnceleme alanının coğrafi konum koordinatları.....	12
Tablo 3.1. Araştırma çukuru açılması sonucu elde edilen veriler.....	42
Tablo 3.2. Sondaj ve jeofizik verilerin kıyaslanması.....	50
Tablo 3.3. Konsolide olmamış malzeme üzerinde yapılan deney sonuçları.....	50
Tablo 3.4. SK-1 ve 2’den elde edilen kaya malzemesine ait deney sonuçları.....	51
Tablo 3.5. Tek eksenli basınç dayanımına göre kayaçların sınıflandırılması.....	51
Tablo 3.6. Bayındırlık ve İskan Bakanlığının “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik” te oluşturulan, Zemin Grubu, Yerel Zemin Sınıfları, Spektrum Karakteristik Periyotları, Etkin Yer İvmesi Katsayısı tablosu 1999.....	52
Tablo 3.7. Santral binası alanındaki jeoteknik birimlerin sökülebilirlik açısından değerlendirilmesi.....	58
Tablo 3.8. Kazılabilirlik parametreleri ve puanlama sistemi.....	59
Tablo 3.9. Kazılabilirlik sınıflaması.....	60

## SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Silindirik örneğin kesit alanı
c	: Kohezyon
D	: Karot çapı
De	: Çapsal deneylerde karotun çapı
e	: Boşluk oranı
Gs	: Tanelerin özgül ağırlıkları
Gw	: Suyun özgül yoğunluğu
Is	: Düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi
I2	: Nokta yükü dayanımı
n	: Porozite
P	: Yenilme yükü
qu	: Zemin taşıma gücü
RQD	: Kaya kalite göstergesi
$\sigma_c$	: Tek eksenli sıkışma dayanımı
$\sigma_{cd}$	: D çapında bir örneğin sıkışma dayanım
$\gamma$	: Birim hacim ağırlık
$\rho$	: Yoğunluk
$\nu$	: Poisson oranı
Vp	: Boyuna dalga hızı
Vs	: Dalga hızı
DF	: Kaya kütlelerinin RQD değerine göre belirlenen indirgeme yüzdesi



## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

Türkiye’de 1950’li yıllarda yılda sadece 800 GWh (gigavat saat) enerji üretimi yapılırken, bugün bu oran yaklaşık 256 kat artarak yılda 205.400 GWh’e ulaşmıştır. 2008 yılı itibariyle, 42.359 MW’a (megavat) ulaşan kurulu güç ile yılda ortalama olarak 246.974 GWh/yıl enerji üretimi mümkün iken; arızalar, bakım-onarım, işletme program politikası, ekonomik durgunluk, tüketimde talebin azlığı, kuraklık, randıman vb. nedenlerle ancak 205.383 GWh/yıl enerji üretilebilmiş, yani kapasite kullanımını %68 olmuştur. Termik santrallerde kapasite kullanım oranı %87 iken hidroelektrik santrallerde %70 dir. 2008 yılı itibariyle, Türkiye’nin enerji üretiminin %17’si yenilenebilir kaynak olarak nitelendirilen hidrolik kaynaklardan, %81’i ise fosil yakıtları olarak adlandırılan termik (doğal gaz, linyit, kömür, petrol gibi) kaynaklardan üretilmektedir.

Enerji hem insan hayatının devamı hem de ekonomik kalkınmanın temel taşlarından biri olduğundan, dünyada enerji kaynakları çok büyük bir öneme sahiptir. Uluslararası Enerji Ajansı’na üye ülkeler arasındaki enerji pazarlamasındaki eğilim, gazdan ziyade elektrik sektörüne doğru gelişmektedir.

Günümüzde fosil enerjikaynaklarının hem tükenmekte olması ve hem de bu kaynakların ekonomik ve ekolojik olarak önemli sakıncaları taşımaları, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Ekonomik ve çevre dostu olması ve üretimde kullanılan elemanların tamamına yakınının yerli kaynaklardan sağlanılabilmesi gibi avantajları nedeniyle, hidroelektrik enerjinin önemi her geçen gün daha da artmaktadır.

Hem nüfus artışı hem de hayat standartlarındaki artışa paralel olarak, 21. yüzyılda dünya enerji ihtiyacının önemli ölçüde artacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte hidroelektrik enerji diğer enerji kaynaklarına göre temiz ve yenilenebilir nedeniyle eşsiz faydalar sağlar.

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada Batı Karadeniz Havzası'nda bulunan Zala Hes Regülatörü (Araç, Kastamonu) santral binasınınoturacağı birimlerin jeolojik ve jeotekniközellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda santral binası alanında jeolojik ve jeofizik çalışmalar yapılmış, sondajlardan elde edilen örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiş, tüm bu veriler ışığında santral binası yerine ait kayalarınjeoteknik özellikleri belirlenmiştir.

## 1.3. Hidroelektrik Santralleri

Hidroelektrik santralleri sudaki enerjiyi toplayıp elektriğe dönüştürmek için basit bir mekanik yapı kullanır. Bu yapı basitçe şöyle gerçekleşir; set önünde nehir yatağındaki iri daneli malzemeyi çökeltir. Sonra su bu set (Regülatör) aracılığı ile yönlendirilip arta kalan ince danelisedimenti tutmak ve türbinleri sedimentin aşındırıcı etkisinden korumak amacıyla çökeltim havuzunda sedimanlarını çökeltir. Daha sonra iletim kanalları veya tüneller vasıtasıyla akan su, hidroelektrik santraline iletilen suyu düzenlemek için yapılan hazne yükleme havuzlarında biriktirilir.Suyun santrale ulaşmasını sağlayan cebri borular vasıtasıylatürbinleri döndürür, türbinler dönmeye başlayınca buna bağlı olan generatorde dönmeye başlar ve elektrik üretilir.

Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olan hidroelektrik enerji, elektrik için kullanılacak en büyük yenilenebilir kaynaktır (Frey ve Linke, 2002). Tüm dünyada ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde kullanılmamış oldukça fazla hidroelektrik potansiyel vardır. Hidroelektrik enerji kaynakları dünya genelinde oldukça yaygındır. Yaklaşık 150 ülkede hidroelektrik potansiyeli vardır ve ekonomik olarak fizibil olan potansiyelin %70'i henüz kullanılmamıştır (Yüksek, 2008). Konuyla ilgili gelişmiş bir teknoloji ve bilgi birikimi vardır. Çevresel açıdan önemli avantajları vardır. İşletme maliyeti çok düşük, ekonomik ömrü çok büyüktür. Enerji üretiminde kullanılan hammadde olan su yenilenebilmekte ve hidrolojik çevrim içinde sürekli olarak dolaşmaktadır. Hidroelektrik santraller ise suyun enerjisinden faydalanarak elektrik üreten yapılardır. Hidroelektrik santrallerde türbin çarkına çarpan su türbin shaftını döndürerek mekanik enerji üretir. Türbin

şafıtı direk veya dişli bir sistemle jeneratör rotoruna bağlıdır. Jeneratör rotoru üzerinde bulunan sargıların dışarıdan bir doğru akım güç kaynağı ile uyartılması sonucu rotor çevresine bir manyetik alan doğar. Dönen rotorun etrafında oluşan manyetik alan stator sargılarının üzerine indüklenmesi ile stator sargılarda gerilim oluşarak elektrik enerjisi elde edilir. Bir hidroelektrik santral binlerce parçanın bir araya gelmesi ile oluşur.

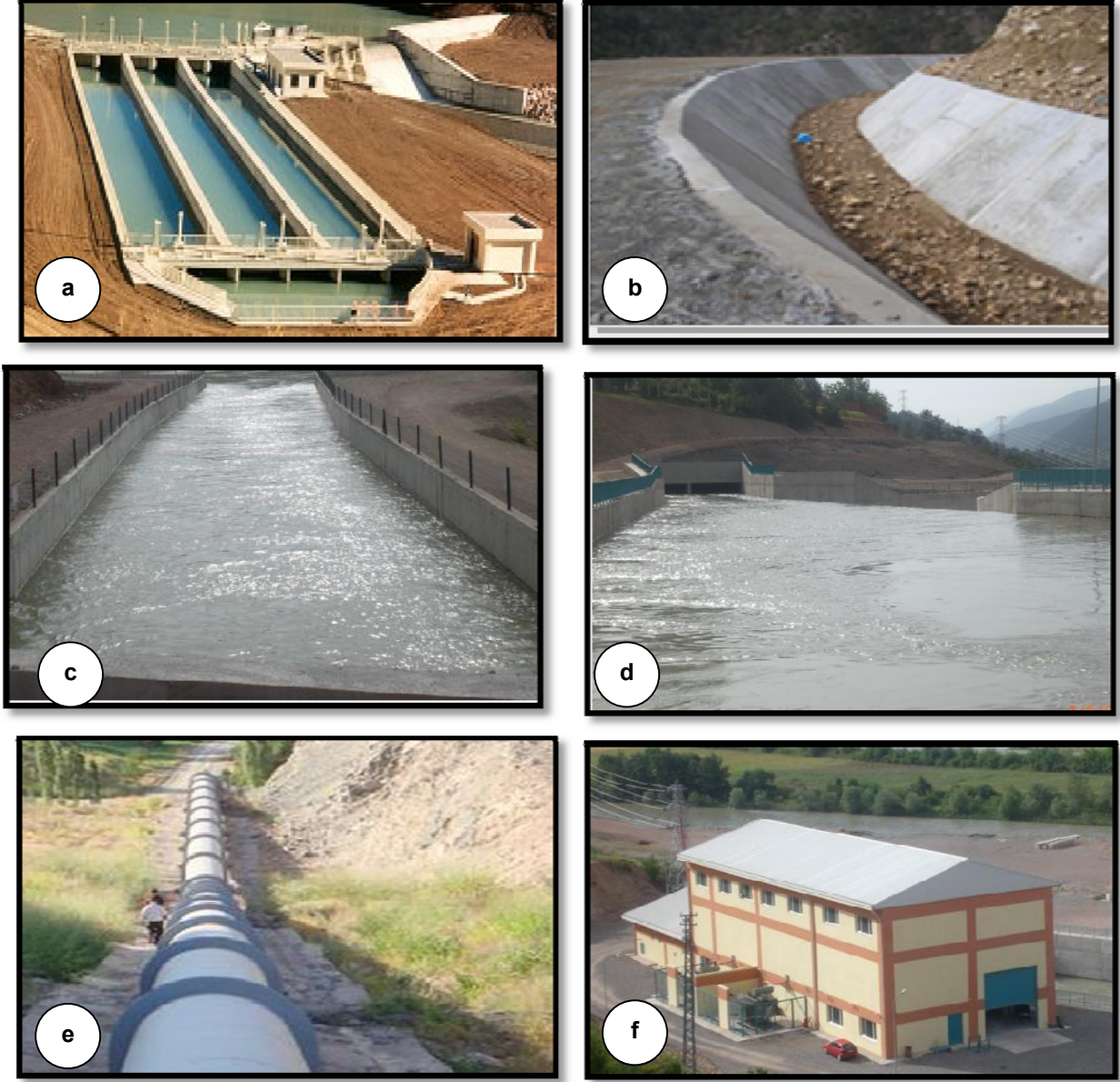
### **1.3.1. Hidroelktirik Santrallerinin Ana Elemanları**

**Set(Regülatör):** Birçok hidroelektrik santrallerinde suyu arkasında tutan bir set vardır. Bu set gerisinde geniş bir rezervuar alanı oluşturur. Bu rezervuar alanı genellikle yapay göl olarak kullanılır.(Şekil 1.1a)

**Çökeltim Havuzu:** İri daneli malzemeyi çökelttikten sonra arta kalan ince danelisedimenti tutmak için çökeltim havuzları tasarlanır. Hidroelektrik enerji yapılarındaki çökeltim havuzları, türbinleri sedimentin aşındırıcı etkisinden korumak amacıyla yapılır. Önceki deneyimler sediment dane çapı büyüdükçe, dane sertliği (özellikle maruz kalan yüzeyin sertliğinden fazla olduğunda aşınma çok hızlanmaktadır), danenin köşeliliği, sedimentkonsantrasyonu ve/veya su yükü arttıkça aşınmanın hızlandığını ve arttığını göstermektedir. Çökeltim havuzları tasarımında belirli büyüklükteki sedimentin tutulması önem taşır; bu büyüklüğün altındaki sedimentin zarar vermeyeceği kabul edilir. (Şekil 1.1c)

**İletim Kanalı ve Yükleme Havuzu:** İletim kanalı, çökeltim havuzunda sedimanlar çökeltildikten sonra suyun yükleme havuzuna iletilmesine olanak sağlar. Yükleme Havuzu ise; İletim kanalları vasıtasıyla taşınan suyun biriktirilmesine olanak sağlar. (Şekil 1.1b ve Şekil 1.1d)

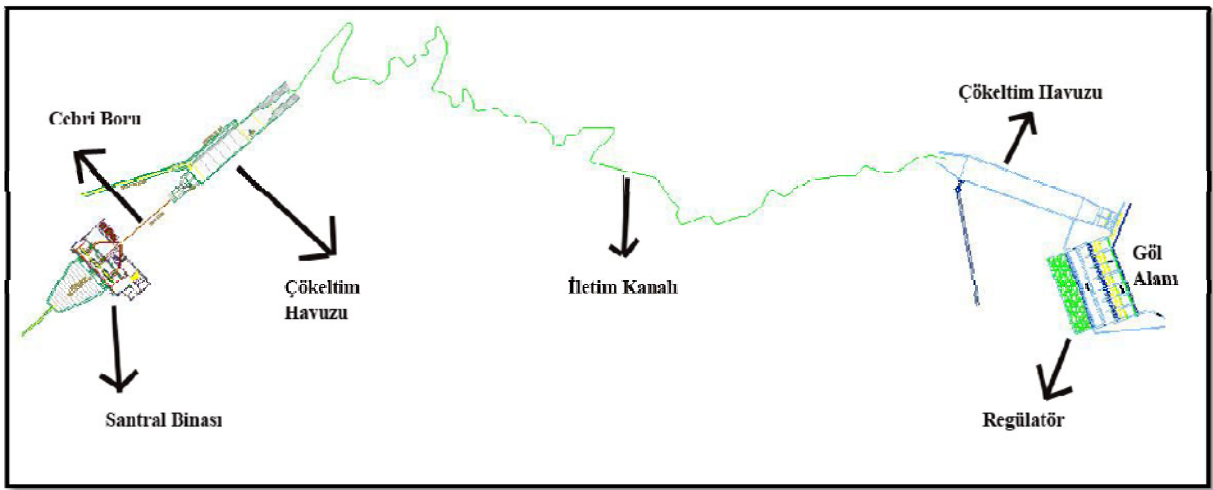
**Cebri Boru:** Baraj ve nehir tipi hidroelektrik santrallerinde suyu belli bir yükseklikten düşürmek için kullanılan borudur. Yükseklikten dolayı büyük basınçlara maruz kalır. Genellikle çelik boru kullanılır ve devasa boyutlara sahip olabilir. Cebri boru sonrası, su türbünlere girerek elektrik üretilir. (Şekil 1.1e)



Şekil 1.1.Hidroelektrik Santrallerinin ana elemanlarıregülatör (a) iletim kanalı (b), çökeltimhavuzu (c), yükleme havuzu (d), cebri boru (e) ve santral binası (f)

Santral Binası: Setteki kapak açıldığında su yerçekimi nedeniyle su oluğuna yönelir. Su borusundan geçen su türbinlere ulaşır. Borudan geçen su bir basınca ve hıza sahip olur ve türbinlere çarpar. Su, türbinin geniş pervanelerine vurduğunda pervaneler dönmeye başlar. Bu türbinin mili aynı zamanda generatöre bağlıdır. Türbinler genelde türüne ve büyüklüğüne göre değişmekle birlikte 172 ağırlığı taşıyabilir ve dakikada 90 devir dönebilir. Generatör; Türbin

pervaneleri döndüğünde, türbin miline bağlı generatörün dev mıknatıslarıda dönmeye başlayacaktır. Dönen bu dev mıknatıslar bakır bobinlerde alternatif akım üretilmesine sebep olacaktır ve güç odasındaki transformatör alternatif akımı alır ve daha yüksek bir voltaj değerine dönüştürerek her hidroelektrik santralinden 4 tel çıkışı olan güç hatları (3 teli faz geri kalan bir tel ise topraktır) iletir. Taşma odası ise Türbinleri döndüren suyun buradan geçerek nehirdeki akışına devam eder (Şekil 1.1f). Hidroelektrik Santrallerinin ana elemanları genel görünümü Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. Hidroelektrik Santrallerinin ana elemanları genel görünümü (Araç, Kastamonu Kuzkaya-1 örneği)

### 1.3.2. Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması

Hidroelektrik santraller farklı özellikleri bakımından aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler (Berkün, 2007);

Düşüşlerine Göre:

- Orta düşümlü santraller: Düşü 15–50 metre arasındadır.
- Yüksek düşümlü santraller: Düşü 50 metreden büyüktür.
- Alçak düşümlü santraller: Düşüsü 15 metreden azdır.

Ürettikleri Enerjinin Karakter ve Değerine Göre:

- Baz santraller: Devamlı olarak enerji üreten santrallerdir.

— Pik santraller: Enerjinin en çok ihtiyaç duyulduğu sürede çalışan santrallerdir.

Kapasitelerine Göre:

- Küçük kapasiteli: 99 kW' a kadar
- Düşük kapasiteli: 100–999 kW arası
- Orta kapasiteli: 1000–9999 kW arası
- Yüksek kapasiteli: 10 000 kW ve daha fazlası

Yapılarına Göre:

- Yer altı santralı
- Yarı gömülü ve batık santral
- Yerüstü santralı

Depolama Özelliklerine Göre:

- Deposuz santraller (nehir ve kanal) santralleri

Bunlar doğrudan doğruya nehir veya kanal üzerine kurulmuşlardır. Su depoları (gölleri) olmadığından akan suyun enerjisini elektriğe çevirirler.

- Doğal veya yapay su deposu (gölü) olan santraller:

Bu tip santrallerde suyun depolanması esastır. Genellikle su rejimlerinin düzensiz olduğu akarsularda suyun depolanması zorunluluk haline gelmekte ve böylece bütün yıl boyunca düzenli olarak elektrik enerjisi üretilmektedir. İki tip olarak düşünülebilirler.

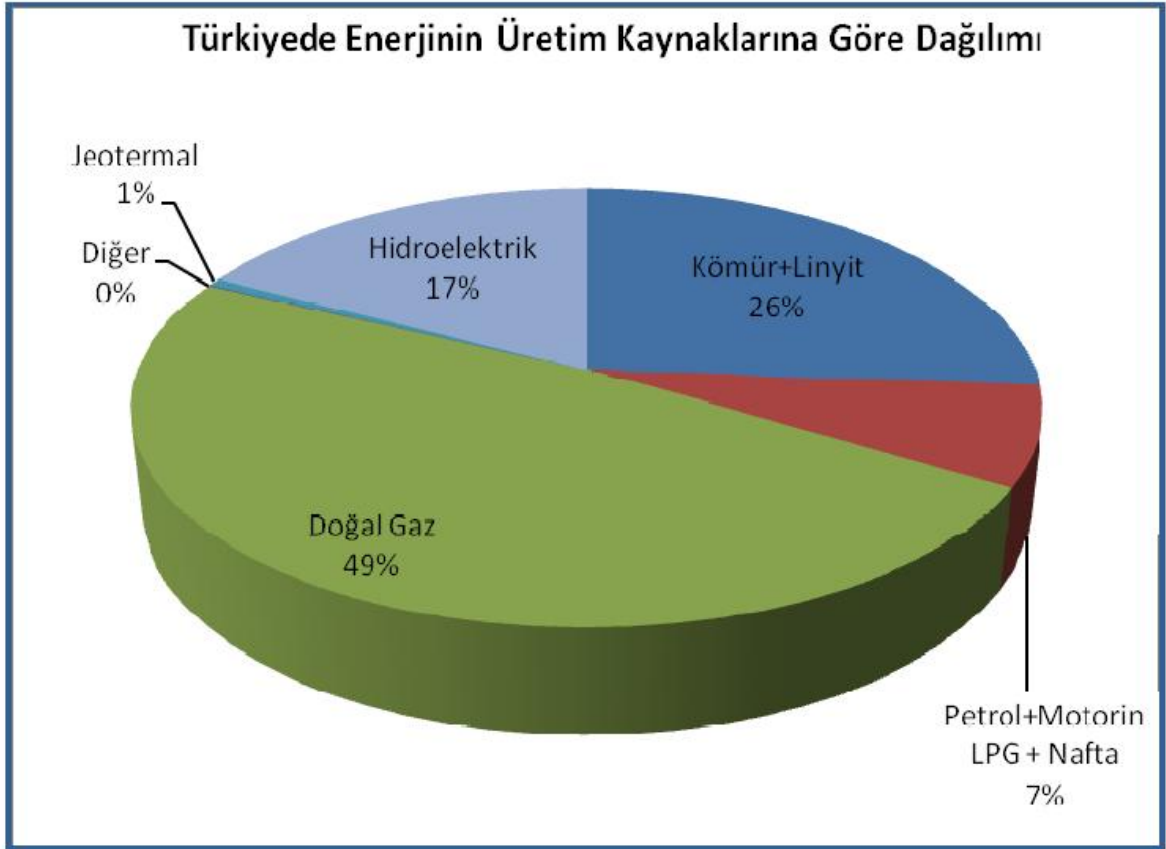
- Baraj santralleri
- Pompaj rezervuarlı santraller

Bu santraller, enerjiye ihtiyaç azaldığı saatlerde şebekeden aldıkları enerji ile pompa olarak çalışarak su basarlar. Günün enerjiye en çok ihtiyaç olduğu saatlerde birikmiş suyu kullanarak enerji üretirler.

#### **1.4. Türkiye'nin Enerji Kaynakları**

Türkiye'de 1950'li yıllarda yılda sadece 800 GWh (gigavat saat) enerji üretimi yapılırken, bugün bu oran yaklaşık 256 misli artarak yılda 205.400 GWh' e ulaşmıştır. 2008 yılı itibariyle, 42.359 MW (megavat)' a ulaşan kurulu güç ile yılda ortalama olarak 246.974 GWh/yıl enerji üretimi mümkün iken; arızalar, bakım-onarım, işletme program politikası, ekonomik durgunluk, tüketimde talebin azlığı, kuraklık, randıman vb. nedenlerle ancak

205.383 GWh/yıl enerji üretilebilmiştir. Yani kapasite kullanımı %68 olmuştur. Termik santrallerde kapasite kullanım oranı %87 iken hidroelektrik santrallerde %70 dir. 2008 yılı itibariyle, Türkiye'nin enerji üretiminin %17'si yenilenebilir kaynak olarak nitelendirilen hidrolik kaynaklardan, %81'i ise fosil yakıtları olarak adlandırılan termik (doğal gaz, linyit, kömür, petrol gibi) kaynaklardan üretilmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Türkiye'de enerjinin üretim kaynaklarına göre dağılımı

Son zamanlarda rüzgar ve jeotermal şeklinde alternatif kaynaklara önem verilmektedir. 2008 yılı itibariyle rüzgar ve jeotermal kaynaklardan enerji üretimini, toplam enerji üretiminin içinde %2'ye ulaştırmıştır. Nükleer enerji kullanımı için de çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye'de doğal gaz ve petrol rezervleri yok denecek kadar azdır. Bu sebeple Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak için, doğal gaz, petrol, hatta kömür ihraç etmek zorundadır. Son yıllarda hem evlerde hem de sanayide doğal gaz kullanımı hızlı bir tırmanışa geçmiştir. Endüstrinin

artan enerji ihtiyacı için doğalgaz ile çalışan güç santralleri kurulmuştur. Bundan dolayı, toplam enerji üretiminde hidroelektriğin payı azalırken, termik santrallerden üretilen enerjinin payı yükselmiştir (URL-1).

Avrupa Birliği Topluluğu enerji politikalarında yeşil enerjiye (hidroelektrik, rüzgar, güneş ve biokütle) büyük önem vermiştir. Bu durumda, Türkiye’ de yürürlükte bulunan enerji politikaları ve ilgili yasal mevzuat ile Avrupa Birliği mevzuatı arasındaki farklılıkların giderilmesi zorunlu hale gelmiştir. Sonuç olarak Türkiye’ deki toplam enerji üretiminde hidroelektrik enerjinin payı artırılmalıdır. Çeşitli enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları nedeniyle tercih edilmelidir. Hidrolik kaynaklardan üretilen enerjinin en büyük özelliği ise doğada bulunması ve dolayısıyla yakıt masraflarının olmamasıdır. Ayrıca çevreye zararlı sera gazı etkisinin olmaması uzun yıllar kullanılmasına rağmen kirlilik oluşturmamaktadır. Hidroelektrik santrallerin; akarsularla oluşan erozyonun önlenmesinde, önemli bir faydası vardır. Türkiye’deki akarsuların eğimi fazla olduğu için akarsular yoluyla erozyon ciddi tehlike arz etmektedir. Hidroelektrik santraller amacıyla yapılan barajlar ve bentler suyun hızını keserek erozyonu önemli ölçüde durdurabilmektedir. Ayrıca hidroelektrik santraller ani talep değişimlerine cevap verebilmektedir. Bu nedenle ülkemizde de pik santral olarak kullanılmaktadır. Hidroelektrik Santraller, çevreyle uyumlu, temiz, yenilenebilir, pik talepleri karşılayabilen, yüksek verimli (% 90’ın üzerinde), yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü (maksimum 200 yıl), yatırımı geri ödeme süresi kısa (5-10 yıl), işletme gideri çok düşük (yaklaşık 0,2 cent/kWh), dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır.

#### **1.4.1. Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyeli**

Bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teorik üst sınırını gösteren brut su kuvveti potansiyeli; mevcut düşü ve ortalama debinin oluşturduğu potansiyeli ifade etmektedir. Topoğrafya ve hidrolojinin bir fonksiyonu olan brüt hidroelektrik enerji potansiyeli, ülkemiz için 433 milyar kWh mertebesindedir.

Teknik yönden değerlendirilebilir su kuvveti potansiyeli; bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin teknolojik üst sınırını göstermektedir. Uygulanan teknolojiye



bağlı olarak düşü, akım ve dönüşümde oluşabilecek kaçınılmaz kayıplar hariç tutulmaktadır. Bölgede planlanan hidroelektrik projelerin teknik açıdan uygulanabilmesi mümkün olan tümünün gerçekleştirilmesi ile elde edilecek hidroelektrik enerji üretiminin sınırlarını temsil etmektedir. Bu niteliğiyle teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyel, brut potansiyelin bir fonksiyonu olmakta ve çoğunlukla onun yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir hidroelektrik enerji potansiyeli 216 milyar kWh civarındadır. Ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin ekonomik optimizasyonunun sınır değerini gösteren, gerek teknik açıdan geliştirilebilmesi mümkün, gerekse ekonomik yönden tutarlı olan tüm hidroelektrik projelerin toplam üretimi olarak tanımlanabilir. Bir başka deyişle ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, beklenen faydaları (gelirleri), masraflarından (giderlerinden) fazla olan su kuvveti projelerinin hidroelektrik enerji üretimini göstermektedir.

Hidroelektrik santralların ekonomik yapılabilirliğinin hesaplanabilmesi için; enterkonekte sistemde aynı enerjiyi üretecek kaynaklar gözden geçirilmekte ve en ucuz enerji kaynağı belirlenerek hidroelektrik santral (HES) projesi bu kaynakla mukayese edilmekte ve ancak daha ekonomik bulunursa önerilmektedir. Ekonomik HES potansiyeli içindeki tüm projeler; termik santrallara göre rantabiliteleri daha yüksek projelerdir. Ülkemizin 2006 yılı başı itibariyle tespit edilen teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli 129,9 milyar kWh'dir. Bu potansiyel; en az ilk etüt seviyesindeki hidroelektrik projelerle, istikşaf (ön inceleme), master plan, fizibilite (planlamayapılabilirlik), kesin proje, inşa ve işletme aşamalarından oluşan 747 adet hidroelektrik projenin toplam enerji üretim kapasitesini ifade etmektedir. Havza gelişme planlarının farklı zamanlarda hazırlanmış olmalarından dolayı projeler sonraki tarihlerde ekonomik yönden tutarsız duruma gelebilmektedir. Bununla birlikte zaman içinde enerji fayda ve maliyetlerinde meydana gelen değişikliklere göre ekonomik bulunabilecek tesislerin, ilk etütlerde terk edilmiş olmalarına da rastlanılmaktadır. Bu nedenle havza gelişme planlarının belirli aralıklarla, özellikle enerji faydalarına esas teşkil eden alternatif referans santral grubundaki değişikliklerden sonra, tekrar gözden geçirilip değerlendirilmesi uygun olacaktır. Bunlara karşılık, su kaynaklarının geliştirilmesinde görev üstlenen EİE ve DSİ gibi kuruluşların yapmış oldukları, yeni enerji kaynaklarının yaratılmasına yönelik ilk etüt çalışmalarıyla bu potansiyele her yıl ilaveler olabilmektedir. Bütün bu olumlu ve olumsuz etkilerin de dikkate alınmasıyla, Türkiye'nin ekonomik

hidroelektrik potansiyeli yıldan yıla ufak farklılıklar göstermekle birlikte bugün için 129,9 milyar kWh civarında olduğu kabul edilebilir.

Türkiye 433 milyar kWh brüt teorik hidroelektrik potansiyeli ile dünya hidroelektrik potansiyeli içinde %1 paya sahiptir. 140 milyar kWh ekonomik olarak yapılabilir potansiyeli ile Avrupa ekonomik potansiyeli içinde yaklaşık %16 hidroelektrik potansiyeline sahip bulunmaktadır (Tablo 1.1). Günümüz itibariyle Türkiye’de 172 adet hidroelektrik santral işletmede bulunmaktadır (Tablo 1.2). Bu santraller 13.700 MW bir kurulu güce ve ekonomik potansiyelin % 35’ine karşılık gelen 48.000 GWh yıllık ortalama üretim kapasitesine sahiptir. 8600 MW bir kurulu güç ve toplam potansiyeli %14 olan 20.000 GWh yıllık üretim kapasitesine sahip 148 hidroelektrik santral (HES) halen inşa halinde bulunmaktadır (Şekil 1.4).

Geriye kalan 72.540 GWh/yıl’lık potansiyeli kullanabilmek için ileride Türkiye’de 1.418 hidroelektrik santral (HES) yapılacak ve ilave 22.700 MW kurulu güçle hidroelektrik santrallerin toplam sayısı 1.738 çıkacaktır. Gelecekte yapılacak HES ile Türkiye’nin toplam ekonomik kurulu gücü olan 45.000 MW, 1.738 HES ile ülkenin nehirlerindeki tüm ekonomik hidroelektrik enerji potansiyelden faydalanma imkanı verecektir.

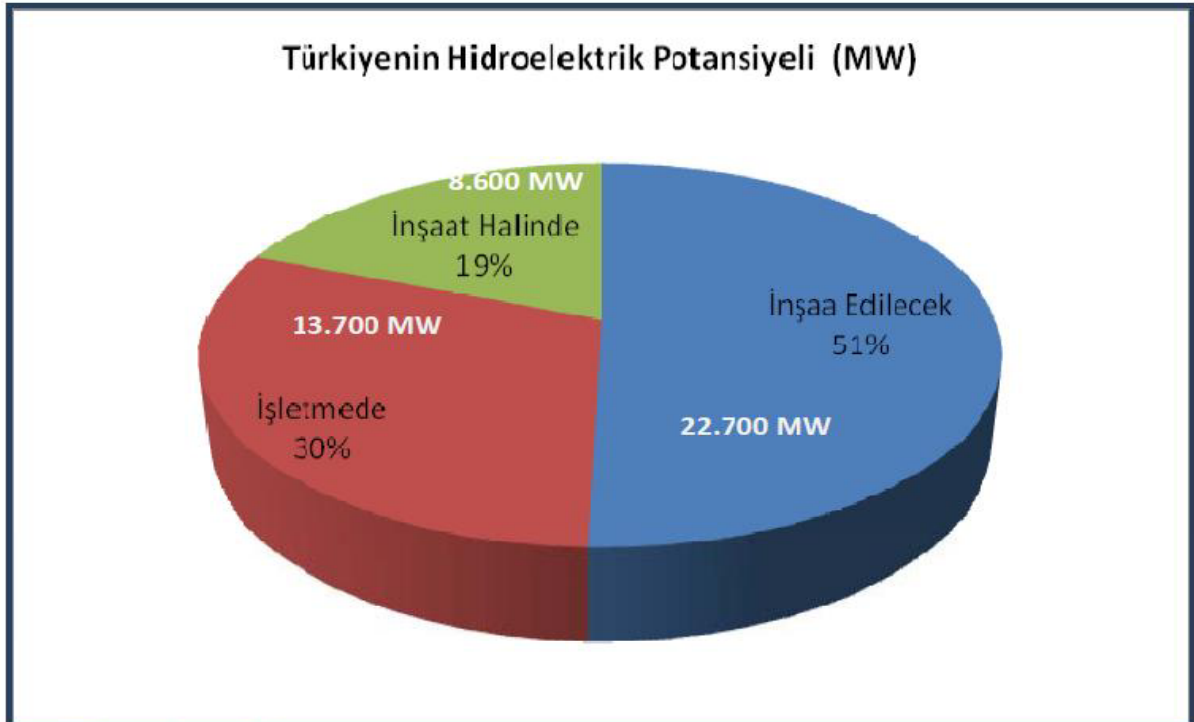
Ekonomik durgunluklar dikkate alınmazsa, Türkiye’de elektrik tüketimi her yıl % 6-8 oranında artmaktadır. Bu talebi karşılamak için ülkemiz yeni enerji projeleri için her yıl 2-3 milyar ABD Doları ayırmak zorundadır. Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji hayati bir konu olduğundan, kendine yeterli, sürekli, güvenilir ve ekonomik bir elektrik enerjisine sahip olunması yönünde başta dışa bağımlı olmayan ve yerli bir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerjisi olmak üzere bütün alternatifler göz önüne alınmalıdır. Kuzkaya-1 Regülatörü ve 3,590 MW’lık HES Tesislerinin işletilmesi, Türkiye ekonomisine ve enerji pazarına katkıda bulunacağı gibi, coğrafi konumu ve ulaşım yolları ve gelişme potansiyeli her zaman yüksek olan yörede enerji imkanları yaratacak, ekonomiye ve istihdama gerek inşaat, gerekse işletme döneminde imkanlar getirecektir. Ayrıca, bu ve buna benzer santrallerin büyük oranda yerli sermaye ile inşa edilerek devreye girmesi, devlet kaynaklarının daha verimli kullanılmasını da sağlayacak, karşılığında döviz ödenen enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacı biraz olsun azaltacak ve değerlendirilemeyen yenilenebilir enerji kaynaklarımızın değerlendirilmesine katkıda bulunacaktır.

Tablo 1.1 Dünya ve Türkiye Hidroelektrik (HES) Potansiyeli (URL-1)

	Brüt HES Potansiyel	Teknik HES Potansiyel	Ekonomik HES Potansiyel
<b>DÜNYA</b>	40.150.000 GWH/yıl	14.060.000 GWH/yıl	8.905.000 GWH/yıl
<b>AVRUPA</b>	3.150.000 GWH/yıl	1.225.000 GWH/yıl	1.000 GWH/yıl
<b>TÜRKİYE</b>	433.000 GWH/yıl	216.000 GWH/yıl	140.000 GWH/yıl

Tablo 1.2 Ekonomik Olarak Yapılabilir HES Projelerinin Durumu

Durumu	HES Sayısı	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	172	13.700	48.000	35
İnşa Halinde	148	8.600	20.000	14
İnşaatına Henüz Başlanmayan	1.418	22.700	72.000	51
<b>Toplam Potansiyel</b>	<b>1.738</b>	<b>45.000</b>	<b>140.000</b>	<b>100</b>



Şekil 1.4. Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyel Gelişimi

## 1.5. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

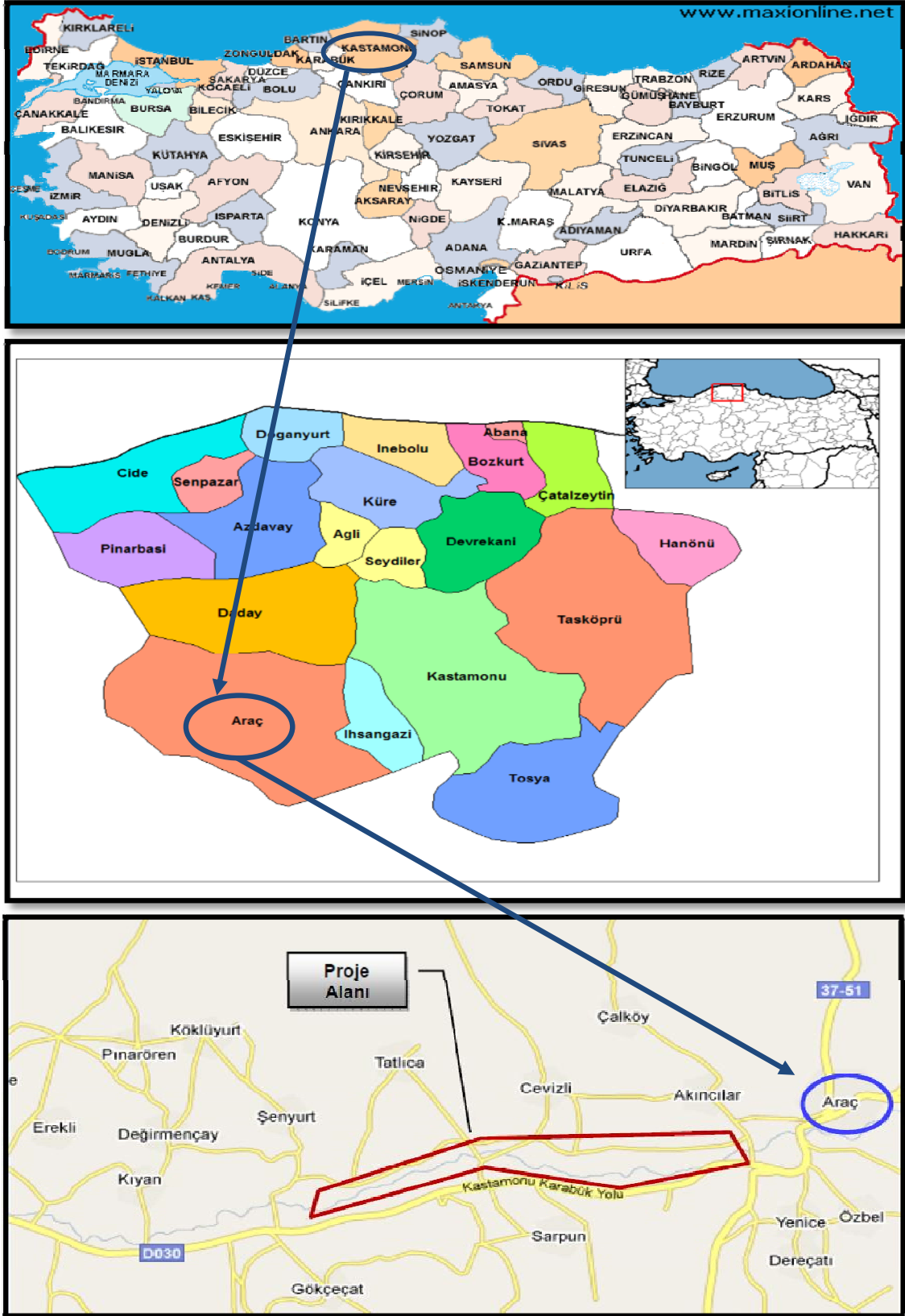
### 1.5.1. Coğrafi Durum

Çalışma alanı, Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde, Kastamonu İli, Araç İlçesi'nin batısında, İğdir (Samatlar) Kasabası ile Yeşilova Köyü arasında, Araç Çayı boyunca yer almaktadır (Şekil 1.5). Proje sahası, 1/25000 ölçekli Kastamonu F30-d1 paftası içerisinde yaklaşık 20 km<sup>2</sup>lik bir alanı kapsamaktadır. Detaylı jeolojik ve jeoteknik çalışma yapılan alana ait koordinatlar Tablo 1.3'te bu veriler yardımıyla 1/1000 ölçekte hazırlanmış kroki ise Şekil 1.6'da verilmiştir.

Tablo 1.3. İnceleme alanı coğrafi konum koordinatları

Nokta	KOORDİNAT
1	Y: 518 433, X: 4564039
2	Y: 518 446, X: 4564039
3	Y: 518 476, X: 4564014
4	Y: 518 476, X: 4563973
5	Y: 518 449, X: 4563945
6	Y: 518 434, X: 4563946
7	Y: 518 408, X: 4564012

Kastamonu İli, genel olarak dağlık bir yapıya sahiptir. İlin kuzeyinde, Karadeniz sahiline paralel olarak uzanan İsfendiyar (Küre) Dağları içerisinde, münferit olarak Yaralıgöz Dağı (1985 m), Göynük Dağı (1770 m), Dikmen Dağı (1471 m), Kurtgirmez Dağı (1450 m), Güruh Dağı (1493 m), Ballıdağ (1400 m), Isırganlı Dağı, Harami Dağı ve Elek Dağı önemli yükseltileri teşkil etmektedir. İlin güneyinde uzanan Ilgaz Dağları ise yüksek ve devamlıdır. Kuzeyde Gökırmak ve Araç Çayı, güneyde ise Devrez Çayı vadileri ile sınırlanmıştır. En yüksek noktası Çatalılgaz Tepesi (2565 m)'dir. İlin yüzölçümünün %74,6'sı dağlık ve ormanlık, %21,6'sı plato, %3,8'i ovidan oluşmaktadır. Bu dağılımdan da anlaşıldığı üzere, ilin tarıma elverişli geniş alanları yoktur.



Şekil 1.5. İnceleme alanı yerbulduru haritası



### 1.5.3. İklim

Kastamonu İli, deniz seviyesinden 800 m yükseklikte ve denize 90 km uzaklıktadır. Sahil kesimini etkisi altında bulunduran Karadeniz iklim kuşağının yanında, kıyıya paralel uzanan dağların etkisi ile iç kesimlerde, karasal iklim kuşağının özellikleri de görülmektedir. Sahil şeridi, iç kesimlere göre daha sıcak ve yağışlıdır. Denizler üzerinden geçen hava kütleleri, kazandıkları nemi, yükselme esnasında dağlara çarparak yağış olarak kıyı şeridine bırakmaktadır. Dolayısı ile kıyı şeridinin bol yağış aldığı görülür. Kastamonu ili nem miktarı, denizlerden karalara doğru gelen hava kütleleri ve bitki örtüsü nedeni ile yüksektir. İldeki hakim rüzgar yönü SW'dir.

Kastamonu İli'nde uzun yıllar sıcaklık ortalamaları, Ocak ayında  $-1,2$  °C ile Temmuz ayında  $20,1$  °C arasında değişmektedir. Sıcaklık değerlerinin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek değerlere ulaştığı görülür. 1930 yılından itibaren yapılan ölçümler sonucu en yüksek sıcaklık  $42,2$  °C ile 30 Temmuz 2000 tarihinde, en düşük sıcaklık ise  $-26,9$  °C ile 9 Ocak 1935 tarihinde oluşmuştur.

Yıl içinde en çok yağış Mayıs, en az yağış ise Eylül ayında görülür. Bu durum, iç kısımların Karadeniz iklim kuşağından ayrılarak karasal iklim kuşağına kaydığının bir göstergesidir. Araç Meteoroloji İstasyonu'nda ölçülen yıllık toplam yağışların uzun yıllar ortalaması  $518,9$  mm'dir.

Kastamonu ilinde orman ve fundalıklar önemli bir oran teşkil etmektedir (%64), ormanlar daha fazladır (%56) ve Kastamonu il merkezinin kuzeyinde sahil şeridi boyunca uzanan dağ silsileleri üzerinde iyice sıklaşır ve bu bölgeler sık orman bölgesidir. İlin güneyinde Ilgaz Bölgesi'nde de yaprağını dökmeyen oldukça sık orman örtüsü hakimdir. İlde genelde orman ağaçları kızılçam, karaçam, sarıçam, göknar, ardıç gibi ibrelilerle, kayın, meşe, kavak, kestane ve çınar gibi yapraklılardan oluşmaktadır. Ayrıca ormangülü, çobanpüskülü, kocayemiş, böğürtlen, yabancı fındık gibi ağaççıklar da görülmektedir. Yağış ve nem oranı yüksek olduğundan zengin bir orman altı örtüsü vardır. Ağaç örtüsünün bulunmadığı ve mera olarak kullanılan kısımlarda çeşitli türden buğdaygil ve baklagil bitkileri yer almaktadır. Bunun dışında örtünün bozulduğu yerlerde bazı dikenli bitkiler görülmektedir.

#### 1.5.4.Bölgesel Jeoloji

Havza niteliğindeki çöküntü alanları ile yarılmış olan platolardan biri Devrekâni avzası'nın doğusu ve güneydoğusu arasında yer alır. Bu bölgede ayrıca tek bir kütle durumundaki tepeler de bulunmaktadır. Kristalen temel üzerinde gelişmiş olan bu alan 1300 m'ye kadar yükselir. Bitki örtüsü bakımından farklılıklar gösteren bu kesimler, tepelerin Devrekâni Havzası'na bakan kuzeydoğusunda geniş tabanlı vadilerin olduğu çöküntü olukları ile parçalanmış, çıplak kalker platolar bulunmaktadır. Kretase ve Üst Kretase serilerinden oluşan bu alan üzerinde tektonik hareketler sonucu ortaya çıkan tipik yeryüzü şekilleri görülmektedir. Bu nedenle söz konusu bölge Küre Dağları'nın temelini oluşturan Jura-Kretase serileri üzerindeki plato nitelikli alandan biraz daha farklıdır. Daday Havzası'nın kuzeyindeki platolar ise 1300 m-1400 m yükseltili ve kuzeye doğru eğimlidir. Sık bir orman örtüsü ile kaplı bu platolar aynı zamanda bir aşınım yüzeyi oluşturmaktadır. Araç'ın kuzeyinden 1500 m yüksekliğindeki plato düzlüğü ise Araç'a yaklaştıkça yavaşça alçalır. Burada 1100 m yükseklikteki tersiyer fliş serileri üzerinde daha alçak bir düzey oluşturur.

Metamorfizma ve Mağmatizma: Daday-Devrekani Masifi, progresif olarak deforme olmuş kıtasal kabuk ve ofiyolit dilimleri ile kıta yokuşunda eşzamanlı olarak çökelen Kretasefilişinden oluşur. En üst tektonik dilim ise Paleozoyik yaşlı çökeller, Akgöl Formasyonu ve bunları kesen Erken Jura yaşlı granitler ile bunları post-tektonik olarak örten, Geç Liyas-Lütesiyen arasında çökelmiş bir karbonat-fliş kamasından oluşmaktadır. Paleotetis'inPontidler ile Anatolidler arasında yer almış olduğu ve kuzey yönlü bir yitimle, Permo-Karbonifer ile Erken Tersiyer arasında progresif olarak yok olduğu görüşü savunulmaktadır. Tetis alanlarının evriminin genel çözümü, Gondvana kuzeyinden riftleşerek ayrılan ince bir kıtasal levhanın, Paleotetis'in yok olma sürecine bağlı olarak, Avrasya'ya eklenmesi ile özdeşleşmektedir. Paleotetis'inPontidlere bağlı konumu veya Rodop-Pontid fragmanının hangi büyük kıtaya ait olduğunun saptanması jeolojik evrimin en önemli sorununu oluşturur. Pontidler'de, Permo-Karbonifer süresince güneye doğru derinleşen bir paleomorfolojiye ek olarak, Karakaya Formasyonu'nun İzmir, Ankara ve Kars'tan geçen Tetis (Paleotetis) kenetinin sadece kuzeyinde ve kenete bitişik oluşu, bu kenetin yerinde Geç Paleozoyik'teokyanusal bir alanın varlığını gösterir. Diğer taraftan, Karakaya (Akgöl) Formasyonu'nun, post-tektonik örtüsü durumunda görülen karbonat-fliş kamasının da aynı



kenetin sadece kuzeyinde var olması, kuzeye doğru derinleşen bir ortama işaret etmesi ve çökel paketin sedimantolojik parametrelerini koruyan devamlılığı (Lütesiyen'e kadar), bu çökel kamanın Neotetis'in kuzey koluna değil, Karadeniz yay-ardı havzasına ait olduğunu göstermektedir. Karakaya Formasyonu'nun çökeliyle eşzamanlı olarak, dalmabatmazonu ile kıta kenarı arasındaki okyanus tabanı, paleotransform faylara bağlı olarak, Permo-Triyas döneminde aktif olan Avrasya kıta kenarı üzerine retroşarye olmuştur. Paleotetis'in yok olma süreci kademeli ve/veya progresif dalma-batma zonu gerilemesine bağlı bir mekanizmayla açıklanabilmektedir. Dalma-batma zonu gerilmelerine bağlı olarak ada yayı da gerilemektedir. Eski yay sistemi yeni yay sistemi önünde sıkışarak yükselmekte, aşınmakta ve yay-ardı havzaya (Karadeniz) ait çökellerle örtülmektedir. Aynı mekanizmaya bağlı olarak, sıkışma rejimi yaşayan alan progresif olarak güneye göç etmekte, yükselen flişten yeni yay-önü havzaya malzeme aktarılmakta ve çökelen fliş, kıta kabuğuna ait metamorfik kayalar ve ofiyolit dilimleri ile progresif olarak kıvrılmakta ve dilimlenmektedir. Daday- Devrekani Masifi, batı kesimi ile Azdavay ve İnebolu yöresini kapsar. Permo- Triyas'tan itibaren Gondvana kuzeyinden ince bir levhanın ayrılmaya başladığı ve Tetis'in yok olma sürecinde Avrasya kıtası ile çarpıştığı düşünülmektedir. Bu süreç yer bilimcilerce zaman ve/veya mekan boyutunda farklı şekilde yorumlanmaktadır. Türkiye genelinde Jura ve öncesine ait magmatizmanın yeterince incelenmiş olduğu söylenemez. Jeolojik ve paleomanyetik sınırlamalarla bütünleşmeyen ve özellikle sadece majör element analizlerine dayalı jeokimyasal yorumlarda dikkatli olunmalıdır. Batı Karadeniz Bloğu'nun tabanı önemli kataklastik deformasyon göstermektedir. Tavan bloğa ait birimler ise yer yer kırılmalı, yer yer de yan-sünek deformasyona uğramışlardır. Kuvarsitler çok iyi yapraklanmış kuvars şistlere, karbonatlar ise kalkşistler ve mermerlere dönüşmüştür. Bazı lokasyonlarda kuvars şistler ile melabazikler arasında geçiş görülür. Şaryaj düzleminde çok etkili olan tektonik fabric gelişimi, bu düzlemden uzaklaşıldığında tedrici olarak yok olur. Eklenti prizmasında birçok dilimin metamorfizmanın fiziksel koşulları açısından bağımsız olduğu görülür. Granatlı mikaşistler, biyotit içermeyen ve muskovit-klorit birlikteliğinin yaygın olduğu kayalar olup, düşük mertebeye koşullarına işaret etmektedir. Bazı magmatic kayalarda çok düşük mertebeli koşullara işaret eden prehni, pumpeliyit, klorit ve albit gelişimi ile amfibollerde görülen uralitleşme çok yaygındır. Kuvars şist, mermer veya düşük mertebeli oldukları saptanabilen pelitik kayalar çok yaygındır. Ancak, bazı dilimlerde görülen sillimanit gnays, amfibollü

gnays ve diğer kuvars ve amfibolce zengin gnaysik kayaçların ise amfibolitfasiyesi koşullarında oluştuğunu söylemek mümkündür. Bazı küçük dilimlerde de amfibolit veya daha iyi bir olasılıkla granulitfasiyesi koşullarına işaret eden pembe granatlıamfibolitler saptanmıştır. Bu tür kayaçların kabuğun daha derin segmentlerinden yükseldiği düşünülmektedir. Gerek eklojitlerde, gerekse bu tür yüksek mertebeli kayaçlarda fakolit niteliklerini koruyabilmelerinden kaynaklandığı sanılmaktadır. Yani bu kayaçların makaslanmış çepirleri en son deformasyonun fiziksel koşullarını yansıtmakta, yüksek mertebelimetamorfizmaya işaret eden parajenezlerin korunduğu mercek veya budinler ise son deformasyondan etkilenmiş protolitleri temsil etmektedirler. Eklenti prizmasındaki metamorfik dilimler (Daday-Devrekani Masifi) bir diğerini kesen birçok makaslama zonu kapsar. Bu kayaçlarda yapraklanmaların iyi gelişmiş olması yeterince derin koşullara işaret ederken, kataklastik deformasyonlar bağlı olarak daha sık koşullarda gerçekleşen geç evre deformasyonlarını temsil ederler. Kretase yaşlı fliş, hem bu dilimleri ortak olarak örter, hem de bu dilimlerle kıvrımlanarak yeniden ekaylanır. Bu gözlemlere göre, Daday-Devrekani Masifi, progresif olarak deforme olmuş bir kıta kenarını temsil etmektedir. Yaşı Apsiyen'e kadar inen flişte görülen metamorfik ve ofiyolitik kırıntılar, deformasyon sürecinin Apsiyen öncesinde başladığını ve ofiyolitlerin Apsiyen öncesinde kıta kenarına yerleşmiş olduğunu gösterir. Bu durum, ofiyolit yerleşimi için okyanusal alanın kapanmasının zorunlu olmadığını da ima eder.

Tektonik ve Paleocoğrafya: İnceleme alanında, Araç-Daday-Kastamonu yöresinde, iki tektono-stratigrafik birim ayırtılabilmektedir. Batıda yer alan tektonik dilim (nap), Batı Karadeniz Bloğu, en üst, dolayısıyla en az deforme dilimi oluşturur. Bu dilim Araç kuzeybatısındaki Hazar deresini izleyen ve Daday'a doğru alüvyon altında izini kaybettiğimiz bir tektonik hatla (Hazar Dere Şaryajı), "Eklenti Prizması" olarak adlandırdığımız ikinci tektonostratigrafik birim üzerine itilmiştir. Bu birim stratigrafi ve metamorfizma açısından bağımsız birçok dilimden oluşur ve Daday-Devrekani Masifi olarak bilinmektedir. Granatlı mikaşist, granatlıamfibolit, fillit, kuvars şist/kuvarsit, metakarbonat ve Permiyen yaşlı kireçtaşı belli başlı litolojilerdir.

Kastamonu havzası kuzeyi, Malm öncesinde evrimini tamamlamış kıtasal ve okyanusal toplulukların bir araya gelmesiyle oluşan eski bir temel üzerinde gelişmiş Malm-Eosen yaşlı çökel dizisinden oluşur. Kastamonu havzası Geç Kretase-Eosen yaşlı volkanik, volkanojenik

birimler ile Eosen-Oligosen-Miyosen yaşı, sığ denizelkarasal çökellerden oluşan, kaya türü özellikleri bakımından yay önü havzası karakterindedir. Bölge bu tektonik yapısını, Pontid ve Sakarya kıtaları arasında yer alan okyanusun, Orta-Geç Eosende kapanması sonucu kazanmıştır. Tektonik etkinliğin yoğun olduğu bir evrim süreci geçiren bölgede, Paleotektonik ve Neotektonik dönemine ait deformasyonlar gelişmiştir.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Genel Jeolojik, Stratigrafik ve Petrografik Çalışmalar**

#### **2.1.1. 1/25 000 Ölçekli Jeoloji Haritanın Hazırlanması**

İnceleme alanı Kastamonu ili, Araç ilçesi sınırları içerisinde, Araç Çayı üzerinde bulunmaktadır. Çalışma alanı F30-c1 paftasında 518000-526000 doğu boylamı ile 4564000-4566000 kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası, 1/2500 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır.

#### **2.1.2. Mikroskobik Tayinler**

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü ince kesit hazırlama laboratuvarında yaptırılan ince kesitler, James Swift (Model MP3500MBL) marka polarize mikroskopta incelenerek kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiş ve kayaç adlamaları yapılmıştır.

Bunun yanı sıra kayaçlardaki önemli mineralojik özelliklerin gösterilmesi amacıyla mikroskobik ölçekte fotoğraflar çekilmiştir.

### **2.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları**

Mühendislik jeolojisi çalışmaları iki kademedeyi gerçekleştirilmiştir. Arazigözlemleri, sondaj uygulamaları ve yerinde arazi deneyleri çalışmanın ilk aşamasını oluştururken, laboratuvar deneyleri (kaya malzemesinin indeks ve dayanım özelliklerinin ölçümü) ikinci aşamayı oluşturmaktadır.

### 2.2.1. Sondaj Uygulamaları

Sonsaj çalışmaları, bir adet paletli D-750 hidrolik baskı ile çalışan rotary sondaj makinası, bir adet arazi aracı ve bir adet jeoloji mühendisinin gözetimiyle yapılmış olup, bir sondaj mühendisinin (jeoloji) gözetiminde 4 kişilik ekiple yürütülmüştür. Derinliği 18.00-30.00 m. arası değişen 11 adet temel araştırma sondaj kuyusu açımı delgi çapları, kuyunun derinliklerine göre 76 - 89 mm. arasında değişmektedir. Zemin durumuna bağlı olarak ya “N serisi” tekli ve çiftli karotiyerle ve 89 mm. muhafazalı ilerlenmiş, yâda “wireline” takımla çalışılmıştır. Ayrıca yapılan sondaj çalışmalarında İnce Çakıllı, kumlu, Killi, Siltli birimde Standart Penetrasyon Testi (SPT) yapılmış olup, karotlu ilerleme yapılarak numune alımı gerçekleştirilmiştir. Sondaj kuyularının yeraltı su seviyeleri günlük olarak ölçülüp loglara işlenmiştir. Temel araştırma sondaj çalışmaları tamamlandıktan sonra kuyulara 50 mm çapında pvc borular inilerek kuyu ağızları muhafaza altına alınmıştır. Etüt sahasında temel zemini oluşturan birimi tanımak ve taşıma gücünü saptamak için, inceleme alanında; Regülatör alanı, çökeltme havuzu, cevizlik regülatörü, yükleme havuzu, cebriboru, santral binası oturtulması planlanan derinliklerinden alınan numuneler laboratuara nakledilerek zeminlerin indeks ve mekanik özelliklerini belirleyici deneyler yaptırılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen verilerinden de yararlanılarak sahanın jeolojik yapısı, litolojik birimlerin jeoteknik özellikleri, yanal-düşey ilişkileri belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar doğrultusunda zeminin fiziksel, mekanik ve mühendislik parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

RQD, bir sondajda herhangi bir ilerleme aralığında doğal süreksizliklerle ayrılmış, boyu 10 cm ve daha büyük olan ve silindirik şeklini koruyan karot parçalarının toplam uzunluğunun ilerleme aralığının uzunluğuna oranının yüzde olarak ifade edildiği sayısal bir indekstir. Deere (1964) tarafından önerilen RQD, aşağıda verilen ifadeden belirlenir.

$$\% RQD = \left( \sum_{i=1}^n l_i \times 100 \right) / 100 \quad (1)$$

Burada, n: ilerleme aralığındaki karot parçalarının sayısı; l: RQD'ye dahil edilen ve boyu 10 cm ve daha büyük olan karot parçalarının boyları, L: ilerleme uzunluğudur. Çalışmada, sondaj sırasında yapılan zorlama veya karotların karotiyerden çıkartılırken ya da sandığa yerleştirilirken kırılması sonucu oluşan ve doğal olmayan mekanik kırıklar RQD'nin tayininde

dikkate alınmamıştır. Bunun yanı sıra karotun yatayeksenine dik veya dike yakın süreksizlik içeren karotlar % RQD hesaplanmasına dahiledilmiştir.

RQD değerlerinin değişim aralıkları esas alınarak, Deere (1964) tarafından kaya kalitesi tanımlamaları yapılmıştır (Tablo 2.1). RQD değeri, Tablo 2.1'deki değişim aralıklarına göre puanlandırılarak kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde bir girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

Tablo 2.1. RQD sınıflaması (Deere, 1964).

RQD	Kaya kalite göstergesi
Çok zayıf	< 25
Zayıf	25-50
Orta	50-75
İyi	75-90
Çok iyi	90-100

### 2.2.2. Araştırma Çukuru

Çalışma sahası Santral alanında derinlikleri 3.00-3.30 metre arasında, genişliği 0.70-1.00 m arasında değişen 2 adet araştırma çukuru çalışması yapılmıştır. Araştırma çukurları bir adet 60 cm genişliğinde kova ile açılmıştır.



Şekil 2.1. Açılan araştırma çukurlarının derinlik ve genişliklerini gösterir fotoğraf

### 2.2.3. Jeofizik Yöntemler

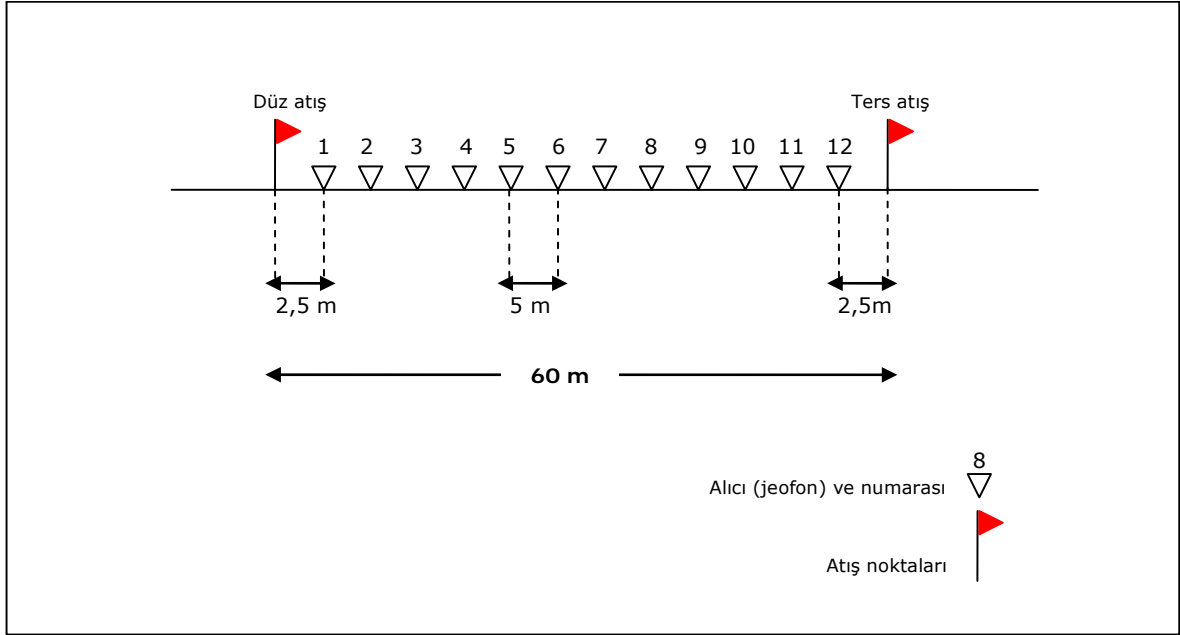
Sismik yöntemler yer altındaki jeolojik tabakaların durumlarını saptamada elastik dalgaların, yer içerisinde yayılması ile ilgili fizik prensiplerine dayanır. Uygulamalı sismikte, dalgaları üreten bir enerji kaynağı, yeryüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya (jeofon) ve bu alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aletine gerek vardır.

Sismik yöntemler,kaynaktan yayılan sismik dalgaların takip ettiği ışın yollarına göre Sismik Yansıma (reflection), Sismik Kırılma (refraction) olmak üzere iki genel bölüme ayrılır.

Sismik Kırılma Yöntemi, veri toplama ve değerlendirme açısından oldukça pratik, hızlı ve ekonomik bir yöntemdir. Diğer önemli bir özelliği ise dalga yayılım hızının derinlikle arttığı tabakalı ortamlarda, tabakaların hızlarının ve derinliklerinin yeterli bir doğrulukla bulunmasını sağlar.

Arazide 6 (altı) noktada yapılan serimde P ve S dalgaları kullanılarak sismik kırılma çalışmaları yapılmıştır. 12 kanallı alıcı sistemi kullanılmıştır. Tüm serimlerde alıcı (jeofon) aralıkları; çalışılacak alanın genişliği ve hedeflenen derinlik göz önüne alınarak 5m seçilmiştir. Tüm serimlerde eğimli tabakanın gözden kaçırılmaması ve verinin daha doğru yapıyı temsil etmesi amacıyla iki atış (düz ve ters) yapılmıştır. Atış noktaları; düz atış için ilk jeofondan (0 m) 2,5 m geride (-2,5 m), ters atış için son jeofondan (57,5 m) 2,5 m ilerde (60 m) seçilmiştir.

İnceleme alanında yapılan sismik kırılma çalışması sonucu elde edilen kayıtlardan ilk kırılma zamanları bulunarak SIP programında uzaklık-zaman grafikleri ve tabakalara ait derinlik modelleri elde edilmiştir.



Şekil 2.2. Sismik Yansıma Yönteminde Jeofon Dizilimi ve Aralarındaki Uzaklık

## 2.2.4. Laboratuvar Çalışmaları

### 2.2.4.1. Nokta Yükleme Deneyi

Bu deney, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan noktayükü dayanım indeksinin tayini amacıyla yapılır. Nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve bazı kaya kütle sınıflama sistemlerinde kayaç malzemesinin dayanım parametresi olarak kullanılır. Bununla birlikte, günümüzde nokta yükü dayanım indeksinin, tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımlarının dolaylı yoldan tahmini amacıyla tercih edilmemesi yönünde bir eğilim vardır (Ulusay vd., 2001).

Bu çalışmada nokta yükleme deneyi uygulanırken ISRM (1985) tarafından önerilen standartlar uygulanmıştır. Deneyler gerek sondajlardan elde edilen gerekse araziden alınan kaya bloklarından alınan karotlar üzerinde uygulanmıştır. Deney uygulanırken karot örneklerinin uzunluklarının, çaplarına oranının 1.0–1.5 arasında olmasına dikkat edilmiştir.



Çapı ve boyu kompas ile ölçülen örnekler konik uçların arasına karotun eksenine dik yönde yerleştirilmiş, yükleme örnekler 10-60 sn içinde kırılacak şekilde gerçekleştirilmiştir. ISRM (1985) bu deney için kaya malzemesini tanımlamak amacıyla en az 10 örneğin deneye tabi tutulmasını önermiştir. Nokta yükü dayanım indeksi sonuçları aşağıdaki formüller yardımıyla belirlenmiştir.

$$I_s = P / D_e^2 \quad (2)$$

Burada,  $I_s$ : düzeltilmemiş nokta yükü dayanım indeksi (kPa),  $D_e$ : çapsal deneylerde karotun çapı (mm),  $P$ : yenilme anında manometreden okunan yüküdür (kN).  $I_s$  değeri, çapsal deneyde  $D$ 'nin diğer deneylerde ise  $D_e$ 'nin bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Bu nedenle  $I_s$  değerinin standart bir karot çapına ( $D$ : 50 mm) göre düzeltilmesi gerekmektedir (ISRM, 1981). Düzeltilmiş nokta yükü dayanım indeksi aşağıdaki formül yardımıyla bulunmaktadır.

$$I_{s(50)} = F \times I_s \quad (3)$$

$$F = (D_e/50)^{0.45} \quad (4)$$

Burada  $F$ , boyut düzeltme faktörüdür.

#### **2.2.4.2. Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı Deneyi**

Bu deney, silindirik bir şekle sahip kayaç malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında ve tasarımlarda yaygın biçimde kullanılan tek eksenli sıkışma dayanımının tahmini amacıyla yapılır. Ayrıca kaya kütlesinin basınç dayanımı ve kayma parametrelerinin tahmini için geliştirilen görgül yaklaşımlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, kayaçların tek eksenli sıkışma dayanımları belirlenirken, ISRM (1981) tarafından önerilen standartlar kullanılmıştır. Deneyde kullanılacak örnek sayısı pratik gereksinimlere bağlı olmakla birlikte, ISRM (1981) tarafından her kayaç türünden en az 5 örneğin deneye tabi tutulması önerilmektedir. Örneklerin tek eksenli sıkışma dayanımı ( $\sigma_c$ ) aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\sigma_c = F/A \quad (5)$$

Burada, F: yenilme anında kaydedilen yük, A: silindirik örneğin en kesit alanıdır. Çalışmada NX (54.7 mm) ve 50 mm çaplı karotlar üzerinde deneyler yapılmış, deney sonuçları aşağıdaki formül kullanılarak referans çapa (50 mm) göre düzeltilmiştir (Hoek ve Brown, 1980).

$$\sigma_c = \sigma_{cd} / (50 / D)^{0.18} \quad (6)$$

Burada,  $\sigma_c$ : 50 mm çapında bir karot için eşdeğer tek eksenli sıkışma dayanımı,  $\sigma_{cd}$ : D çapında bir örneğin sıkışma dayanımı, D: örnek çapıdır.

### 2.2.4.3. Elek Analizi

Gözenekli ortamların incelenmesi bunlardan alınan, 105 C° de, 24 saat kurutulmuş olan, uygun miktardaki örneğin, elek açıklıklarının iriden inceye doğru dizilmiş olan standart elek takımlarından elenmesi sonunda akifer malzemesinin dane boylarına göre sınıflandırılması prensibine dayanır.

Elek açıklıkları kare şeklinde ve dairesel olabilir. Yuvarlak açıklı elekler, elek analizi için daha uygun oldukları halde küçük çaptaki deliklerin açılması zor olduğundan genellikle belirli dane boyunun altındaki ince malzemeler için kare açıklıklı elekler kullanılır.

Eleklerin üzerine kuru malzeme koyulduktan sonra 15-20 dk vibratörde elenerek örneğin dane boyuna ayrılması sağlanır.

Eleme işlemi tamamlandıktan sonra her elek üzerindeki malzeme tartılarak örneğin dane boyuna göre bileşenleri bulunmuş olur. Silt ve daha iri boylu ayrık malzemelerin incelenmesi kuru elek analizi yöntemi ile yapılır. Kil gibi daha ince malzemelerin incelenmesi ise çökeltme hızından yararlanılarak yaş eleme yöntemi ile yapılır.

Elek analizi için doğadan alınan örnek iri malzeme için 50-60 kg, ince malzeme için ise 20-25 kg olmalıdır. Örneğin dane boyu 30 mm den fazla olduğu zaman her 10 mm artış için bu miktarla %20 arttırılır. Bu örneklerden elek analizi için gerekli olan miktarlar dörtleme yöntemi ile alınır.

Kurutulmuş örnekten eleklerle konmak üzere alınacak miktarlar ise iri kum için 400-800 gr, ince kum için 200-400 gr, çok ince kum için ise 100-200 gr.'dır.

#### **2.2.4.4. Kıvam Limitleri**

%50'sinden fazlası 76 mikron elekten geçen zeminler ince daneli olarak kabul edilirler ve ayırım için bu zeminlerin suyla karşılaştıklarında gösterdikleri kıvam ana kriter olarak kullanılır. Kıvam ile kohezyonlu zeminlerde zeminin sertlik-yumuşaklık durumu belirtilir. Bu durumlar genel olarak yumuşak, orta sert, sert gibi adlar alırlar. Kohezyonlu zeminler suyla yoğrulduklarında plastiklik özelliği kazanırlar. Plastisite kohezyonlu zeminlerin kırılmadan şekil alabilme özelliği olarak tanımlanabilir.

Kohezyonlu zeminler, su içeriği değişikçe plastisite özelliklerine göre katı, yarı katı, plastik ve likit duruma geçerler. Atterberg 1911 yılında bu durumları ve bu durumları birbirinden ayıran su içeriklerini kıvam limitleri olarak tanımlamıştır. Kıvam limitleri likit, plastik ve rötre limiti olarak tanımlanmıştır.

Likit limit kil-su karışımının sıvı halden plastiğe dönüştüğü su içeriği olarak tarif edilebilir. Likit limitin ölçümü için kullanılan iki yöntem vardır. Birinci yöntem Casagrande yöntemi diğeri ise düşen koni penetrasyon yöntemidir.

Casagrande yönteminde amaç; pirinç bir tas içine yatay olarak yerleştirilip, ortasına özel kaşığı ile bir oluk açılan çamurun, tas lastik tabana 10mm yükseklikten 25 kez düşürüldüğünde kapanmasını sağlayan su içeriğini bulmaktır. Casagrande tarafından geliştirilen standart likit limiti aleti kullanılır. Şekil 2.3'de Casagrande standart likit limiti aleti gösterilmiştir



Şekil 2.3. Casagrande standart likit limiti aleti

Metal tas kolu döndürüldüğünde 1 cm yükseklikten sert lastik blok üzerine düşmektedir. Likit limiti belirlenecek olan malzeme N0 = 40 elekte elenir. Elek altına geçen malzemedan bir miktar alınır. Porselen kap içerisinde saf su ilave edilerek yoğrulur. Yoğrulan malzemedan bir miktar alınarak metal tasa yerleştirilir ve ortasına oyuk açma kalemi ile oyuk açılır. Daha sonra alet kolu döndürülerek ortadaki oyuğun orta kısmında 1 cm kapanması sağlanır. Bu kapanan kısımdan örnek alınarak su muhtevası belirlenir. Deney değişik su muhtevalarında en az 3 kes tekrarlanır. Likit limit; zeminin kendi ağırlığı altında akabildiği en düşük su içeriğidir.

Plastik limit; Islak zeminin yoğrulma sırasında yüzeyinde çatlakların belirdiği andaki su muhtevasıdır. Yani zemini 3 mm çapında silindir şekline getirildiğinde kırılmaların, kopmaların başladığı min. su muhtevası. Şekil2.4'de silindir şekline getirildiğinde kırılmaların, kopmaların başladığı an gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Plastik limit ölçülmesi

#### 2.2.4.5. Kesme Kutusu Deneyi

Bozulmamış örnek kesme kutusu içine konur. Örneğe düşey yönde kuvvet uygulanır ve sabit tutulur. Daha sonra örnek kesilinceye kadar örneğe kesme kuvveti uygulanır ve örnek kesilir. Deney değişik düşey yükler altında en az üç kez tekrarlanır. Yükleme saati üzerindeki deformasyon saatinde hacim değişimleri ölçülür. Kesme kutusu üzerindeki deformasyon saatinde yanal değişimler ölçülür. Şekil 2.5 Kesme Kutusu deney aleti ve yapılışı gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Kesme kutusu deney aleti ve deneyin yapılışı

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Genel Jeoloji

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru Eosen yaşlı Araç Formasyonu, yine Eosen yaşlı Samatlar Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonların yüzeylenme verdiği belirlenmiştir (Şekil 3.1).

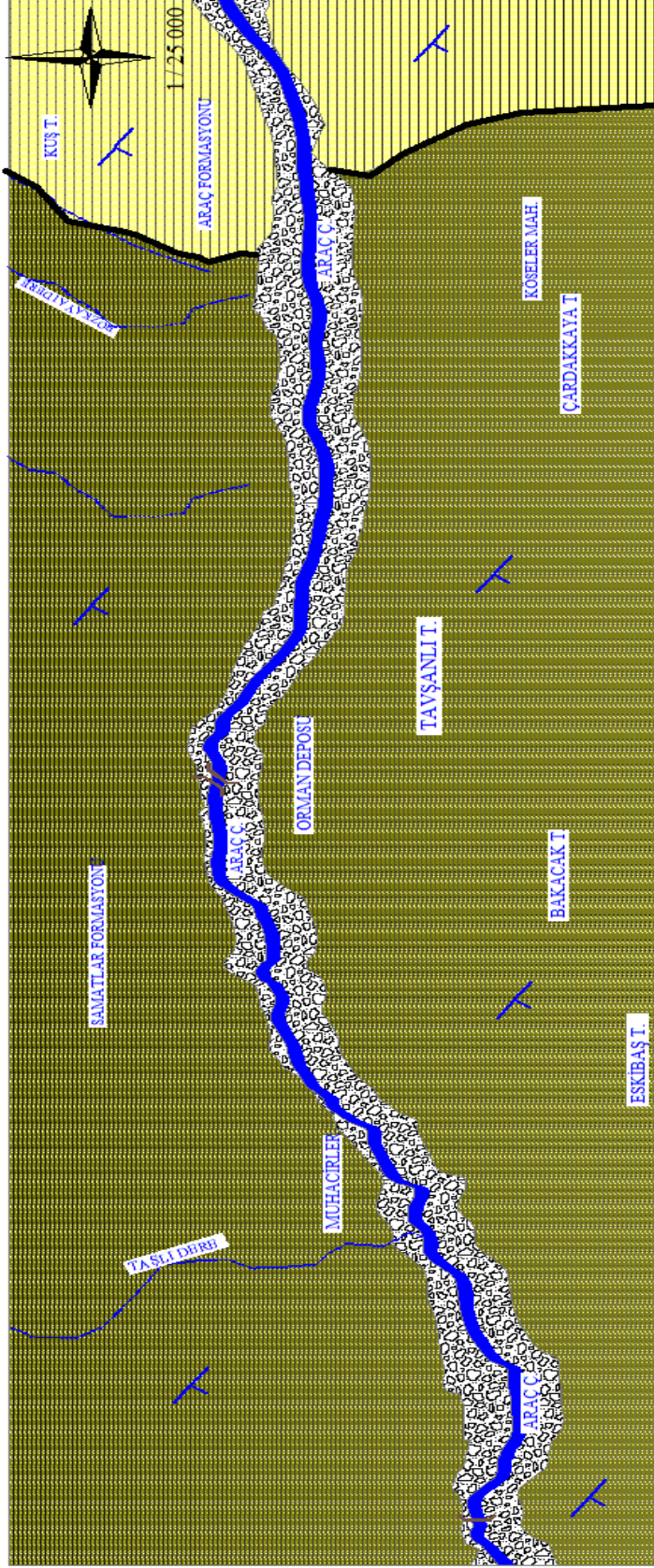
Araç Formasyonu (Ta)	:Detritik Kireçtaşı
Samatlar Formasyonu (Ts)	:Konglomera, Kumtaşı, Silttaşı
Alüvyon	:Kötü boylanmalı, iri bloklu blok, çakıl, kum, silt, kil

##### 3.1.1.Araç Formasyonu (Ta)

Formasyon başlıca gri-boz renkli kiltası, killi kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kireçtaslarından oluşmuştur. Kiltaları bol fosillidir, içlerinde kireçtaşı çakılları ve küçük blokları vardır ve bunlarda laminalı katmanlanma gözlenmektedir. Killi kireçtaslarının katman kalınlıkları 10-50 cm arasında değişmektedir.

Bol makro fosil, özellikle *ostrea* içerirler. Katmanlar arasında ince kömür ve turba katmanları gözlenmiştir. Kumlu kireçtasları 30-50 cm katman kalınlıklı, bol bentonik foraminiferli, makro fosilli ve özellikle *gastropod*ludur. Birim kırılğan özellikli, sarımsı renkli olup, sedimenter yapılar izlenmez (Şekil 3.2). Kireçtasları, beyaz-sarımsı-boz renkli, bir ayrışma özelliği olarak düşünülen yumrulu görünüm sunarlar. Katman kalınlıkları 20-40 cm kadardır. Formasyonu, temel birimleri üzerine açısaldiskordanslagelmistir. Birim Meastrihyen-Paleosen-Küviziyen süreçlerin devamını yansıtır. Bu da birimin deniz ilerlemesiyle başlangıçta çok sık ve yüksek enerjili bir ortamda çökeldiğini gösterir. Havzanın doğusunda ise daha düşük enerjili ortamı yansıtan kumlu kireçtasları ve sınırlı derinleşmelere bağlı olarak daha küçük taneli kırıntılılar gözlenir.





## BELİRTEÇ

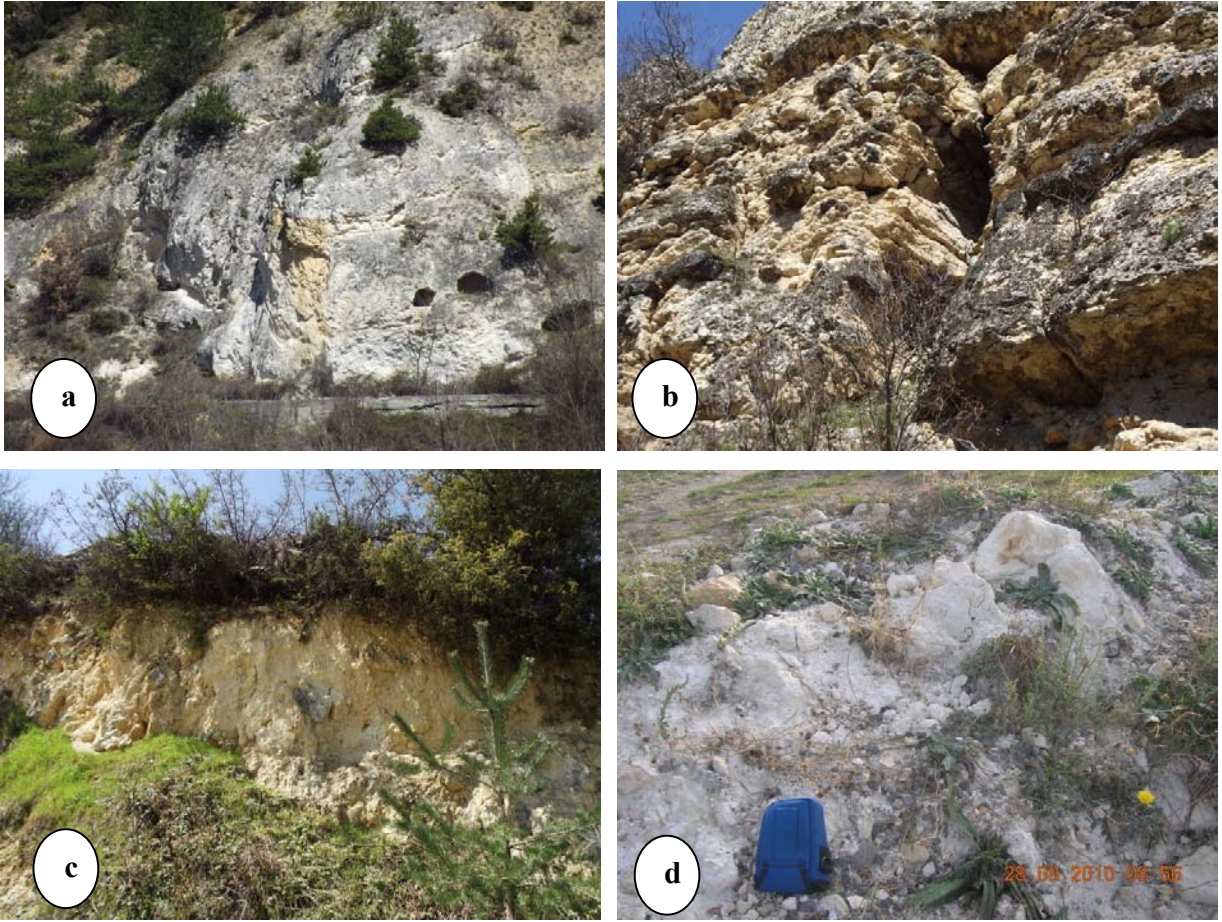


Şekil 3.1. Çalışma alanının jeolojî haritası



Paleotopografyanı denetlediği bu birimlerde, çukurlarda, yükseklerle göre daha alt yaşları bulmak mümkündür. Formasyon volkanik ve volkano-tortullardan oluşan formasyonlar üzerinde konkordandır.

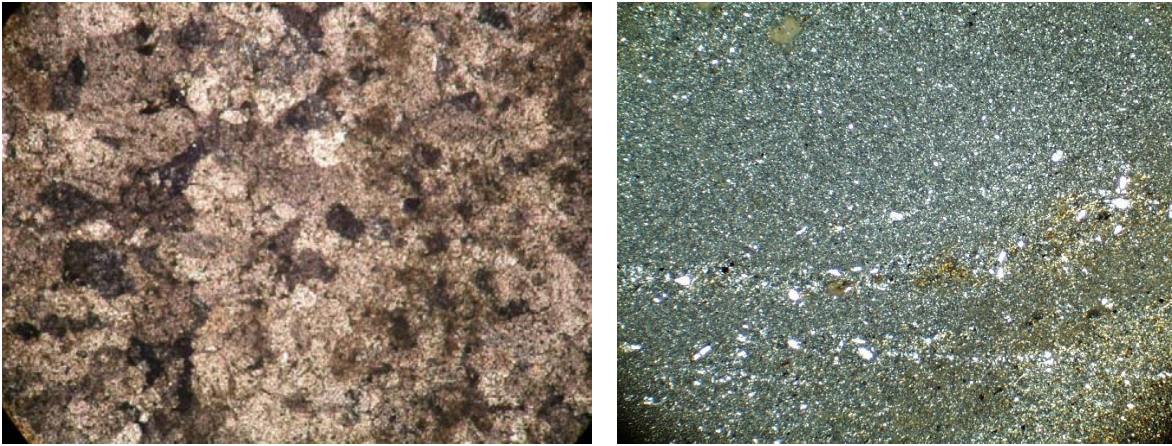
Üzerine ise karasal ortamın ürünü olan fluvial-deltaik karakterli Samatlar formasyonu konkordan olarak gelir. Birimin yaşı Lütesiyen olup kalınlığı yaklaşık 300 m dir.



Şekil 3.2. Akıncılar Mevkii'nde yüzeylenme veren masif kireçtaşları (a), araç formasyonunun beyaz-sarımsı-boz renkli, bir ayrışma özelliği olarak düşünülen yumrulu görünüm (b), araç formasyonunun kireçlenme sunan kısımları (c ve d)



Çalışmada Araç Formasyonu'na ait kireçtaşlarından alınan örneklere ait ince kesitler hazırlanmış ve mikroskopta incelenmiştir (Şekil 3.3). İnce kesitlerde, sığ denizel ortamla karakterize olan intrabiyosparitlersparitik bir çimento ile tutturulmuş biyoklast ve intraklastlardan oluştuğu görülmüştür. Kısmen korunmuş bentikforaminiferlerden ve genel olarak parçalar halinde bulunan alg ve bivalvelerden oluşan biyoklastların kayaç içerisindeki oranı yaklaşık % 20 dir. Değişik şekil ve boyutlarda yer yer mikritize taneler halinde bulunan intraklastların oranı ise % 15'i geçmemektedir.



Şekil 3.3. Kireçtaşlarına (a) ve kilaşlarına (b) ait ince kesit görünümü

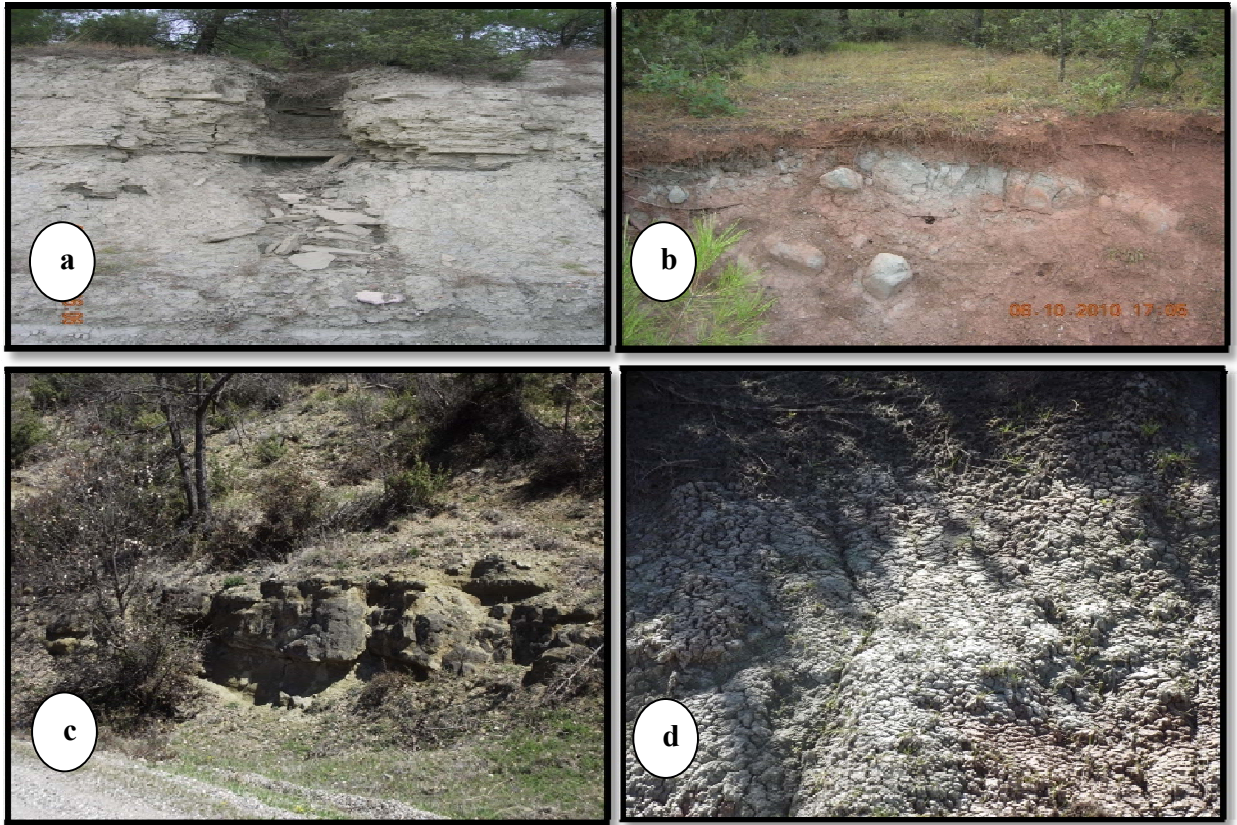
### 3.1.2.Samatlar Formasyonu (Ts)

Birim, baslıcasilttası, kumtası, çamurtası ve çakıltaslarından oluşur (Şekil 3.4). Genel olarak renk kırmızıdır. Ancak, batıya doğru gidildikçe renkte bir değişim, yeşilimsi-boza doğru bir farklılaşma söz konusudur. Silttaşları açık yeşil veya kırmızı renklidir. Bitki kırıntıları, kömür parçaları ve ince karbonat düzeyleri kapsar. İçlerindeki çamurtası düzeylerinde asimmetrik ripple laminasyonları görülür. Mercekler biçiminde gözlenen kumtası ve çakıltası düzeyleri vardır. Kumtaşları kırmızı-boz renklidir. İnce-orta-kaba taneli, orta derece boyulanmalıdır. Çoğunlukla asındırılmalı tabanlıdır. Tabaka kalınlığı 5 cm ile 4 m arasında değişir yer yer derecelenme gözlenir.

Çamurtalarında egemen renk kırmızı ve açık yeşil-bozdur. İçlerinde asındırılmalı tabanları ile dikkati çeken, mercekli geometrili, yer yer çapraz katmanlama özelliği de

gözlener kumtası ve çakıltası düzeyleri vardır. Çamurtasları genelde bir tabakalanma göstermemelerine karşılık sınırlı düzeylerde ince tabakalanma ve laminalanma özelliği gösterdiği yerler vardır.

Çakıltasları, çoğunçamurtasları içinde kumtasları ile birlikte, 1-5 m kalınlıkta gözlenerler. Bunların geometrileri mercekseldir. Asındırmalı tabanlı olup çakıl boyutları 0.5-10 cm arasındadır. Tablamsı ve büyük ölçek çapraz tabakalanma özellikleri sunarlar. Birim Araç formasyonu üzerinde konkordan olarak bulunur. Üzerinde kırıntılı karbonatların oluşturduğu Terke formasyonu konkordan gelmektedir. Birim Üst Lütesiyen yasında ve 600 m kalınlıktadır.



Şekil 3.4. Şenyurt Mevkii'nde yüzeyleme veren ince, orta, kalın tabakalı Samatlar Formasyonu (a, b, c) ve Samatlar Formasyonun altere olmuş hali (d).



### 3.1.3. Alüvyonlar (Qal)

Proje alanında Araç çayı ve membaındaki Büyük ırmak boyunca alüvyon birikimlerine rastlanmaktadır. Yuvarlak-yarı yuvarlak bazalt, andezit, granit, kireçtası vb. kökenli bileşenler ağırlıklı olarak gözlenmektedir. Alüvyon malzemesi; yaklaşık olarak %30 blok, %55 çakıl-kum, %15 silt-kil boyutundadır (Şekil 3.5)



Şekil 3.5. Araç çayı alüvyonlarından görünüm

### 3.2. Mühendislik Jeolojisi

Çalışmada, santral yeri ve çevresinin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla arazi çalışmaları yapılmış ve elde edilen veriler kullanılarak santral yeri kaya malzemesinin indeks ve dayanım özellikleri, dayanım özellikleri, stabilitesi, kazılabilirliği ve taşıma gücü gibi jeomekanik özellikleri belirlenmiştir.

Şekil 3.6'da santral yeri ve çevresinde sondaj ve araştırma çukuru yeri ile sismik profil hatları gösterilmiştir.

#### 3.2.1. Yüzey Çalışmaları

Çalışmada, litolojik türlerini ve bu litolojik türlerine ait mühendislik türlerini (jeoteknik birim) haritalamak, birbirlerinden farklı olarak değerlendirmek amacıyla arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gerek sondaj çalışmaları, gerekse arazi çalışmaları sonucunda elde edilen veriler yorumlanarak çalışma alanına ait stratigrafik kesitler çıkarılmış ve elde edilen tüm veriler jeofizik ölçümlerle (sismik kırılma) deneştirilmiştir.

##### 3.2.1.1. Jeofizik Ölçümler

Proje sahasında 2 (iki) noktada sismik yansıma çalışması yapılmıştır. Çalışma alanında yer alan birimlerin sismik hızlara göre yapılan tanımlamaları aşağıda verilmiştir.

1.serimde (SSK-1'de) 7 m'ye kadar Vp hızı 385 m/s ve Vs hızı 200 m/s, 16m'ye Vp hızı 975 m/s Vs hızı 402 m/s, bu seviyeden sonra Vp hızı 2796 m/s Vs hızı 693 m/s; 2.serimde (SSK-2'de) yaklaşık 4 m'ye kadar Vp hızı 501 m/s ve Vs hızı 201 m/s, bu seviyeden sonra Vp hızı 2129 m/s Vs hızı 574 m/s olarak ölçülmüştür (Şekil 3.7-3.11). İnceleme alanında yapılan sismik kırılma çalışması sonucu alüvyon birim ile kumlu killi ayrılmış kireçtaşı birimlerinin ilk seviyeleri hemen hemen aynı hızlara sahip olduğundan sondaj loglarındaki metrelerle bire bir uyumluluk yoktur. İnceleme alanında alüvyona ait Vp hızları 350-550 m/s arasında, Vs hızları ise 200-360 m/s arasında değişmektedir. Bu seviyeden sonraki kumlu killi kireçtaşı birimlerinde ise Vp hızları 1950-2800 m/s arasında, Vs hızları ise 470-770 m/s arasında değişmektedir.



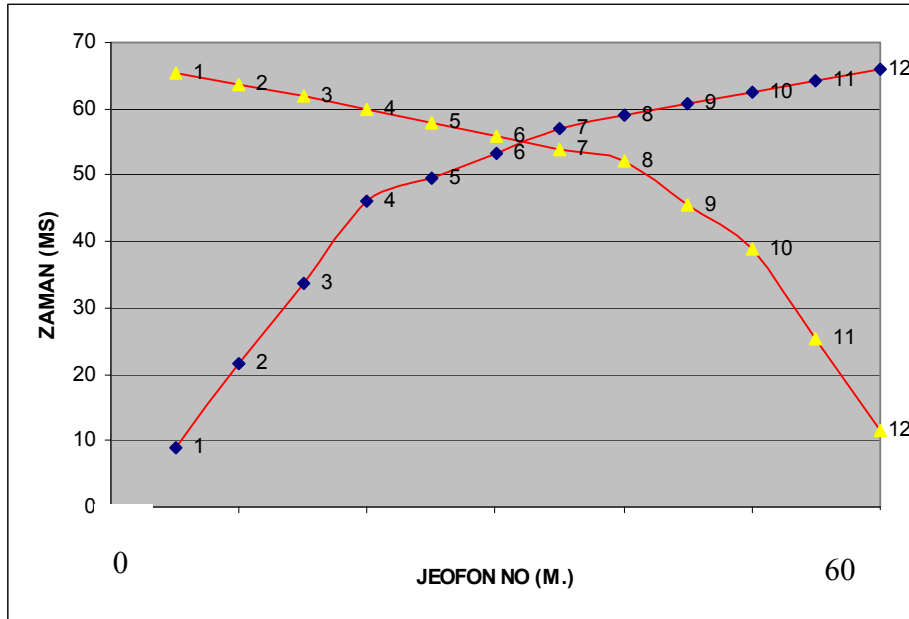
### BELİRTEÇ

Al	Alüvyon		Kuru Dere		Formasyon Değişim Sınırı
Ym	Yamaç Molozu		Santral Binası Alanı		
s	Sismik hat		Sondaj Kuyusu		

Şekil 3.6. İnceleme Alanında Yer Altı Yüzey Çalışmalarının 3 Boyutlu Gösterimi

1.serim (SSK-1)

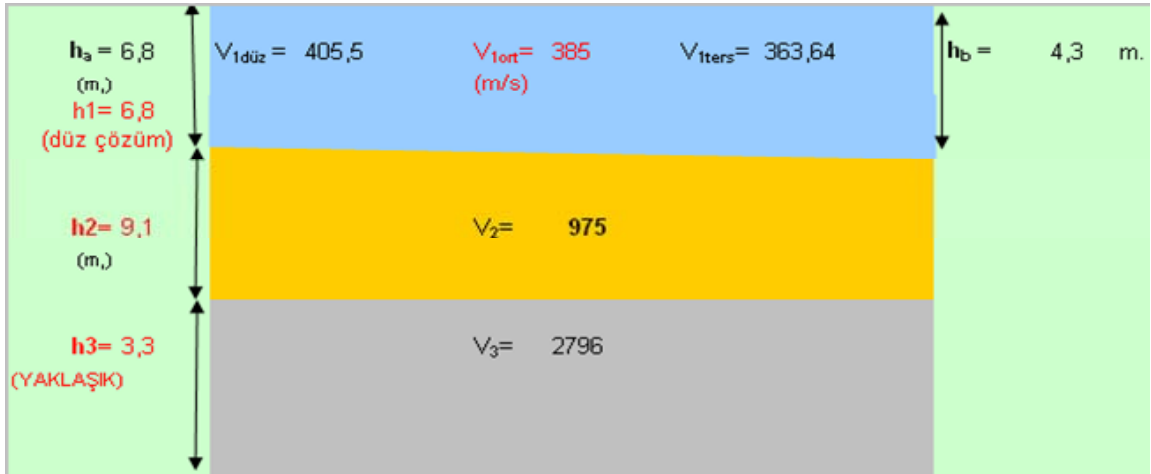
OFSET =		2,5	mt.	DÜZ ATIŞ BULGULARI		TERS ATIŞ BULGULARI	
Jeofon Aralığı=		5	mt.				
J.No	x (mt)	DÜZ	TERS				
		T(ms)	T (ms)				
1	2,5	9	65,5	V3 =	2796	V3 =	2578
2	7,5	21,5	63,8	Ti2(ms) =	45,1	Ti2=	42,6686
3	12,5	33,8	61,8	V2 =	1359	V2 =	769
4	17,5	46	59,8	Ti1(ms)=	32,2	Ti1(ms)=	20,6
5	22,5	49,5	57,8	V1 =	406	V1 =	364
6	27,5	53,3	56				
7	32,5	57	54				
8	37,5	59	52				
9	42,5	60,8	45,5				
10	47,5	62,5	39				
11	52,5	64,3	25,3				
12	57,5	66	11,5				



P dalgası uzaklık zaman grafiği

Şekil 3.7. 1. SerimeaitDüz-Tersatışbulgularıve p dalgasıuzaklıkzananGrafiği



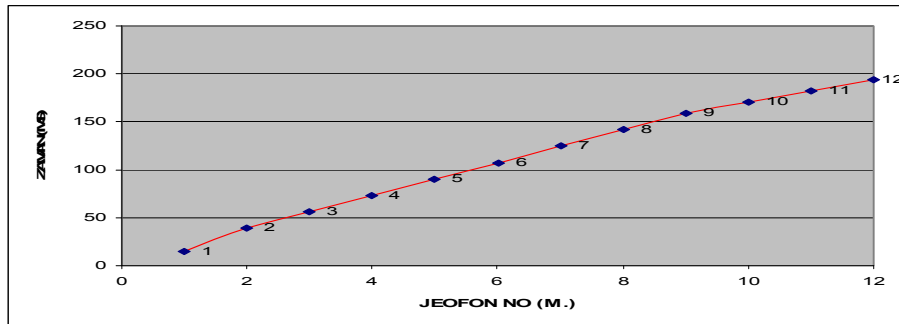


Derinlik modeli

S dalgası için;

OFSET =		2,5		mt.	
Jeofon Aralığı=		5		mt.	
J.No	x (mt)	DÜZ	TERS		
		T(ms)	T (ms)		
1	2,5	14,5			
2	7,5	39,5			
3	12,5	56,5			
4	17,5	73,5			
5	22,5	90,5			
6	27,5	108			
7	32,5	125			
8	37,5	142			
9	42,5	159			
10	47,5	170			
11	52,5	182			
12	57,5	194			

DÜZ ATIŞ BULGULARI	
V3 =	693
Ti2(ms) =	47,2
V2 =	402
Ti1(ms)=	12,6
V1 =	200



S dalgası uzaklık zaman grafiği

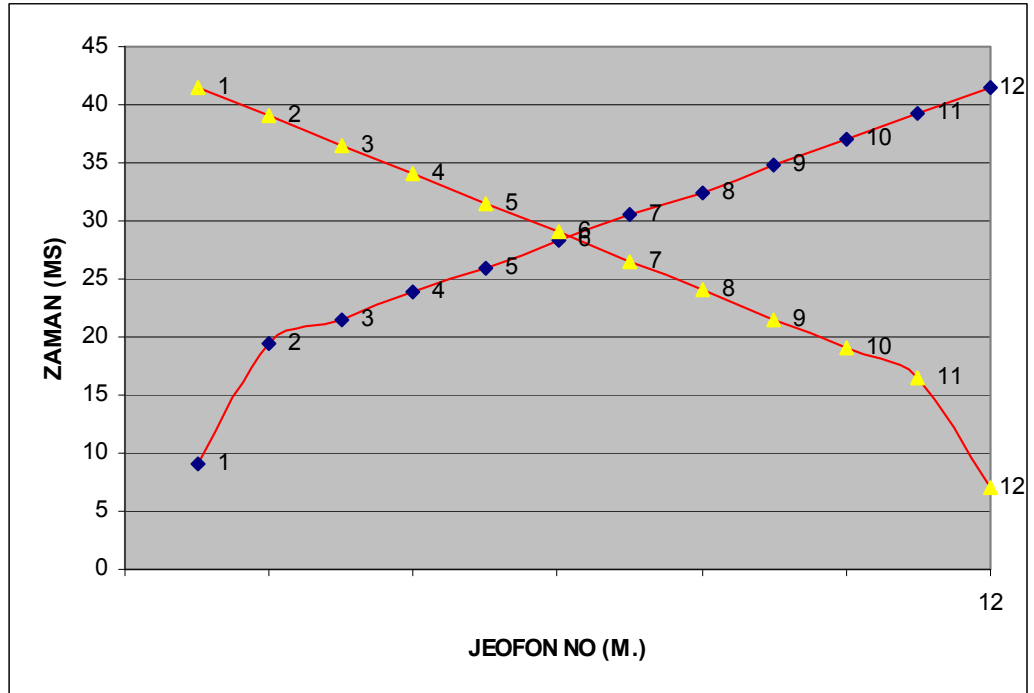
Şekil 3.8. 1. SerimeaitDerinlikModelive Sdalgasıatışbulguları

## 2.serim (SSK-2)

OFSET =		2,5	mt.	
Jeofon Aralığı=		5	mt.	
J.No	X (mt)	DÜZ	TERS	
		T(ms)	T (ms)	
1	2,5	9	41,5	
2	7,5	19,5	39	
3	12,5	21,5	36,5	
4	17,5	23,8	34	
5	22,5	26	31,5	
6	27,5	28,3	29	
7	32,5	30,5	26,5	
8	37,5	32,5	24	
9	42,5	34,8	21,5	
10	47,5	37	19	
11	52,5	39,3	16,5	
12	57,5	41,5	7	

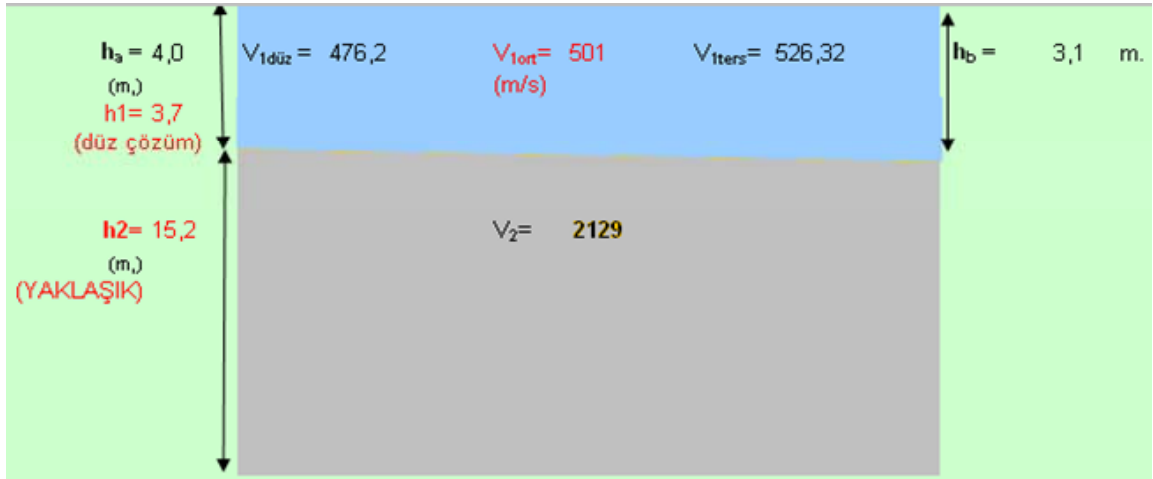
DÜZ ATIŞ BULGULARI	
V2 =	2276
Ti1(ms)=	15,3
V1 =	476

TERS ATIŞ BULGULARI	
V2 =	2000
Ti1(ms)=	12,2
V1 =	526



Şekil 3.9. 2. SerimeaitDüz-Tersatışbulgularıve p dalgasıuzaklıkzananGrafığı



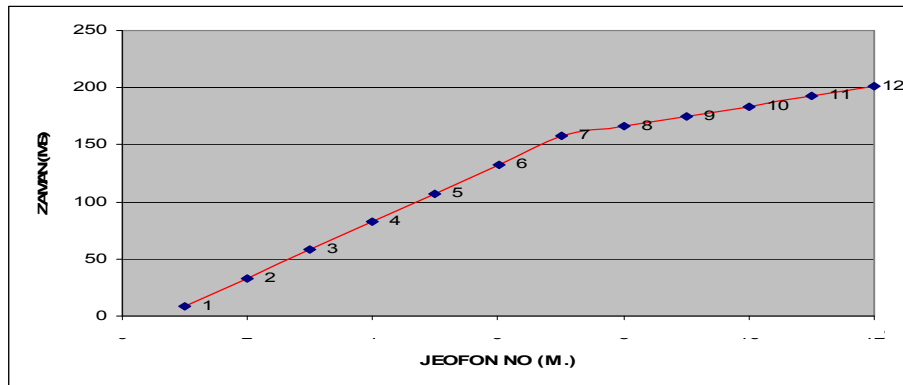


Derinlik Modeli

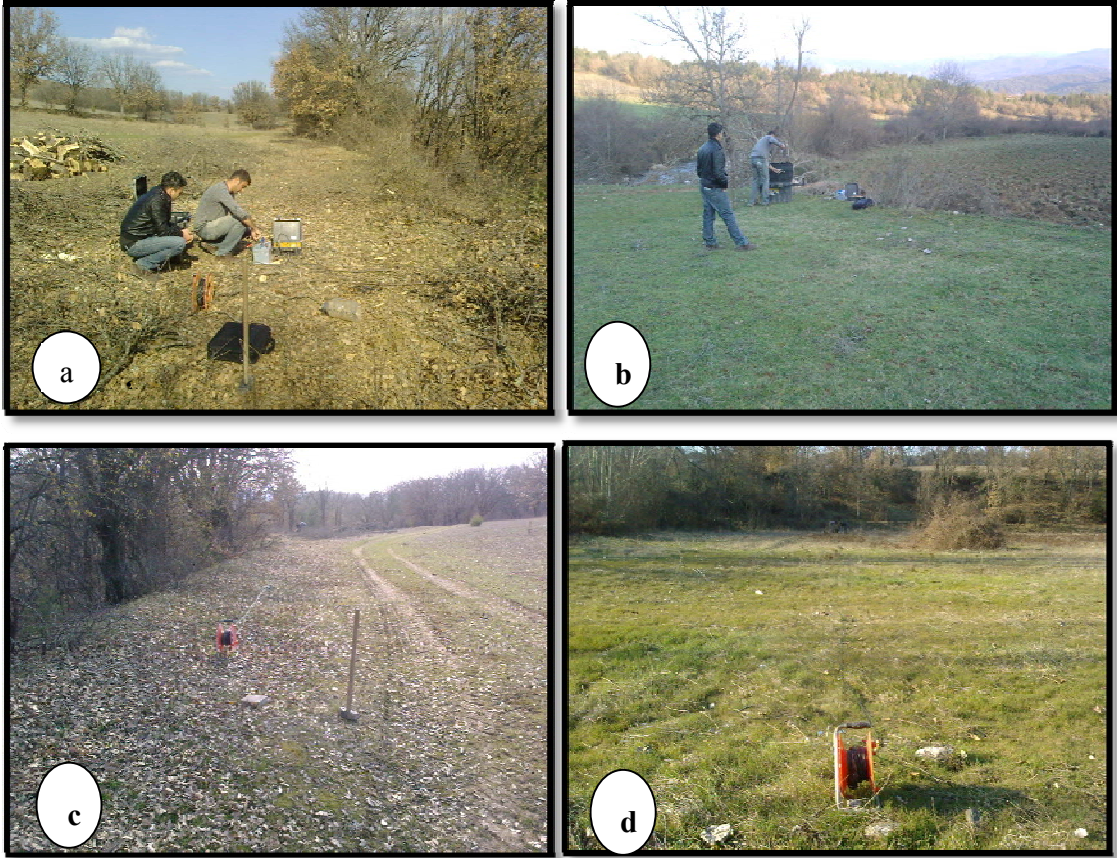
S dalgası için;

OFSET =		2,5	mt.
Jeofon Aralığı=		5	mt.
J.No	x (mt)	DÜZ	TERS
		T(ms)	T (ms)
1	2,5	8	
2	7,5	32,8	
3	12,5	57,8	
4	17,5	82,8	
5	22,5	108	
6	27,5	133	
7	32,5	158	
8	37,5	166	
9	42,5	175	
10	47,5	184	
11	52,5	192	
12	57,5	201	

DÜZ ATIŞ BULGULARI	
V2 =	574
Ti1(ms)=	102,3
V1 =	201



Şekil 3.10. 2. SerimeaitDerinlikModelive S dalgasıatışbulguları



Şekil 3.11. İnceleme alanında 'nda yapılan jeofizik ölçümlerden fotoğraflar (a ve b), yeryüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya (jeofon) ve alıcılara gelen dalgaları kaydeden ölçüm aleti (c ve d) yeryüzüne bir düzen içinde yerleştirilmiş bir seri alıcıya (jeofon) ve jeofizik hat gösterilmiştir.

### 3.2.1.2. Araştırma Çukurları

Proje sahası Santral alanında derinlikleri 3.00-3.30 metre arasında değişen 2 adet araştırma çukuru açılmış ve bu çukurdan elde edilen veriler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Araştırma çukuru açılması sonucu elde edilen veriler

Çukur No	Koordinat	Derinlik	Açıklama
AÇ-1	518 662 4 564 724	3,30	Bitkisel toprak..... 0,30m. Yamaç molozu.....3,30m
AÇ-2	518 429 4 564 118	3,00	Bitkisel toprak..... 0,30m. Alüvyon.....2,70m

### 3.2.2. Yer altı Çalışmaları

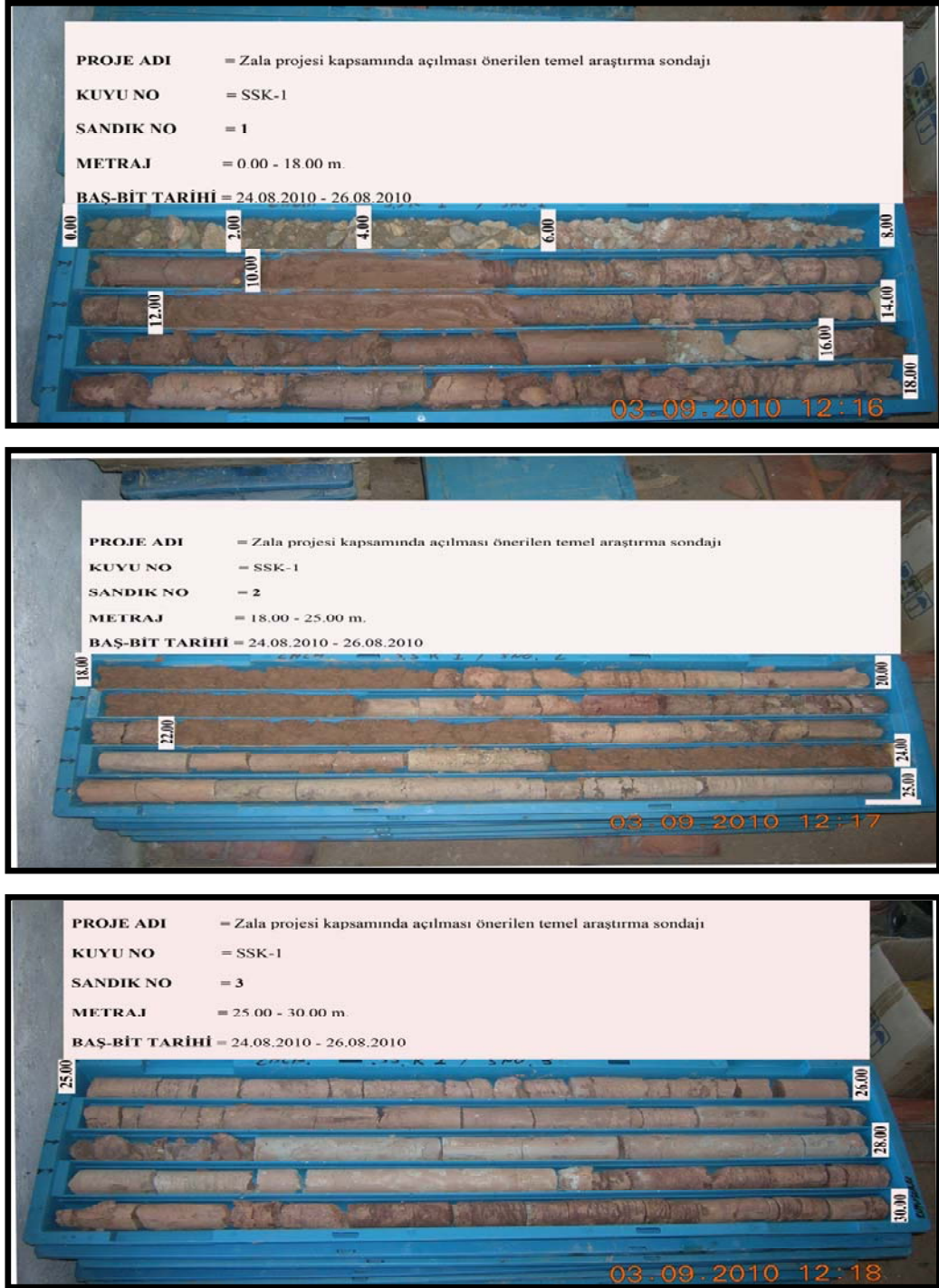
Santral binası alanında yapılan çalışmalarda kaya ortamının yanal ve düşey devamlılığı ile fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla 2 farklı lokasyondatoplam derinliği 60 m olan sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.12). Sondaj çalışmaları, bir adet paletli D-750 hidrolik baskı ile çalışan rotary sondaj makinası kullanılmıştır. Kuyu çapı derinliğe göre 76 - 89 mm. arasında değişmektedir. Yine zemin durumuna bağlı olarak ya “N serisi” tekli veya çiftli karotiyerle ve 89 mm. muhafazalı ilerlenmiş, yâda “wireline” takımla çalışılmıştır. Sondaj çalışmaları sırasında elde edilen karotlara ait sandık fotoğrafları ve logları Şekil 3.13-3.16’da verilmiştir.



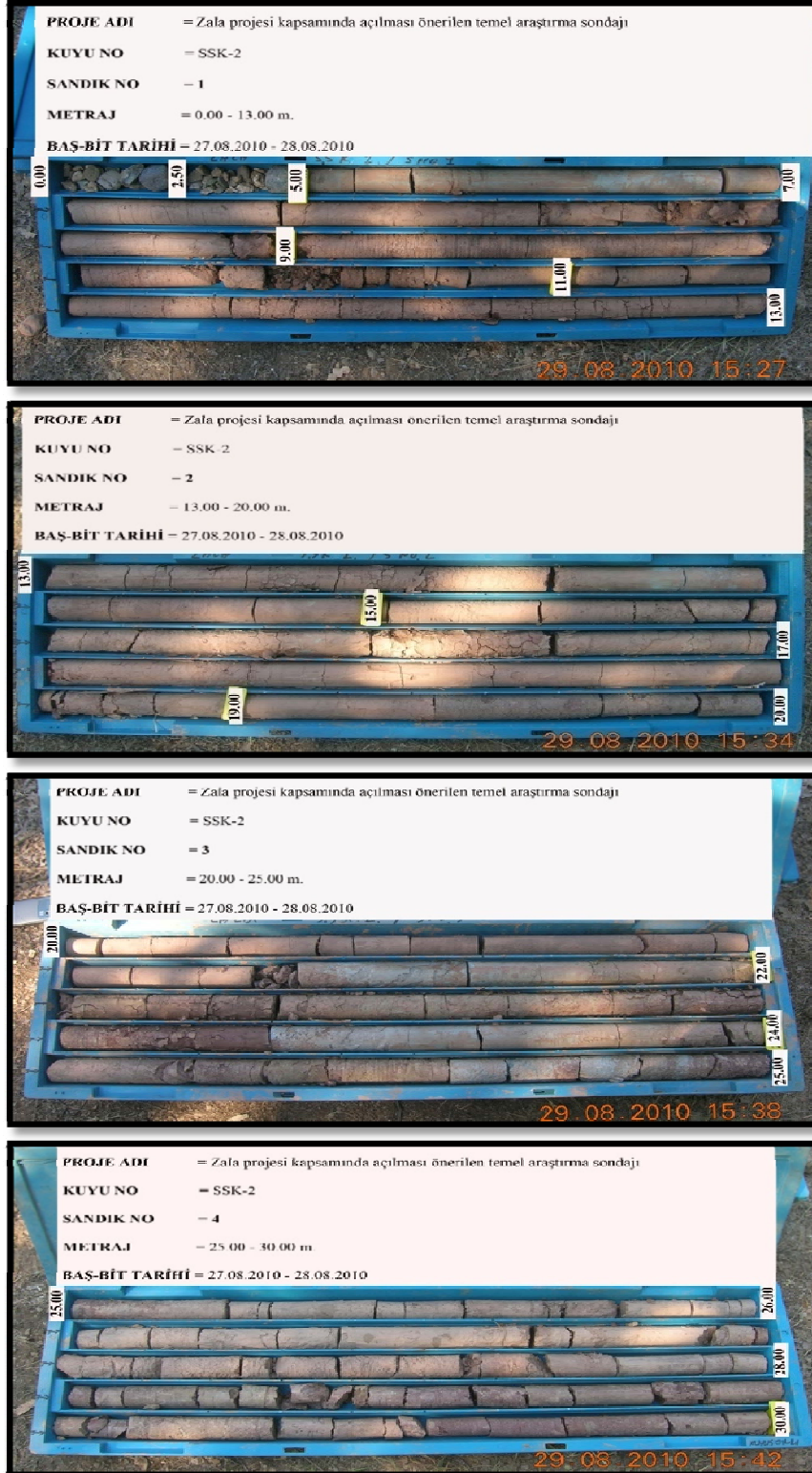
Şekil 3.12. (a) Santral binası alanı (b) ve santral alanında açılan sondajlar (kot: 562 m)

Tablo 3.2’de Sondaj ve Sismik hızların kıyaslanması verilmiştir. SK-1 nolu kuyuda yapılan sondaj ve jeofizik ölçümlerin kıyaslanması sonucu yaklaşık 0.00-6.00 m’ye kadar yamaç molozu biriminde  $V_p$  hızı 385 m/s ve  $V_s$  hızı 200 m/s, 6.00-7.00 m kadar ayrışmış kaya  $V_p$  hızı 385 m/s ve  $V_s$  hızı 200 m/s, 7.00-16.00 m kadar sağlam kayada  $V_p$  hızı 975 m/s  $V_s$  hızı 402 m/s, bu seviyeden sonra  $V_p$  hızı 2796 m/s  $V_s$  hızı 693 m/s; SK-2 nolu kuyuda yapılan sondaj ve jeofizik ölçümlerin kıyaslanması sonucu yaklaşık 0.00-5.00 m’ye kadar alüvyon biriminde  $V_p$  hızı 501 m/s ve  $V_s$  hızı 201 m/s, sağlam kayada  $V_p$  hızı 2129 m/s  $V_s$  hızı 574 m/s olarak değerlendirilmiştir.





Şekil 3.13. Açılan SK-1 nolu sondajın karot sandıkları. (a ) 0.00-18.00 m,(b) 18.00-25.00 m, (c) 25.00-30.00 m arası karot sandıkları gösterilmiştir. (kot: 567 - 537 m)



Şekil 3.14. Açılan SK-2 nolu sondajın karotsandıkları. (a) 0.00-13.00 m, (b) 13.00-20.00 m, (c) 20.00-25.00 m, (d) 25.00-30.00 m arası karotsandıkları



Şekil 3.15'in devamı

		TEMELE SONDAJ LOGU BORING LOG		BÖLGE NO: District NO:		SSK-1		Sayfa 2												
				SONDAJ NO: Boring NO:		SSK-1		Sayfa 2												
				SONDÖR Driller		Muhammet TOK														
PROJE ADI / Project Name		ZALA PROJESİ KAPSAMINDA AÇILAN TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJLARI																		
SONDAJ YERİ / Boring Location		Sağ sahil				YERALTISUYU SEVİYESİ														
KİLOMETRE / Kilometer						MUH. BOR. DER. / Casing depth		6												
SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth		30				BAŞ. BİT. TAR. / Start-Finish Date		24.08.2010 / 26.08.2010												
SONDAJ KOTU / Elevation		567				KOORDİNAT / Coordinate (N-S) y		518 472												
MAKİNE TİPİ / Rig Type		Dizel- Craelius D -500				KOORDİNAT / Coordinate (E-W) x		4 564 204												
SONDAJ METODU / Drilling Method		Rotary				PROJE İLGİLİ MÜHENDİS														
Derinlik(m) Depth	Yeraltısuyu Seviyesi(m) Kuyu çapı ve Kesici Uç Cinsi	Manevra Boyu / Run	STANDART PENETRASYON TESTİ Standart Penetration Test				PERMEABİLİTE TESTİ		BASINÇLI SU TESTİ				Grafik Log Graphic Log	JEOLJİK TANIMLAMA GEOLOGIC DESCRIPTION						
			Örnekleme (UD) Örnekleme (D)	DARBE SAYISI Num. Of Blows	SON 30 CM İÇİN DARBE ADEĞİ GRAFİK GRAPH		SIZMA DEBİSİ Lütk.	K cm/sn	Basınç	1.5 Dak. Su Kaybı	2.5 Dak. Su Kaybı	Toplam Kayıp			Lugeon	Ayrışma Weathering	Dayanıklılık Strength	Çatlak sıklığı / m Fracture frequency per metre	Karot % Core Recovery %	RQD %
13																				
14																				
15																				
16																				
18																				
20																				
22																				
24																				
25																				
26																				
28																				
30																				
32																				
											SONDAJ MÜHENDİSİ									

12.00-22.00 m. arası yer yer killeşmeler mevcut kaya dokusu belirgin, çok derecede ayrılmış, zayıf-çok zayıf derecede dayanımlı, çok çatlaklı, 22.00-26.00 m. arası az-orta derecede ayrılmış, orta dereceli çatlaklı. kil arabantıları sondaj sıvısı ile eriyor. soğuk asitle (HCl) le köpürüyor. kaya dokusu belirgin sondaj sıvısı rengi kırmızimsı-yeşil renkli.

KUYU SONU  
30.00 m

		TEMEL SONDAJ LOGU BORING LOG		BÖLGE NO: District															
				SONDAJ NO: Boring	SSK-2	Sayfa 1													
				SONDÖR Driller	Muhammet TOK														
PROJE ADI / Project Name		ZALA PROJESİ KAPSAMINDA AÇILAN TEMEL ARAŞTIRMA SONDAJLARI																	
SONDAJ YERİ / Boring Location		KSS ÇIKIŞI			YERALTISUYU SEVİYESİ														
KİLOMETRE / Kilometer					MUH. BOR. DER. Casing depth														
SONDAJ DERİNLİĞİ / Boring Depth		30			BAŞ. BİT. TAR. Start-Finish Date														
SONDAJ KOTU / Elevation		562			KOORDİNAT Coordinate (N-S) y														
MAKİNE TİPİ / Rig Type		Dizel- Craelius D -500			KOORDİNAT Coordinate (E-W) x														
SONDAJ METODU / Drilling Method		Rotary			PROJE İLGİLİ MÜHENDİS														
Derinlik(m) Depth	Yeraltısuyu Seviyesi(m) Kuyu çapı ve Kesici Uç Çinsi Run	Manevra Boyu / Örselenmiş (UD) Örselenmiş (D)	STANDART PENETRASYON TESTİ Standart Penetration Test					PERMEABİLİTE TESTİ		BASINÇLI SU TESTİ					Grafik Log Graphic Log	JEOLOJİK TANIMLAMA GEOLOGIC DESCRIPTION			
			DARBE SAYISI Num. Of Blows	SON 30 CM İÇİN DARBE ADELİ GRAFİK GRAPH				SIZMA DEBİSİ L/dk.	K cm/sn	Basınç	1.5 Dak. Su Kaybı	2.5 Dak. Su Kaybı	Toplam Kayıp	Lugeon			Ayrışma Weathering	Dayanıklılık Strength	Çatlak sıklığı / m Fracture frequency per metre
0																			
1.5	3.00																		
1.95																			
2																			
2.5																			
3.00																			
3.45																			
4																			
4.5																			
4.95																			
5.00																			
6																			
7																			
7.5																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
KAYA KALİTESİ TANIMI-RQD			AYRIŞMA - Weathering			KUM VE ÇAKIL ZEMİNİN İZAFİ SIKLIĞI - Sands and			KİL - Clay										
%0 -25 Çok Zayıf V.Poor V			W <sub>1</sub> Ayrışmamış Fresh			N=0-4 Çok Gevşek V.Loose			N < 2 Çok Yumuşak			N > 30 Sert							
%25 -50 Zayıf Poor IV			W <sub>2</sub> Az Ayrışmış Slightly W.			N=4-10 Gevşek Loose			N 2-4 Yumuşak										
%50 -75 Orta Fair III			W <sub>3</sub> Orta Der. Ayr. Med.Weat.			N=10-30 Orta sıkı Medium Dense			N 4-8 Orta Katı										
%75 -90 İyi Good II			W <sub>4</sub> Çok Ayrışmış Highly W.			N=30-50 Sıkı Dense			N 8-15 Katı										
%90 -100 Çok İyi Excellant			W <sub>5</sub> Tam Ayrışmış Comp. W.			N > 50 Çok Sıkı V. Dense			N 15-30 Çok Katı										
PLASTİSİTE - Plasticity			KISALTMALAR						ÇATLAK SIKLIĞI - Fracture frequency										
% 0 -5 Az Plastik (Slight Plasticity)			SPT: Standart Pen. Deneyi			K : Karot Numunesi			< 1 Masif (çok iyi)										
% 5 -15 Düşük Plastik(Low Plasticity)			Standard Pen. Test			Core Sample			1 - 5 Az Çatlaklı-Kırıklı (iyi)										
% 15 -40 Plastik (Plasticity)			D : Örselenmiş Numune			P : Pressiyometre Deneyi			5 - 8 Orta Dereceli Çatlaklı										
% 40 > Çok Plastik (High Plasticity)			Disturbed Sample			Pressuremeter Test			8 - 15 Çok Çatlaklı										
			UD : Örselenmemiş Numune			VST: Vane Deneyi			15 > Parçalanmış										
			Undisturbed Sample			Vane Shear Test													
BASINÇSIZ PERMEABİLİTE DENEYİ			GEÇİRİMLİLİK (LUGEON)			PERMEABİLİTE KATSAYISI K(CM/S) Coefficient of Permeability			MÜHENDİS Drilling Engineer										
1. BÖLGE (ZON 1) - YAS ÜST BÖLGE			3. BÖLGE (ZON 3) - YAS ALTINDAKİ BÖLGE			<1 Geçirimsiz			<10 <sup>-6</sup> Geçirimsiz			İMZA / TARİH Signature/Date							
K= (1,67x10 <sup>-3</sup> Q) / Cu r <sub>s</sub> H			K=(1,67x10 <sup>-3</sup> xQ) / (Cs+4r <sub>s</sub> r <sub>s</sub> H			1 - 5 Az Geçirimli			10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-5</sup> Az Geçirimli										
2. BÖLGE (ZON 2) - KAPILAR BÖLGESİ			Q = Sızma Debisi l/dk.			5 - 25 Geçirimli			10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-4</sup> Yarı Geçirimli										
K= (3,34x10 <sup>-3</sup> Q) / ((Cs+4r <sub>s</sub> r <sub>s</sub> )(Tu+H-A)			K = Permeabilite katsayısı, cm/s			>25 Çok Geçirimli			10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-3</sup> Geçirimli										
						>10 <sup>-3</sup> Çok Geçirimli													
Kuyudaki ilerlemede, ilk 15 cm'de darbe sayıları dikkate alınmaz. Müteakip 2. ve 3. 15 cm'lik ilerlemede darberler N toplam darbe sayısı olarak belirtilir. İlerlemenin gerçekleşmemesi halinde, bu seviyeye 50'n yazılır. Burada n, deney takiminin cm cinsinden ilerleyebileceği mesafedir.																			

Şekil 3.16. SK-2'ye ait kuyu logu





Tablo 3.2. Sondaj ve Jeofizik verilerin kıyaslanması

Sondaj No	Jeofizik Serim	Derinlik (m)	Jeolojik Birim	Sismik Hızlar
SK-1	1.serim	0.00-6.00	Yamaç Molozu	Vp hızı 385 m/s ve Vs hızı 200 m/s,
		6.00-7.00	Ayrılmış Kaya	Vp hızı 385 m/s ve Vs hızı 200 m/s,
		7.00-16.00	Masif Kaya	Vp hızı 975 m/s Vs hızı 402 m/s
		16.00-30.00	Masif Kaya	Vp hızı 2796 m/s Vs hızı 693 m/s
SK-2	2.serim	0.00-5.00	Alüvyon	Vp hızı 501 m/s ve Vs hızı 201 m/s
		5.00-30.00	Masif Kaya	Vp hızı 2129 m/s Vs hızı 574 m/s;

### 3.2.3. Zemin ve Kaya Türlerinin Jeoteknik Özellikleri

İnceleme alanında açılan temel araştırma sondajlarında ve araştırma çukurlarında geçilen çakıl, kum, kil, silt karmaşığından oluşan alüvyon birimi ve yamaç molozu zemin olarak değerlendirilmiştir. CL (Plastisitesi düşük veya orta inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, zayıf kil), GW (İyi derecelenmiş çakıl, çakıl,kum karışımı ince malzeme çok az veya hiç yok) zemin sınıf aralığında olan alüvyon ve yamaç molozu birimine ait deney sonuçları Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3. Konsolide olmamış malzeme üzerinde yapılan laboratuvar deneylerine ait sonuçlar

Çukur No	Derinlik (m)	Su içeriği (%)	Doğ.Birim Ağırlık (t/m <sup>3</sup> )	Atterberg Limitleri			Elek Analizi		Zemin Sınıfı
				LL (%)	PL (%)	PI (%)	+4 No.(%)	-200No. (%)	
AÇ-2	3,50	3,00	1,77	NP	NP	NP	63	3	GP
AÇ-1	3,30	0,12	1,70	49,70	26,05	23,60	1	98	CL

İnceleme alanında yayılım gösteren Samatlar Formasyonu (kumlu-killi kireçtaşı) açık-koyu gri renkli olup, orta sert, orta dayanımlı, kırıklı-çatlaklı (çatlaklar dolgunsuz, pürüzlü) yapıdadır. Santral alanındaki kaya malzemesinin özellikleri Tablo 3.4’te verilmiştir.

Tablo 3.4. SK-1 ve 2’den elde edilen kaya malzemesine ait deney sonuçları

PROJE ADI		ZALA REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ ARAÇ / KASTAMONU				Deney / Rapor Tarihi		01.11.2010 / 05.11.2010				
Rapor No ve Lab. Kod No		S1930/10, S10/1830		Numune Hazırlama Standardı		Bayındırlık Rapor No						
						Deney Standardı		TSE 2028				
DENEY SONUÇLARI												
Numune No.	Kuyu No.	Derinlik (m)	Kayaç Tanımı	Su emme w (%)	Numunenin Birim Hacim Ağırlığı $\gamma$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Numune Çapı D(cm)	Numune Yüksekliği H(cm)	Numune Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Yenilme Yüklü F (kgf)	Tek Eksenli Sıkıştırma Dayanımı $\sigma_c = [F/A]$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Tek Eksenli Sıkıştırma Dayanımı (MPa)	Kayaç Sınıflandırılması
1	SSK-1	15,50	-	-	-	5,11	10,22	20,50	65	3,17	0,32	AŞIRI ZAYIF KAYA-R0
2	SSK-2	14,00	-	-	-	4,80	9,20	16,61	418	25,16	2,52	ÇOK ZAYIF KAYA-R1
3	SSK-2	14,80	-	-	-	4,69	9,38	17,27	358,5	20,76	2,08	ÇOK ZAYIF KAYA-R1

İnceleme alanında yayılım gösteren Samatlar Formasyonuna ait kumlu-killi kireçtaşlarının Deer ve Miller 1966 tarafından tek eksenli basınç dayanıma göre verilen kayaç sınıflandırılmasında (Tablo 3.5), çok düşük dayanımlı kayaç sınıfına girdiği görülmektedir.

Tablo 3.5. Tek eksenli basınç dayanımına göre kayaçların sınıflandırılması (Deer ve Miller, 1966)

Kayaç Sınıflaması	Tek eksenli basınç dayanımı- $\sigma_c$ (MPa)
Çok yüksek dayanımlı	>200
Yüksek dayanımlı	200-100
Orta dayanımlı	100-50
Düşük dayanımlı	50-25
<b>Çok düşük dayanımlı</b>	<b>&lt;25</b>

İnceleme alanında yer alan kaya birimi (Samatlar Formasyonu), Bayındırlık ve İskan Bakanlığının “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik” te oluşturulan, Zemin Grubu, Yerel Zemin Sınıfları, Spektrum Karakteristik Periyotları, Etkin Yer İvmesi Katsayısı tablolarına göre; Zemin grubu C, Yerel zemin sınıfı Z3, Spektrum karakteristikleri  $T_A=0,15$  sn,  $T_B=0,60$  sn, Etkin yer ivmesi katsayısı- $A_0=0,40$  g (Tablo3.6).

Elde edilen tüm bu verilere göre hazırlanan çalışma alanına ait mühendislik jeolojisi haritası Şekil 3.17’de, jeolojik kesit ise Şekil 3.18’de verilmiştir.

Tablo 3.6. Bayındırlık ve İskan Bakanlığının “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik” te oluşturulan, Zemin Grubu, Yerel Zemin Sınıfları, Spektrum Karakteristik Periyotları, Etkin Yer İvmesi Katsayısı ablosu 1999.

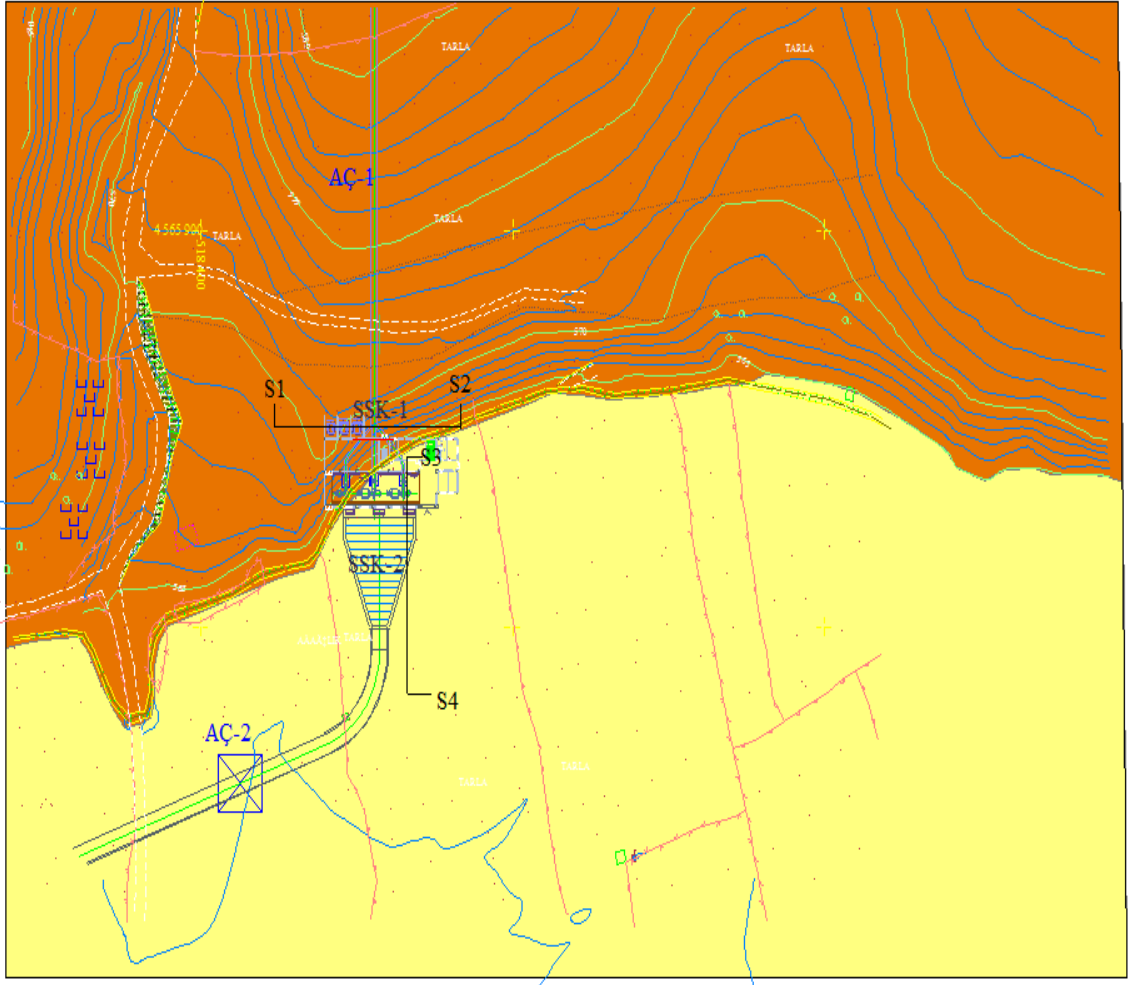
Zemin Grubu	Tanım	Standart Penetrasyon ( N / 30 cm. )	Relatif Sıkılık ( % )	Serbest Basınç Direnci ( k Pa )	Kayma Dalgası Hızı ( m/s )
( A )	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar.			> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl	> 50	85-100		> 700
	3. Sert kil, siltli kil	> 32		> 400	> 700
( B )	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar			500-1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl	30-50	65-85		400-700
	3. Çok katı kil, siltli kil	16-32		200-400	300-700
( C )	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar			< 500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl	10-30	35-65		200-400
	3. Katı kil, siltli kil	8-16		100-200	200-300
( D )	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak kalın alüvyon tabakaları				< 200
	2. Gevşek kum	0-10	< 35		< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil	0-8		< 100	< 200

YEREL ZEMİN SINIFLARI		SPEKTRUM KAREKTERİSTİK PERİYOTLARI		
<b>Yerel Zemin Sınıfı</b>	<b>Zemin Grubu ve En Üst Tabaka Kalınlığı</b>	<b>Yerel zemin sınıfı</b>	<b>T<sub>A</sub> ( s )</b>	<b>T<sub>B</sub> ( s )</b>
<b>Z1</b>	( A ) Grubu zeminler en üst tabaka kalınlığı 15 m.' ye eşit veya daha az olan ( B ) grubu zeminler	<b>Z1</b>	0.10	0.30
<b>Z2</b>	En üst tabaka kalınlığı 15 m.' den fazla ( B ) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 15m.' den az ( C ) grubu zeminler.	<b>Z2</b>	0.15	0.40
<b>Z3</b>	En üst tabaka kalınlığı 15-50 m.( dahil ) arasında olan ( C ) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10m.' ye eşit veya daha az olan ( D ) grubu zeminler.	<b>Z3</b>	0.15	0.60
<b>Z4</b>	En üst tabaka kalınlığı 50 m.' den fazla ( C ) grubu zeminler ve en üst tabaka kalınlığı 10m.' den fazla olan ( D ) grubu zeminler.	<b>Z4</b>	0.20	0.90

ETKİN YER İVMESİ KATSAYISI ( A <sub>0</sub> )	
Deprem Bölgesi	( A <sub>0</sub> )
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10



## BELİRTEÇ

	ALÜVYON
	Yamaç Molozu
	Samatlar Formasyonu
	Sondaj Kuyusu
	Sismik Hat
	Araştırma Çukuru

Şekil 3.17. Santral Binası ve çevresinin mühendislik jeolojisi haritası



Şekil 3.18.Santral binası ve çevresine ait enine jeolojik kesit

### 3.2.4. Santral Alanı Kaya Kütlerinin Taşıma Gücü

Taşıma gücü parametresi iki şekilde tanımlanır. Emniyetli net taşıma gücü kayacın yenilmeden taşıyabileceği en büyük taşıma basıncı, izin verilebilir taşıma gücü ise seçilmiş bir güvenlik katsayısı değerine bölünerek belirlenmiş ve tasarım açısından dikkate alınan basınç olarak ifade edilir.

Jeoteknik çalışmalarda temel kayacın taşıma gücünün belirlenmesinde birçok yöntem kullanılır. Bunların içinde basit ve pratik olması nedeniyle en çok kullanılan yöntemlerin başında kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımının kullanıldığı taşıma gücü eşitliğidir.

Literatürde sismik dalga hızlarından yararlanarak taşıma gücü ve zemin emniyet gerilmesinin hesaplanmasına yönelik geliştirilmiş çeşitli formüller mevcuttur (İmai, 1976; Türker vd., 1991)

İmai (1976) tarafından geliştirilen boyuna dalga hızlarından yararlanarak zemin taşıma gücünün tahminine yönelik formül aşağıda verilmiştir.

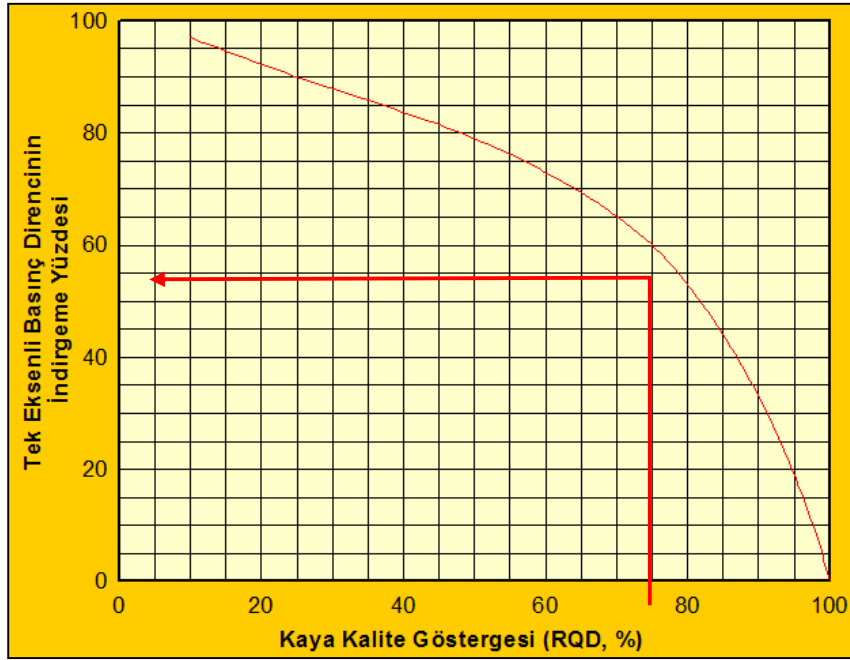
$$q_u = 10V_p^3 \quad (7)$$

Burada,  $q_u$ : taşıma gücü ( $\text{kg/cm}^2$ ) ve  $V_p$ : boyuna dalga hızıdır ( $\text{km/sn}$ ).

Santral binası temeli alüvyon birimin hafredilmesiyle Samatlar Formasyonu'na ait kırıntılı tortul kayalar üzerinde oturacaktır. Bu biriminin tek eksenli basınç dayanımları 20,76-25,16  $\text{kg/cm}^2$  arasındadır. Maksimum ve minimum değerlerin alınmasıyla yapılan taşıma gücü hesabı aşağıda verilmiştir.

$$q_u = \sigma_c - [\sigma_c \times DF] \quad (8)$$

Burada;  $\sigma_c$ , kaya malzemesinin tek eksenli basınç direnci ve DF kaya kütlesinin RQD değerine göre belirlenen indirgeme yüzdesidir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. RQD değerine göre indirgeme yüzdesi grafiği

Tek eksenli basınç dayanımı  $25 \text{ kg/cm}^2$  olarak, kaya kütlelerinin RQD değerine göre belirlenen indirgeme yüzdesi (Df) % 60 olarak düşünüldüğünde santral binası ve çevresinde yüzeylenme veren kaya kütlelerinin taşıma gücü eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$q_u = (25,00) - [25,00 \times (0,60)] = 10,06 \text{ kg/cm}^2$$

Santral binası alanında sismik dalga hızlarının kullanılması ile yapılan taşıma gücü hesabı aşağıda verilmiştir:

$$q_u = 10V_p^3$$

$V_p$  = boyuna dalga hızı (km/sn).

$$V_p = 0,975 \text{ km/sn}$$

$$q_u = 10(0,975)^3 = 9,27 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \text{ olarak bulunmuştur.}$$



Bu verilere göre yapılan çalışmada sismik ve jeomekanik verilere göre yapılan taşıma gücü hesabı yaklaşık olarak aynı değeri vermektedir. Ancak inceleme alanında çamurtaşı biriminde her ne kadar taşıma gücü açısından bir problem beklenmesede güvenli tarafta kalmak için güvenlik sayısı değeri 3 alınmalıdır. Bu durumda izin verilebilir taşıma gücü yaklaşık  $3.00 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanır.

### **3.2.5. Santral Binası Alanındaki Kaya Kütllerinin Kazılabilirliği**

Jeoteknik çalışmalarda, kazılacak kayaçların türü ve mühendislik özelliklerinin yanında kazılabilirlik derecelerinin de bilinmesi gerekmektedir. Kazı ortamının jeoteknik özelliklerinin iyi bir şekilde değerlendirilmesi ve buna uygun kazı makinelerinin seçimi, kazı sırasında karşılaşılabilecek problemleri ve buna bağlı olarak maliyeti en aza indirecektir. Bu nedenle bu çalışmada santral binası alanındaki kayaçların kazılabilirlik dereceleri hem jeofizik yöntemle (sismik kırılma yöntemi) hem de jeomekanik parametrelerle değerlendirilmiştir.

#### **3.2.5.1. Kazılabilirliğin Sismik Kırılma Yöntemiyle Belirlenmesi**

Kazılabilirlik, kaya veya zeminlerin çeşitli tip ve güçteki kazı makineleriyle sökülebilmek özelliği olarak tanımlanabilir. Bu özellik kazı yapılacak malzemenin dokusu, özgül ağırlığı, su içeriği, süreksizlik özellikleri, kimyasal bileşimi ve çimentolanma derecesi gibi birçok parametre ile denetlenir. Yapılan birçok çalışmada kayaçların sökülebilirliği ile sismik hızlar arasında bir ilişki varlığı belirlenmiştir. Sağlam yada masif yapılı kayaçlar, gevşek yapılı kayaçlara göre zor sökülebilmektedir. Benzer şekilde gevşek yapılı ortam, sağlam yapılı ortama göre daha düşük hız değerleri ortaya koyar. Bu nedenle geniş alanlarda yüzeyleme veren kayaçlarda sökülebilirlik derecesi ve sökülebilirliğinin zorluk derecesine göre kullanılacak paletli iş makinelerinin türünü belirlemek için elastik ses dalgasının kaya içindeki boyuna yayılma hızlarından ( $V_p$ ) yararlanılabilir.

Bu çalışmada esas olarak kayaçların kazılabilirlik derecelerinin belirlenmesi amacıyla sismik P dalgası hızlarından yararlanılmıştır. P dalgası hızları arazide hassas bir şekilde profil hattında sismik kırılma yöntemiyle belirlenmiştir.

Çalışmada elastik hız değerlerinden yararlanarak Bailey (1974) ve Büyüksaraç (2004) tarafından önerilen sökülebilirlik dereceleri sınıflaması yardımıyla, önerilen Santral binası alanındaki kaya kütesinin ne tür sökücü araçlarla ekonomik olarak kazanabileceği belirlenmiştir (Tablo 3.7).

Buna göre Kazı yapılacak derinlikteki kaya malzemenin p dalga hızı çamurtaşı için  $V_p$  975 m/sn olarak alınarak hesaplanmıştır. Buradan yola çıkarak santral binası yeri kaya kütlelerinin kolay sökülebilir sınıfına girdiği görülmüştür.

Tablo 3.7. Santral binası alanındaki Jeoteknik birimlerin arazide yapılan ölçümlerle belirlenen elastik dalga hızlarına göre sökülebilirlik açısından değerlendirilmesi

<b>Kayaçların çeşitli dalga hızlarında sökülebilirlik dereceleri (Bailey, 1974; Büyüksaraç, 2004)</b>			
<b>Orta güçteki sökücü araçlar</b> Ağırlık: 25-35 ton, güç: 150-250 kW (OA)		<b>Ağır güçteki sökücü araçlar</b> Ağırlık: 35-55 ton, güç: 250-350 kW (AA)	
<b>Boyuna dalga hızı <math>V_p</math> (m/sn)</b>	<b>Sökülebilirlik derecesi</b>	<b>Boyuna dalga hızı <math>V_p</math> (m/sn)</b>	<b>Sökülebilirlik derecesi</b>
> 2000	Sökülemez	> 2300	Son derece zor sökülebilir
1500-2000	Zor sökülebilir	1700-2300	Zor sökülebilir
1000-1500	Orta derecede sökülebilir	1000-1700	Orta derecede sökülebilir
500-1000	Kolay sökülebilir	670-1000	<b>Kolay sökülebilir</b>
< 500	Çok kolay sökülebilir	350-670	Çok kolay sökülebilir
<i>OA: orta güçteki sökücü araç, AA: ağır güçteki sökücü araç</i>			

orta veya ağır işlevli kazıcılar kullanılarak, olası yapılacak daha derin kazılarda hidrolik kırıcılarla veya taramalı patlatma yapılması gerekmektedir.

### 3.2.5.2 Kazılabilirliğin Jeomekanik Özelliklerle Belirlenmesi

Kaya kütlelerinin kazılabilirlik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan ilk kazılabilirlik indeksi, kaya kütle sınıflamaları kullanılarak geliştirilmiş, bununla ilişkili olarak kazılabilirlik durumunu belirleyebilmek için bir kılavuz görevi yapan sökülebilirlik puan kartı Weaver (1975) tarafından ortaya atılmıştır. Weaver (1975), RMR sistemi içindeki kaya direnci ve RQD parametreleri yerine malzemenin sismik hızlarından yararlanmıştır. Daha sonra birçok araştırmacı kazılabilirlik özelliğinin belirlenmesinde sadece sismik hızlardan yararlanmanın yanlış değerlendirmelere yol açacağını vurgulamışlardır (Kristen, 1982; Smith, 1986, Singh vd., 1987).

Bu gelişmelerden sonra kayaçların kazılabilirliğine yönelik birçok yöntem geliştirilmiştir. (MintyandKearns, 1983; Scobleand Müftüoğlu, 1984; Smith, 1986; Singh vd., 1987; Caterpillar, 1988; Karpuz vd., 1990; HadjigeorgiouandScoble, 1990; MacGregor vd., 1994; PettiferandFookes 1994; Hoek ve Karzulovic, 2000).

Bu çalışmada, Santral binası alanında yüzeylenme veren Çamurtaşlarınınkazılabilirlik özelliklerini belirlemek amacıyla, süreksizlik ara uzaklığı, tek eksenli basınç direnci ve jeolojik dayanım indeksi (GSI) gibi kayaç malzemesi ve kaya kütesinin çeşitli jeoteknik özelliklerinin girdi parametresi olarak kullanıldığı, Müftüoğlu, (1983) tarafından önerilen yöntemler kullanılmıştır (Tablo 3.7 ve 3.8).

Tablo 3.7. Kazılabilirlik parametreleri ve Puanlama Sistemi (Müftüoğlu, 1983.)

Parametre	Sınıf	I	II	III	IV	V
Ayrışma Derecesi		<u>Tümüyle</u>	Oldukça	Orta Derecede	Hafifçe	Ayrışmamış
Puanlama (AD)		0	5	15	20	25
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)		< 20	20-40	40-60	60-100	> 100
Nokta Yük. İndeksi		< 0.5	0.5-1.5	1.5-2	1-3.5	> 3.5
Puanlama (BDn)		0	10	15	20	25
Çatlaklar Arası Mesafe		< 0.3	0.3-0.6	0.6-1.5	1.5-2	> 2
Puanlama (Ç)		5	15	30	45	50
Katmanlaşma Kalınlığı		< 0.1	0.1-0.3	0.3-0.6	0.6-1.5	> 1.5
Puanlama (K)		0	5	10	20	30

Müftüoğlu, 1983' e göre çamurtaşı biriminin jeomekanik özelliklerinden yararlanarak kazılabilirlik belirlenmiştir. Bu veriler ışığı altında puanlama 20 ile 80 arasında değişmektedir.

Tablo 3.8. Kazılabilirlik sınıflaması (Müftüoğlu, 1983)

S i n i f	Kazı Tanımı	Toplam Kazılabilirlik Puanı (AD+BDn+Ç+K)	Kazı Türü	Kazı Aracı (Patlayıcı Madde Kullanmaksızın)
1	Çok Kolay	< 40	Riperleme	Riper-Scraper Caterpillar D8 Riperi
			Çekmekepçe ile kazı	Çekmekepçe >5 m <sup>3</sup> Lima 2400
			Kepçeli yer kazar ile kazı	Halath Kollu Yer kazar >3 m <sup>3</sup> (Rope Shovel) Ruston Bucyrus 71 RB
2	Kolay	40-50	Riperleme	Riper-Scraper Caterpillar D9 Riperi
			Çekmekepçe ile kazı	Çekmekepçe >8 m <sup>3</sup> Marion 195
			Kepçeli yer kazar ile kazı	Halath Kollu Yer kazar >5 m <sup>3</sup> Ruston Bucyrus 150 RB
3	Biraz Zor	50-60	Riperleme	Riper-Kep.Yrkz/Ek.Kol.Kep. Yük. Caterpillar D9 Riperi
			Kepçeli yer kazar ile kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. >3 m <sup>3</sup> Caterpillar 245
4	Zor	60-70	Riperleme	Riper-Kep.Yrkz/Ek.Kol.Kep. Yük. Caterpillar D10 Riperi
			Kepçeli yer kazar ile kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. >3 m <sup>3</sup> Caterpillar 245 veya O & K RH40
5	Çok Zor	70-95	Kepçeli yer kazar ile kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. >3 m <sup>3</sup>
6	Çok Zor	95-100	Kepçeli yer kazar ile kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. >7 m <sup>3</sup> Demag H111 Poclain 1000CK P & H 1200 O & K RH75
7	Gevşetilme Olmaksızın Pek Zor	> 100	Kepçeli yer kazar ile kazı	Hidrolik Kep. Yrkz. >10 m <sup>3</sup> Demag H185/H241 O & K RH300

Santral binası alanındaki jeoteknik birimlerin arazide yapılan ölçümlerle belirlenen jeomekanik özelliklerinden yararlanarak, önerilen sınıflamalara göre sökülebilirlik açısından değerlendirilmeleri sonucunda, Ayrışmış kaya “kolay derecede sökülebilir”, Sağlam kaya biriminin “çok zor - zor sökülebilir” sınıfına girdiği belirlenmiştir. Ayrışmış kaya birimlerinde orta veya ağır işlevli kazıcılar kullanılarak, olası yapılacak daha derin kazılarda hidrolik kırıcılarla veya taramalı patlatma yapılması gerekmektedir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Batı Karadeniz Havzası'nda bulunan ZalaHes Regülatörü (Araç, Kastamonu) santral binasının oturacağı birimlerin jeolojik ve jeoteknik özellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda santral binası alanında jeolojik ve jeofizik çalışmalar yapılmış, sondajlardan elde edilen örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda birimlerin fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilmiş, tüm bu veriler ışığında santral binası yerine ait kayaçların jeoteknik özellikleri belirlenmiştir.

Çalışma alanı ve çevresinde bulunan kayaçlar, litostratigrafik sınıflama ve adlama kuralları (NACS, 1983) esas alınarak tanımlanmış ve bunun sonucunda inceleme alanında yaşlıdan gence doğru Eosen yaşlı Araç Formasyonu, Alt-Orta Paleozoyik yaşlı Samatlar Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonların yüzeyleme verdiği belirlenmiştir.

Çalışma sahasında 2 (iki) noktada sismik yansıma çalışması yapılmıştır. Santral binası alanında yapılan çalışmalarda kaya ortamının yanal ve düşey devamlılığı ile fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla toplam 60 metre olmak üzere 2 farklı lokasyonda sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. SK-1 nolu kuyuda yapılan sondaj ve jeofizik ölçümlerin kıyaslanması sonucu yaklaşık 0.00-6.00 m'ye kadar yamaç molozu biriminde Vp hızı 385 m/s ve Vs hızı 200 m/s, 6.00-7.00 m kadar ayrılmış kaya Vp hızı 385 m/s ve Vs hızı 200 m/s, 7.00-16.00 m kadar sağlam kayada Vp hızı 975 m/s Vs hızı 402 m/s, bu seviyeden sonra Vp hızı 2796 m/s Vs hızı 693 m/s; SK-2 nolu kuyuda yapılan sondaj ve jeofizik ölçümlerin kıyaslanması sonucu yaklaşık 0.00-5.00 m'ye kadar alüvyon biriminde Vp hızı 501 m/s ve Vs hızı 201 m/s, sağlam kayada Vp hızı 2129 m/s Vs hızı 574 m/s olarak değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında açılan temel araştırma sondajlarında ve araştırma çukurlarında geçilen çakıl, kum, kil, silt karmaşığından oluşan alüvyon birimi ve yamaç molozu zemin olarak değerlendirilmiştir. Konsolide olmamış bu malzeme CL (Plastisitesi düşük veya orta inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, zayıf kil), GW (İyi derecelenmiş çakıl, çakıl,kum karışımı ince malzeme çok az veya hiç yok) zemin sınıf aralığındadır.

Çalışmada santral binasının oturacağı kaya kütlesi için taşıma gücü hesapları yapılmış, sismik ve jeomekanik verilere göre yapılan taşıma gücü hesabı yaklaşık olarak aynı değeri verdiği görülmüştür. Ancak inceleme alanında çamurtaşı biriminde her ne kadar taşıma gücü

açısından bir problem beklenmesede güvenli tarafta kalmak için güvenlik sayısı değeri 3 alınmalıdır. Bu durumda izin verilebilir taşıma gücü yaklaşık taşıma gücünün  $3.00 \text{ kg/cm}^2$  olarak hesaplanmıştır.

Santral binası alanındaki jeoteknik birimlerin arazide yapılan ölçümlerle belirlenen jeomekanik özelliklerinden yararlanarak, önerilen sınıflamalara göre sökülebilirlik açısından değerlendirilmeleri sonucunda, Ayrışmış kaya “kolay derecede sökülebilir”, Sağlam kaya biriminin “çok zor - zor sökülebilir” sınıfına girdiği belirlenmiştir. Ayrışmış kaya birimlerinde orta veya ağır işlevli kazıcılar kullanılarak, olası yapılacak daha derin kazılarda hidrolik kırıcılarla veya taramalı patlatma yapılması gerekmektedir.

## 5. KAYNAKÇA

- Abdullatif, O.M. ve Cruden, D.M., 1983. The Relationship Between Rock Mass Quality and Ease of Excavation, Bull. Intl. Assoc. Eng. Geol., 28, 183-187
- Attewell, P.B. ve Farmer, I.W., 1976. Principles of Engineering Geology, Chapman and Hall, London, 1045.
- Ağar, Ü., 1977. Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesi'nin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstanbul.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1981. Standard test method for capillary-moisture relationships for coarse and medium textured soils by porous plate apparatus, ASTM Standards
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1985. Soil and Rock, Building Stones, Section 4, 04, 08, 409-423.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992a. Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Wetting and Drying Conditions (ASTM D5313-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication, 189-190.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1992b. Standard Test Method for Evaluation of Durability of Rock for Erosion Control Under Freezing and Thawing Conditions (ASTM D5312-92), Annual Book of ASTM Standards, Construction: Soil and Rock, ASTM Publication, 1344-1346.
- ASTM (American Society for Testing and Materials), 1994. Annual Book of ASTM Standards-Construction, Soil and Rock, ASTM Publication, Vol. 04.08, 978.
- Barton, N. and Choubey, V., 1977. The Shear Strength of Rock and Rock Joints. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract, 13, 255-279.
- Barton, N. ve Bannis, S., 1982. Effect of Block Size on the Shear Behavior of Jointed Rock, Issue in Rock Mechanic, 23 rd U.S. Symposium on Rock Mechanic, Berkeley, California , Society of Mining Engineers of AIME
- Barton, N. R. ve Bandis, S.,1990. Review of Predictive Capabilities of JRC-JCS Model In Engineering Practice, Rock Joints, Leon, Norway. Balkema,Rotterdam, 603-610

- Berkün, M., 2007. "Su Yapılar Barajlar, Savaklar ve Su Kuvveti Tesisleri", 546-562
- Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering Classification of Jointed Rock Masses. Transactions of The South African Institution of Civil Engineers, 15, 12, 335-344.
- Bieniawski, Z.T., 1976. Rock Mass Classification in Rock Engineering. Proc. Symp. on Exploration for Rock Engineering, Cape Town, Balkema, 97-106.
- Bieniawski, Z.T., 1978. Determining Rock Mass Deformability, Experience from Case Histories, Int. Jou., Rock Mech. Min. Sci., 15, 237-247.
- Bieniawski, Z.T., 1979. The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications. Proceedings ISRM 4th International Congress on Rock Mechanics, Montreux. Balkema. Boston. Chapter 5, 55-95.
- Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications. Wiley, New York, 238 p.
- CANMET, 1997a. Laboratory Classification Tests. In Pit Slope Manual of CANMET, Supplement 3-1, Canada Centre for Mineral and Energy Technology Report, 77-25, 31.
- CANMET, 1997b. Laboratory Classification Tests, In Pit Slope Manual of CANMET, Supplement 3-1, Canada Centre for Mineral and Energy Technology Report, 77-26, 74.
- Deere, D.U., 1964. Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposed, Rock Mech. Rock Eng. 1, 17-22.
- Dick, J.C., Shakoor, A. ve Wells, N., 1994. A Geological Approach Toward Developing a Mudrock-Durability Classification System, Canadian Geotechnical Journal, 34, 17-27.
- Goodman, R.E., 1989. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, Second Edition, 562.
- Gökçeoğlu, C., 1997. Killi, Yoğun Süreksizlik İçeren ve Zayıf Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflamalarında Karşılaşılan Güçlüklerin Giderilmesine Yönelik Yaklaşımlar. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Gökçeoğlu, C., Ulusay, R. ve Sönmez, H., 2000. Factors Affecting The Durability of Selected Weak and Clay- Bearing Rocks from Turkey With Particular Emphasis on The Influence of The Number of Drying and Wetting Cycles, Engineering Geology, 57,215-237.



- Göktan, R.M. ve Ayday, C., 1993. A Suggested Improvement to The Schmidt Rebound Hardness ISRM Suggested Method with Particular Reference to Rock Machineability, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science. & Geomechanics. Abstract, 30,3, 321-322.
- Güven, İ.H., 1993. Doğu Pontidlerin Jeolojisi ve 1/250.000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Yayınları, Ankara.
- Haramy, K.Y. ve De Marco, M.L., 1985. Use of Schmidt Hammer for Rock and Coal Testing, 26th U.S. Symp. on Rock Mechanics, 26-28 June, Rapid City, 549-555.
- Hoek, E., 1968. Brittle Failure of Rock, In Rock Mechanics in Engineering Practice (Ed. K. G. Stagg and O. C. Zienkiewicz), JohnWiley & Sons Ltd., London, 99-124.
- Hoek, E., 1994. Strength of Rock and Rock Masses, ISRM News Journal, 2, 2, 4-16.
- Hoek, E., 2000. Practical Rock Engineering, Course Notes, Evert Hoek Consulting Engineer Inc., Canada.
- Hoek, E., Brown, E.T., 1980 a. Underground Excavations in Rock. Institution of Mining and Metallurgy. Stephen Austin and Sons, London, 527.
- Hoek, E., Brown, E.T. 1980. Underground Excavations in Rock. Institution of Mining and Metallurgy, London, 527.
- Hoek, E., Brown, E. T., 1980 b. Empirical Strength Criterion for Rock Masses. ASCE Journal of The Geotechnical Engineering Division, 106, 1013-1035.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C. ve Corkum, B., 2002, 1. Hoek-Brown Failure Criterion, 2002 Edition. Proc. 5th North American Rock Mechanics Symposium, Toronto, 267-273.
- Hoek, E., Kaiser, P.K. ve Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavations in Hard Rock. Balkema, Rotterdam, 214.
- Hoek, E. ve Karzulovic, A., 2000. Rock Mass Properties for Surface Mines, Slope Stability and Surface Mining, Society For Mining, Metallurgical and Exploration (SME), Colorado, 59-70 .
- Hoek, E., Marinos, P. ve Benissi, M., 1998. Applicability of The Geological Strength Index (GSI) Classification for Very Weak and Sheared Rock Masses: The case of The Athens Schist Formation, Bulletin of Engineering Geology and Environment, 57 (2),151-160.
- Hoek, E., Wood, D. ve Shah, S., 1992. A Modified Hoek-Brown Criterion for Jointed Rock Masses. ISRM Symposium: Eurock'92-Rock Characterization, J. A. Hudson (ed.), Thomas Telford. 209-213.

- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1976. Engineering Geological Maps, The UNESCO Press, 15, 78.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1978. Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests: Suggested Methods for The Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, 15, 319-68.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1979. Suggested Methods for Determining Water Content, Porosity, Density, Absorption and Related Properties and Swelling and Slake Durability Index Properties. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 16, 2, 141-156.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. ISRM Suggested Methods: Rock Characterization, Testing and Monitoring. E. T. Brown (ed.), Pergamon Press, London, 211.
- ISRM (International Society of Rock Mechanics), 1981a. Suggested Methods for The Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses (ed. E. T. Brown), Pergamon Pres, Oxford, UK, 211.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1985. Suggested Method for Determining Point Load Strength, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 22, 53-60.
- Jenning, J.E., 1970. A Mathematical Theory for the Calculation of the Stability of Slopes in Open Cast Mines, Proc. Symp. On Planning Open Pit Mines, Cape Town, Balkema, 87-112
- Mehrotra, V.K., 1992. Estimation of Engineering Properties of Rock Mass, PhD Thesis, University of Roorkee, Roorkee, India, 257.
- Palmstrom, A., 1982. The Volumetric Joint Count- A Useful and Simple Measure of The Degree of Jointing. 4th Int. Congress IAEG, New Delhi. 221-228.
- Palmstrom A., 1985. Application of The Volumetric Joint Count as A Measure of Rock Mass Jointing. Proc. Int. Symp. On Fundamentals of Rock Joints, Bjerkkliden, Sweden, 103-110.
- Palmström, A., 1996. RMI-A System for Rock Mass Strength for Use in Rock Engineering. Journal. of Rock Mechanics. and Tunneling Technigue , India, 12, 69-108.
- Pettifer, G.S., Fookes, P.G., 1994. A Revision of The Graphical Method for Assessing The Excavability of Rock, Q J Eng Geol, 27, 145-164.

- Piteau, D.R., 1970. Geological Factors Significant to The Stability of Slopes Cut in Rock. Proc. of The Symp. on Planning Open Pit Mines, S.A. Inst. Min. and Metal., Johannesburg, 33-53.
- Poole, R.W. and Farmer, I.W., 1980. Consistency and Repeatability of Schmidt Hammer Rebound Data During Field Testing. International Journal of Rock Mechanics and Mining, 63-71
- Priest, S.D. ve Hudson, J.A., 1976. Discontinuity Spacing in Rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts. 13, 135-148.
- Russel, D. J., 1982. Controls on Shale Durability: The Response of Two Ordovician Shales in The Slake Durability Test, Canadian Geotechnical Journal, 19, 1-13
- Sönmez, H., Ulusay, R., 1999. Modifications to The Geological Strength Index (GSI) and Their Applicability to Stability of Slopes, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 36, 6, 743-760
- T.S.E., 1975. Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini. UDK 622.02, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- T.S.E., 1987. Tabii Yapıtaşlarının Muayene ve Deney Metotları. TS 699, UDK 6912, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- T.S.E., 1990. Kaya Mekaniği Deneyleri İçin Karot Numunelerinin Hazırlanması, Boyut ve Şekil Toleranslarının Tespiti. TS 8614, UDK 622.02.624.121, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Ulusay, R., 1991. Geotechnical Evaluations and Deterministic Design Considerations for Pitwall Slopes at Eskişehir (Yatağan-Muğla) Strip Coal Mine. PhD Thesis, Middle East Technical University, 340pp (unpublished).
- Ulusay, R., 2001. Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 38, Genişletilmiş 4. Baskı, 385 s.
- Ulusay, R., Ekmekçi, M., Gökçeoğlu, C., Sönmez, H., Tuncay, E. ve Erdoğan, S., 1998. TKİ Himmetoğlu (Göynük-Bolu) Linyit Açık İşletmesi Şev Duraylılığı Projesi (1.Aşama: A Panosu Şevlerinin Duraylılığı). Proje No. 600.020.0056, 245 s.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C. ve Binal, A., 2001. Kaya Mekaniği Laboratuvar Deneyleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 58, Ankara, 161 s.
- Ulusay, R., Özkan, L. ve Ünal, E. 1995. Characterization of Weak, Stratified and Clay-Bearing Rock Masses for Engineering Applications. Fractured and Jointed Rock Masses Conference, June 3-5, 1992, L. R. Mayer, N. W. Cook, R. E. Goodman and C.F. Tsang (eds.), A. A. Balkema, Lake Tahoe, California, 233-240.

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

URL1- <http://www.dsi.gov.tr/hizmet/enerji.htm>, 21.11.2010

URL2- <http://www.main-board.net/erzurum/93480-erzurum-olur-ilcesi.html>, 15.09.2010

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

Wissbach, C., 1978. A New Method for The Determination of The Roughness of Rock Joints in Laboratory, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 16, 303-307.

Wyllie, D.C. ve Mah, C.W., 1999. *Rock Slope Engineering*, Spon Press, NewYork, 437

## ÖZGEÇMİŞ

Cihan Taner KOLCU, 1985 yılında Ankara’da doğdu. İlk öğrenimini, orta, öğrenimini, Liseyi Ankara’ da okudu. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimine başladı. 2009 yılında Jeoloji Bölümü’nden mezun oldu. Ağustos 2009’da çalışma hayatına atıldı ve aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Bölümü Lisansüstü İngilizce Hazırlık Programı’nı geçerek Eylül 2009’da yüksek lisans eğitimine başladı. 2009 yılından itibaren iş hayatı ve eğitim içerisinde bulunan Cihan Taner KOLCU 2 yıllık çalışma hayatı boyunca bir çok ilde değişik amaçlı araştırma çalışmalarını gerçekleştirmiş ve şuanda halen çalışma hayatına mesleği ile alakalı olarak devam etmektedir. KOLCU evli olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.