

Eşen I HES Projesi Alanının Jeoteknik Özellikleri

Mustafa BOZCU¹, OSMAN UYANIK², Olcay ÇAKMAK², Ergün TÜRKER²

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü / ÇANAkkALE

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü / İSPARTA

Alınış Tarihi:14.09.2006, Kabul: 23.05.2007

Özet: Bu çalışma, Eşen Çayı üzerinde yapılması planlanan Eşen-I Hidroelektrik Santrali için göl alanı sınırı, bent yeri ve kuvvet tüneli güzergah yerinin belirlenmesi ve jeoteknik özelliklerini kapsar. İnceleme alanında yüzeyleyen jeolojik birimler: Otokton konumlu “Güneydağ Grubu” ile allokton konumlu “Kürdük Grubu”ndan ve bu iki grubu diskordan olarak örten Tersiyer yaşlı kırıntılı çökellerden oluşur.

Göl alanında yaygınca yüzeylemeleri bulunan birimler, Tersiyer yaşlı Çameli formasyonu ve Seki Formasyonuna ait kırıntılı tortullar ile alüvyonlardır. Çameli formasyonu ile Seki formasyonu geçirimsiz-az geçirimli, alüvyonlar ise geçirimlidir. Baraj yerinde sağ sahilde yeralan Karaböğürtlen formasyonundan türemiş bloklardan oluşan yamaç döküntülerinin baraj inşaatından önce kaldırılması gerekmektedir. Göl alanında uygulanan sismik ve elektrik yöntemleri ile taban kaya derinliği, üstteki katmanların kalınlığı ve su sızdırma olasılığı bulunan kritik yerler belirlenmiştir. Bu yerlerde mekanik sondajlar yapılmış, sondaj logları ve basınçlı su deneyleri değerlendirilerek, bu alanda yeralan birimlerin su sızdırma durumları, yamaç duraylılığı jeoteknik yönden ayrıntılı olarak araştırılmıştır.

Eşen-I Hidroelektrik santrali bent yerinde ve göl alanında duraylılık ve su sızdırması yönünden önemli bir sorunla karşılaşılacağı ortaya konmuştur. Tünel güzergahında ise genel olarak Mesozoyik yaşlı kireçtaşları (Dokluca fm ve Ardıçdere fm) ile bloklu filiş karakterinde (Gacak fm.) formasyonlar yer alır.

Anahtar Kelimeler : Jeoteknik, Jeoloji, Sismik Kırılma, Düşey elektrik sondaj, Lujyon

Geotechnical Properties of Esen-I HEPP Project Field

Abstract: This study covers determination of locations and geotechnical properties of reservoir area boundary, dam location and energy tunnel alignment of Esen-I HEPP Project which is planned to be constructed on Esen River. Geological units which are observed at the survey area are: Autochthonous positioned “Güneydağ Group”, allochthonous positioned “Kürdük Group” and tertiary aged fragmented sediments covering these two groups with discordance.

At the reservoir area units which are widely surfaced are tertiary aged Çameli formation, fragmented sediments belonging to Seki formation and alluviums. Çameli formation and Seki formations are impervious – semi pervious, alluviums are pervious. Slope wash materials consisting of Karaböğürtlen formation located at right bank of dam area must be removed before dam construction. Bedrock depth, overlying layers’ thicknesses and critical places having possibility of water leakage are determined by seismic and electrical methods executed at reservoir area. At these places mechanical borehole drillings are performed and by evaluating borehole logs and permeability test results, permeability and slope stability conditions of the units located at those places are geotechnically investigated in details.

It is concluded that a significant stability and permeability problem will not be met at Esen-I HEPP Project dam location and reservoir area. At the tunnel alignment commonly mesozoic aged limestones (Dokluca formation and Ardıçdere formations) and formations of flysch character with blocks (Gacak formation) take place.

Key words: Geotechnical, Geology, Seismic Refraction, Vertical Electricity Sounding, Lugeon,

Giriş

Son yıllarda hızla artan enerji ihtiyacının karşılanması için kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil enerji kaynaklarının yanında hidroelektrik ve nükleer enerji kaynakları da önem kazanmıştır. Ülkemizde büyük rezervuar alanına sahip barajların yanı sıra düşük debili, fakat yüksek düşüm elde edilebilen, dere ve çaylar üzerine kurulan santraller de enerji üretimine katılmışlardır. Nehir santralleri, daha ucuz ve kısa sürede elektrik enerjisi elde etmeye uygun olması ve doğal çevreyi bozmadan üretime katılmaları gibi nedenlerle tercih edilmektedirler. Eşen-I Hidroelektrik Santrali Projesi (Eşen-I HES), Fethiye’nin yaklaşık 60 km doğusundaki Seki Çayı üzerindedir. Patlangıç köprüsünün yaklaşık 1000 m akış aşağısında 1099m kotunda yapılacak 19 m yüksekliğindeki bir bentten, önce açık kanala alınacak suyun, daha sonra serbest

akışlı bir tünelle Avlanpınarı batısına taşınmasını ve buradan da 1200m’lik cebri boru ile santrale iletilmesini kapsar (Türker vd., 2004). Projenin amacı, ani yağışlarla sele neden olan Seki çayının feyezana sularını bir gölette toplayarak, hem Eşen-I de elektrik üretmek hem de nehrin daha aşağısında yeralan Eşen II hidroelektrik santraline düzenli su taşımaktır. Eşen II. HES projesinin yapımı sırasında bölgedeki bent yeri ve tünel güzergahı seçenekleri üzerinde durulmuş, bu amaçla bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası Akıncı tarafından hazırlanmıştır (Akıncı, 1994). Ancak daha sonra Eşen-I. HES projesinde değişiklik yapılarak, bent yeri, bent yüksekliği ve tünel güzergahı değiştirilmiş, dolayısıyla yeniden inceleme yapılması gerekliliği doğmuştur. Eşen I barajının genel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Eşen-I Barajının Başlıca Karakteristikleri

Yağış Alanı	662 km ²	Nehrin ort. debisi	4,5 m ³ /sn
Ortalama Yıllık Akım	138.700.000m ³	Nehrin max.debisi	250 m ³ /sn
Barajın tipi	Beton çekirdekli kaya dolgu	Baraj gölü en fazla su hacmi	35.000.000m ³
Bent'in Talvegten (Nehir tabanından) yüksekliği	19m	En düşük işletme seviyesi	1109,50m
Nehir tabanının kot değeri	1099m	Aktif Göl hacmi	28.000.000m ³
Bent'in Uzunluğu	270m	Kuvvet tünelinin uzunluğu	5050m
Suyun çıkabileceği en fazla kot değeri	1115m	Kuvvet tünelinin tipi	dairesel kesit, betonarme kaplamalı, serbest akışlı

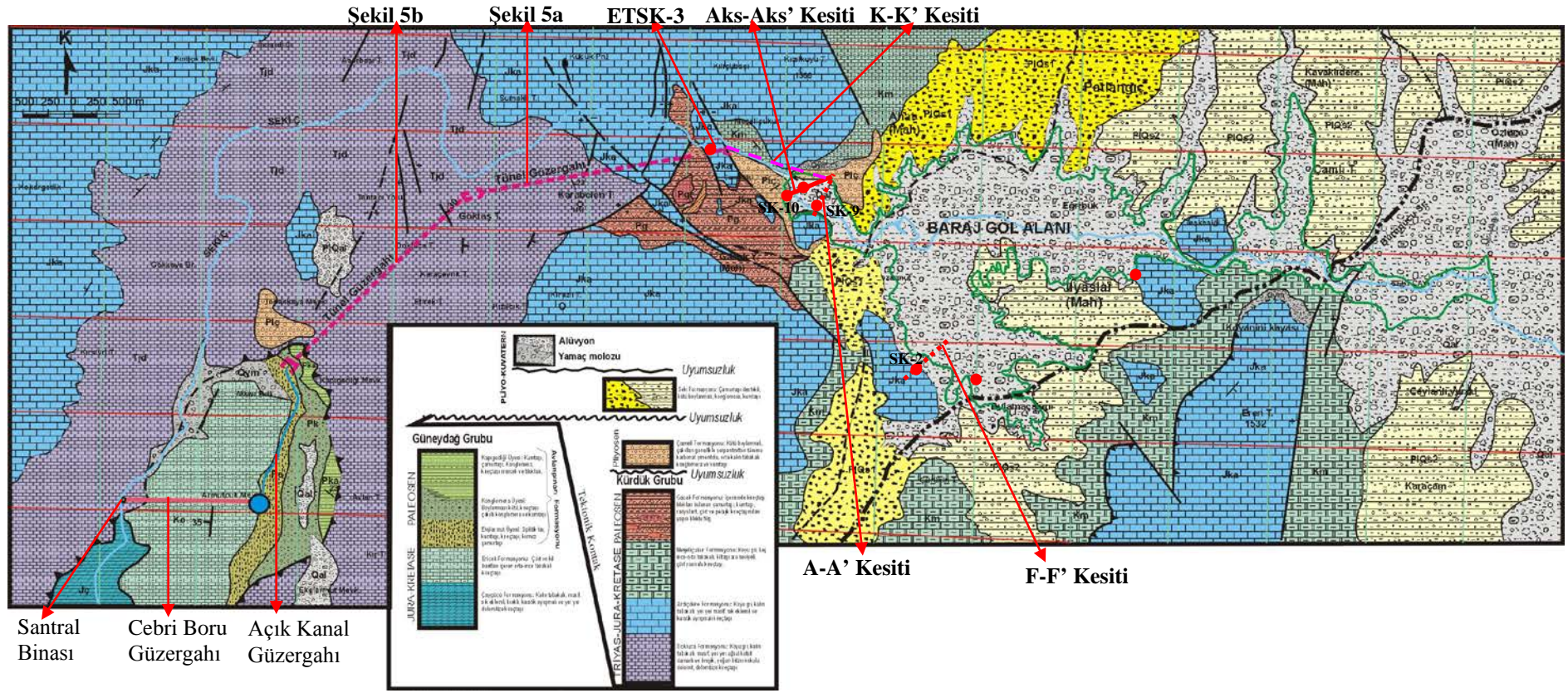
Bu incelemede baraj yeri, göl alanı ve alternatif tünel güzergahlarının detaylı jeoloji haritası hazırlanarak, bölgede yüzeyleyen jeolojik birimlerin stratigrafik ve yapısal konumları irdelenmiştir. Ayrıca jeofizik yöntemlerden sismik kırılma ve düşey elektrik sondaj uygulanarak, alüvyon kalınlığının değişimi, alttaki birimlerin geçirimli yada geçirimsizliği, taban kayanın yada sağlam zeminin derinliği, yeraltı suyunun durumu ve örtülü fayların konumlarının belirlenmesine, dolayısıyla yeraltı yapısının detaylı olarak aydınlatılmasına çalışılmıştır. Baraj gövdesinin oturacağı alanda ve göl alanında yapılan jeofizik yöntemlerden oluşturulan jeoteknik kesitlerin yorumlanmasıyla su sızdırma olasılığı bulunan kritik yerlere mekanik sondajlar yapılmış, basınçlı su deneyleri ile bu alanların su sızdırma durumları ve yamaç duraylılığı araştırılmıştır. Bunlara ek olarak tünel güzergahı boyunca düşey elektrik sondaj çalışmaları yapılmış ve bu verilerin yorumlanması sonucunda belirli yerlerde sondajlar yapılarak kaya kalitesi (RQD), ayrışma derecesi (w), eklem sıklığı, yeraltı suyu durumu gibi parametreler incelenmiştir (Bozcu vd., 2006).

Genel Jeoloji

Eşen-I. HES proje alanında yüzeyleyen jeolojik birimler (Şekil 1), Güneybatı Türkiye’de çok yaygın olarak yüzeyleyen “Likya Napları”na ait birimlerdir (Graciansky, 1968). Dolayısıyla tünel güzergahında ve açık kanal güzergahında yer alan Tersiyer öncesi birimleri stratigrafik ve yapısal konumları dikkate alınarak, Akıncı tarafından “Güneydağ Grubu” ve “Kürdük Grubu” olarak tanımlanmıştır (Akıncı, 1994). Bunlardan Güneydağ grubu olarak tanımlananlar, otokton ya da göreceli otokton olarak yüzeyleyen birimlerdir.

Kürdük grubu olarak tanımlanan birimler ise; Güneydağ grubu üzerinde tektonik dokanakla yer alan allokton birimlerden oluşmaktadır. Tersiyer öncesi oluşmuş ve tektonik olarak bir araya gelmiş bu otokton ve allokton birimleri ortak olarak “Çameli formasyonu” örtmektedir (Erakman vd., 1982; Şenel, 1997). Pliyo-Kuvaterner döneminde dere yataklarında ve az engebeli düzlüklerde gevşek yapılı alüvyonal çökeller birikirken, fay önü düzlüklerinde ve yüksek eğimli şevlerin önünde kötü boyanmalı ve köşeli çakılların egemen olduğu yamaç yelpazeleri gelişmiştir.

Baraj göl alanı ve tünel güzergahı Tersiyer öncesi ve Tersiyer dönemindeki tektonizma ve naplaşma hareketlerinden önemli derecede etkilenmiş, bölgede birçok bindirme ve normal faylar gelişmiştir. Tersiyer napları ve bunlarla ilişkili faylanmalar nedeniyle aynı ve/veya farklı zamanlarda ve farklı bölgelerde oluşan kaya birimleri bir araya gelmişlerdir.



Şekil 1. Baraj Alanının Jeoloji ve Lokasyon Haritası

Jeoteknik Özellikler

Seki Çayı'nın enerji potansiyelini değerlendirmek amacıyla "EŞEN-HES PROJESİ" kapsamında 1990'lı yıllarda ön incelemelerde bulunulmuş (Temelsu, 1994), jeolojik ve morfolojik yönden elverişli görülen çeşitli baraj yerleri saptanmıştır (Akıncı, 1994).

Bu inceleme ile Fethiye İlçesine bağlı Patlangıç köyünün yaklaşık 3 km güneybatısındaki Soyuldu mevki civarındaki baraj yeri ve göl alanı jeolojik, jeofizik ve jeoteknik yönden detaylı olarak araştırılmıştır. Baraj yeri ve göl alanında yapılan sondajlarda Lugeon basınçlı su deneyleri yapılmış, su kayıpları Lugeon birimi cinsinden hesaplanmıştır (Şekil 2).

Eşen-I baraj yeri ve göl alanı Çameli formasyonu ve Seki formasyonu üzerindedir. Kıltaşı, kumtaşı, killi kireçtaşı (marn) ve çakıltaşları bu formasyonların egemen litolojilerini oluşturur. Baraj yerinin sağ sahilindeki yamaç döküntüsünün ve dere içindeki alüvyonun kaldırılarak, geçirimsizlik perdesi yapıldıktan sonra Çameli formasyonunda geçirimsizlik yönünden herhangi bir sorun olmayacaktır. Ayrıca göl alanı içinde yüzeyleme veren Seki formasyonunun matrisini oluşturan çamurtaşları kil içeriği bakımından yüksek olup, geçirimsizdir. Burada yapılan jeoteknik çalışmalardan elde edilen A-A' Kesitinde özellikle özdirenç değerinin düşük olan kesimleri kil içeriğinin fazla olduğunu ve sismik hızlardan özellikle kayma dalga hızının 700m/s den büyük kesimleri ise sağlam kaya olduğunu göstermektedir (Şekil 3 A-A' Kesiti). Ayrıca bu bölgede mekanik sondajlarda yapılan basınçlı su deneyinden elde edilen lugeon değerinin düşüklüğü de ortamın geçirimsizliğinin bir göstergesidir. Tüm bu değerler ortamın geçirimsiz olduğunu gösteren kanıtlardır

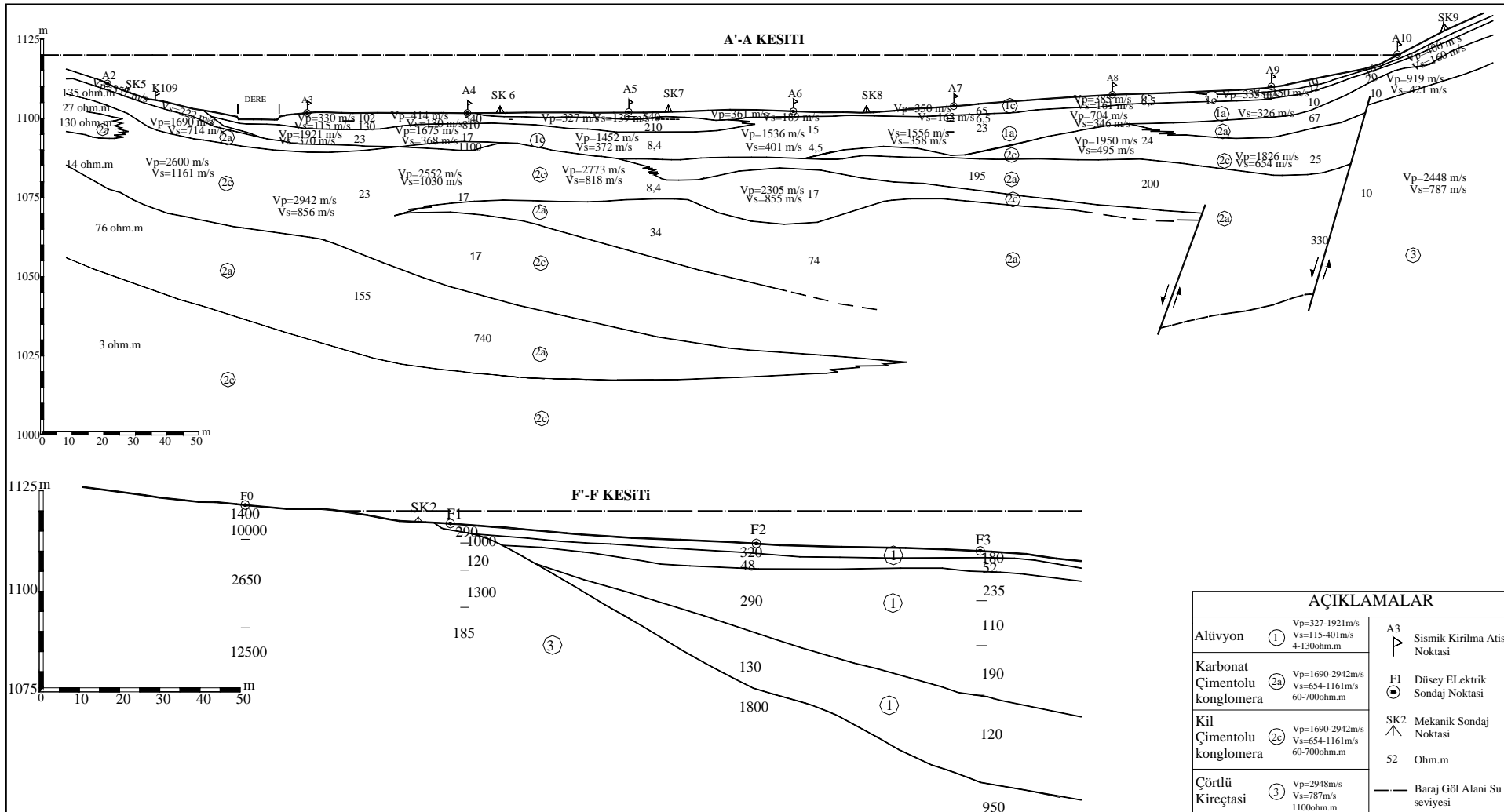
İlyaslar Yaylası doğusunda Karaböğürtlen formasyonuna ait karstik ayrışmalı kireçtaşı blokları yüzeylemektedir. Bu formasyon üzerinden alüvyona doğru yapılan elektrik özdirenç çalışmalarından elde edilen F-F' Kesiti Şekil 3'de verilmektedir. Bu kesimde su kaçma olasılığı bulunduğu göz önüne alınarak kireçtaşı içerisindeki yeraltı su seviyesinin, nehir seviyesi ile olan ilişkisi araştırılmıştır. Yapılan sondaj (SK-1,2,15) çalışmaları ile yeraltı su seviyesinin 1110.84m de olduğu saptanmıştır (Şekil 2). Bu seviye o bölgede nehrin akmakta olduğu taban kotundan daha yukarıdadır. İlyaslar Yaylasının bulunduğu alanda ve Cuma Gedığı mevkiinde 1130-1135 m kotlarında çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Bu kaynaklar kireçtaşlarından beslenmektedir.

Tokatağzı mevkiinde alüvyon içinde açılmış kuyulardaki su seviyesinin yüzeye çok yakın oluşu (0.70 m) alüvyon biriminden kireçtaşlarına su taşınmasının olmadığını, aksine yüksek alanda yer alan kireçtaşlarından ovanın yeraltı suyunun beslendiğini gösterir.

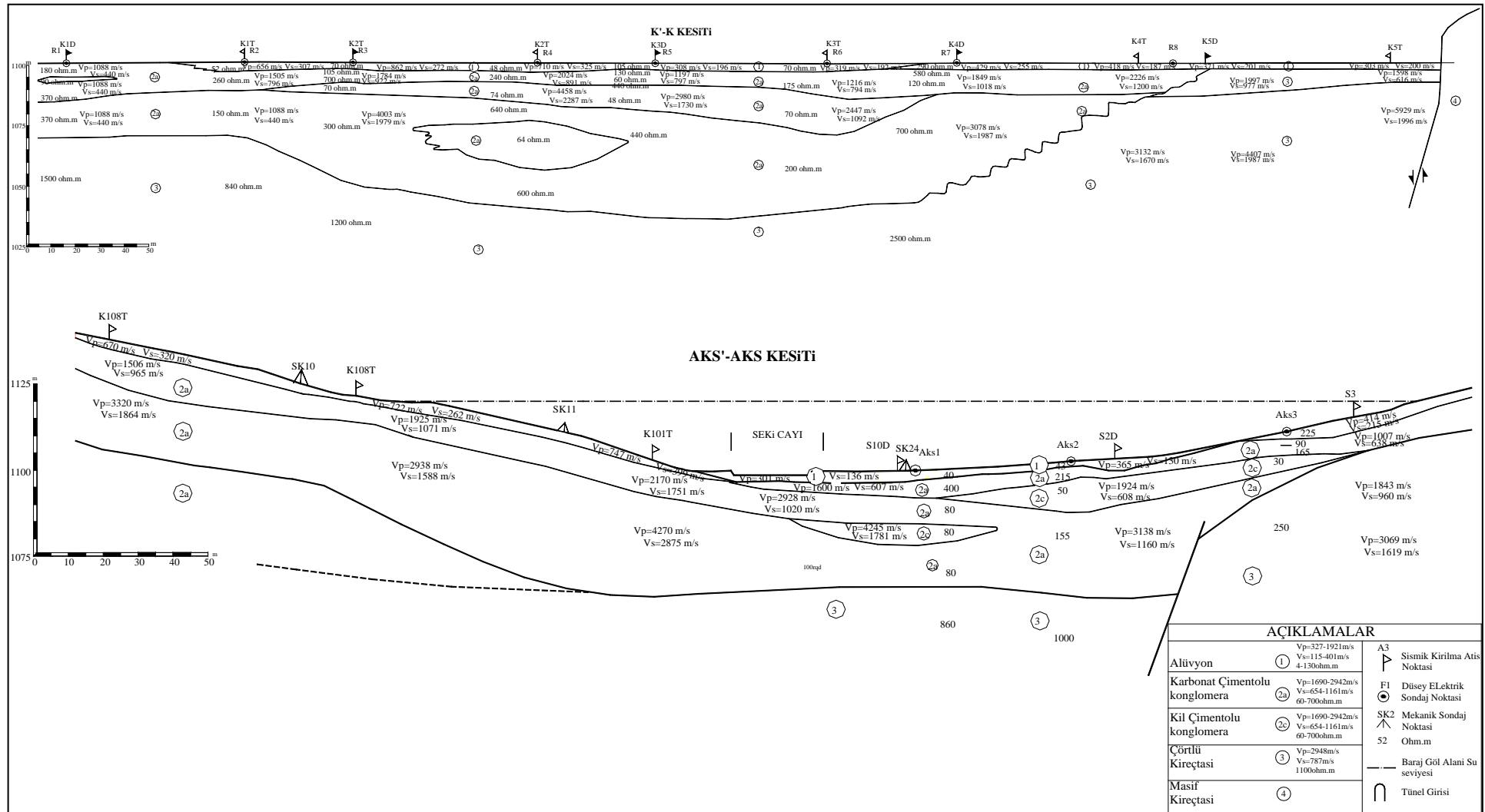
Eşen-I baraj yeri Çameli formasyonu üzerindedir (Şekil 4 Aks-Aks' Kesiti). Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı litolojilerinden oluşan bu formasyon, baraj aksının oturacağı her iki yamaçta da yüzeyleme vermektedir.

Baraj yerinin sağ yamacında Meşeliçukur formasyonundan kopan kireçtaşı kütlelerinin oluşturduğu yamaç döküntüsü bulunmaktadır. Çameli formasyonu ve bunu altlayan Meşeliçukur formasyonunun depolanacak su ile ilişkide olması, bu formasyonların geçirimsizlik özelliklerinin belirlenmesini ve barajın su kaçaklarına karşı güvenli tasarımını gerektirmektedir. Bu bağlamda baraj yerinde açılan sondajlardan (SK 9, 10, 11, 12, 13 vb) elde edilen bilgiler derlenmiş (Şekil 2) ve baraj ekseninin nehir'e dik konumlu değil, sağ sahilde nehirle dar açı yapacak şekilde, akış yukarı doğru verrev yapılması ön görülmüştür. Baraj ekseninin yerleşeceği hat boyunca sismik kırılma, elektrik özdirenç ve mekanik sondaj çalışmaları yapılmış ve bu çalışmalardan Aks-Aks' jeoteknik kesiti oluşturulmuştur (Şekil 4). Baraj yerinde ve göl alanında herhangi bir stabilite sorunu yoktur. Baraj ekseninden alınacak su açık kanal güzergahı ile tünele ulaştırılacaktır. Ancak bu hattın eğimli bir alanda olması heyelan riskini düşündürmektedir. Bu yüzden açık kanal güzergahı boyunca sismik kırılma, düşey elektrik sondaj ve mekanik sondaj çalışmaları yapılmış ve elde edilen verilerin yorumlanmasıyla K-K' jeoteknik kesiti oluşturulmuştur (Şekil 4). Bu kesit incelendiğinde gevşek zeminin kalınlığının 1m civarında olması ve hemen altında sağlam konglomeranın olması heyelan riskinin olmadığını ve açık kanal güzergahının bu hat boyunca kurulmasında zemin olarak sakınca olmadığı belirlenmiştir.

Tünel güzergahı boyunca yapılan elektrik özdirenç ve mekanik sondaj çalışmalarının ve jeolojik gözlemlerin birlikte değerlendirilmesiyle yeraltı yapısı yorumlanmaya çalışılmıştır (Şekil 5). Tünel güzergahındaki kaya birimlerin kalitesini belirlemek amacıyla yapılan sondaj logları (Şekil 2'de ETSK-3), jeomekanik-RMR ve Q sistemi sınıflamaları kullanılarak, alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Buna göre tünel güzergahının büyük bir kesimini oluşturan "Dokluca formasyonu" nda yapılan sondajlardan elde edilen verilere göre: Geçirimsizlik (Lugeon <25) yönünden çok geçirimsiz, kaya niteliği (% RQD: 0-25/50-75): çok zayıf ile orta, ayrışma derecesi (w1-w3), ayrışmamış ile orta düzeyde ayrışmış, çatlak sıklığı (<1/10-50): masif ile çok çatlaklı kırıklı arasında değişmektedir.

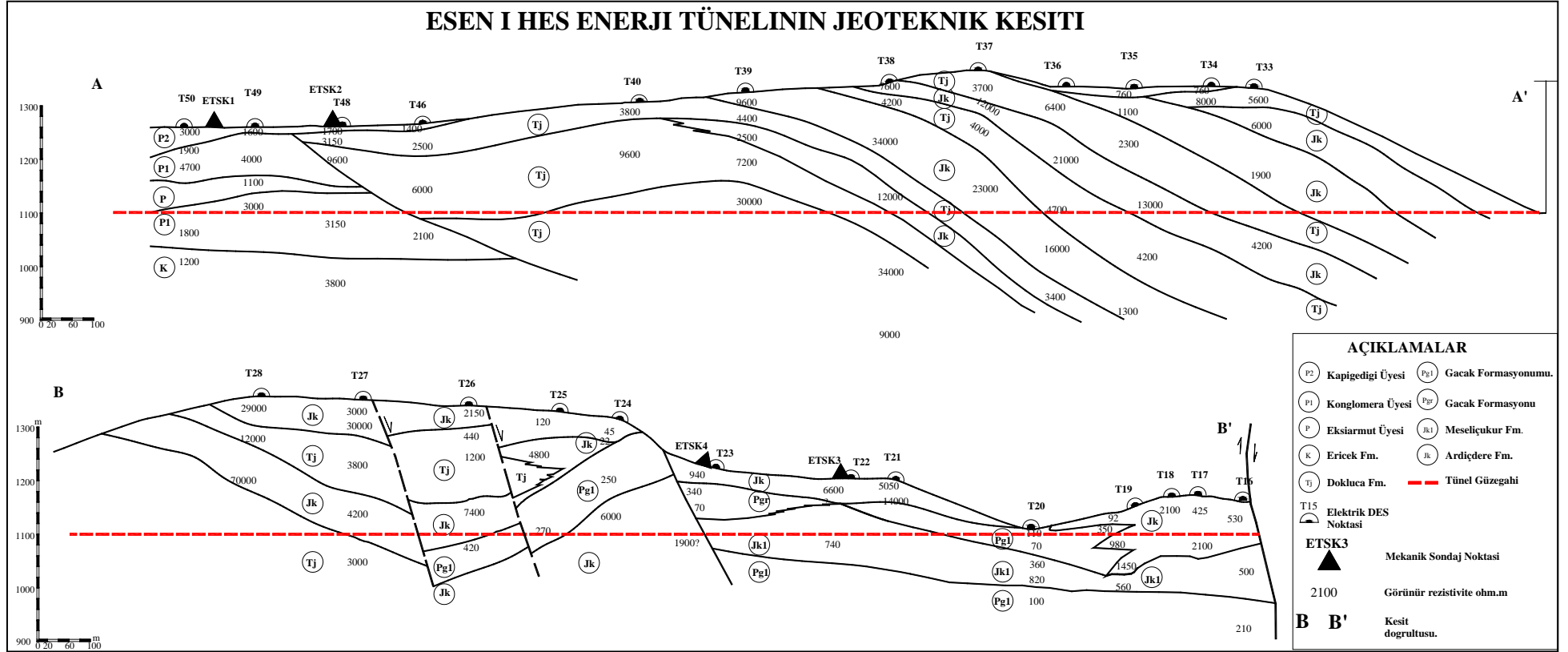


Şekil 3. Baraj Yeri ve Göl Alanı İçerisinde Kalan Jeoteknik Kesitler



Şekil 4. Baraj Yeri (Aks-Aks') ve Açık Kanal Güzergahı (K-K') Jeoteknik Kesitleri

ESEN I HES ENERJİ TÜNELİNİN JEOTEKNIK KESİTİ



Şekil 5. Tünel Güzergahının Jeoteknik Kesiti

Sonuçlar ve Öneriler

Eşen-I HES bent yeri, göl alanı ve tünel güzergahı boyunca yapılan jeolojik gözlemlerin yanısıra sismik, elektrik özdirenç ve mekanik sondaj çalışmaları sonucunda yeraltı yapısını gösteren kesitler hazırlanmış, bunların değerlendirilmesi ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Baraj aksının oturacağı Çameli formasyonu (Plç) ofiyolitik kayalardan türeme çakıllar içeren, kil ve karbonat çimentolu çakıltaşlarından oluşur. SK-5, SK-6, SK-7, SK-8, SK-9, SK-10 ve SK-11 (Şekil 2'de örnek olarak SK-9 ve Sk-10 verilmiştir) numaralı mekanik sondajlarda geçilen Çameli formasyonun "Lugeons" değerleri; 0-3 arasında olup, birim geçirimsizdir. Bu formasyondaki sismik boyuna ve enine dalga hızlarının yüksek değerleri sağlam ana kaya özelliğine işaret etmektedir.

Sol sahilde SK-10 numaralı mekanik sondajda Karaböğürtlen formasyonunun kireçtaşlarına 23 m'de, sağ sahilde ise SK-9 numaralı mekanik sondajda 13m'de girilmiştir. Dolayısıyla dere yatağında alüvyon altında atımı yaklaşık 8-10 m olan gömülü bir normal fay bulunduğu ortaya konmuştur. Bu fayın konumu ve formasyonun yanall değişimi sismik kırılma ve elektrik özdirenç yöntemiyle de ortaya konmuştur. Bu kireçtaşlarını geçirimsiz veya az geçirimli Çameli formasyonu üstlemektedir.

Göl alanında genel olarak Seki formasyonu birimleri yüzeylemektedir. Özdirenç değerlendirmelerine göre, düşük özdirençler kil ve kilaşlarını, yüksek özdirençler çakıltaşlarını ve çok yüksek özdirençler kireçtaşlarını göstermektedir. Ayrıca çakıltaşları, çimentolanmasına göre farklı özdirenç değerleri almaktadır. Kil çimentolu çakıltaşları daha düşük, karbonat çimentolu çakıltaşları daha yüksek özdirençlidir. Sismik değerlendirmelere göre, düşük hızlar gevşek alüvyon ve altere formasyon, yüksek hızlar ise sağlam zemin ve ana kaya olarak yorumlanmıştır. Karbonat çimentolu çakıltaşlarının sismik hızları kil çimentolu çakıltaşlarının sismik hızlarından daha yüksektir.

Bent yerine yakın sol sahildeki kireçtaşlarının sınırında açılan SK-5 mekanik sondajında 50m derinliğe kadar Çameli formasyonu vardır. Buradaki kireçtaşları Orhaniye formasyonuna ait olup, Karaböğürtlen formasyonu içerisinde blok (olistolit) şeklindedir. Sol sahildeki kireçtaşı bloğunun içinde bulunduğu birim filiş özelliğinde, geçirimsiz olup su kaçırma olasılığı zayıftır.

Göl alanında su ile temasta olacak Orhaniye kireçtaşları Tokat Ağzı bölgesinde su kaçırma neden olabilir. Bu bölgede su kaçırma önleyecek iyileştirme yapmak gerekir (Kesit F-F').

Tünel güzergahının büyük bir kısmı dokluca ve ardıçdere formasyonundan geçmektedir. Dokluca

formasyonu dolomitik kireçtaşlarından, ardıçdere formasyonu mikritik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Her iki formasyonda faylanmanın olduğu alanlarda bol kırıklı çatlaklı ve karstik boşluklar içermektedir. Özdirenç değerlerinin yüksek olduğu kesimlerde kireçtaşları sert, sağlam yapıda, düşük özdirençte sahip kesimler ise bol kırıklı, çatlaklı, karstik ve karstik boşluklar kil dolguludur.

Tünelin girişinden 600m çıkışından 100m'si heterojen litolojilerden oluşmaktadır. Bu nedenle klasik tahkimat gerekebilir (iksas, hasır çelik, püskürtme beton). Ayrıca tünel güzergahında yer yer faylanmaların olduğu alanlar ile eklemlerin sıklaştığı bölgelerde tahkimat ve iyileştirme yapılacaktır. Tünel eğimi 0.0005 olarak düşünülmüştür. Cazibeli akış olacağı için tünelde sadece ıslak yüzeyleri betonlamak gereklidir.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmayı destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi rektörlüğüne ve Göltaş Enerji A.Ş. yöneticilerine, ayrıca saha çalışmalarında lojistik olarak yoğun desteğini gördüğümüz İnş. Müh. Emin ELMASDERE'ye, makaleye eleştirileriyle katkı sağlayan hakemlere teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Akıncı, M. 1994. Temelsu Eşen-I Hes Projesi raporu (Yayımlanmamış). Temelsu-Ankara.
- Bozcu, M., Uyanık, O., Çakmak, O., Türker, E. 2006. Geotechnical Properties of Eşen I HEPP Project Tunnel Alignment. The 17th International Geophysical Congress & Exhibition of Turkey, MTA Cultural Center, 14-17 November, Ankara-Turkey, 46-47.
- Erakman, B., Meşhur, M., Gül, M.A., Alkan, H., Öztaş, Y., Akpınar, M. 1982. Fethiye-Köyceğiz-Tefenni-Elmalı-Kalkan Arasında Kalan Alanın Jeolojisi. Türkiye 6. Petrol Kongresi Tebliğleri, 4-7 Nisan, Ankara, 23-31.
- Graciansky, P.C. 1968. Teke Yarımadası (Likya) Toroslarının Üst Üste Gelmiş Ünitelerinin Stratigrafisi ve Dinaro-Toroslardaki Yeri. MTA Dergisi, 71, 73-93.
- Şenel, M. 1997. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları. Fethiye-L8 Paftası, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Temelsu, M.L.Ş. 1994. Eşen Enerji Projesi (Eşen-I ve II) Hidroelektrik Santralleri Fizibilite Raporu (Yayımlanmamış), Ankara.
- Türker, E., Uyanık, O., Bozcu, M. 2004. Eşen-I (Fethiye-Muğla) HES Muhtemel Baraj Yeri Ön Araştırma Raporu. SDÜ. Deprem ve Jeoteknik Araştırma Merkezi ve GÖLTAŞ Enerji A.Ş., Isparta.